

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ - FAG

GABRIEL MAZER MARQUES

**ANÁLISE COMPARATIVA DA AÇÃO DE ADITIVOS PLASTIFICANTES DE TRÊS
FABRICANTES DIFERENTES NO CONCRETO**

CASCATEL - PR

2016

FACULDADE ASSIS GURGACZ - FAG

GABRIEL MAZER MARQUES

**ANÁLISE COMPARATIVA DA AÇÃO DE ADITIVOS PLASTIFICANTES DE TRÊS
FABRICANTES DIFERENTES NO CONCRETO**

Trabalho apresentado na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso I do Curso de Engenharia Civil da Faculdade Assis Gurgacz - FAG, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Profª. Me. Maria Vânia Nogueira do Nascimento Peres

CASCADEL - PR

2016

RESUMO

Este trabalho analisa as vantagens do uso do aditivo plastificante na produção do concreto, além de comparar os resultados de um traço convencional, adotado como referência, a outros três com o mesmo traço, porém contendo adição de uma mesma quantidade de aditivo plastificante, sendo cada um de um fabricante diferente. Os resultados foram obtidos por meio dos ensaios de abatimento e de resistência à compressão do concreto. Foram produzidos 24 corpos de prova com dimensão de 10 x 20 cm, sendo 6 do traço referência e 6 para cada um dos três concretos com aditivo plastificante. Os resultados mostram que, em relação à consistência, os três aditivos apresentaram uma melhora na trabalhabilidade do concreto, porém, com resultados diferentes entre si, sendo o concreto com Aditivo B o que apresentou maior abatimento e o concreto com aditivo C o que apresentou o menor abatimento com uma diferença de 6 cm entre eles. Já em relação à resistência à compressão, apenas o concreto com Aditivo C resultou no aumento da resistência em relação ao traço referência, sendo esse aumento de 10%, diferentemente dos concretos com os Aditivos A e B, que apresentaram uma perda significativa de resistência de 25% com relação aos resultados do traço referência.

Palavras-chave: Concreto; Aditivo plastificante; Resistência; Consistência.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Pedras de clínquer	15
Figura 02 – Ação dos plastificantes no cimento.....	21
Figura 03 – Ensaio de abatimento do concreto.....	25
Figura 04 – Moldagem dos corpos de prova.....	27
Figura 05 – Corpos de prova moldados e armazenados.....	28
Figura 06 – Corpos de prova armazenados em câmara úmida.....	29
Figura 07 – Nivelamento dos corpos de prova com auxílio da retífica.....	30
Figura 08 – Ensaio de resistência à compressão.....	31
Figura 09 – Gráfico do abastecimento do concreto.....	33
Figura 10 – Gráfico da média das resistências.....	35
Figura 11 – Traço referência.....	36
Figura 12 – Aditivo A.....	37
Figura 13 – Aditivo B.....	37
Figura 14 – Aditivo C.....	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Tipos de cimento.....	16
Tabela 02 – Número de camadas e golpes na moldagem dos corpos de prova.....	23
Tabela 03 – Quantidade de aditivos recomendada pelos fabricantes.....	23
Tabela 04 – Tolerância para idade de ensaio de resistência à compressão.....	26
Tabela 05 – Tolerância para idade de ensaio.....	31

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 – Cálculo da resistência à compressão	32
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

IPT: Instituto de Pesquisas Tecnológicas

IBRACON: Instituto Brasileiro do Concreto

ABCP: Associação Brasileira de Cimento Portland

NBR: Norma Brasileira Regulamentadora

ABESC: Associação Brasileira de Empresas e Serviços de Concretagem

a/c: Relação água/cimento

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas

SUMÁRIO

1 CAPÍTULO 1	10
1.1 INTRODUÇÃO	10
1.2 OBJETIVOS	11
1.2.1 Objetivo Geral	11
1.2.2 Objetivos Específicos	11
1.3 JUSTIFICATIVA	11
1.4 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA	12
1.5 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	12
2 CAPÍTULO 2	13
2.1 Fundamentação teórica	13
2.1.1 Tecnologia do Concreto	13
2.1.2 Componentes do Concreto	14
2.1.2.1 Cimento	14
2.1.2.2 Agregados	16
2.1.2.2.1 Agregado Graúdo	17
2.1.2.2.2 Agregado Miúdo	17
2.1.2.3 Água	18
2.1.2.4 Aditivos	18
2.1.3 Aditivos Plastificantes	20
2.1.3.1 Definição	20
2.1.3.2 Classificação	20
2.1.3.3 Mecanismos de Atuação	20
2.1.3.4 Efeitos nas Propriedades do Concreto	21
3 CAPÍTULO 3	23
3.1 METODOLOGIA	23
3.1.1 Ensaio de Abatimento do Concreto	24
3.1.2 Moldagem dos Corpos de Prova	26
3.1.3 Ensaio de Resistência à Compressão	29
4 CAPÍTULO 4	33
4.1 RESULTADOS OBTIDOS	33
4.2 ENSAIO DE ABATIMENTO DO CONCRETO	33

4.3	ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO.....	34
5	CAPÍTULO 5.....	39
5.1	CONSIDERAÇÕES FINAIS	39
6	CAPÍTULO 6.....	40
6.1	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	40
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41

1 CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

Segundo Verçosa (2003), nas civilizações primitivas, o homem utilizava como materiais de construção a pedra, a madeira e o barro. Aos poucos, foram aumentando as exigências do homem, passando a demandar materiais de maior resistência, maior durabilidade e melhor aparência. Assim, surgiu o concreto, trabalhável como barro e resistente como pedra.

Durante o processo de construção de uma obra, existem vários obstáculos que encontramos em relação aos materiais, principalmente ao concreto, tornando-se necessária a utilização da ciência como auxílio, realizando pesquisas e elaborando compostos adicionais que, de alguma forma, possam satisfazer as necessidades que se apresentam. Esses compostos são conhecidos como aditivos e têm a finalidade de alterar as propriedades físicas do concreto ou da argamassa, para que seja possível melhorar a qualidade do produto e adaptá-lo à necessidade específica. Existem, atualmente, diversos tipos de aditivos, cada um com características específicas, como: melhoria na trabalhabilidade, na resistência, no tempo e outros. (PORTAL DO CONCRETO, 2016)

Um aditivo muito utilizado nas edificações é o aditivo plastificante, que tem por finalidade melhorar a plasticidade das argamassas e do concreto, permitindo, em consequência, melhor compactação com menor dispêndio de energia ou, então, redução da quantidade de água, diminuindo a retração, aumentando a resistência ou economizando aglomerante, como o cimento (TARTUCE e GIOVANNETTI, 1999).

No mercado da construção civil, os consumidores estão cada vez mais exigentes em relação aos produtos a serem adquiridos, devido à fácil informação que todos poderão ter sobre novas tecnologias e novidades dos materiais. Isso reflete também nos fornecedores dos produtos, que buscam cada vez mais uma qualidade melhor para conquistar os consumidores.

Por esse motivo, faz-se de grande importância este estudo comparativo, neste caso, tratando apenas de um produto: o aditivo plastificante, mas advindo de diferentes fabricantes, tanto para exaltar as vantagens desse aditivo, quanto para alertar o consumidor sobre a

importância de quanto cuidado deve-se ter na escolha do produto que será utilizado na sua edificação.

OBJETIVOS

Objetivo Geral

Analisar e comparar a influência do uso de aditivos plastificantes de três fabricantes diferentes nas propriedades do concreto.

Objetivos Específicos

- Analisar as vantagens do uso do aditivo plastificante no concreto;
- Obter a consistência dos concretos por meio do *Slump Test*, em laboratório;
- Obter a resistência à compressão dos concretos aos 28 dias, por meio de ensaio em laboratório.

JUSTIFICATIVA

O ramo da construção civil, nos últimos anos, sofreu um grande crescimento no Brasil, tornando o mercado muito mais exigente quanto ao tempo de execução das obras, à qualidade dos materiais e da mão de obra utilizadas e ao custo benefício que cada tipo de material diferente oferece.

Por esses motivos, cada vez mais são apresentadas novidades para melhorar a capacidade dos materiais utilizados, visando a uma melhor execução da obra, dentre elas, os aditivos são utilizados cada um com suas respectivas características. Como consequência também, ocorre o aumento da concorrência entre fabricantes para diversos produtos.

Com este trabalho, busca-se analisar não só as vantagens do uso do aditivo plastificante na elaboração do concreto, mas também se existem diferenças significativas

entre três fabricantes diferentes do mesmo produto, a fim de atentar-se ao cuidado que deve ser tomado na escolha do material.

CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

A diferença de fabricantes de aditivos plastificantes pode causar diferenças significativas nos efeitos que o produto fornece às propriedades do concreto, principalmente no que se refere a trabalhabilidade e resistência mecânica?

DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa limita-se à comparação de propriedades do concreto com traço convencional, e mais três com adição de aditivos plastificantes de fabricantes diferentes por meio de ensaios de plasticidade e resistência à compressão, este realizado aos 28 dias. Foram produzidos 24 corpos de prova, sendo 6 do traço referência e 18 com adição do aditivo plastificante, cada fabricante contendo 6 corpos de prova. Os ensaios foram realizados no laboratório de ensaios mecânicos, estruturas e construção do Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz.

CAPÍTULO 2

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1.1.1 Tecnologia do Concreto

No Brasil, o início dos estudos da tecnologia do concreto ocorreu em 1899, com a criação do Gabinete de Resistência dos Materiais da Escola Politécnica de São Paulo, que deu origem ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), onde foram realizados os primeiros ensaios em diversos tipos de materiais sobre suas características. Diversos métodos de ensaios para materiais de construção foram criados e executados por Gilberto Molinari, o também fundador, em 1963, do IBRACON (Instituto Brasileiro do Concreto), onde os estudos foram capazes de antever os danos da reação álcali-agregado, resultando na aplicação das cinzas volantes, além de ser um dos primeiros a desenvolver a tecnologia do concreto massa no Brasil. (VASCONCELOS, 1992)

Hernani Sávio Sobral foi o primeiro a implantar a rotina de dosagem e controle da qualidade do concreto. Eladio Petrucci desenvolveu o método de dosagem ITERS, o melhor método para adequação da resistência e melhor trabalhabilidade, com critérios bem diferentes dos já utilizados. Assim como muitos outros especialistas que, a partir de então, foram surgindo e desenvolvendo cada vez mais testes de dosagem de materiais e de traços (VASCONCELOS, 1992).

Com a evolução da tecnologia do concreto, um material que tem se tornado um grande aliado aos estudos são os aditivos, componentes adicionados aos ingredientes normais do concreto durante a mistura a fim de obter propriedades desejáveis, tais como: aumento da plasticidade, controle no tempo de pega, controle do aumento da resistência, redução no calor de hidratação, etc. Esses aditivos para concreto são explorados comercialmente por fabricantes especializados, cada um com seu catálogo que contém informações sobre como utilizá-los da maneira mais correta possível (PIERNAS, 2002).

1.1.2 Componentes do Concreto

Existem três razões que tornam o concreto essencial na engenharia. A primeira é a resistência que ele apresenta em contato com a água, diferentemente de outros materiais, como madeira e aço, que sofrem um alto nível de deterioração quando entram em contato com ela. A segunda razão trata das formas em que o concreto pode ser trabalhado, como o concreto fresco e o concreto endurecido. A primeira tem melhor trabalhabilidade, pois tem favorecimento na entrada em moldes de vários formatos, devido a sua resistência plástica. A segunda se apresenta após algumas horas, quando ocorre o endurecimento do concreto, tornando-se uma massa consistente. A terceira razão refere-se ao baixo custo e à rapidez com que ele pode ser adquirido na obra. Essa razão pode ser explicada devido ao fato de os materiais constituintes do concreto – agregado, água e cimento Portland – poderem ser encontrados facilmente em qualquer lugar do mundo, além de possuírem baixo preço (MEHTA e MONTEIRO, 2008).

Ainda segundo Mehta e Monteiro (2008), o material que será escolhido para construir deve ser verificado para suportar as forças a que será submetido. A resistência é uma propriedade mecânica que leva em consideração a tensão necessária para o rompimento do material.

Quando misturados, cimento Portland e água formam uma mistura fluida, e seu grau de fluidez depende da quantidade de água que será adicionada. Para a fabricação do concreto de cimento Portland, deve-se ter, basicamente, cimento, água e agregados, mas é também possível a adição de fibras, pigmentos e aditivos. A tecnologia do concreto é responsável pela busca das proporções de cada material na mistura, com o objetivo de adquirir propriedades mecânicas, durabilidade e trabalhabilidade (ISAIA, 2007).

1.1.2.1 Cimento

O cimento Portland é um pó fino com propriedades aglomerantes, aglutinantes ou ligantes, que, quando sofre ação da água, endurece. Porém, depois de endurecido, não se decompõe quando submetido novamente à ação da água. Esse cimento, quando misturado com água e outros materiais de construção, como areia, pedra britada, pó de pedra, cal, entre outros, tem como resultado o concreto e as argamassas que são utilizados nas construções em geral (ABCP, 2002).

Ainda segundo a ABCP (2002), as propriedades e as características do concreto produzido dependem, principalmente, da qualidade e das proporções dos materiais utilizados para sua produção. Desses materiais, o cimento é o mais ativo do ponto de vista químico, além de ser o principal responsável pela transformação da mistura desses materiais constituintes do concreto no seu produto final (laje, viga, etc.). Portanto, é preciso ter muito conhecimento de suas características e propriedades para se obter o melhor aproveitamento possível na aplicação planejada e fazer o uso correto desse material.

Todos os tipos de cimento têm em sua composição o clínquer, conforme é mostrado na Figura 1, tornando-se, assim, o principal componente do cimento. A definição das propriedades do cimento é obtida por meio de adições feitas ao clínquer, tais como materiais carbonáticos e pozolânicos, gesso e escórias de alto forno (BASTOS, 2006).

Figura 01 – Pedras de clínquer utilizadas na produção do cimento.



Fonte: Bastos (2006).

Os tipos de cimento no Brasil são classificados conforme a Tabela 01:

Tabela 01 – Tipos de cimento.

Nome técnico		Sigla	Classe	Identificação do tipo e classe
Cimento portland comum (NBR 5732)	Cimento portland comum	CP I	25 32 40	CP I-25 CP I-32 CP I-40
	Cimento portland comum com adição	CP I-S	25 32 40	CP I-S-25 CP I-S-32 CP I-S-40
	Cimento portland composto com escória	CP II-E	25 32 40	CP II-E-25 CP II-E-32 CP II-E-40
Cimento portland composto (NBR 11578)	Cimento portland composto com pozolana	CP II-Z	25 32 40	CP II-Z-25 CP II-Z-32 CP II-Z-40
	Cimento portland composto com filler	CP II-F	25 32 40	CP II-F-25 CP II-F-32 CP II-F-40
	Cimento portland de alto-forno (NBR 5735)	CP III	25 32 40	CP III-25 CP III-32 CP III-40
Cimento portland pozolânico (NBR 5736)		CP IV	25 32	CP IV-25 CP IV-32
Cimento portland de alta resistência inicial (NBR 5733)		CP V-ARI	-	CP V-ARI
Cimento portland resistente aos sulfatos (NBR 5737)		-	25 32 40	Sigla e classe dos tipos originais acrescidos do sufixo RS. Exemplo: CP I-32RS, CP II-F-32RS, CP III-40RS etc.
Cimento portland de baixo calor de hidratação (NBR 13116)		-	25 32 40	Sigla e classe dos tipos originais acrescidos do sufixo BC. Exemplo: CP I-32BC, CP II-F-32BC, CP III-40BC etc.
Cimento portland branco (NBR 12989)	Cimento portland branco estrutural	CPB	25 32 40	CPB-25 CPB-32 CPB-40
	Cimento portland branco não estrutural	CPB	-	CPB
Cimento para poços petrolíferos (NBR 9831)		CPP	G	CPP - classe G

Fonte: ABCP (2002).

1.1.2.2 Agregados

Segundo Furnas (1997), agregado se define como material granular, sem forma e volume definidos. São considerados agregados as rochas britadas, os fragmentos rolados no leito dos cursos d'água, além dos materiais encontrados em jazidas provenientes de alterações de rocha.

Os agregados são materiais de grande importância na produção do concreto, tanto do ponto de vista econômico, quanto do técnico, agregando-lhe características importantes, como retração, aumento da resistência ao desgaste, etc., sem prejudicar a resistência aos esforços mecânicos (FURNAS, 1997).

Neville (1997) reitera a importância dos agregados na produção do concreto, relatando que esse material ocupa três quartos do volume do concreto. O autor ainda afirma que,

antigamente, o agregado era visto como um material inerte disperso por entre a pasta do cimento e utilizado apenas por questões econômicas. No entanto, sabe-se que esse material pode influenciar nas propriedades físicas, térmicas, químicas e também no desempenho do concreto.

Na produção do concreto, para se ter um produto adequado ao uso, precisa-se atender vários requisitos, como ter uma resistência estrutural adequada, ser funcional, ter condições ideais de trabalhabilidade e ter uma vida útil elevada (HELENE, 1992).

Os agregados podem ser classificados como naturais ou artificiais. Os naturais são usados conforme encontrados na natureza, como areia de mina ou curso d'água, pedregulhos ou seixos rolados. Já os artificiais são aqueles que, para se chegar à situação de uso do agregado, necessitam da interferência da ação do homem (FURNAS, 1997).

1.1.2.2.1 Agregado Graúdo

O agregado graúdo é composto de pedregulhos naturais, seixos rolados ou pedra britada proveniente do britamento de rochas estáveis com, no máximo, 15% passando na peneira de 4,8mm. Existem algumas condições para que o agregado graúdo seja utilizado com proveito nos concretos, como ter grãos resistentes, duráveis e inertes, sem impurezas que prejudiquem o endurecimento do aglomerante, além de apresentar boa composição granulométrica (MEHTA e MONTEIRO, 1994).

A forma e a textura dos agregados graúdos são importantes no comportamento mecânico do concreto, ou seja, na sua composição e na aderência entre agregado e pasta de cimento, tendo um papel fundamental na interação dos dois componentes (MEHTA e MONTEIRO, 1994).

1.1.2.2.2 Agregado Miúdo

Agregado miúdo normal ou corrente define-se pela areia natural quartzosa ou o pedrisco resultante do britamento de rochas estáveis, com tamanhos de partículas tais que, no máximo, 15% da amostra fiquem retidos na peneira de 4,8mm (DÍAZ, 1998).

É possível utilizar qualquer tipo de areia, tanto natural quanto artificial, quando se trata de agregados miúdos. As naturais são melhores por terem uma textura mais lisa e serem mais

arredondadas, diferentemente das artificiais, que têm uma granulometria descontínua, mas que, para melhorar seu desempenho, podem ser misturadas com areia de rio (DÍAZ, 1998).

1.1.2.3 Água

Segundo Mehta e Monteiro (1994), existe uma classificação para a água presente na pasta de cimento hidratada, e ela é baseada no grau de dificuldade para que possa ser removida. São elas, na ordem crescente de dificuldade de remoção:

- Água capilar ou água livre (presente nos vazios maiores);
- Água adsorvida (que se encontra próxima à superfície do agregado, sob influência das forças de atração dos sólidos da pasta de cimento hidratada);
- Água interlamelar (associada com a estrutura C-S-H);
- Água quimicamente combinada (aquela que faz parte da estrutura de vários produtos hidratados do cimento).

Ainda segundo Mehta e Monteiro (1994), a relação entre a quantidade de água acrescida e a quantidade de cimento utilizada na produção do concreto tem extrema importância na definição da resistência final do concreto.

A água que será utilizada na produção do concreto não pode conter impurezas que possam prejudicar as reações que ocorrem entre ela e o composto de cimento. Pequenas quantidades de impurezas ainda podem ser toleradas, desde que não apresentem efeitos danosos. Porém, se houver alguma suspeita sobre a qualidade da água, devem ser realizados ensaios para verificar a influência dessas impurezas na resistência mecânica, no tempo de pega e na estabilidade do volume, pois essas impurezas podem causar danos também nas armaduras, como eflorescência e corrosão (FURNAS, 1997).

1.1.2.4 Aditivos

Os aditivos são empregados na produção de concretos, argamassas e caldas de injeção. Sua utilização cresce com a necessidade de serem obtidos produtos finais cada vez mais superiores. Ao se falar de aditivos, não se tem em mente os do cimento, como muitos pensam, pois sua finalidade não é melhorar a qualidade do cimento em si, e, sim, melhorar ou

proporcionar certas características para um produto acabado (TARTUCE e GIOVANNETTI, 1999).

Existem várias definições sobre aditivos, uma delas, segundo Neville (1997), diz que um aditivo pode ser definido como um produto químico que, exceto em casos especiais, é adicionado à massa de concreto em teores que não ultrapassam 5% em relação à massa de cimento durante a mistura, antes do lançamento desse concreto, com o objetivo de obter modificações tanto específicas quanto normais nas propriedades do cimento.

Segundo Tartuce e Giovannetti (1999), com uma definição um pouco mais detalhada, o aditivo não se limita a atuar somente sobre o aglomerante, mas também sobre os três componentes básicos da produção do concreto: cimento, água e agregados. Nesta ação, são de grande influência a natureza e a dosagem desses materiais. Os aditivos são empregados na elaboração do concreto ou da argamassa a fim de modificar ou proporcionar ao material algumas de suas propriedades, seja ele fresco ou endurecido, tornando-o mais apropriado para manuseio ou trabalhabilidade. Outra finalidade é melhorar características mecânicas, resistências às suas solicitações físicas e químicas, e até torná-los mais duráveis e econômicos.

A NBR 11768 – Aditivos para concreto de Cimento Portland (ABNT, 2011) classifica os aditivos para concreto como:

- 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.

1.1.3 Aditivos Plastificantes

1.1.3.1 Definição

A ABNT define o aditivo plastificante pela NBR 11768 (NBR, 2011) como um produto que aumenta o índice de consistência do concreto mantendo a quantidade de água de amassamento ou torna possível a redução de, no mínimo, 6% da quantidade de água de amassamento para produzir um concreto de consistência determinada.

Já para a ABESC (2007), os aditivos plastificantes melhoram a trabalhabilidade da mistura e reduzem a quantidade necessária de água, facilitando, dessa forma, seu acabamento e adensamento, além de melhorar as condições de transporte até a obra, já que reduzem a perda de consistência ao longo do tempo.

1.1.3.2 Classificação

Dentro da classe dos aditivos plastificantes, existe uma classificação que nada mais é do que uma variação nos efeitos que eles causam no concreto. A ABESC (2007) classifica e define esses tipos da seguinte maneira:

- Plastificantes: plastificantes normais, cujos efeitos causados no concreto são o aumento do índice de consistência e a redução da água de amassamento;
- Plastificantes aceleradores: oferecem uma combinação dos efeitos dos aditivos plastificantes normais e dos aditivos aceleradores de pega, tendo esses um tempo de pega mais curto, além de uma resistência inicial mais elevada;
- Plastificantes retardadores: oferecem uma combinação dos efeitos dos aditivos plastificantes normais e dos aditivos retardadores de pega, tendo esses o aumento do tempo do início de pega.

1.1.3.3 Mecanismos de Atuação

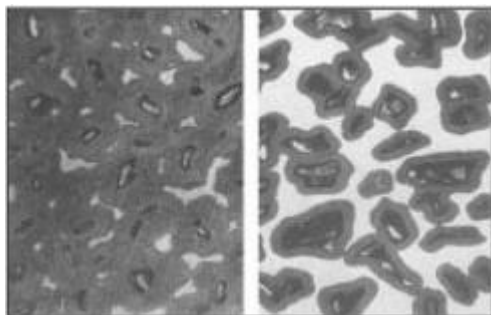
Segundo Baumgart (1999), o mecanismo de atuação do aditivo plastificante funciona da seguinte maneira: ele reduz o coeficiente de atrito dinâmico entre os materiais sólidos em suspensão e a fase líquida. Juntando essa redução com a característica tixotrópica do gel de

cimento (propriedade, presente em todo gel, de modificar sua viscosidade quando submetido a movimentação), o resultado será a plasticidade.

O próprio Baumgart (1999) explica detalhadamente esse processo. Os responsáveis pela ação de tais aditivos são certas substâncias tensoativas, estas reduzem a tensão superficial da água, fazendo com que as moléculas da água tenham uma menor coesão e, portanto, uma capacidade de aumentar sua superfície de contato e o poder de penetração da água no gel de cimento. As moléculas desses tensoativos são orgânicas, possuindo uma extremidade hidrófoba e outra extremidade hidrófila, geralmente aniônica, o que faz com que a molécula tensoativa desloque-se automaticamente pela superfície da água, pois a extremidade hidrófoba afasta-se, enquanto permanece ligada a ela pela extremidade hidrófila. Sua energia superficial substitui a energia superficial da água.

Continuando o pensamento, segundo Baumgart (1999), as moléculas dos produtos orgânicos, utilizando a água como veículo, são absorvidas nas superfícies dos grãos em dezenas de camadas moleculares. O radical hidrófilo aniônico proporciona o afastamento dos grãos finos e resulta na dispersão do cimento e dos finos de tamanho equivalente. Os grãos de cimento acabam se tornando hidrófilos, o que permite que absorvam água rapidamente, determinando o início da formação dos géis. A Figura 02 mostra esse processo.

Figura 02 – Ação dos plastificantes no cimento



Fonte: Baumgart (1999).

1.1.3.4 Efeitos nas Propriedades do Concreto

Segundo Baumgart (1999), os aditivos plastificantes tornam o concreto coeso, denso, homogêneo e com melhor trabalhabilidade. Ele ainda lista os efeitos causados pelo aditivo nas propriedades do concreto:

- Maior resistência mecânica;
- Maior impermeabilidade e durabilidade;

- Minimização de retração, fissuramento e exsudação;
- Melhor proteção e aderência da armadura;
- Fácil adensamento e bombeamento;
- Melhor aspecto, em caso de concreto aparente.

Agem como plastificantes quando aumentam a trabalhabilidade da mistura, mantendo a mesma relação a/c. E, nesse caso, evitam bicheiras e segregações, mesmo em ferragens densas, e, além de apresentarem melhores resistências e aderência à armadura, fornecem ainda, à peça concretada, um ótimo aspecto (BAUMGART, 1999).

Agem como redutores quando mantêm a mesma trabalhabilidade, reduzindo a água de amassamento. Quando usados dessa maneira, possibilitam uma redução no consumo de água de até 15% e todas as vantagens inerentes a um concreto com fator a/c baixo (BAUMGART, 1999).

CAPÍTULO 3

METODOLOGIA

O programa experimental para a realização da análise comparativa do concreto com adição de aditivo plastificante de três fabricantes diferentes teve seus ensaios realizados no laboratório de ensaios mecânicos, estruturas e construção civil do Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz.

O procedimento consistiu em 4 etapas. A primeira delas tratou-se da coleta dos materiais (areia, brita, cimento e aditivo), além da secagem de alguns deles (areia e brita), para que a umidade do material não interferisse no resultado final do concreto.

Os quatro concretos foram produzidos com o mesmo traço, sendo ele de 1: 1,92: 3,30: 0,5 cuja proporção de materiais está representada na Tabela 2. Um dos concretos, o traço referência, sem aditivo plastificante e outros três com adição deste produto, cada um de um fabricante diferente. A dosagem da quantidade de aditivo a ser adicionado ao concreto foi definida de acordo com as especificações de cada fabricante que constam na Tabela 3:

Tabela 2: Quantidade de material para 1 m³ de concreto

MATERIAL	QUANTIDADE (Kg)
Cimento	356,81
Areia	685,07
Brita	1177,47
Água	178,41

Fonte: Autor (2016)

Tabela 3: Quantidade de aditivo recomendada pelos fabricantes

ADITIVOS	QUANTIDADE DE ADITIVO RECOMENDADA PARA 100 Kg DE CIMENTO (ml)
Aditivo A	500
Aditivo B	500 a 600
Aditivo C	450 a 550

Fonte: Autor (2016)

Contando que foi produzido um volume de concreto para um total de 24 corpos de prova com dimensões de 10 cm de diâmetro por 20 cm de altura, sendo 6 para cada tipo de

concreto diferente, foi calculado um volume de 0,01 m³ de concreto para cada tipo de traço. Utilizando o valor da Tabela 2 da quantidade de cimento para 1 m³, foi encontrada a quantidade de aditivo recomendado pelos fabricantes para a quantidade de cimento que foi utilizada na produção desses concretos. Sendo assim foi definido um valor de 20 ml de aditivo, o qual se encaixa nas especificações dos três fabricantes dos produtos. Na preparação dos concretos, todos os materiais foram colocados na mesma ordem e o tempo que permaneceram em movimento na betoneira de aproximadamente 5 minutos, devido a não especificação dos fabricantes em relação a essa ação.

A segunda etapa consistiu no ensaio de abatimento do concreto (*Slump Test*), que tem como finalidade avaliar a trabalhabilidade do concreto por meio de sua consistência. O ensaio foi realizado conforme sua norma regulamentadora, NBR NM-67 - Concreto: determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone (ABNT, 1998).

O terceiro passo foi a moldagem dos corpos de prova com o mesmo traço referência, e os outros três contendo aditivo plastificante de fabricantes diferentes, conforme os procedimentos da norma NBR 5738 – Concreto: Procedimentos para moldagem e cura de corpos de prova (ABNT, 2015).

Na última etapa, foi executado o rompimento dos corpos de prova de concreto para a verificação de suas respectivas resistências à compressão, conforme a NBR 5739 – Ensaio de compressão de corpos de prova (ABNT, 2007). A idade do rompimento foi no tempo de 28 dias.

1.1.4 Ensaio de Abatimento do Concreto

Segundo a sua norma regulamentadora, NBR NM-67 (ABNT, 1998), o *Slump Test* é um método para determinar a consistência do concreto fresco por meio da medida do seu assentamento, realizado em laboratório ou obra.

Os materiais utilizados estiveram de acordo com a regulamentação da NBR NM-67 (ABNT, 1998), sendo eles: uma base para apoio do molde, metálica e plana, com lado de comprimento mínimo de 500mm e espessura mínima de 3mm; uma haste de seção circular, reta e de aço, com comprimento de 600mm e espessura de 1,6mm; além de um molde para o corpo de prova feito de metal, com duas alças posicionadas a dois terços de sua altura, com espessura mínima de 1,5mm, com o interior totalmente liso e com as seguintes dimensões internas:

- Diâmetro da base inferior de 200mm + 2mm
- Diâmetro da base superior de 100mm + 2mm
- Altura de 300mm + 2mm

O procedimento foi realizado também conforme a NBR NM-67 (ABNT, 1998). Primeiro, foi feito o umedecimento do molde e da base, logo após, a colocação do molde na base e seu respectivo preenchimento dividido em 3 camadas, cada uma com, aproximadamente, um terço da altura do molde, e, simultaneamente, distribuindo uniformemente, com a haste, 25 golpes para cada camada. Após esse processo, foi levantado o molde em posição vertical, com muito cuidado, por um período de 5 a 10 segundos, e medido o abatimento, que é a diferença entre a altura do molde e a altura do eixo do corpo de prova. A execução do procedimento está ilustrada na Figura 03:

Figura 03 – Ensaio de abatimento do concreto



Fonte: Autor (2016)

O ensaio foi realizado com o traço escolhido como referência, além dos outros três traços com a adição do aditivo plastificante de fabricantes diferentes, com o objetivo de comparar os resultados e fazer a análise.

1.1.5 Moldagem dos Corpos de Prova

A moldagem dos corpos de prova ocorreu conforme a NBR 5738 (ABNT, 2015), que regulamenta o processo de moldagem e cura de corpos de prova de concreto. Foram moldados ao todo 24 corpos de prova, sendo 6 do concreto com o traço convencional e os outros 18 com adição de aditivo (6 com cada fabricante diferente).

A norma regulamenta que os moldes usados fossem cilíndricos, sendo a altura o dobro do diâmetro, e o diâmetro entre 10 e 45cm. Antes de receber o concreto, os moldes devem receber um revestimento interno com uma fina camada de óleo mineral, e a superfície que receberá o molde deve ser rígida, horizontal e livre de vibrações e outras perturbações que possam modificar as propriedades do concreto (NBR 5738, - ABNT 2015).

Segundo a NBR 5738 (ABNT, 2015), no processo de moldagem dos corpos de prova, o concreto deve ser lançado em camadas de volume aproximadamente iguais e adensadas com uma haste metálica, em que o número de camadas e golpes foram definidos pela Tabela 03.

Tabela 04 – Número de chamados e golpes na moldagem dos corpos de prova

Diâmetro cilindro (mm)	Número de camadas	Golpes
100	2	12
150	3	25
200	4	50
250	5	75
300	6	100
450	9	200

Fonte: NBR 5738 (ABNT, 2015).

Para esta pesquisa foram utilizados corpos de prova com dimensões de 10cm de diâmetro e 20cm de altura, sendo definido, conforme a Tabela 03, o número de golpes igual a 12 e duas camadas para a moldagem dos corpos de prova. O processo está ilustrado na Figura 04:

Figura 04 – Moldagem dos corpos de prova



Fonte: Autor (2016).

Após a moldagem do corpo de prova, faz-se o rasamento da superfície com a borda do molde com uma colher de pedreiro ou régua metálica (NBR 5738 – ABNT 2015).

Terminado esse processo, foi feita a cura inicial do concreto, as primeiras 24 horas dos corpos de prova que são armazenados em superfície rígida horizontal e livre de vibrações que possam perturbar o concreto (NBR 5738 – ABNT 2015). A Figura 05 mostra os corpos de prova moldados e armazenados em local apropriado dentro do laboratório em que foi realizado o procedimento:

Figura 05 – Corpos de prova moldados e armazenados



Fonte: Autor (2016)

Após a cura inicial, foi feita a desforma dos corpos de prova, e consequentemente, foram armazenados em câmara úmida e esperadas as idades já definidas de 28 dias para ruptura , processo representado pela Figura 06:

Figura 06 – Corpos de prova armazenados na câmara úmida



Fonte: Autor (2016)

1.1.6 Ensaio de Resistência à Compressão

Quando os corpos de prova alcançaram a idade de 28 dias, foram retirados da câmara úmida para a execução do ensaio de resistência à compressão de cada um deles, porém, anteriormente a isso, foi realizado o nivelamento da superfície dos corpos de prova com o auxílio de uma retífica, processo demonstrado na Figura 07:

Figura 07 – Nivelamento dos corpos de prova com auxílio da retífica



Fonte: Autor (2016)

Após o nivelamento do corpo de prova, foi iniciado o ensaio, conforme sua norma regulamentadora, NBR 5739 (ABNT, 2007), com os corpos de prova, com as superfícies limpas, e eles foram colocados exatamente centralizados no prato da prensa. Por fim, a carga foi aplicada uniformemente até a ruptura por meio de prensa hidráulica. Foram rompidos seis corpos de prova de cada traço na idade alcançada. A Figura 08 mostra o processo do ensaio de resistência à compressão sendo realizado:

Figura 08 – Ensaio de resistência à compressão



Fonte: Autor (2016)

As tolerâncias para o rompimento dos corpos de prova são descritos na Tabela 04.

Tabela 05 - Tolerância para idade de ensaio

Idade de ensaio	Tolerância permitida (h)
3	2
7	6
28	24

Fonte: NBR 5739 (ABNT, 2007).

Para determinar o cálculo da resistência a compressão, foi utilizada a equação 1:

$$F_c = F / (\pi * r^2) \quad (1)$$

Em que:

F_c = resistência à compressão em MPa

F = força máxima alcançada em Newtons

r = raio do cilindro em milímetros

2 CAPÍTULO 4

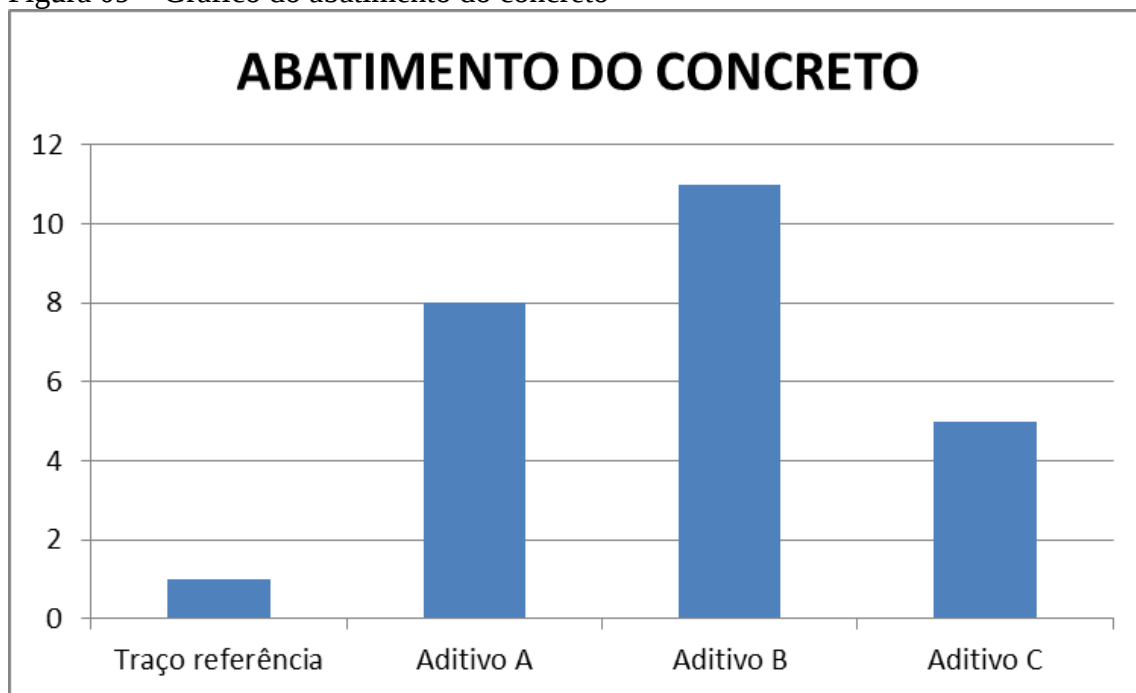
2.1 RESULTADOS OBTIDOS

Este capítulo contém os resultados obtidos por meio dos ensaios de consistência e de resistência à compressão do concreto, realizados em laboratório, além das análises desses resultados relacionando com as vantagens do uso do aditivo plastificante no concreto.

2.2 ENSAIO DE ABATIMENTO DO CONCRETO

Conforme citado na metodologia, foram produzidos quatro tipos de concreto, um referência, além de outros 3 com o mesmo traço, cada um deles com adição de 20ml do aditivo plastificante, porém de fabricantes diferentes. A cada tipo de concreto produzido foi realizado o ensaio de abatimento desse concreto, cujos resultados foram expressos pelo gráfico da Figura 09:

Figura 09 – Gráfico do abatimento do concreto



Fonte: Autor (2016)

Pode-se notar que existe uma diferença entre a consistência dos concretos com adições do aditivo, ressaltando que lhe foram adicionados a mesma quantidade do produto, podendo retirar da análise informações de que o fato de utilizar uma mesma quantidade de um fabricante não garante que o aditivo de outro apresente os mesmos resultados.

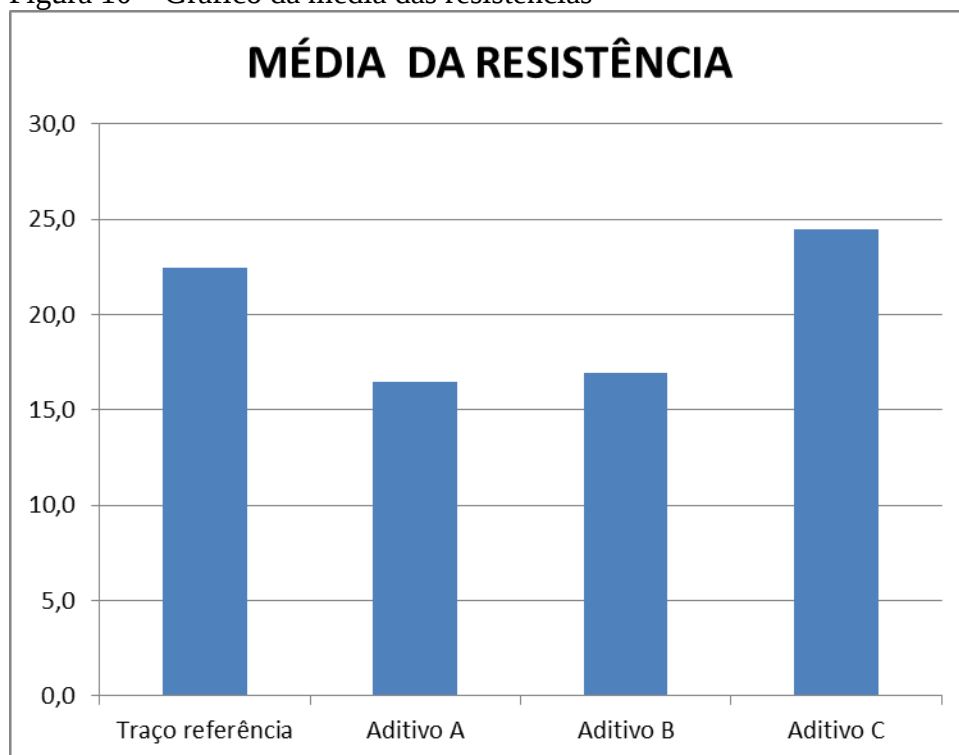
Segundo a ABNT, o aditivo plastificante tem como uma das finalidades aumentar o índice de consistência do concreto, mantendo a sua quantidade de água de amassamento. Sendo assim, ao analisar que existe uma diferença significativa entre a consistência do concreto sem aditivo plastificante e os demais com adição deste aditivo, e, sabendo que a quantidade de água não foi alterada em nenhum dos concretos, pode-se afirmar que os três fabricantes têm em seus produtos uma eficiência em relação a esta propriedade que atribuem ao concreto e que se propõe a atribuir.

2.3 ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

Foram rompidos todos os 24 corpos de prova por meio da prensa hidráulica, o que tornou possível obter a resistência à compressão dos quatro tipos de concreto diferentes. Dessas resistências foi estabelecida a média de cada concreto e representada pelo gráfico da Figura 10:

Os resultados apresentados pelo ensaio de resistência à compressão, conforme apresentado na Figura 09, mostram uma diferença preocupante em relação às resistências dos concretos com Aditivo A e Aditivo B, comparados ao Aditivo C e o traço referência.

Figura 10 – Gráfico da média das resistências



Fonte: Autor (2016).

Os resultados apresentados pelo ensaio de resistência à compressão, conforme apresentado na Figura 10, mostram uma diferença preocupante em relação às resistências dos concretos com Aditivo A e Aditivo B, comparados ao Aditivo C e o traço referência.

Segundo Baumgart (1999), esses aditivos, agindo como plastificantes, ao melhorar a trabalhabilidade, evitam bicheiras e segregações e, não só melhoram a resistência do concreto, como também fornecem um ótimo aspecto para a peça concretada. Porém, de acordo com os resultados alcançados, nota-se que apenas um dos aditivos obteve um resultado satisfatório em relação à resistência à compressão. O concreto com Aditivo C aumentou a resistência em 10% com relação ao traço referência, ao contrário dos outros dois concretos com aditivos (A e B), que apresentaram uma perda significativa de, aproximadamente, 25% da resistência, quando comparados com o traço referência.

Com relação ao aspecto visual do concreto, todos os concretos com aditivo apresentaram resultados satisfatórios, pois com a melhoria da trabalhabilidade, é facilitado o processo de adensamento, evitando bicheiras e segregação, além de melhorarem muito o aspecto visual. As Figuras 11, 12, 13 e 14 ilustram bem essa melhora em relação ao traço referência.

Figura 11 – Traço referência



Fonte: Autor (2016)

Figura 12 – Aditivo A



Fonte: Autor (2016)

Figura 13 – Aditivo B



Fonte: Autor (2016)

Figura 14 – Aditivo C



Fonte: Autor (2016)

3 CAPÍTULO 5

5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os aditivos plastificantes podem oferecer muitos benefícios na produção do concreto, de acordo com o objetivo que se quer alcançar. Sendo assim, podem conter um amplo espaço comercial no ramo da engenharia civil.

Os resultados obtidos neste projeto destacam estes benefícios, como a mudança da consistência do concreto, melhorando sua trabalhabilidade e facilitando o adensamento, o que evita bicheiras e segregação. Porém, vale destacar que, em relação aos concretos com adição dos aditivos plastificantes, cada fabricante apresentou uma consistência diferente.

Já no caso da resistência à compressão, em que, teoricamente, a presença do aditivo plastificante não deveria prejudicar na resistência do concreto, houve dois fabricantes (Aditivo A e Aditivo B) que apresentaram uma perda significativa da resistência à compressão dos concretos com adição de seus produtos. Apenas o fabricante do Aditivo C apresentou no concreto, com adição do seu produto, um pequeno aumento na resistência à compressão, comparado ao concreto com traço referência.

Todas essas informações analisadas mostram que o aditivo plastificante oferece benefícios ao concreto, porém os resultados do aditivo de um fabricante possivelmente não serão iguais aos de outro. Portanto, este projeto constata que é de extrema importância a necessidade de serem feitos ensaios de consistência e resistência do concreto, para que se possa definir a melhor forma e a quantidade de utilização do aditivo que será utilizado, fazendo com que se obtenham os melhores resultados possíveis e que se possam alcançar os objetivos estipulados por quem irá utilizá-lo.

4 CAPÍTULO 6

6.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Durante este estudo, surgiram alguns temas para complemento e aprofundamento deste trabalho a serem discutidos em trabalhos futuros.

- Realizar os mesmos ensaios com aditivo plastificante de apenas um fabricante, porém com variação de quantidade do aditivo para verificar eficiência;
- Realizar os mesmos ensaios com aditivo plastificante de apenas um fabricante, porém em traços diferentes para verificar eficiência.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABESC – Associação Brasileira das Empresas de Serviço de Concretagem. Manual do concreto dosado em central. São Paulo, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP): Guia básico de utilização do Cimento Portland. São Paulo, Boletim Técnico BT-106, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. NBR EB-1763: Aditivos para concreto de cimento Portland. Rio de Janeiro, 1992.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. NBR-5738: Concreto – Procedimento para moldagem e cura dos corpos-de-prova. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. NBR-5739: Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2007.

DÍAZ, V. O. Método de dosagem de concreto de elevado desempenho. São Paulo: Pini, 1998.

FURNAS, B. Concreto massa, estrutural, projetado e compactado com rolo - Ensaios e propriedades. São Paulo, PINI, 1997.

HELENE, P. TERZIAN, P. Manual de dosagem e controle do concreto. Pini, São Paulo, 1992.

ISAIA, G. C. Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais. São Paulo: IBRACON, 2007.

MEHTA, P. K. e MONTEIRO, P.J.M. Concreto: Estrutura, propriedades e materiais. São Paulo. PINI, 1994.

MEHTA, P. K. MONTEIRO, Paulo J. M. Concreto: Microestrutura, propriedades e materiais. São Paulo: IBRACON, 2008.

NEVILLE, A.M. Propriedades do concreto. 2 ed. São Paulo. PINI, 1997.

OTTO BAUMGART (Brasil). Vedacit. Aditivos para concreto, argamassas e caldas de cimento. 12. ed. Rio de Janeiro, 1999.

PIERNAS, R. Controle tecnológico básico do concreto, 2002.

PORTAL DO CONCRETO. **Aditivos para concreto e argamassa.** Disponível em: <http://www.portaldoconcreto.com.br/cimento/concreto/aditivo.html>. Acesso em: 30 mar. 2016.

TARTUCE, R.; GIOVANNETTI, E. Princípios Básicos Sobre Concreto de Cimento Portland. São Paulo: PINI: IBRACON, 1999.

VASCONCELOS, A. C. O concreto no Brasil: São Paulo: Pini, 1992.

VERÇOSA, E. J. Materiais de construção, Rio de Janeiro: 2003.

APÊNDICES

APÊNDICE A: RESULTADO DO ABATIMENTO DOS CONCRETOS

TIPO DE CONCRETO	ABATIMENTO DO CONCRETO (cm)
Traço referência	1
Aditivo A	8
Aditivo B	11
Aditivo C	5

APÊNDICE B: RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DOS CORPOS DE PROVA DO TRAÇO REFERÊNCIA

CORPO DE PROVA	RESISTÊNCIA (MPa)
CP1	22,5
CP2	22,2
CP3	18,1
CP4	22,7
CP5	24,7
CP6	24,4

APÊNDICE C: RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DOS CORPOS DE PROVA COM ADITIVO A

CORPO DE PROVA	RESISTÊNCIA (MPa)
CP1	17,3
CP2	15,9
CP3	16,6
CP4	16,8
CP5	17,0
CP6	15,2

APÊNDICE D: RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DOS CORPOS DE PROVA COM ADITIVO B

CORPO DE PROVA	RESISTÊNCIA (MPa)
CP1	16,6
CP2	16,1
CP3	16,8
CP4	17,1
CP5	17,5
CP6	17,5

APÊNDICE E: RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DOS CORPOS DE PROVA COM ADITIVO C

CORPO DE PROVA	RESISTÊNCIA (MPa)
CP1	23,4
CP2	23,2
CP3	26,0
CP4	25,4
CP5	24,5
CP6	24,3

APÊNDICE F: MÉDIA DAS RESISTÊNCIAS À COMPRESSÃO DOS CONCRETOS

TIPO DE CONCRETO	MÉDIA DAS RESISTÊNCIAS (Mpa)
Traço referência	22,4
Aditivo A	16,5
Aditivo B	16,9
Aditivo C	24,5