

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

WALTER ROLDI DOS REIS JUNIOR

**ANÁLISE DOS PARÂMETROS DE RESISTÊNCIA, ABSORÇÃO E
SLUMP DO CONCRETO COM O USO DE ADITIVO
IMPERMEABILIZANTE/PLASTIFICANTE**

CAMPO MOURÃO

2019

WALTER ROLDI DOS REIS JUNIOR

**ANÁLISE DOS PARÂMETROS DE RESISTÊNCIA, ABSORÇÃO E
SLUMP DO CONCRETO COM O USO DE ADITIVO
IMPERMEABILIZANTE/PLASTIFICANTE**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado à Disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso Superior em Engenharia Civil do Departamento Acadêmico de Construção Civil – DACOC - da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, para obtenção do título de bacharel em engenharia civil.

Orientador: Prof. Me. Angelo Giovanni Bonfim Corelhano

CAMPO MOURÃO

2019



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 DOS PARÂMETROS DE RESISTÊNCIA, ABSORÇÃO E SLUMP DO CONCRETO COM O USO DE ADITIVO IMPERMEABILIZANTE/PLASTIFICANTE

por

Walter Roldi dos Reis Junior

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 08h20min do dia 27 de junho de 2019 como requisito parcial para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL, pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Me. Adalberto Luiz R. de Oliveira

(UTFPR)

Prof. Me. Roberto Widerski

(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(a). Paula Cristina de Souza

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

Dedico este trabalho a todos que me apoiaram e que transmitiram boas energias.

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me dado força e saúde para superar as dificuldades e permitir a realização deste trabalho.

A esta universidade e todo seu corpo docente, além da direção e administração que oportunizaram a janela que hoje vislumbro um horizonte melhor, acendrada pela confiança no mérito e ética aqui presentes.

Aos meus pais e irmã, pelo suporte, incentivo e amor incondicional, apesar de todas a dificuldades encontradas ao longo desta graduação.

Aos meus tios e avó, pelo carinho e apoio absoluto.

Ao meu orientador professor Me. Angelo Giovanni Bonfim Corellhano por todo o tempo dedicado a me ajudar durante o processo de enriquecimento e realização deste estudo.

Aos meus colegas de classe, por todos os momentos de alegrias e frustrações compartilhadas.

Ao técnico de laboratório Fábio Rodrigo Krüger, pela parceria, comprometimento e dedicação na realização de todos os ensaios.

Agradeço também a todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

***“Minha energia é o desafio,
minha motivação é o impossível,
e é por isso que eu preciso ser,
à força e a esmo, inabalável.”***

Augusto Branco

RESUMO

JUNIOR, Walter Roldi dos Reis. **Análise dos parâmetros de resistência, absorção e slump do concreto com o uso de aditivo impermeabilizante/plastificante.** 2019, 48 pág. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão.

Os aditivos químicos estão sendo cada vez mais utilizados com o intuito de melhorar algumas propriedades do concreto. O presente trabalho tem o objetivo de estudar a interferência de dois tipos de aditivos na mistura cimentícia, um impermeabilizante e um plastificante, de uso comum. Os aditivos químicos adicionados são produtos que modificam as suas propriedades físicas e mecânicas, oferecendo melhorias no desempenho do concreto. Tais adições alteram, tanto no estado fresco quanto no endurecido, tais como: a resistência, o abatimento (slump) e a absorção de água. São empregadas para minimizar as deficiências e otimizar algumas das qualidades do concreto.

Para avaliação dos resultados referentes à resistência e a absorção foram moldados oito corpos de prova cilíndricos, submetidos a ensaios de compressão e absorção em solução aquosa de cal. O abatimento foi obtido através da composição no estado fresco. Percebemos a influência direta do aditivo plastificante na resistência e teste slump do concreto. Entretanto, o aditivo impermeabilizante não gerou mudanças na resistência a compressão, apenas na absorção de água, conforme previsto.

Palavras-chave: Aditivo. Concreto. Impermeabilizante. Plastificante. Resistência. Absorção de água. Teste Slump.

ABSTRACT

JUNIOR, Walter Roldi dos Reis. **Analysis of the resistance, absorption and slump parameters of the concrete with the use of waterproofing / plasticizer additive.** 2019, 48 p. Course Completion Work (Bachelor in Civil Engineering) - Federal Technological University of Paraná. Campo Mourão.

Chemical additives are being increasingly used to improve some concrete properties. This paper objectives understood the interference of two types of additives in the cementitious mixture, a waterproofing agent and a plasticizer, of common use. The added chemical additives are products that modify their physical and mechanical properties, offering improvements in concrete performance. Such additives alter, both in the fresh and in the hardened state, such as: strength, slump and water absorption. They are used to minimize deficiencies and optimize some concrete characteristics. In order to evaluate the results concerning the resistance and the absorption, eight cylindrical specimens were submitted to compression and absorption tests in aqueous solution of lime. The reduction was obtained through the composition in the fresh state. Could be noticed the direct influence of the plasticizer additive on the resistance and slump test of the concrete. However, the waterproofing additive did not generate changes in the compressive strength, only in water absorption, as expected.

Keywords: Additive. Concrete. Waterproofing. Plasticizer. Resistance. Water absorption. Slump test.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Natureza do produto químico: mistura	21
Quadro 2 - Natureza do produto químico: mistura	22
Quadro 3 - Composição granulométrica do agregado graúdo	26
Quadro 4 - Relação massa e volume de três amostras de agregado graúdo	27
Quadro 5 - Relação entre peneiras, peso retido e porcentagem retida da areia	29
Quadro 6 - Relação massa e volume de três amostras de agregado graúdo	31
Quadro 7 - Relação da massa da amostra de agregado graúdo.....	33
Quadro 8 - Relação da massa específica e absorção do agregado graúdo.....	33
Quadro 9 – Relação da massa específica e absorção do agregado graúdo	35
Quadro 10 – Relação do módulo de finura e dimensão máxima em milímetros.	35
Quadro 11 – Dosagem modelo 1, modelo 2 e concreto controle.	36
Quadro 12 - Quantitativo de aditivos	36
Quadro 13 – Ensaio de absorção de água – controle.	40
Quadro 14 – Ensaio de absorção de água – modelo 1.	40
Quadro 15 – Ensaio de absorção de água – modelo 2.	40
Quadro 16 – Ensaio de resistência à compressão.	44

LISTA DE FOTOS E FIGURA

Foto 1 - Agregado graúdo	27
Foto 2 - Ensaio por peneiramento do agregado miúdo	28
Foto 3 - Frasco de Chapman comm 200 ml de água	30
Foto 4 - Frasco de Chapman após ser agitado	30
Foto 5 - Leitura do volume total.....	31
Foto 6 - Submersão do agregado graúdo	32
Foto 7 - Agregado graúdo com aparência opaca	33
Figura 1 – Relação da resistência do concreto versus relação água/cimento.....	34
Foto 8 – Slump 1.....	38
Foto 9 – Slump 2.....	38
Foto 10 – Slump 3.....	39
Foto 11 – Moldagem para a determinação da resistência.....	41
Foto 12 – Imersão dos corpos de prova.....	42
Foto 13 – Separação em grupos para ensaio à compressão.....	42
Foto 14 – Ensaio de resistência à compressão.....	43
Foto 15 – Corpo de prova rompido.....	43

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS.....	13
2.1 OBJETIVO GERAL.....	13
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
3 JUSTIFICATIVA.....	14
4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	15
4.1 O CONCRETO	15
4.2 COMPONENTES DO CONCRETO	15
4.2.1 Cimento Portland.....	15
4.2.2 Agregados	17
4.2.3 Relação água/cimento.....	18
4.2.4 Aditivos.....	19
4.3 CARACTERÍSTICA DOS ADITIVOS UTILIZADOS NO TRABALHO	21
4.3.1 Impermeabilizante	21
4.3.2 Plastificante	22
4.4 DOSAGEM DO CONCRETO	22
5 METODOLOGIA DE PESQUISA.....	24
5.1 CORPO DE PROVA CONTROLE	24
5.2 CORPO DE PROVA COM O USO DOS ADITIVOS	24
5.2.1 Modelo 1.....	24
5.2.2 Modelo 2.....	24
5.3 AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS	25
5.3.1 Slump Test	25
5.3.2 Resistência a compressão	25
5.3.3 Absorção de água	25
6 ENSAIOS LABORATORIAIS	26
6.1 COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DO AGREGADO GRAÚDO	26
6.2 DETERMINAÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA APARENTE SECA DO AGREGADO GRAÚDO	27
6.3 DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DO AGREGADO MIÚDO	28

6.4 DETERMINAÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA REAL OU ABSOLUTA DO AGREGADO MIÚDO POR MEIO DO FRASCO DE CHAPMAN.....	29
6.5 DETERMINAÇÃO DA ABSORÇÃO E DA MASSA ESPECÍFICA ABSOLUTA DOS AGREGADOS GRAÚDOS.....	31
7 TRAÇO.....	34
7.1 DETERMINAÇÃO DO TRAÇO	34
7.2 APRESENTAÇÃO DO TRAÇO	35
8 RESULTADO E DISCUSSÕES	37
8.1 SLUMP TEST.....	37
8.2 ENSAIO DE ABSORÇÃO DE ÁGUA	39
8.3 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO	41
8 REFERÊNCIAS.....	47

1 INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil tem buscado soluções para amenizar o grave problema da infiltração nas edificações em geral.

Os aditivos geralmente utilizados nesse tipo de solução são os impermeabilizantes ou hidrofugantes. Os impermeabilizantes são efetivos em reduzir o transporte de água sob pressão e os hidrofugantes reduzem a migração de umidade principalmente pela ação de forças capilares (RAMACHANDRAN, 1984).

Sem haver perda da função primordial do concreto, os aditivos estão sendo cada vez mais empregados, visto que a água, em seus três estados físicos (gasoso, líquido e sólido), é uma das grandes responsáveis pelas patologias nas construções, deste modo, diversos sistemas e técnicas vêm sendo desenvolvidos, para que as patologias ocasionadas pela água sejam evitadas ou minimizadas.

É fato que a aplicação de plastificante oferece vantagens ao concreto. Nota-se que sem adicionar mais água, ganha-se um aumento na fluidez do concreto, aumento na resistência devido à redução do consumo de água, e um aumento na consistência.

A técnica de impermeabilizar consiste em revestir as estruturas expostas às intempéries, à água da chuva e à própria umidade, protegendo-as deste contato direto, justamente para evitar suas consequências, que são as fissuras e infiltrações (RIGHI, 2009). Entretanto ao misturar qualquer tipo de aditivo na composição do concreto, suas características resistentes podem ser alteradas.

O presente trabalho tem o objetivo de estudar a influência de dois tipos de aditivos, nas principais características do concreto, um impermeabilizante e um plastificante, de uso comum.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Este trabalho tem como objetivo analisar a interferência dos aditivos plastificante e impermeabilizante no concreto. Foram analisados: slump, resistência à compressão e a absorção de água do concreto aos 28 dias.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar o traço pelo método ABCP a ser utilizado para o estudo, com fck 25 MPa;
- Confeccionar corpos de provas com e sem o uso dos aditivos conforme a ABNT NBR 5738:2016;
- Confeccionar corpo de prova sem o uso de aditivo para determinação da resistência característica;
- Confeccionar corpo com o uso dos aditivos e redução do fator a/c em função do plastificante;
- Confeccionar corpo de prova com o uso dos aditivos, porém retirando o mesmo volume de água igual ao adicionado de aditivo, juntamente com redução recomendada pelo fabricante;
- Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone, regido pela ABNT NBR NM 67:1998; (*slump test*);
- Determinação da absorção de água nos corpos de provas com e sem adição, de acordo com a ABNT NBR 9778:2005;
- Realizar ensaio de resistência à compressão nos corpos de prova com e sem o uso dos aditivos, de acordo com a ABNT NBR 5739:2018;
- Avaliar e comparar os resultados obtidos a partir dos diferentes ensaios.

3 JUSTIFICATIVA

Os aditivos químicos que adicionamos em concretos são produtos que modificam as suas propriedades físicas e mecânicas oferecendo melhorias no seu desempenho. São incorporados na mistura cimentícia, com água, areia e brita para proporcionar características específicas ao material.

Tais adições alteram o comportamento mecânico do concreto, tanto no estado fresco quanto no endurecido. E são empregadas para minimizar as deficiências e otimizar algumas das particularidades do produto final.

Visto a interferência no comportamento físico-mecânico do concreto com o uso de aditivo impermeabilizante e/ou plastificante, há o interesse no estudo e tentativa de descobrir o efeito em algumas das propriedades do concreto.

Como esses aditivos são comumente utilizados para evitar problemas futuros no desempenho das estruturas e aumentar a facilidade de concretagem, a dosagem é de fundamental importância para correlacionar a segurança, economia e durabilidade da estrutura.

Portanto este trabalho tem como objetivo buscar o entendimento de alguns dos efeitos nas propriedades físicas a partir do uso de aditivo impermeabilizante e plastificante no concreto.

4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

4.1 O CONCRETO

O concreto é o insumo de construção mais consumido no mundo. Uma estimativa é que no Brasil até 2018 será consumido 72,3 milhões de m³ ao ano de concreto dosado em central, segundo dados obtidos em pesquisa encomendada pela Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP, 2013).

O baixo custo do concreto é proveniente da facilidade de encontrar os materiais necessários para sua fabricação e tais materiais possuem um valor de mercado baixo se comparado a outros materiais de construção como a madeira, por exemplo (RIGHI, 2009)

De modo trivial o concreto é uma mistura de cimento, areia, brita e água, e eventualmente aditivos e adições, porém para que se obtenha a qualidade esperada do produto não se pode determinar o traço desses materiais sem conhecimento prévio da função empreendida por cada um dos componentes na mistura.

Estabelecer as características desejadas, as condições de aplicação e exposição antes de iniciar a fabricação do concreto é de suma importância para determinar o traço ideal e a necessidade ou não de aditivos (PETRUCCI, 1998).

4.2 COMPONENTES DO CONCRETO

4.2.1 Cimento Portland

O cimento Portland foi criado por um construtor inglês, Joseph Aspdin, que o patenteou em 1824. Nessa época, era comum na Inglaterra construir com pedra de Portland, uma ilha situada no sul desse país. Como o resultado da invenção de Aspdin se assemelhasse na cor e na dureza a essa pedra de Portland, ele registrou esse nome em sua patente. É por isso que o cimento é chamado cimento Portland. (DALGLEISH et al., 2007).

O cimento Portland é um pó fino com propriedades aglomerantes, aglutinantes ou ligantes, que endurece sob ação da água. Depois de endurecido, mesmo que seja novamente submetido à ação da água, o cimento Portland não se decompõe mais.

Misturado com água e outros materiais de construção, tais como a areia, a pedra britada, o pó-de-pedra, a cal e outros, resulta nos concretos e nas argamassas usadas na edificação de pontes, casas, prédios, barragens entre outros.

As características e propriedades desses concretos e argamassas vão depender da qualidade e proporções dos materiais com que são compostos. Dentre eles, entretanto, o cimento é o mais atuante, do ponto de vista químico.

Devido à sua composição conter silicatos, aluminatos e ferroaluminato, existem classificações pré-determinadas a fim de facilitar a escolha e caracterizar a função de cada um dos tipos de cimento Portland produzidos, conforme segue:

- Cimento Portland comum (CP I): tem suas propriedades regidas pela ABNT NBR 16697:2018, e como o próprio nome já exibe é o cimento mais simples dentre os demais, não possui características que atendam às necessidades especiais, não devem ser usados em condições ambientais agressivas. Possui aproximadamente 3% de gesso em sua composição com a finalidade de retardar o processo de pega. É classificado em, CP I (sem adições) e CP I-S (com adições), e suas classes de resistência são de 25, 32 e 40 Mpa;
- Cimento Portland composto (CP II): contém na sua composição índices mais elevados de escória, pozolana e fíler, para atender situações que necessitam de um moderado calor de hidratação e em ambientes onde pode ocorrer ataque de sulfatos. Suas nomenclaturas definem os tipos de adições usadas CP II-E (6 a 34% de escoria de alto forno originada de resíduos de fabricação de ferro-gusa) possui baixo calor de hidratação, CP II-Z (6 a 14% de material pozolânico) utilizado em obras marítimas e CP II-F (6 a 10% de Fíler) utilizado em ambientes agressivos (ABNT NBR 16697:2018);
- Cimento Portland de alto-forno (CP III): é considerado um cimento de uso geral, porém possui características que atribuem seu uso em condições onde se faz necessário baixo calor de hidratação, resistência a sulfatos e em misturas onde o agregado é reativo com álcalis, é permitido uma variação de 35 a 70% de adição de escoria de alto forno em sua mistura. Encontrado com as nomenclaturas que fazem

referência a sua classe de resistência CP III-25, CPIII-32 e CPIII-40 (ABNT NBR 16697:2018);

- Cimento Portland Pozolânico (CP IV): encontrado com facilidade no mercado devido sua grande utilização, possui uma adição de 15 a 50% de pozolana (derivado de cinza volante, possui sílica em sua composição) fator que atribui maior durabilidade e baixa permeabilidade, podendo ser utilizado em situações de contato com água e ambientes agressivos. Sua classe de resistência define suas nomenclaturas sendo elas CP IV-25 e CP IV-32 (ABNT NBR 16697:2018);
- Cimento Portland de alta resistência inicial (CP V-ARI): caracterizado pelo seu alto ganho de resistência inicial sendo amplamente utilizado em situações que exijam uma rápida desforma. Não possui adições em sua mistura e é constituído por um clínquer de moagem mais fina, a sigla ARI representa o ganho de resistência aos 7 dias de 34 Mpa (ABNT NBR 16697:2018);

Além dos tipos de cimento Portland supracitados são encontrados ainda cimento Portland resistente aos sulfatos (RS), cimento Portland branco (CPB), cimento Portland de baixo calor de hidratação (BC) e cimento para poços petrolíferos (CPP), (DALGEISH et al., 2007).

A resistência do cimento possui grande influência em sua escolha para o uso em diferentes tipos de argamassa e concreto. Os ensaios realizados para a obtenção desses valores devem então ser feitos aplicando o cimento em misturas rigorosamente definidas de argamassas e concretos e posteriormente testar sua resistência em ensaios de flexão, tração ou compressão sendo esse último o mais utilizado. O ensaio de compressão é normatizado pela ABNT NBR 5739:2018 (ABNT, 2018), que utiliza corpos de prova cilíndricos preenchidos com argamassa de cimento e areia normal.

4.2.2 Agregados

De acordo com Tartuce e Giovanetti (1990), os agregados compõem aproximadamente 60 a 80% da massa de concreto. São materiais que, quando

comparados aos demais, não possuem valor monetário tão significativo e também não reagem de forma significativa com a água. Por esse motivo são considerados como material de enchimento inerte.

Conforme a ABNT NBR 9935:2011, agregado é todo material de formato granular que possua dimensões e características passíveis de serem incorporadas a argamassas e concretos, podendo ser de origem natural, quando extraídos diretamente da natureza, ou de origem artificial, tendo sua estrutura original alterada por algum processo químico ou físico-químico.

Os agregados utilizados no concreto devem ser classificados conforme a dimensão máxima de suas partículas e suas características são definidas quanto absorção d'água e porosidade, granulometria, forma e textura superficial, resistência a compressão e abrasão e tipos de substâncias deletérias presentes (ABNT NBR 7211:2009).

Para fins de dosagem do concreto uma característica importante é a massa específica unitária das partículas do agregado. A massa unitária dos agregados utilizados no concreto pode variar de 1300 a 1750 kg/m³, e esses valores são ditados pelo volume das partículas do agregado e os vazios existentes entre elas.

A porosidade e a capacidade de absorção de água dos agregados possuem relação com a resistência a abrasão, aderência entre os agregados e a pasta de cimento e a estabilidade dos compostos químicos da mistura, assim como o teor de umidade nos agregados afeta diretamente na quantidade de água e de materiais na mistura. (NEVILLE e BROOKS, 2013).

Os agregados são classificados pela ABNT NBR 7211:2009 quanto a sua granulometria, em miúdos e graúdos, sendo a separação feita pelos grãos de dimensão superior e inferior a 4,75mm. Sendo os agregados miúdos os grãos que passam pela peneira com abertura 4,75mm e ficam retidos na peneira 0,075mm, nesse grupo estão presentes as areias. O agregado graúdo são os grãos que passam pela peneira de 0,075 mm, ficam retidos na peneira 4,75 mm, e nesses grupos estão presentes cascalho, arenito, basalto e todos os agregados que se enquadram na faixa de 4,75 a 152mm.

4.2.3 Relação água/cimento

A qualidade do concreto está diretamente relacionada com o fator água/cimento (a/c). Essa relação é de suma importância, devido a quantidade de água ter grande influência na resistência do concreto.

Comumente o fator a/c gira em torno de 0,4 a 0,7, o que significa que para cada 50kg de cimento, utiliza-se de 20 a 35 litros de água. Entretanto, com a diminuição da água, o concreto ou argamassa se torna menos trabalhável, e o excesso causa retração pronunciada depois de seco. Os aditivos são alternativas para que amenize ou até mesmo elimine este tipo de situação.

4.2.4 Aditivos

De acordo com a ABNT NBR 11768:2011, os aditivos servem para alterar as características do concreto quando adicionados em determinadas quantidades, a fim de melhorar o desempenho.

Conforme a ABNT NBR 12655:2015, complementa que aditivo é um produto incorporado ao concreto em uma quantidade não maior que 5% de sua massa cimentícia e tem o propósito de alterar algumas de suas características no estado fresco ou endurecido.

Os aditivos são classificados de acordo com a sua função principal, de acordo com a ABNT NBR 11768:2011:

- Aditivo plastificante (P): tem por finalidade aumentar o índice de consistência do concreto, por consequência aumentando a fluidez ou o abatimento, mantendo a quantidade de água de amassamento ou ainda reduzindo até 6% a quantidade da mesma. Essa categoria é subdividida pelas funções que cada aditivo plastificante como, retardador de pega (PR), acelerador de pega (PA), caso não possua uma característica secundária mantém-se então como aditivo plastificante normal (PN);
- Aditivo superplastificante tipo I (SPI): possui grande capacidade de redução de água sem influenciar a consistência, aumentando consideravelmente a fluidez ou abatimento do concreto, também possui características secundárias como a aceleração de pega (SPI-A), retardo de pega (SPI-R), ou comportar-se sem alteração de sua característica principal (SPI-N);

- Aditivo superplastificante tipo II (SPII): sem alterar a consistência do concreto reduz grande quantidade de água (maior que SPI), aumentando consideravelmente o abatimento e a fluidez do concreto, possui como funções secundárias em alguns casos o retardo de pega (SPII-R), aceleração da pega (SPII-A) e também se encontra disponível em seu estado normal (SPII-N).
- Aditivo Incorporador de Ar (IA): como o nome já define, serve para incorporar ar no interior do concreto fresco através de pequenas bolhas que se mantem no estado endurecido;
- Aditivo acelerador de pega (AP): função principal retardar o processo de endurecimento do concreto, ideal para climas mais frios;
- Aditivo acelerados de resistência (AR): aumenta o ganho de resistência do concreto nos primeiros dias, podendo influenciar ou não no tempo de pega;
- Aditivo retardador de pega (RP): aumenta o processo de início da pega, e a passagem do concreto de plástico para endurecido;
- Aditivo Multifuncional: servem como plastificantes e redutores de água, possuem doses maiores que os plastificantes convencionais e atribuem um aumento na trabalhabilidade do concreto fresco.

A redução real do consumo de água está relacionada com a composição química do cimento e o tipo de agregado utilizado, a fim de evitar problemas como segregação, exsudação e perda de abatimento deve-se executar misturas experimentais antes do traço definitivo, porém é previsto que o aditivo plastificante multifuncional reduza a água entre 5 e 15 %, (DALGLEISH et al., 2007).

É fato que a aplicação de plastificante e superplastificante oferecem vantagens ao concreto. Nota-se que sem adicionar mais água, ganha-se um aumento na fluidez do concreto, aumento na resistência devido à redução do consumo de água, e um aumento na consistência. Para determinar a quantidade de aditivo que vai ser inserida na mistura do concreto ou argamassa, é necessário fazer a relação da sua massa com a massa de cimento, ou se houver outras adições, realiza-se a soma das adições e da massa de cimento.

4.3 CARACTERÍSTICA DOS ADITIVOS UTILIZADOS NO TRABALHO

4.3.1 Impermeabilizante

Aditivo impermeabilizante composto por sais metálicos e silicatos. Atua por preenchimento dos vazios dos poros capilares impedindo que a água penetre, mantendo os ambientes estanques.

Segundo o manual de utilização do produto Vedacit (2019):

“Para a obtenção de um concreto impermeável, devem-se utilizar traços de concreto com consumo mínimo de cimento de 350 kg/m³, obedecendo a uma relação água-cimento de, no máximo, 0,50 (25 litros de água para 50 kg de cimento).”

Sua composição pode ser observada no quadro 1:

Quadro 1 - Natureza do produto químico: mistura

Nome químico	CAS	Faixa de Concentração (%)
Ácido Oleico	122-80-1	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/cm³
- Aparência: Emulsão pastosa Branco(a)
- Composição básica: Silicatos.
- Validade: 24 meses

Campos de aplicação:

- Baldrame;
- Assentamentos de alvenaria;
- Argamassas de revestimento em pisos e paredes;
- Paredes de encosta;
- Estruturas enterradas (caixas-d'água, reservatórios e piscinas);
- Concreto impermeável.

4.3.2 Plastificante

O aditivo plastificante é composto a base de lignosulfonatos. Permite reduzir a água na composição do concreto ou argamassa. Assim, além de aumentar as resistências mecânicas, proporciona concretos homogêneos, coesos e com menor permeabilidade.

Sua composição pode ser observada no quadro 2:

Quadro 2 - Natureza do produto químico: mistura

Nome químico	CAS	Faixa de Concentração (%)
Lignosulfonato de Sódio / Cálcio	8061-52-6/8061-52-7	39,00

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

Características do produto:

- Densidade: 1,22g/cm³
- Aparência: Líquido marrom escuro, isento de cloretos
- Composição básica: Lignosulfonatos
- Validade: 12 meses

Campos de aplicação:

- Concreto dosado em central ou em obra
- Concretos convencionais
- Concretos bombeados

4.4 DOSAGEM DO CONCRETO

Segundo Boggio (2000), os métodos de dosagem mais comuns no Brasil são:

- Método IPT / EPUSP (Instituto de Pesquisa Tecnológica de São Paulo adaptado pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo);
- Método ABCP / ACI (desenvolvido pelo American Concrete Institute e adaptado as condições nacionais pela ABCP);
- Método INT (desenvolvido pelo Instituto Nacional do Rio de Janeiro em 1937);

- Método ITERS (desenvolvido pelo Instituto Tecnológico do Rio Grande do Sul em 1951) e Método SNCF (desenvolvido pela Société Nationalis de Chemis de Fer Français em 1948 para o sifão do Rio Pinheiros em São Paulo).

Em resumo, na ABNT NBR 12665:2015, a dosagem está sendo descrita como sendo o procedimento realizado para determinar o volume dos materiais a fim de obter as propriedades do concreto no estado fresco e endurecido, proporcionando o menor custo. Confundido com o traço, que é definido pela mesma norma como sendo a relação entre o volume dos materiais necessários para a produção do concreto.

O processo de dosagem deve ser entendido como uma maneira de adequar o concreto para as condições nas quais ele será utilizado. Dosar corretamente os materiais exige que se tenha o conhecimento das referências de projeto. A fim de aliar economia com qualidade do produto final deve-se conhecer a resistência desejada e o tempo para atingi-la, a classe de agressividade ambiental, o padrão de qualidade da obra, qual o processo de adensamento, espaçamento de armaduras, capacidade do equipamento de mistura e características dos agregados e materiais empregados, (DALGLEISH et al., 2007).

A resistência de dosagem deve apresentar valores superiores à resistência mínima de projeto, assim o valor correto a ser utilizado para fins de cálculo é o do projeto e não o especificado pela dosagem, tudo isso a favor da segurança.

Para este trabalho será empregado o Método ABCP / ACI. O método ABCP é baseado na norma ACI 211.1-81 (Revised 85), foi adaptado para se adequar a norma brasileira ABNT NBR 7211:2009, permitindo a utilização de agregados britados e areia proveniente de rios. Este método de dosagem utiliza tabelas e gráficos feitos a partir de valores obtidos em experimentos, é utilizado para dosar concretos convencionais utilizando os agregados das diversas regiões do país, (DALGLEISH et al., 2007).

5 METODOLOGIA DE PESQUISA

Foi elaborado um concreto com a resistência mínima f_{ck} 25 MPa pelo método ABCP, que serviu como “concreto controle” para os demais ensaios. Feito isso, de acordo com a ABNT NBR 5738:2016, os corpos de prova foram moldados de três maneiras diferentes:

5.1 CORPO DE PROVA CONTROLE

Moldagem do corpo de prova conforme a ABNT NBR 5738:2016 sem o uso de aditivo com o concreto de resistência característica 25 MPa, tomado como referência nos ensaios a compressão, slump e absorção de água.

5.2 CORPO DE PROVA COM O USO DOS ADITIVOS

Moldagem de corpos de prova conforme a ABNT NBR 5738:2016, concreto controle com o adicional de plastificante e impermeabilizante. Divide-se em dois modelos diferentes:

5.2.1 Modelo 1

Adição de impermeabilizante e plastificante ao concreto, porém houve redução da quantidade de água da mistura, conforme a recomendação do fabricante do aditivo plastificante, 6% do fator a/c do traço controle.

5.2.2 Modelo 2

Confecção da modelagem com o uso de aditivo impermeabilizante e plastificante, porém a redução do fator a/c se deu na mesma proporção de adição em volume dos aditivos, juntamente com a redução conforme recomendação do fabricante.

5.3 AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS

Avaliação dos resultados e compará-los com o corpo de prova controle.

5.3.1 Slump Test

Determinação da consistência pelo abatimento do trono de cone, conforme a ABNT NBR NM 67:1998, para os corpos de prova controle, modelo 1 e 2.

5.3.2 Resistência a compressão

Definição da resistência à compressão nos corpos de prova, para o concreto controle, modelo 1 e 2, de acordo com a ABNT NBR 5739:2018.

5.3.3 Absorção de água

Realização do ensaio de absorção de água nos modelos 1 e 2, juntamente com o controle, conforme a ABNT NBR 9778:2005.

6 ENSAIOS LABORATORIAIS

Com o objetivo de estimar a granulometria, composição e propriedades dos agregados, foram realizados os ensaios para a caracterização dos materiais. Os resultados obtidos são de suma importância para a composição do traço do concreto pelo método ABCP.

6.1 COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DO AGREGADO GRAÚDO

Conforme a ABNT NBR NM 248:2003, o ensaio de composição granulométrica contou com uma amostra de brita de quinhentos gramas e peneiras que vão com abertura desde 25 até 0,15 milímetros. Realizado o ensaio, obtivemos os seguintes dados, conforme quadro 3:

Quadro 3 - Composição granulométrica do agregado graúdo

Peneira # (mm)	Peso Retido (g)	% Retida	% Retida acumulada
25,00	0,00	0,00	0,00
19,00	10,00	2,00	2,00
12,50	243,00	48,60	50,60
9,50	158,00	31,60	82,20
5,60	87,00	17,40	99,60
4,80	2,00	0,40	100,00
2,40	-	-	100,00
1,20	-	-	100,00
0,60	-	-	100,00
0,30	-	-	100,00
0,15	-	-	100,00
Fundo	0,00	-	100,00
Total	500,00	100,00	

Fonte: Laboratório de Análises Granulométricas – UTFPR (Campo Mourão), 2019.

De posse dos dados, conforme a norma técnica mencionada, determinamos o módulo de finura do agregado, dimensão máxima característica e sua classificação: 6,84; 19 mm; brita 1, respectivamente.

6.2 DETERMINAÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA APARENTE SECA DO AGREGADO GRAÚDO

De acordo com a ABNT NBR NM 53:2009, o ensaio para a determinação da massa específica aparente seca de um determinado agregado graúdo é necessário um recipiente com volume mínimo de acordo com o tipo de agregado, uma amostra previamente seca em estufa, balança com precisão de 0,01g e uma régua para o nivelamento da amostra no recipiente. A foto 1 expressa o recipiente com seu volume preenchido com o agregado, já nivelado com a régua:

Foto 1 - Agregado graúdo



Fonte: Autoria própria (2019).

Com o intuito de diminuir a margem de erro e uma maior precisão no ensaio, consideramos três amostras A, B e C, conforme o quadro 4.

Quadro 4 - Relação massa e volume de três amostras de agregado graúdo

Amostra	Volume do recipiente (cm ³)	Peso da amostra (g)
A	3710,93	6296,00
B	3839,73	6278,00
C	3895,53	6454,00
Média	3839,73	6296,00

Fonte: Autoria própria (2019).

Com a média das leituras exibido no quadro 4, determinamos a massa específica, que é a relação do quociente entre peso da amostra em gramas e volume do recipiente em centímetros cúbicos. Portanto, efetuando os cálculos chegamos à conclusão que a massa específica deste agregado é $1,64 \text{ g/cm}^3$.

6.3 DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DO AGREGADO MIÚDO

O objetivo principal do ensaio de granulometria do agregado miúdo é conhecer a distribuição granulométrica do mesmo, para a determinação das demais características como: dimensão máxima, classificação do agregado e módulo de finura.

Consiste em um ensaio que utiliza peneiras que têm abertura que variam de 4,8 até 0,15 milímetros. A foto 2 representa as peneiras montadas no aparelho vibratório.

Foto 2 - Ensaio por peneiramento do agregado miúdo



Fonte: Autoria própria (2019).

Após a realização do ensaio conforme os procedimentos da ABNT NBR NM 248:2003, relaciona-se os dados encontrados no quadro 5:

Quadro 5 - Relação entre peneiras, peso retido e porcentagem retida da areia

Peneira #(mm)	Peso retido (g)	% Retida	% Retida acumulada
4,80	4,00	0,80	0,80
2,40	2,00	0,40	1,20
1,20	9,00	1,80	3,00
0,60	40,00	8,00	11,00
0,30	212,00	42,40	53,40
0,15	221,00	44,20	97,60
Fundo	12,00	2,40	100,00
Total	500,00	100,00	

Fonte: Autoria própria (2019).

Conforme o quadro 5, é necessário finalizar o ensaio determinando as demais características do agregado como: classificação, módulo de finura e dimensão máxima característica.

O módulo de finura é uma relação entre a soma da porcentagem retida acumulada, na qual para este agregado o valor calculado foi de 1,67. A dimensão máxima característica foi de 1,20mm e a classificação do agregado é areia fina.

6.4 DETERMINAÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA REAL OU ABSOLUTA DO AGREGADO MIÚDO POR MEIO DO FRASCO DE CHAPMAN

O ensaio para a determinação da massa específica do agregado miúdo é normatizado pela ABNT NBR NM 52:2009.

É introduzido cerca de 200ml de água no frasco de Chapman e feita a leitura, conforme a foto 3. Após a leitura é inserido novamente no mesmo frasco a quantidade de quinhentas gramas de agregado miúdo com o cuidado para que o agregado não adere às paredes do tubo.

Foto 3 - Frasco de Chapman com 200 ml de água



Fonte: Autoria própria (2019).

Feito isso, é necessário agitar o frasco com movimentos circulares para que todo o ar que está no agregado se desprenda das partículas sólidas e a amostra fique saturada. Na foto 4 o autor exibe o frasco após a agitação:

Foto 4 - Frasco de Chapman após ser agitado



Fonte: Autoria própria (2019).

Após a agitação do frasco é feita a leitura do volume, explicitado na foto 5.

Foto 5 - Leitura do volume total



Fonte: Autoria própria (2019).

De posse das leituras é elaborado um novo quadro com os dados obtidos para a determinação da massa específica real (vide quadro 6).

Quadro 6 - Relação massa e volume de três amostras de agregado graúdo

Amostra	Massa de areia (g)	Volume de água (cm ³)	Leitura (cm ³)
1	500,00	200,00	390,00
2	500,00	200,00	391,00

Fonte: Autoria própria (2019).

A massa específica absoluta consiste basicamente da relação entre a massa de areia pela diferença do volume final, menos o inicial. No laboratório foram constituídas duas amostras, com a intenção de exatidão no ensaio. Portanto, conclui-se que a massa específica do agregado miúdo é 2,62 g/cm³.

6.5 DETERMINAÇÃO DA ABSORÇÃO E DA MASSA ESPECÍFICA ABSOLUTA DOS AGREGADOS GRAÚDOS

O ensaio de absorção e da massa específica absoluta, regido pela ABNT NBR NM 53:2009, tem como finalidade determinar a porcentagem de absorção de água que o agregado adquire após 24 horas submerso (foto 6).

Foto 6 - Submersão do agregado graúdo



Fonte: Autoria própria (2019).

Além dessa característica, é possível estimar a massa específica na condição seca, que é uma relação entre o quociente da massa seca do agregado pela diferença do peso da amostra com aparência opaca (foto 7) menos o peso da amostra submersa em água (foto 6). Portanto após o ensaio, a amostra de agregado é seca novamente em estufa na qual de posse do conhecimento dos referidos pesos, elabora-se a quadro 7.

Foto 7 - Agregado graúdo com aparência opaca



Fonte: Autoria própria (2019).

Quadro 7 - Relação da massa da amostra de agregado graúdo

Peso da amostra c/ aparência opaca (g)	Peso da amostra submersa em água (g)	Massa seca do agregado (g)
1181,00	779,00	1165,00

Fonte: Autoria própria (2019).

Com os valores determinados, é possível estimar, conforme a ABNT NBR NM 53:2009 os respectivos valores descritos no quadro 8:

Quadro 8 - Relação da massa específica e absorção do agregado graúdo

Massa específica na condição saturada superfície seca (g/cm ³):	Absorção (%):	Massa específica na condição seca (g/cm ³):
2,94	1,37	2,90

Fonte: Autoria própria (2019).

Para a composição do traço é necessário ter o conhecimento sobre a massa específica na condição seca do agregado graúdo.

7 TRAÇO

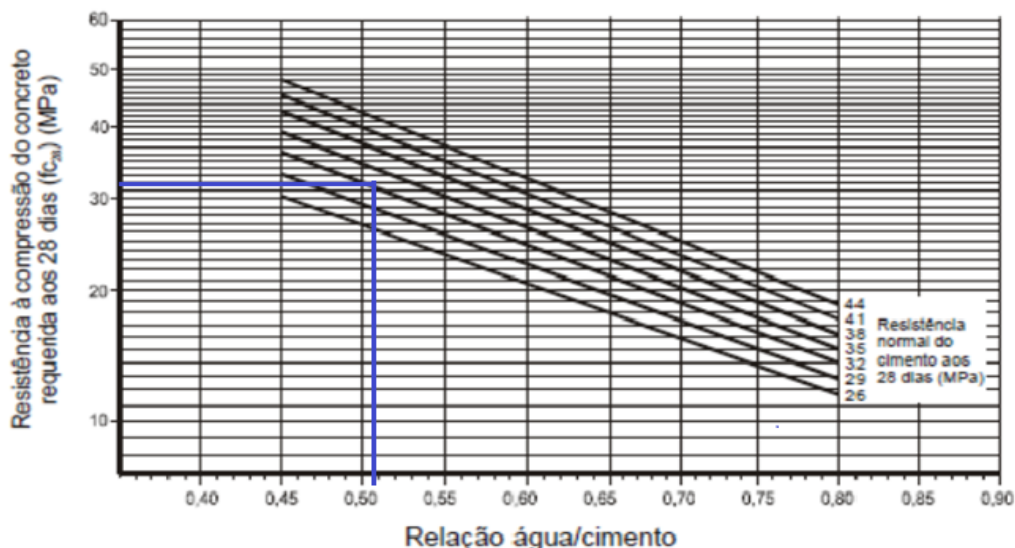
7.1 DETERMINAÇÃO DO TRAÇO

A determinação do traço se deu pelo método ABCP, que é definido pela norma ABNT NBR 12655:2015 como sendo a relação entre o volume dos materiais necessários para a produção do concreto de consistência plástica a fluida.

Primeiramente foi caracterizado os materiais, sendo eles: cimento, agregados e os aditivos. Desta maneira, seguindo a metodologia da ABCP, com a resistência requerida de 25 Mpa e um desvio padrão de 4 Mpa (Condição A - Materiais dosados em massa e a água de amassamento é corrigida em função da correção da umidade dos agregados), usamos a equação onde a resistência do concreto à compressão aos 28 dias se dá pela soma entre a resistência requerida pelo desvio padrão multiplicado por 1,65. Realizando esse cálculo, obtemos um valor de 31,60 Mpa.

De posse desse dado e sabendo que a resistência normal do cimento utilizado (CP II – 32 Z) é de 32 Mpa, foi possível através da figura 1 fixar o fator água/cimento.

Figura 1 – Relação da resistência do concreto versus relação água/cimento



Fonte: Adaptado de Parâmetros de Dosagem do Concreto, ABCP, ET – 67. (1995).

Com a relação a/c igual a 0,51, e o abatimento do concreto fixado entre 80 a 100mm, a determinação do consumo de água se deu através do diâmetro máximo do agregado graúdo (19mm), cerca de 205 L/m³, expresso no quadro 9.

Quadro 9 – Relação da massa específica e absorção do agregado graúdo

Consumo de água aproximado (L/m ³)					
Abatimento (mm)	D _{máx} agregado graúdo (mm)				
	9,5	19	25	32	38
40 a 60	220	195	190	185	180
60 a 80	225	200	195	190	185
80 a 100	230	205	200	195	190

Fonte: Adaptado de < https://www.abcp.org.br/cms/wp-content/files_mf/30Dosagem_concreto_Rubens_Curti_ABCP.pdf>. (Acessado junho/2019).

O consumo de cimento é uma razão entre o consumo de água pelo a/c, logo o consumo de cimento é igual a 401,96 kg/m³.

A próxima etapa foi a determinação do consumo do agregado graúdo, cerca de 1262,57 kg/m³. Se deu através do dado do quadro 10, na relação entre dimensão máxima do agregado graúdo (19mm) e o MF (Módulo de Finura) da areia - determinado no ensaio de granulometria. Esse valor é de 770 L e deve ser multiplicado pela massa específica seca da brita (1,64 g/cm³), determinada no ensaio da massa específica aparente seca do agregado graúdo.

Quadro 10 – Relação do módulo de finura e dimensão máxima em milímetros.

Consumo Agregado Graúdo (L/m ³)					
MF	Dimensão Máxima (mm)				
	9,5	19,0	25,0	32,0	38,0
1,8	645,0	770,0	795,0	820,0	845,0
2,0	625,0	750,0	775,0	800,0	825,0
2,2	605,0	730,0	755,0	780,0	805,0

Fonte: Adaptado de < https://www.abcp.org.br/cms/wp-content/files_mf/30Dosagem_concreto_Rubens_Curti_ABCP.pdf>. (Acessado junho/2019).

Com o consumo de água, cimento e agregado graúdo, juntamente com suas massas específicas respectivas, é possível determinar o consumo de agregado miúdo, conforme o método ABCP. O resultado obtido foi de 602,81 kg/m³.

7.2 APRESENTAÇÃO DO TRAÇO

Foram realizados três traços diferentes: traço controle, modelo 1 e modelo 2. Conforme mencionado no capítulo 5 (METODOLOGIA DE PESQUISA), o que difere

os traços modelo 1 e 2, para o traço controle, é o uso de aditivos e alteração no fator água/cimento. Deste modo, as respectivas dosagens são mencionadas no quadro 11 abaixo, na proporção em massa:

Quadro 11 – Dosagem modelo 1, modelo 2 e concreto controle.

Dosagem concreto Modelo 1			
Cimento	Areia	Brita	Água
1,00	1,50	3,14	0,48
Dosagem concreto Modelo 2			
Cimento	Areia	Brita	Água
1,00	1,50	3,14	0,47
Dosagem Concreto Controle			
Cimento	Areia	Brita	Água
1,00	1,50	3,14	0,51

Fonte: Autoria própria (2019).

A quantidade de aditivo químico por quilograma de cimento, tanto em massa, quanto em volume utilizado em cada dosagem modelo (1 e 2), corresponde a 1% de impermeabilizante e 0,3% de plastificante, expresso no quadro 12:

Quadro 12 - Quantitativo de aditivos

Quantidade de Aditivos a serem utilizados (Modelo 1 e 2)		
Aditivo	kg/kg	L/kg
Impermeabilizante	0,01	0,009524
Plastificante	0,003	0,002459

Fonte: Autoria própria (2019).

Portanto, observamos que, a única diferença entre os modelos 1 e 2 é a variação na quantidade de água empregada na composição do concreto. A redução do fator a/c se deu na mesma proporção de adição em volume dos aditivos, juntamente com a redução da água de amassamento conforme recomendação do fabricante, que é 6%.

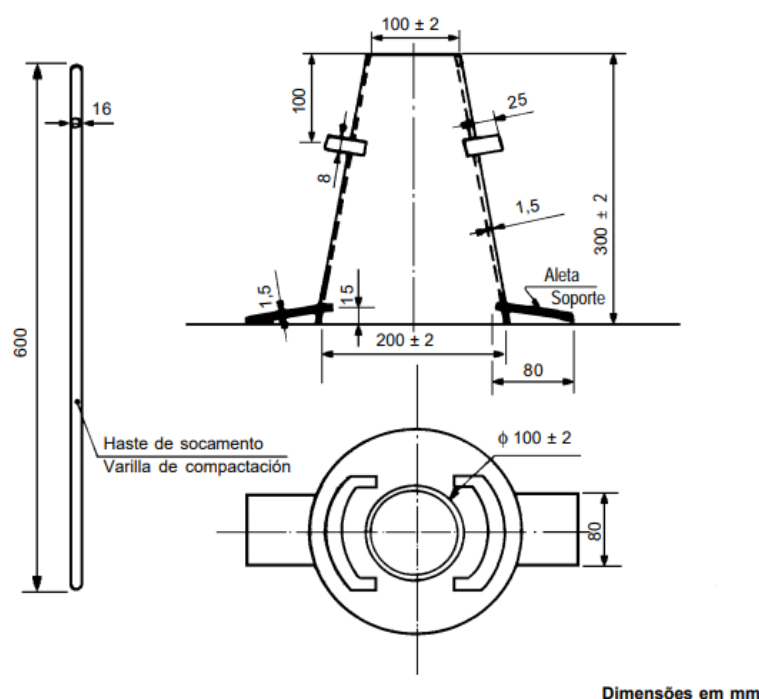
8 RESULTADO E DISCUSSÕES

8.1 SLUMP TEST

A norma ABNT NBR NM 67:1998 especifica um método para determinar a consistência do concreto fresco através da medida de seu assentamento, em laboratório e obra. O método é aplicável aos concretos plásticos e coesivos que apresentem um assentamento igual ou superior a 10 mm, como resultado do ensaio realizado de acordo com esta norma.

Para a realização do ensaio é necessário a utilização de um molde que deve ter a forma de um tronco de cone oco, com as seguintes dimensões explicitadas na figura 2.

Figura 2 – Tronco de cone para ensaio *slump test*.



Fonte: Anexo A, ABNT NBR NM 67:1998.

Além do tronco de cone é necessário o emprego de uma haste metálica para compactação do material, e um base, preferencialmente metálica, conforme especificações na ABNT NBR NM 67:1998. Seguindo as recomendações da ABNT NBR NM 67:1998 foram realizados três ensaios, para o concreto controle, para o modelo 1

e modelo 2. Os resultados obtidos foram relatados conforme ensaio, mencionados abaixo nas fotos 8, 9 e 10:

- Concreto controle: abatimento de 9,2 cm

Foto 8 – Slump 1.



Fonte: Autoria própria (2019).

- Modelo 1: abatimento de 16,8 cm

Foto 9 – Slump 2.



Fonte: Autoria própria (2019).

- Modelo 2: abatimento de 12,4 cm

Foto 10 – Slump 3.



Fonte: Autoria própria (2019).

Com os referidos dados podemos notar a grande diferença no slump do concreto controle e modelos 1 e 2, essa diferença é explicada devido ao emprego do aditivo plastificante, tornando a mistura com aspecto mais fluido, mesmo reduzindo 6% o teor de água conforme a ABNT NBR 11768:2011.

Tal fenômeno é interessante ser observado porque o emprego de plastificante tem por finalidade aumentar o índice de consistência do concreto, por consequência aumentando a fluidez ou o abatimento, o que realmente aconteceu no ensaio. Visto que o teor água/cimento foi reduzido, é esperado o acréscimo na resistência do mesmo.

8.2 ENSAIO DE ABSORÇÃO DE ÁGUA

O objetivo deste ensaio é definir a quantidade de água absorvida pelos poros do concreto endurecido para o corpo de prova controle, modelo 1 e modelo 2.

De acordo com a ABNT NBR 9778:2005 a absorção de água por imersão compreende o processo pelo qual a água é conduzida e tende a ocupar os poros de um corpo sólido poroso. Para efeitos da norma, é também o incremento de massa de

um corpo sólido poroso devido à penetração de água em seus poros permeáveis, em relação a sua massa no estado seco.

Realizado o ensaio, obtivemos os seguintes resultados exibidos nos quadros 13, 14 e 15, para os três modelos de corpo de prova:

- Controle:

Quadro 13 – Ensaio de absorção de água – controle.

Corpo de Prova	Massa seca (g)	Massa após 72h	Massa de água absorvida (g)	Média de água absorvida (g)
C1	3863	4045	182	187,7
C3	3886	4076	190	
C4	3789	3980	191	

Fonte: Autoria própria (2019).

- Modelo 1:

Quadro 14 – Ensaio de absorção de água – modelo 1.

Corpo de Prova	Massa seca (g)	Massa após 72h	Massa de água absorvida (g)	Média de água absorvida (g)
M1	3718	3904	186	180,7
M3	3802	3963	161	
M4	3754	3949	195	

Fonte: Autoria própria (2019).

- Modelo 2:

Quadro 15 – Ensaio de absorção de água – modelo 2.

Corpo de Prova	Massa seca (g)	Massa após 72h	Massa de água absorvida (g)	Média de água absorvida (g)
F1	3694	3881	187	172,0
F5	3701	3878	177	
F8	3828	3980	152	

Fonte: Autoria própria (2019).

Na composição dos modelos 1 e 2 foram empregados os aditivos impermeabilizante e plastificante, diferentemente do controle. Como o aditivo impermeabilizante é composto por sais metálicos e silicatos, obtivemos como resultado a redução na absorção de água nos modelos 1 e 2, cerca de 4% e 8% respectivamente, em relação ao concreto controle. O plastificante contribuiu no processo, pois com a redução de água há uma redução no índice de vazios do concreto endurecido, refletindo diretamente na permeabilidade do mesmo.

8.3 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

Posteriormente à elaboração do traço, foram moldados cinco corpos de prova para cada modelo (controle, modelo 1 e modelo 2). O processo de moldagem foi seguido de acordo a ABNT NBR 5738:2016 para a determinação da resistência. A foto 11 representa os CP's sendo moldados.

Foto 11 – Moldagem para a determinação da resistência.



Fonte: Autoria própria (2019).

Após a moldagem, os corpos de prova ainda com os moldes, foram introduzidos em um recipiente com água, por um período de 24 horas. Passado esse período o concreto foi desmoldado, identificado e submetido a uma cura submersa em água não corrente saturada de cal por um período de 28 dias. A foto 12 ilustra os corpos de prova sendo submersos:

Foto 12 – Imersão dos corpos de prova.



Fonte: Autoria própria (2019).

Após os 28 dias, processo onde o cimento adquire praticamente sua resistência máxima (depois desse período o ganho de resistência é relativamente pouco em relação ao tempo), os corpos de prova foram separados nas categorias (modelo 1, 2 e controle) e colocados na prensa, mostrados nas fotos 13 e 14:

Foto 13 – Separação em grupos para ensaio à compressão.



Fonte: Autoria própria (2019).

Foto 14 – Ensaio de resistência à compressão.



Fonte: Autoria própria (2019).

Após a realização do ensaio e majorando a aplicação da carga, observa-se que o corpo de prova rompeu na ligação cimentícia e não por ruptura do agregado. A foto 15 abaixo tem por finalidade mostrar um dos corpos de prova rompido nas características citadas acima.

Foto 15: Corpo de prova rompido.



Fonte: Autoria própria (2019).

Seguindo as normas técnicas conforme a ABNT NBR 5739:2018, a determinação da resistência se dá através da tensão máxima de ruptura, uma relação direta entre força por área. Realizado o ensaio obtivemos os resultados dos três modelos estudados, demonstrados no quadro 16:

Quadro 16 – Ensaio de resistência à compressão.

CP	Média dos diâmetros (mm)	Área (mm ²)	Força (KN)	Resistência (MPa)	Resistência média (MPa)
F2	99,00	7697,69	274,10	35,61	32,87
F3	99,90	7838,28	247,00	31,51	
F4	100,35	7909,06	255,40	32,29	
F7	99,90	7838,28	257,10	32,80	
F6	99,55	7783,45	250,00	32,12	
C2	99,65	7799,10	206,50	26,48	27,53
C5	100,45	7924,83	220,90	27,87	
C6	100,55	7940,61	211,20	26,60	
C7	99,65	7799,10	216,00	27,70	
C8	99,95	7846,13	227,50	29,00	
M2	99,65	7799,10	205,90	26,40	27,82
M5	99,70	7806,93	205,00	26,26	
M6	100,05	7861,84	225,30	28,66	
M7	99,65	7799,10	235,30	30,17	
M8	100,70	7964,32	219,90	27,61	

Fonte: Autoria própria (2019).

Os resultados que variam mais do que 6% do valor da média devem ser descartados, de acordo a ABNT NBR 5738:2016, pois identificam avarias na qualidade do corpo de prova, diminuindo ou aumentando sua resistência, deste modo interferindo nos resultados.

Considerando o efeito supracitado acima, as novas médias são: 32,18MPa, 27,53 MPa e 28,21 MPa para os modelos 2, controle e modelo 1, respectivamente. Analisando os valores de Fck, temos como resultado para o concreto controle o valor de 21,01 Mpa, para o modelo 1 o valor de 21,61 Mpa e para o modelo 2 o valor de 25,58 Mpa. Visto que o Fck estava previsto para 25 Mpa, o concreto controle e modelo 1 não apresentam valores satisfatórios, apenas o modelo 2 atinge o valor esperado.

Observamos que a hidratação do cimento se faz necessária no processo de enrijecimento do concreto, logo quanto menor a quantidade de água menor a permeabilidade e menor a trabalhabilidade, porém maior resistência. No ensaio, o uso

de aditivo impermeabilizante não traz nenhuma interferência quanto a resistência mecânica do concreto.

Já o aditivo plastificante exerce sua interferência direta no quesito resistência. Como a água é reduzida, o plastificante age também na trabalhabilidade, tornando uma mistura com maior fluidez e com menor quantidade de vazios após o enrijecimento, justificando portanto o ganho na resistência.

9 CONCLUSÃO

Levando-se em consideração todas as análises efetuadas, o objetivo do trabalho foi alcançado e pudemos identificar interferências dos aditivos (plastificante e impermeabilizante) em algumas das propriedades físicas do concreto.

No ensaio de abatimento (*slump test*) conclui-se que o valor encontrado de 9,2cm para o concreto controle foi o esperado, dentro do intervalo de 8-10cm. Para os modelos 1 e 2, é nítida a interferência do aditivo plastificante, visto que para o modelo 1 obteve-se o valor de 16,8cm e para o modelo 2, 12,4cm justamente porque o emprego deste aditivo tem por finalidade aumentar o índice de consistência do concreto, por consequência aumentando a fluidez ou o abatimento, o que realmente aconteceu no ensaio.

Observamos que no ensaio de absorção houve redução na incorporação de água ao utilizar o aditivo impermeabilizante. Para os modelos 1 e 2 obtivemos como resultado a redução na absorção de água, cerca de 4% e 8% respectivamente, em relação ao concreto controle. O plastificante contribuiu no processo, pois a permeabilidade está relacionada diretamente com a redução no índice de vazios do concreto.

Considerando que o fck do traço proposto deveria atingir 25 Mpa, obtivemos para o modelo controle um fck de 21,01 Mpa e para o modelo 1 o fck de 21,61 Mpa. Os valores levam a uma situação de não conformidade. Apenas o modelo 2, com fck de 25,58 Mpa apresenta resultado satisfatório. Com a redução do fator água/cimento para os modelos com o uso de aditivos chegamos à conclusão que houve ganho de resistência relativa de até 6,65Mpa na média.

Deste modo, vimos que a adição do plastificante melhorou significativamente a resistência e o abatimento. A adição do impermeabilizante não trouxe melhora significativa em nenhuma das três propriedades analisadas.

10 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP). **Guia básico de utilização do cimento Portland**. 7.ed. São Paulo, 2012. 28p. (BT-106).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 16697**. Cimento Portland - Requisitos. Rio de Janeiro, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 5738**. Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR NM 67**. Ensaio de Abatimento de Concreto – *Slump Test*. Rio de Janeiro, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 7211**. Agregados para concreto – Especificações. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 9935**. Agregados - Terminologia. Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 11768**. Aditivos químicos para concreto de cimento Portland – Requisitos. Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 12655**. Concreto de cimento Portland - Preparo, controle, recebimento e aceitação - Procedimento. Rio de Janeiro, 2015.

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, 2005.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR NM 53**. Agregado graúdo – Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR NM 52**. Agregado miúdo – Determinação da massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2009.

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

DALGLEISH, T., WILLIAMS, J. M. G., GOLDEN, A. M. J., PERKINS, N., BARRETT, L. F., BARNARD, P. J., WATKINS, E. **Guia básico de utilização do cimento Portland**. Journal of Experimental Psychology: General, 2007.

RIGHI, G. V. (2009). **Estudos dos sistemas de impermeabilização: patologias, prevenções e correções – análise de casos**, p. 95, 2009.

TARTUCE, Ronaldo; GIOVANNETTI, Edio. **Princípios Básicos Sobre Concreto de Cimento Portland**. São Paulo: IBRACON, 1990. 107 p.

PETRUCCI, Eladio G. R. **Concreto de cimento Portland**. p. 13. Ed. São Paulo. Globo, 1998.

MEHTA, P. Kumar; MONTEIRO, Paulo J. M. **Concreto: microestrutura, propriedade e materiais**. 2. Ed. São Paulo. IBRACON, 2014.

NEVILLE, A. M.; BROOKS J. J. **Tecnologia do concreto**. 2. Ed. Porto Alegre. Bookman, 2013.

IBI, Instituto Brasileiro de Impermeabilização. **Manual de utilização de aditivos para concreto dosado em central**. [S.l.: s.n.], 2015. 32 p. v. 1.

VEDACIT. **Produtos Vedacit**. 2019. Disponível em: <<http://vedacit.com.br/produtos/vedacit>>. Acesso em: 10 jun. 2019.