



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MATERIAIS

**ESTUDO DE DOSAGEM EXPERIMENTAL DE
CONCRETO DE CIMENTO PORTLAND CLASSE C
30 COM AGREGADOS DISPONÍVEIS EM
MANAUS – AM**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Aluno (a):Roni Almeida Gomes Filho
Orientador: Prof. Dr. Antonio Farias Leal

João Pessoa

2019

RONI ALMEIDA GOMES FILHO

**ESTUDO DE DOSAGEM EXPERIMENTAL DE
CONCRETO DE CIMENTO PORTLAND CLASSE C
30 COM AGREGADOS DISPONÍVEIS EM
MANAUS – AM**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Coordenação de Engenharia de Materiais, do Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba, para apreciação da banca examinadora como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Materiais.

João Pessoa

2019

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

F481e Filho, Roni Almeida Gomes.

Estudo de dosagem experimental de concreto de cimento Portland classe C 30 com agregados disponíveis em Manaus-AM / Roni Almeida Gomes Filho. - João Pessoa, 2019.

49 f. : il.

Orientação: Antônio Leal.

TCC (Especialização) - UFPB/CT.

1. Concreto. 2. Dosagem ACI. I. Leal, Antônio. II. Título.

UFPB/BC

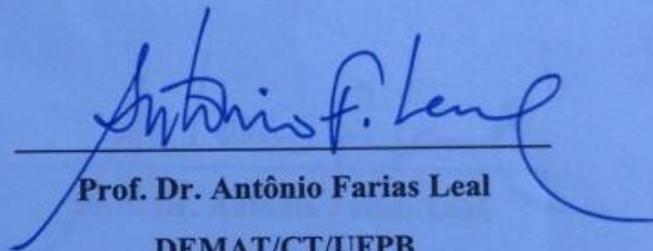
Roni Almeida Gomes Filho

**ESTUDO DE DOSAGEM EXPERIMENTAL DE CONCRETO DE
CIMENTO PORTLAND CLASSE C 30 COM AGREGADOS
DISPONÍVEIS EM MANAUS – AM**

Data de defesa: 02/10/2019

Período: 19.1

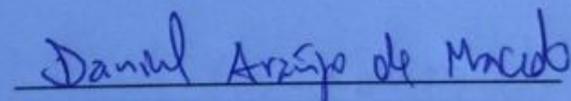
Trabalho de Conclusão de Curso aprovado pela Banca Examinadora:



Prof. Dr. Antônio Farias Leal

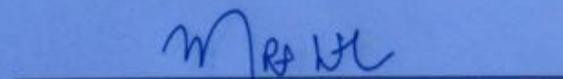
DEMAT/CT/UFPB

Orientador



Prof. Dr. Daniel Araújo Macedo

DEMAT/CT/UFPB



Prof. Dr. Marçal Rosas Florentino Lima Filho

CEAR/CT/UFPB

AGRADECIMENTOS

Ao nosso Deus por mais esta oportunidade, aos meus pais e a meus irmãos que souberam me conduzir para o bem.

Ao Prof. Dr. Antonio Farias Leal pela orientação, pelos valiosos ensinamentos técnicos, incentivo e amizade e por toda ajuda, na realização deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Claudio Matias da Silva pelas contribuições dadas ao trabalho e por sua amizade.

Aos colegas do Laboratório de Ensaio de Materiais e Estruturas (LABEME), pela colaboração, sugestões, ideias e ajuda durante todo esse tempo de trabalho.

À Universidade federal da Paraíba – Campus I e o apoio da infraestrutura do Laboratório de Ensaio de Materiais e Estruturas (LABEME) sem o qual este trabalho não seria possível. Aos que por ventura não fui capaz de lembrar, meu muito obrigado.

RESUMO

Dosagem é o processo através do qual é obtida a melhor proporção entre os materiais componentes do concreto que atenda certas especificações, entre elas, consideram-se como principais a resistência característica (f_{ck}), referente ao projeto estrutural, e a consistência por razões de aplicação da mistura conseguida, ela deverá refletir a trabalhabilidade adequada a todos os componentes da estrutura. Existem várias maneiras para obter-se a proporcionalidade (traço) do concreto, utilizou-se o método do Instituto Americano do Concreto (ACI), método condicionado pela Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) a agregados brasileiros disponíveis no estado São Paulo. O proporcionamento obtido foi ajustado quanto à textura e quantidade de cimento sem aditivo e utilizando-se aditivo.

Palavras chaves: Concreto, Dosagem ACI, Superplastificantes, Trabalhabilidade.

ABSTRACT

Dosing is the process by which the best proportion of concrete component materials that meet certain specifications are obtained. Among them, the main characteristic strength (f_{ck}) for the structural design and the consistency for application reasons are considered the principal of the obtained mixture, reflecting the appropriate workability for all the structural components. There are several ways to obtain the proportionality (trace) of concrete using the method of the American Concrete Institute (ACI), method conditioned by the Brazilian Portland Cement Association (ABCP) in relation to the Brazilian aggregates available in the state of São Paulo. The proportions obtained were adjusted for texture and amount of cement using additive.

Keywords: Concrete, ACI Dosage, Superplasticizers, Workability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Relação entre porosidade e resistência mecânica do concreto	23
Figura 2 - Corpos-de-prova capeados com enxofre.....	25
Figura 3 - Conjunto de capeadores	26
Figura 4 - Efeito negativo da deformação do neoprene.....	26
Figura 5 - Par de pratos.....	27
Figura 6 - Retificadora vertical e corpo-de-prova retificado	28
Figura 7 - Valores de abatimentos recomendados em função do tipo de obra (ACI 211.1-81).....	29
Figura 8 - Quantidade de água de amassamento do concreto em função do abatimento e da Dimensão máxima característica do agregado(Rodrigues, 1990).	30
Figura 9 - Quantidade de água da mistura de concreto, com e sem ar incorporado, em função do abatimento e da Dimensão máxima característica do agregado (ACI 211.1-81).....	31
Figura 10 - Gráfico para a determinação da relação x em função das resistências do concreto e cimento aos 28 dias (Bucher, 1989).....	32
Figura 11 - Relação água/cimento x em função do tipo de estrutura e das condições de exposição (ACI 211.1-81).	33
Figura 12 - Volume compactado seco (V_{CS}) de agregado graúdo por m ³ de concreto, função do Módulo de finura da areia e da Dimensão máx. car.(D_{mc}) do agregado graúdo (Rodrigues, 1990).	34
Figura 13 - Processamento da matéria prima e caracterização físicas.....	37
Figura 14 – Moldagem dos corpos de provas	38
Figura 15- Caracterização Mecânica dos corpos de provas	39
Figura 16 - Planejamento Experimental	40
Figura 17 - Resultados do ensaio de fluidez da golda de cimento	41
Figura 18 - Massas unitárias dos agregados utilizados nas misturas preparadas.	42
Figura 19 - Massas específicas dos três agregados utilizados nas misturas preparadas.	43
Figura 20 - Curva granulométrica da areia utilizada nas misturas e faixas da NBR 7211.	44
Figura 21 - Curva granulométrica da brita (B0) utilizada nas misturas preparadas.	44
Figura 22 - Curva granulométrica da brita (B1) aplicada nos concretos preparados.	45
Figura 23 - Gráfico de Resistência a Compressão.....	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composições dos Métodos de Dosagens.....	38
Tabela 2 - Obtenção da Densidade unitária para o agregado Areia	42
Tabela 3 - Obtenção da Densidade unitária para o agregado brita 0	42
Tabela 4 - Obtenção da Densidade unitária para o agregado brita 1	42
Tabela 5 -Obtenção da Massa especifica para o agregado Areia	43
Tabela 6 - Obtenção da Massa especifica para o agregado Brita 0	43
Tabela 7 -Obtenção da massa especifica para o agregado Brita 1.....	43
Tabela 8 - Identificações/resultados de resistência à compressão axial – 7 dias de idade.	45
Tabela 9 - Identificações/resultados de resistência à compressão axial – 14 dias de idade.....	46

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVOS	14
1.1	Objetivos Gerais.....	14
3	REFERENCIAL TEÓRICO	15
3.1	CONCRETO	15
3.1.1	Cimento Portland	15
3.1.2	Propriedades físicas do cimento Portland	16
3.1.2.1	Finura	16
3.1.2.2	Tempo de pega (Pega).....	17
3.1.2.3	Resistência.....	17
3.1.2.4	Exsudação.....	17
3.1.3	Produção do concreto	18
3.1.3.1	Mistura	18
3.1.3.2	Transporte.....	18
3.1.3.3	Lançamento	19
3.1.3.4	Adensamento	19
3.1.3.5	Cura	20
3.2	ADITIVOS.....	20
3.2.1	Aditivos de ação física	21
3.2.1.1	Plastificantes.....	21
3.2.1.2	Incorporadores de ar	21
3.2.2	Aditivos de ação química	22
3.2.3.1	Aceleradores	22
3.2.3	Aditivos de ação físico-química	22
3.2.3.1	Retardadores.....	22
3.2.3.2	Impermeabilizantes	22

3.2.3.3	Expansores	22
3.3	PROPRIEDADES NO ESTADO ENDURECIDO	23
3.3.1	Resistência à compressão	23
3.4	PREPARAÇÃO DAS BASES	24
3.4.1	Capejamento com enxofre.....	25
3.4.2	Capejamento com borracha de neoprene	26
3.4.3	Retificação por desgaste mecânico	27
3.5	MÉTODO DE DOSAGEM ABCP/ACI.....	28
3.5.1	Histórico do método.....	28
3.5.2	Desenvolvimento do método	28
4	METODOLOGIA.....	37
3.1	Materiais	37
3.2	Planejamento experimental.....	37
5	Resultados e Discussão	41
5.1	Teste Cone de Marsh.....	41
5.2	Estudo da dosagem	41
5.3	Granulometria.....	43
5.4	Resistência a Compressão	45
6	CONCLUSÕES.....	47
	Referências	48

1 INTRODUÇÃO

O concreto é um material da construção civil composto por uma mistura de cimento, areia, pedras britadas e água, pode-se ainda, se necessário, usar aditivos e outras adições (Neville, 1997). O surgimento do concreto foi condicionado à descoberta de um agente aglomerante cimentício. Dessa forma, pode-se considerar como o início do concreto o século II AC, quando surgiu o primeiro aglomerante conhecido. Era um tipo especial de areia vulcânica chamada ‘pozolana’, encontrada apenas na região sul da Itália, na baía de Nápoles, próximo a Pozzuoli, de onde o nome se originou. Foi bastante usada pelos romanos em sua argamassa, dando origem a diversas construções, das quais a mais antiga de que se tem notícia é o Pórtico Amélia, construída em 193 AC. A pozolana é na verdade uma ‘areia’ especial, que reage quimicamente com cal e água, para endurecer formando uma pedra artificial, resistente mesmo quando submersa. Esse material era usado com pedras de diferentes tamanhos, mantendo-as unidas e formando um tipo rudimentar de concreto (Mehta *et al.*, 1994).

A qualidade dos materiais empregados nas misturas de concretos depende de cada componente utilizado. Contudo, na maioria das obras de construção civis de pequeno e médio porte, não existe uma preocupação com a qualidade dessa mistura. O concreto é um material obtido pela mistura de agregados graúdos, agregados miúdos, com cimento e água, e eventualmente aditivos. De acordo com Araújo (2001), a resistência do concreto endurecido depende de diversos fatores, como o consumo de cimento e de água da mistura, o grau de adensamento, os tipos de agregados e de aditivos, dentre outros. Ainda afirma que a relação água-cimento determina a porosidade da pasta de cimento endurecida e, conseqüentemente, as propriedades mecânicas. O concreto é bastante utilizado na construção civil por possuir baixo custo relativo, boa disponibilidade de seus materiais constituintes e durabilidade. Na confecção desse tipo de mistura é utilizado a água de amassamento, que é responsável pela hidratação do cimento, durante as reações que causam o endurecimento dos concretos e argamassas, também é utilizada na cura e na limpeza desses materiais.

Segundo a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) (2002), em geral, a água que serve para o amassamento da argamassa é a mesma utilizada para o concreto e deve seguir os parâmetros estabelecidos pela ABNT NBR 15900-1/2009.

A resistência à compressão é importante tanto para si mesma como também pela influência que ela exerce sobre outras propriedades do concreto endurecido. Ela dá uma ideia geral da qualidade do concreto, pois está diretamente relacionada com a estrutura da pasta de cimento hidratada. Propriedades como módulo de elasticidade, impermeabilidade e resistência às intempéries são diretamente relacionadas com a resistência à compressão. A resistência de um material é dada como a capacidade de resistir à tensão sem se romper. No concreto, a resistência está relacionada à tensão necessária para causar a ruptura, definida como tensão máxima que a amostra do concreto pode suportar (Mehta *et al.*, 1994). Helene e Andrade (2007) diz que o valor mínimo da resistência à compressão deve ser de 20 MPa para concretos apenas com armadura passiva (armado) e 25 MPa para concretos com armadura ativa (protendido). O valor de 15 MPa pode ser usado apenas em concreto magro e em obras provisórias. A qualidade potencial do concreto depende da relação água/cimento e do grau de hidratação. É através da evolução da hidratação do cimento que a idade influencia na resistência à compressão (Giammusso, 1992).

Muitas normas são estabelecidas para garantia da qualidade das construções, no entanto, em campo é observado que muitas delas não são seguidas afetando a serventia, durabilidade e segurança das mesmas. Esse quadro é observado com constância em cidades interioranas em que a fiscalização é escassa ou ineficiente e a mão de obra não recebe qualificação necessária utilizando muito do senso comum para prática das construções. Nesse contexto, o objetivo desse trabalho é verificar o comportamento do concreto preparado pelo método ACI/ABCP quando se utilizam agregados da região Norte do país.

2 OBJETIVOS

1.1 Objetivos Gerais

Este trabalho tem como finalidade observar o desempenho mecânico do concreto dosado pelo método ACI/ABCP com agregados da região Norte do País.

Objetivos Específicos

- Comparar o método de dosagem ACI/ABCP com o adotado no LABEME, para com isso propor a maneira de obter-se a mistura mais adequada quando se aplicam com agregados da capital Manaus – AM
- Analisar a influência dos teores do cimento e agregados no compósito obtido na resistência a compressão.
- Estabelecer proporcionamentos que satisfaçam exigências técnicas, estéticas e econômicas com os agregados disponíveis na Região de Manaus-AM.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 CONCRETO

O concreto é um material de construção formado por uma mistura com proporções adequadas de cimento, água e agregados que vem a formar uma massa de consistência plástica que ganha resistência/endurece ao longo do tempo. Em algumas situações são incorporados alguns outros produtos químicos e/ou outros componentes ou aditivos com o intuito de favorecer algumas propriedades. Um concreto de qualidade necessita de diversos cuidados que abrangem a escolha de materiais compatíveis, um traço adequado, a aplicação e a manutenção correta (Nogueira, 2010; Kulisch, 2011).

Nos últimos anos o concreto convencional tem sido um material de maior utilização no Brasil, razão está pelo fato do concreto ser um material economicamente viável e um material durável, desde que seja bem executado conforme a NBR 6118. Este material possibilita a utilização da pré-moldagem que proporciona rapidez na execução e adapta-se a diversas formas permitindo inúmeros modelos arquitetônicos e constituindo uma estrutura monolítica e hiperestática, porém por outro lado a grande desvantagem do concreto convencional segundo Carvalho e Figueiredo Filho (2014) é o elevado peso próprio que a estrutura pode apresentar, limitando seu uso em determinadas situações ou aumentando abundantemente seu custo e volume.

3.1.1 Cimento Portland

O cimento Portland é um material muito utilizado na construção civil desde pequenas edificações até grandes feitos mundiais, pode ser empregado no preparo de pastas, argamassas, concretos, grautes, e outros compósitos. É um pó fino com propriedades ligantes, pertence à classe dos materiais classificados como aglomerantes hidráulicos, sendo assim é um material que em contato com a água entra em processo físico-químico tornando-se um material sólido com resistência conveniente. Após o endurecimento mesmo que seja submetido à ação da água ele não se decompõem mais. É um produto constituído de cal (CaO), sílica (SiO₂), alumina (Al₂O₃), óxido de ferro (Fe₂O₃), determinada proporção de magnésia (MgO) e uma pequena porcentagem de anidrido sulfúrico (SO₃), possui ainda substâncias menores como impurezas, óxido de sódio (Na₂O), óxido de potássio (K₂O), óxido de titânio (TiO₂) e outras substâncias de pequena importância (Bauer, 2000). Atualmente o cimento Portland é normalizado pela NBR 16697 e encontram-se onze tipos no mercado:

- CP I – Cimento Portland comum;
- CP I-S – Cimento Portland comum com adição;
- CP II-E – Cimento Portland composto com escória;
- CP II-Z – Cimento Portland composto com pozolana;
- CP II-F – Cimento Portland composto com fíler;
- CP III – Cimento Portland de alto-forno;
- CP IV – Cimento Portland pozolânico;
- CP V – ARI – Cimento Portland de alta resistência inicial;
- RS – Cimento Portland resistente a sulfatos;
- BC – Cimento Portland de baixo calor de hidratação;
- CPB – Cimento Portland branco.

Essas categorias de cimento se diferenciam entre si devido a proporção de clínquer, sulfato de cálcio e suas adições, tais como escória, pozolana e fíler calcário, acrescentados no processo de moagem para aperfeiçoar algumas características do concreto. O cimento Portland diverge também por causa das propriedades como a alta resistência inicial, a resistência a sulfatos, a cor branca entre outras (Isaia, 2011).

3.1.2 Propriedades físicas do cimento Portland

3.1.2.1 Finura

A finura do cimento está relacionada ao tamanho dos grãos, este é um fator que afeta a velocidade de hidratação de argamassas e concretos, ela é determinada naturalmente durante o processo de fabricação do cimento. Essa propriedade está diretamente ligada ao seu desempenho (Bauer, 2000). Aumentando a finura do cimento é possível elevar a resistência do concreto nos primeiros anos, minimizar a exsudação e outros tipos de segregação e também aumentar a permeabilidade e a coesão. Em razão do custo do processo de moagem e da liberação de calor durante o processo de hidratação do cimento se faz necessário utilizar um limite para determinar uma finura apropriada. A determinação da finura do cimento Portland é realizada com base na NBR 11579 (ABNT,

2012) onde se utiliza a peneira número 200 para determinar a finura dos grãos, o índice de finura obtido no ensaio não deve ser superior a 12%.

3.1.2.2 Tempo de pega (Pega)

O tempo de pega do cimento é o tempo necessário para que se obtenha uma diminuição da trabalhabilidade tornando o material impróprio para o trabalho, ou seja, compreende o desenvolvimento das propriedades mecânicas. Tal propriedade se estende desde a pasta de cimento até o concreto. Durante o tempo de pega as argamassas e os concretos não devem ser perturbados, sofrerem choques ou vibrações para não impedir a cristalização dos componentes do cimento presentes na pasta (Bauer, 2000). Inúmeros fatores podem minimizar o tempo de pega do cimento, como a finura elevada, o baixo fator água/cimento, o uso de aditivos aceleradores de pega e a baixa umidade do ar, mas existem fatores que também podem ampliar o tempo de pega como as baixas temperaturas e os aditivos retardadores de pega (Muniz, 2008). O tempo de pega pode ser dividido em duas etapas distintas, o início da pega e o fim da pega. Para a determinação das duas fases deve empregar a NBR 16607, onde utilizando-se o aparelho de Vicat e uma amostra de pasta de cimento com consistência normal a agulha do aparelho não consegue penetrar até o fundo da amostra.

3.1.2.3 Resistência

Para que a estrutura de concreto atenda aos requisitos de segurança o cimento Portland precisa atingir a resistência à compressão prevista de acordo com a classe designada. A resistência do cimento Portland é uma das características mais importantes, ela é determinada através do ensaio de compressão axial em corpos de prova feitos de argamassa. O procedimento é realizado utilizando uma argamassa de cimento e areia na proporção de 1:3 adicionando água até obter uma mistura de consistência normal, a moldagem dos corpos de prova é normatizada e deve seguir a NBR 5738 (ABNT, 2015), os corpos de prova são conservados em câmara úmida por um período de 24 horas e posteriormente submersos em água até a data de rompimento usando o equipamento de compressão (Bauer, 2000).

3.1.2.4 Exsudação

A exsudação é um fenômeno onde ocorre a segregação da pasta de cimento. O cimento Portland por possuir partículas mais pesadas que a água que os envolve é forçado

pela gravidade a uma sedimentação, com a isso há uma elevação do excesso de água presente na mistura. Este fenômeno acontece antes do início da pega e afeta a uniformidade, a resistência e a durabilidade dos concretos (Araújo, 2001).

3.1.3 Produção do concreto

O preparo do concreto deve atender há requisitos básicos de modo que o principal objetivo é obter uma mistura com o agrupamento interno dos agregados, aglomerantes, água e aditivos. As etapas da produção do concreto dividem-se em mistura, transporte, lançamento, adensamento e cura.

3.1.3.1 Mistura

A mistura dos componentes do concreto pode ser feita de modo manual ou mecânico. A mistura manual tem que possuir um pequeno volume preparado e deve ser utilizada em obras de pequena importância. É preparada utilizando uma superfície impermeável, homogênea e plana, mistura-se primeiro os componentes secos até obter-se uma cor uniforme, em seguida adiciona-se aos poucos a água necessária continuando a mistura até obter uma massa com aspecto homogêneo e uniforme.

Efetuada através do uso de máquinas especiais, a mistura mecânica é mais eficiente e produz grandes volumes de concreto. As máquinas podem possuir um tambor ou uma cuba, ser fixas ou girar em torno de um eixo que pode ser horizontal, vertical ou inclinado, entre os equipamentos mais conhecidos encontram-se as betoneiras (Bauer, 2000). Para uma mistura satisfatória é fundamental colocar em primeiro lugar a água e o agregado graúdo, em razão de que estes promovem a limpeza do equipamento, em seguida acrescenta-se o cimento, pois haverá uma boa distribuição de água para cada partícula de cimento e ainda uma moagem dos grãos e por fim o agregado miúdo que faz um tamponamento dos materiais colocados, prossegue-se a mistura até o tempo necessário para obter-se um material com o agrupamento interno de todos os componentes (Yazigi, 2009).

3.1.3.2 Transporte

O sistema de transporte do concreto é o trajeto que este irá realizar do local de produção até o local de aplicação. O transporte deve ser realizado da maneira mais rápida possível para evitar o início da pega e manter a homogeneidade do mesmo. O sistema de

transporte sempre que possível deve permitir o lançamento do concreto direto na fôrma evitando-se o depósito intermediário, se este for necessário tem que tomar precauções para evitar a segregação, pois o concreto é uma mistura heterogênea com pesos, densidades e dimensões variadas (Bauer, 2000). Os sistemas de transportes são classificados em horizontal, vertical, oblíquo e bombas. Para a escolha do melhor transporte é preciso analisar a distância até o local em que será realizada a concretagem, o acesso ao local de aplicação, o tamanho dos grãos dos agregados, a trabalhabilidade, a dosagem do concreto, entre outros fatores (Bauer, 2000).

3.1.3.3 Lançamento

O lançamento ou a disposição do concreto nas fôrmas tem que ser realizado logo após a mistura para evitar que se inicie o tempo de pega, tornando assim o material impróprio para a utilização. Alguns cuidados específicos devem ser tomados durante o lançamento do concreto, as fôrmas devem ser previamente molhadas para que elas não absorvam a água de amassamento do concreto. Para realizar o lançamento em alturas superiores a 2 metros, medidas especiais devem ser tomadas, pois pode ocorrer a segregação do concreto por causa dos diferentes pesos que os materiais que o compõe apresentam. Quando necessário deixar juntas de dilatação cuja finalidade é permitir que ocorram corretamente as deformações da estrutura (Aoki *et al.*, 2007).

3.1.3.4 Adensamento

A principal função do adensamento é a retirada por completo de bolhas de ar do concreto, minimizando assim a presença de vazios. Os processos de adensamento podem ser divididos em manuais ou mecânicos. Dentre os processos manuais se encontra o apiloamento³, onde com o auxílio de um soquete realiza-se o adensamento até que apareça na superfície uma camada lisa, é recomendado que este procedimento seja executado em concretos com camadas de até 20 cm de espessura e também em obras de pequeno porte (Bauer, 2000). O adensamento mecânico é efetuado por meio de vibração ou de centrifugação. Os vibradores podem ser divididos em: vibradores de imersão, superfície ou externos, a vibração faz com que as partículas fiquem em movimento oscilatório facilitando assim a acomodação entre elas, expulsando o ar presente. A centrifugação é um processo especial de adensamento utilizado de preferência em peças de concreto pré-moldadas, a centrifugação provoca o adensamento pelo aumento do peso aparente do concreto contra as fôrmas.

3.1.3.5 Cura

Para conseguir um bom concreto é essencial uma cura apropriada, a cura significa evitar a evaporação da água empregada na mistura do concreto, permitindo assim a completa aglutinação das partículas presentes no cimento Portland. Realizada ao longo das primeiras etapas de endurecimento do concreto, ela pode ser executada de diversas maneiras, conforme as circunstâncias (Yazigi, 2009).

A escolha da técnica mais apropriada para executar a cura será estabelecida por uma série de fatores como o custo, a presença de ferramentas apropriadas no local, à velocidade de desforma e ainda as interferências que a cura pode causar nas demais atividades do canteiro de obras. Entre os métodos utilizados estão o recobrimento, a aspersão ou irrigação de água, a submersão, o recobrimento com plásticos e semelhantes, a conservação das fôrmas, a impermeabilização por pinturas, a membrana de cura, entre outros. A cura deve ser realizada por um período mínimo de 7 dias para que os concretos possam alcançar a resistência prevista em projetos, e também melhorar a impermeabilidade e a resistência ao ataque de agentes agressivos (Aecweb, 2018).

Conforme a NBR 14931 (ABNT, 2004), enquanto o concreto não tiver endurecido de forma satisfatória, deverá ser curado e protegido de agentes externos para:

- Evitar perda de água pela superfície exposta;
- Assegurar uma superfície com resistência adequada;
- Assegurar a formação de uma capa superficial durável.

3.2 ADITIVOS

Aditivo é um produto adicionado intencionalmente em argamassas e concretos com o intuito de alterar as propriedades destes no estado fresco ou endurecido concedendo benefícios que não são adquiridos de forma natural. Dispõe principalmente de duas finalidades básicas que são elevar a qualidade e minorar os pontos fracos (Amorim, 2010). Os aditivos são incorporados na mistura de cimento, agregados e água para proporcionar as características almejadas no concreto. As funções fundamentais dos aditivos para o concreto são: aumentar a plasticidade, reduzir o custo em termos de consumo de cimento, acelerar ou retardar o tempo de pega, reduzir a retração e aumentar a durabilidade (Idd., 2018). O apropriado emprego dos aditivos consegue proporcionar múltiplas

características ao concreto, entretanto é fundamental a utilização correta desses produtos. Se for utilizado mais de um aditivo na mesma mistura eles deverão ser adicionados separadamente."A classificação dos aditivos é feita segundo sua ação principal, são divididos em três grupos: ação física, ação química e ação físico-química". As substâncias presentes na fórmula podem ser orgânicas ou inorgânicas disseminadas em um veículo fluido, pastoso ou sólido (Vedacit, 1999).

3.2.1 Aditivos de ação física

3.2.1.1 Plastificantes

São conhecidos como aditivos redutores de água, tem como finalidade reduzir ou conservar o consumo de água no concreto, melhoram o fluxo e a plasticidade, aumentando a resistência mecânica, promovendo maior impermeabilidade e durabilidade, minimizando a retração, a exsudação² e o fissuramento, e também facilitando o adensamento e o bombeamento. Os aditivos plastificantes têm a habilidade de limitar o consumo de água e como resultado o consumo de cimento na dosagem de concretos e argamassas. São elaborados de lignosulfonatos, ácidos hidro carboxílicos ou polímeros hidroxilados(Vedacit, 1999; Daldegan, 2017).

3.2.1.2 Incorporadores de ar

Os incorporadores de ar quando adicionados a argamassas e concretos promovem a introdução moderada de uma quantidade de ar no estado de microbolhas, que atuam como um agregado muito fino, elas são uniformemente e estavelmente dispersas na massa de concreto. O sistema produzido por meio das microbolhas não se desfaz com a aplicação de vibração comum, bastante empregada no adensamento do concreto (Yazigi, 2009).

As microbolhas formadas apresentam uma curva granulométrica contínua que possibilita maior coesão com o cimento e os agregados, diminuindo assim a porcentagem de vazios, ampliando o desempenho térmico e acústico e diminuindo a exsudação. A principal desvantagem da utilização desse aditivo é a redução da resistência do concreto ocasionado por causa das bolhas introduzidas na mistura, tornando-o também poroso. Esses aditivos são amplamente utilizados em países frios e podem ser formados a partir de várias matérias primas, principalmente: ácido abiético, alquil-arilsulfonatos e sais de ácidos graxos .(Vedacit, 1999; Miller *et al.*, 2011).

3.2.2 Aditivos de ação química

3.2.3.1 Aceleradores

São produtos que aceleram o processo de hidratação, como resultado o processo de solidificação de argamassas e concretos, favorecendo a aquisição de altas resistências iniciais. Os mais eficazes são preparados à base de cloreto de cálcio, contudo podem ser preparados também de carbonatos, silicatos, hidróxidos entre outros. A utilização deste composto deve ser feita cumprindo as recomendações dos fabricantes, pois o uso elevado deste aditivo pode causar corrosão nas armaduras presentes nas estruturas de concreto armado (Vedacit, 1999; Bauer, 2000).

3.2.3 Aditivos de ação físico-química

3.2.3.1 Retardadores

São aditivos com a função de retardar a pega inicial de argamassas e concretos, permitindo assim maior período de manipulação com o mesmo. Podem ser constituídos de carboidratos bem como produtos inorgânicos. São empregados principalmente para ampliar as condições de lançamento e acabamento do concreto, para reduzir a formação de juntas durante a concretagem. Agem por osmose na água e nos grãos de cimento impossibilitando a dissolução da cal dos silicatos e aluminatos (Vedacit, 1999; Miller *et al.*, 2011).

3.2.3.2 Impermeabilizantes

Aditivos que tem a função de diminuir a permeabilidade evitando danos causados por umidade do solo, por água da chuva, por infiltração, entre outros. Atuam por ação repulsiva com relação à água ou por obstrução dos poros presentes no concreto. São utilizados em argamassas de reparo, rejuntas e nos concretos de reservatórios e de fundações (Vedacit, 1999).

3.2.3.3 Expansores

É o aditivo que provoca a expansão do concreto, reagindo com a cal do cimento e a água, desta maneira acontece o desprendimento de hidrogênio que formam bolhas e ampliam o volume, provocando a expansão, este aditivo acarreta na redução da resistência de argamassas e concretos devido ao aumento do volume. É utilizado em situações em que se deseja uma expansão do concreto dentro da cavidade, em casos de chumbamento

ou em locais de difícil acesso que complicam a concretagem, sua utilização deve ocorrer após cuidadosos estudos. Para a obtenção de resultados adequados é necessário que seja restringido um volume determinado. São aditivos constituídos de aluminatos ou sulfoaluminatos e os teores utilizados nas misturas se situam entre 1% e 2% (Vedacit, 1999; Yazigi, 2009).

3.3 PROPRIEDADES NO ESTADO ENDURECIDO

Dentre as propriedades do concreto no estado endurecido, a seguir serão apresentadas a resistência à compressão, resistência a tração e módulo de elasticidade, abordando as recomendações das normas regulamentadoras vigentes, com algumas alterações quando necessário para o concreto em estudo, além de alguns aspectos relatados por autores referentes a estas propriedades para concreto celular.

3.3.1 Resistência à compressão

A resistência à compressão dos concretos tem sido tradicionalmente utilizada como parâmetro principal de dosagem e controle da qualidade dos concretos destinados a obras correntes. Isso se deve, por um lado, à relativa simplicidade do procedimento de moldagem dos corpos-de-prova e do ensaio de compressão, e, por outro, ao fato de a resistência à compressão ser um parâmetro sensível às alterações de composição da mistura, permitindo inferir modificações em outras propriedades do concreto (Helene e Tutikian, 2005). Nos concretos convencionais a resistência é limitada pela porosidade da pasta e da interface pasta/agregado, uma vez que os agregados usuais normalmente são densos e resistentes. Ocorre uma relação fundamental inversa entre porosidade e resistência de sólidos homogêneos (Teixeira Filho e Tezuka, 1992).

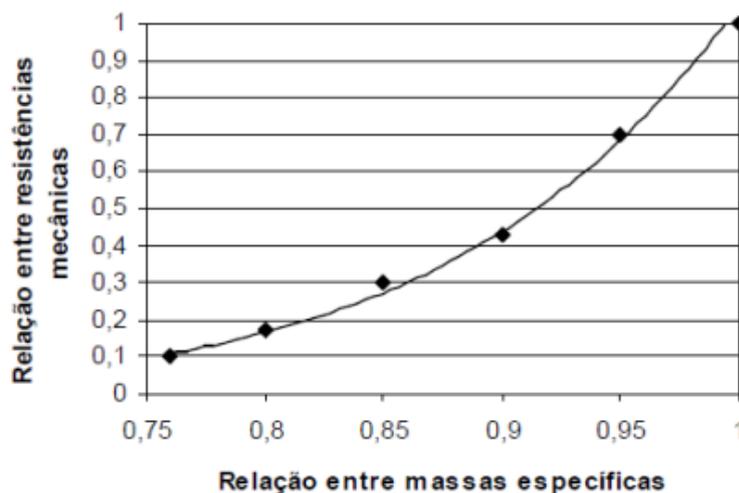


Figura 1 - Relação entre porosidade e resistência mecânica do concreto

A Figura 1 confirma a redução da resistência mecânica pela presença de vazios. Mostrando que um volume de poros de 5% (0,95 na relação de massas específicas) resulta numa redução de 30% da resistência mecânica. Esse efeito é justificado pela expressão de FERET, que relaciona a resistência com a soma dos volumes de cimento, água e ar na pasta endurecida:

$$R = K \left(\frac{C}{C+W+A} \right)^2$$

Onde, R é a resistência do concreto, C é o volume absolutos de cimentos, W é a água, A é o ar e K é constante de FERET.

FERET formulou a sua expressão geral em 1886. Para concretos convencionais, onde o teor de poros é pequeno, esta expressão foi simplificada por DUFF ABRAMS em 1918. Ao observa os concretos celulares espumosos, fica evidente a imagem de uma argamassa, ou pasta, que apresenta um elevado teor de ar incorporado. Neste caso, a relação proposta por ABRAMS não é válida e torna-se necessária a aplicação da expressão geral de FERET.

Ferreira (1987) recomenda que os testes de resistência à compressão sejam feitos em corpos de prova cilíndricos e de acordo com NBR 5738:2015 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015), fazendo a ressalva de não adensar o concreto, através de apiloamento, mas tão somente dar umas leves batidas com martelo de borracha enquanto o molde está sendo preenchido.

3.4 PREPARAÇÃO DAS BASES

Dentre todos os cuidados e procedimentos indicados por Norma, a preparação das bases é uma das mais relevantes, pois é por elas que o corpo-de-prova recebe as tensões exercidas pela máquina no ensaio. Consequência dessa importância é a existência de uma norma específica para esse procedimento: a norma NM 77. Esta Norma cita a maneira adequada de realizar as diferentes formas de acabamento satisfatório nas faces dos corpos-de-prova (Associação Mercosul, 1996). Basicamente se dividem em três grupos os tipos de arremate, ou seja, sistema de:

- a) capeamento colado;
- b) capeamento não colado;

c) desgaste mecânico.

Dentro do grupo dos sistemas colados os capeamentos com pasta de cimento Portland e capeamento por argamassa de enxofre são os mais utilizados. Neste trabalho será dada atenção especial ao capeamento de enxofre, pois seu uso é mais difundido no dia-a-dia de laboratórios de controle tecnológico.

3.4.1 Capeamento com enxofre

Da Silva Bezerra (2007) afirma que os sistemas de capeamento colado “[...] consistem no uso de materiais que formam uma camada regular que adere, fisicamente ou quimicamente, à superfície da base do corpo-de-prova.”. Outras características são citadas pela NBR 5738, como a propriedade de fluidez no momento de sua aplicação, acabamento liso e resistência à compressão compatível com valores comumente encontrados em concretos. Para que a argamassa de enxofre adquira tais resistências a NM 77 (Associação Mercosul, 1996) define como proporção ideal para a mistura: a) 75% de enxofre; b) 5% de grafite; c) 20% material inerte; A Norma também afirma que é de suma importância que, decorridas 2h, o enxofre atinja uma resistência à compressão de aproximadamente 35 MPa. A temperatura indicada para a fusão e solidificação nos moldes é de 130°C. Para o capeamento com enxofre existe a necessidade de se possuir um capeador que garanta a planicidade das faces e a ortogonalidade dos corpos-de-prova. As figuras 2 e 3 mostram respectivamente corpos-de-prova capeados com enxofre e o capeador respectivamente.



Figura 2 - Corpos-de-prova capeados com enxofre



Figura 3 - Conjunto de capeadores

3.4.2 Capeamento com borracha de neoprene

No grupo dos capeamentos não colados encontra-se o neoprene que é largamente utilizado no Brasil, o que não acontece com outros tipos de capeamentos não colados, como por exemplo, o chumbo, papelão e caixa de areia (Da Silva Bezerra, 2007). Diversos estudos confirmam que corpos-de-prova ensaiados com neoprene não confinado, rompiam de forma adversa, consequência de efeitos de tração causados pela deformação da borracha. Mesmo não existindo normalização brasileira referente ao uso desse material no capeamento, considera-se correto a presença de um par pratos de aço envolvendo as laterais e fundo do neoprene, como mostram as Figuras 4 e 5.

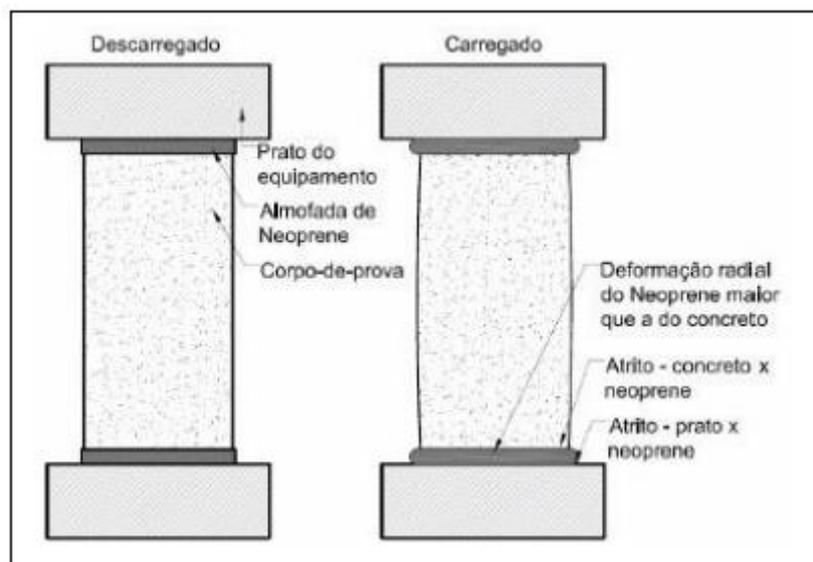


Figura 4 - Efeito negativo da deformação do neoprene



Figura 5 - Par de pratos

3.4.3 Retificação por desgaste mecânico

A NM 77 (Associação Mercosul, 1996) também orienta o preparo de bases de corpo-de-prova por corte com disco diamantado, quando os exemplares apresentarem desníveis significativos e não possam ser corrigidos com argamassa de enxofre ou outro método. Mostra-se útil em casos de testemunhos extraídos de estruturas ou pavimentos e de concretos com resistências muito altas, porém a especificação de procedimentos ainda é muito resumida em Norma. Com a retirada de finas camadas de material das faces, a superfície tende a ter uma aparência de polimento, o que garante uma superfície com acabamento condizente com as necessidades de ensaio, porém, também deve-se garantir a planicidade das faces, o que não é uma característica diretamente ligada ao polimento. Efeito que ocorre principalmente em concretos de alta resistência. A Figura 6 mostra um corpo de prova retificado.



Figura 6 - Retificadora vertical e corpo-de-prova retificado

3.5 MÉTODO DE DOSAGEM ABCP/ACI

3.5.1 Histórico do método

O método da ABCP foi publicado em 1984 pela Associação Brasileira de Cimento Portland como um Estudo Técnico titulado "Parâmetros de Dosagem do Concreto", da autoria do Eng. Públio Penna Firme Rodrigues (revisado em 1995).

Este método, baseado no texto da Norma ACI 211.1-81 (Revised 85) - Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete, constitui-se numa adaptação prática do método americano às condições brasileiras e permite a utilização de agregados graúdos britados e areia de rio que se enquadram na norma NBR 7211 (ABNT, 1983^a) - Agregados para concreto. Desta forma o método, que considera tabelas e gráficos elaborados a partir de valores médios de resultados experimentais, constitui-se numa ferramenta de dosagem de concretos convencionais, adequada aos materiais mais utilizados em várias regiões do Brasil.

3.5.2 Desenvolvimento do método

a) A primeira etapa consiste na fixação de uma consistência adequada de trabalho para o concreto fresco, através do ensaio de abatimento do tronco de cone descrito na NBR NM 67 (ABNT, 1998a). Esta consistência fica condicionada, no método, ao tipo de peça estrutural a ser concretada e aos procedimentos de lançamento empregados. A norma

ACI 211.1-81 apresenta a Figura 7, onde são recomendados diferentes valores de abatimentos em função dos diversos tipos de construção.

Tipos de obras	Abatimento (mm)	
	máximo	mínimo
Paredes de fundações e sapatas armadas	75	25
Sapatas planas, caixões e paredes de infra-estrutura	75	25
Vigas e paredes armadas	100	25
Pilares de edifícios	100	25
Pavimentos e lajes	75	25
Construções de concreto massa	50	25

Obs: Quando o método de adensamento não for vibratório, os valores dos abatimentos, apresentados na tabela, podem ser incrementados em 25 mm.

Figura 7 - Valores de abatimentos recomendados em função do tipo de obra (ACI 211.1-81).

b) Considerando o tipo e as dimensões das peças estruturais e em função das distâncias entre as barras da armadura, seleciona-se, de acordo com as exigências da NBR 6118 (ABNT, 1980) - Projeto e Execução de Obras de Concreto Armado - a Dimensão máxima característica do agregado graúdo, compatível com as características dos materiais economicamente disponíveis e a necessidade de menores índices de vazios.

c) Na terceira etapa, em função da Dimensão máxima característica dos agregados e do abatimento requerido (entre 40 e 100 mm), são fornecidas, na Figura 8, as quantidades de água de amassamento aproximadas para misturas preparadas com agregados graúdos britados de granito, agregados miúdos, constituídos por areias de rio não muito finas ($MF \geq 1.8$), e consumos de cimento em torno de 300 kg/m³ de concreto.

As quantidades de água de amassamento (expressas em litros/m³ de concreto produzido) são valores de referência iniciais que devem ser ajustados por experiências prévias ou através de tentativas com misturas nas quais se efetuaram ensaios de abatimento.

Abatimento (mm)	Dimensão máxima característica do agregado graúdo Dmc (mm)				
	9,5	19	25	32	38
40 a 60	220 kg/m ³	195 kg/m ³	190 kg/m ³	185 kg/m ³	180 kg/m ³
60 a 80	225 kg/m ³	200 kg/m ³	195 kg/m ³	190 kg/m ³	185 kg/m ³
80 a 100	230 kg/m ³	205 kg/m ³	200 kg/m ³	195 kg/m ³	190 kg/m ³

Figura 8 - Quantidade de água de amassamento do concreto em função do abatimento e da Dimensão máxima característica do agregado (Rodrigues, 1990).

O método da ABCP recomenda a utilização de uma fórmula empírica que permite o ajuste da água de amassamento necessária, num processo iterativo, a partir da água adicionada inicialmente e dos abatimentos inicial e requerido. A fórmula em questão tem a seguinte expressão:

$$Q_{requerido} = Q_{incial} \times \left(\frac{Abat.requerido}{Abat.incial} \right)^{0,1}$$

Onde:

Q=consumo de água da mistura;

Abat.= abatimento pelo ensaio do tronco de cone (NBR NM 67);

0,1 = valor do coeficiente exponencial, que depende dos materiais empregados;

O método fornece fatores de correção para a quantidade de água de amassamento empregada no caso de usar seixo rolado e/ou areias finas enquadradas na Zona 1 da NBR 7211 (ABNT, 1983a). Enquanto, o método original da ACI apresenta estimativas das quantidades de ar aprisionadas no concreto e prevê reduções das quantidades de água, quando se incorpora ar em forma proposital, o método da ABCP prescinde dessas considerações devido a que, no Brasil, não é usual a incorporação intencional de ar já que não são frequentes condições climáticas severas quanto a baixas temperaturas e situações de congelamento. A Figura 9, apresentada pela norma ACI 211, é mostrada seguir:

Abatimento do tronco de cone (mm)	Q = Quantidade aproximada de água de mistura (em kg/m ³) requerida para concretos com diferentes abatimentos e com agregados com distintas Dimensões máximas características							
	9,5 mm	12,5 mm	19 mm	25 mm	38 mm	50 mm	76 mm	152 mm
	Concreto sem ar incorporado							
25 a 50	208	199	187	178	163	154	130	113
75 a 100	228	216	201	193	178	169	145	125
150 a 175	243	228	213	201	187	178	160	-
	Quantidade aproximada de ar aprisionada no concreto (%)							
	Concreto com ar incorporado							
25 a 50	181	175	166	160	148	142	122	107
75 a 100	202	193	181	175	163	157	133	119
150 a 175	216	205	193	184	172	166	154	-
	Quantidade média de ar a ser incorporada na mistura em função do nível de agressividade							
Exposição suave	4,50%	4,00%	3,50%	3,00%	2,50%	2,00%	1,50%	1,00%
Exposição moderada	6,00%	5,50%	5,00%	4,50%	4,50%	4,00%	3,50%	3,00%
Exposição extrema	7,50%	7,00%	6,00%	6,00%	5,50%	5,00%	4,50%	4,00%

Figura 9 - Quantidade de água da mistura de concreto, com e sem ar incorporado, em função do abatimento e da Dimensão máxima característica do agregado (ACI 211.1-81).

d) Como próxima etapa, e em função das necessidades de resistência e das condições de exposição do concreto, ligadas com a natureza da obra, fixa-se a relação água/cimento (x). Tanto o método original do ACI como a versão da ABCP recomendam, como forma mais precisa de determinação da relação x, o emprego das curvas de Abrams, construídas com o cimento e os materiais a serem utilizados. Entretanto, quando não for possível dispor destas curvas ou de informações confiáveis sobre as resistências obtidas com o cimento e os materiais a serem efetivamente usados, pode-se proceder à determinação aproximada da relação x, em função da resistência, obtida através das curvas mostradas na Figura 10. As curvas da Figura 10, conhecidas como curvas de Walz, desenvolvidas no departamento de Cimento e Concreto (DECIM) da ABCP (Bucher, 1989) foram determinadas por meio de traços experimentais de concretos, produzidos com cimentos de diferentes marcas, tipos e classes e com agregado graúdo britado de origem granítica e agregado miúdo constituído por areia de rio. A utilização das curvas de Walz baseia-se no conhecimento prévio da resistência do cimento. Conhecida a resistência normal do cimento ou conhecida sua resistência média, apresentada durante um determinado período de tempo, é possível a utilização direta das curvas. No caso de ser desconhecida a resistência normal ou a resistência média do cimento, o método recomenda considerar

a resistência mínima especificada pela norma, de acordo com a classe de cimento a ser usado. A prática de adotar esta resistência mínima somente é justificada para a produção de pequenos volumes de concreto que não justifiquem a execução de ensaios físicos do cimento ou a determinação das Curvas de Abrams.

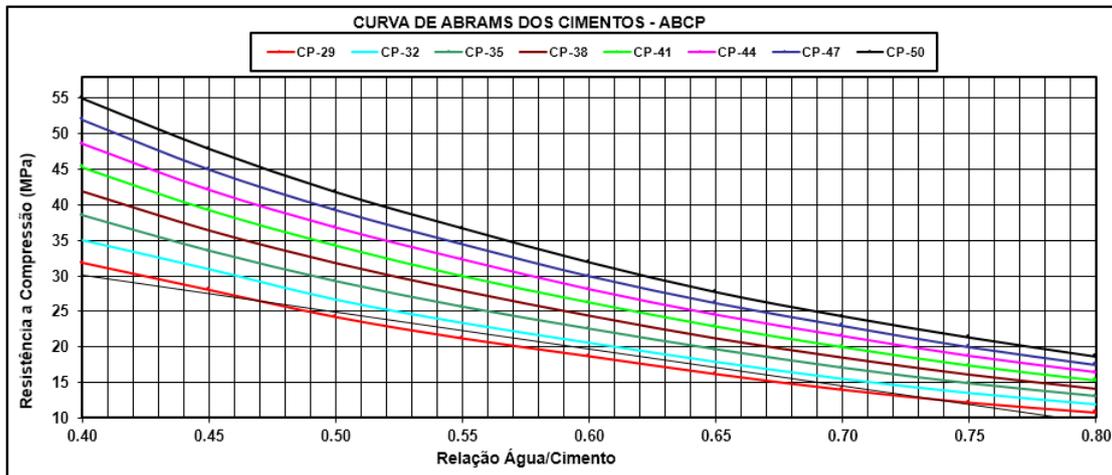


Figura 10 - Gráfico para a determinação da relação x em função das resistências do concreto e cimento aos 28 dias (Bucher, 1989).

A outra determinante da relação água/cimento é a questão da durabilidade, entendida como a capacidade do concreto de resistir aos ataques químicos e físicos ou qualquer outra ação de deterioração com o tempo. A vida útil do concreto pode ser aumentada através do uso de cimentos especiais, resistentes a determinados tipos de ataques químicos, junto com a adoção de baixas relações água/cimento, que diminuem a porosidade e a permeabilidade da pasta e contribuem para a obtenção de melhores desempenhos, quanto à durabilidade. Em termos de durabilidade, o método da ABCP aconselha considerar as recomendações do Comitê ACI 201 que, resumidas através da Figura 11, limitam os valores máximos da relação água/cimento, em função das condições de exposição.

Tipo de Estrutura	Estrutura continuamente ou freqüentemente úmida e exposta a congelamento e degelo*	Estrutura exposta à água de mar ou Sulfatos
Peças delgadas (parapeitos, guias, soleiras, abas e concreto ornamental)	0,45	0,40 **
Todas as outras estruturas	0,50	0,45 **

* O concreto submetido a ciclos de congelamento e degelo deve ter ar incorporado.

** Caso sejam utilizados cimentos resistentes aos sulfatos as relações água/cimento podem ser incrementadas em 0,05.

Figura 11 - Relação água/cimento x em função do tipo de estrutura e das condições de exposição (ACI 211.1-81).

O valor da relação água/cimento x, a ser adotada no traço de concreto, será o menor dos dois valores requeridos para atender, simultaneamente, as exigências de resistência e durabilidade estabelecidas.

e) O consumo de cimento C do traço por m³ de concreto fica determinado com base no consumo de água e na relação $x \Rightarrow C \text{ (kg/m}^3\text{)} = Q \text{ (kg/m}^3\text{)} \div x$.

f) De acordo com a filosofia do método de conseguir uma trabalhabilidade compatível com o menor volume de vazios possível, realiza-se o proporcionamento entre agregado graúdo e agregado miúdo, adotando-se o conceito de colocar na mistura o máximo volume de agregado compactado seco por m³ de concreto.

Através da Figura 14 (Rodrigues, 1990) construída com base em ensaios realizados na ABCP, determinam-se resultados médios que permitem obter, a partir do Módulo de finura da areia e da Dimensão máxima característica do agregado total, o volume máximo de agregado graúdo compactado seco (V_{Cs}) a ser colocado por m³ de concreto.

A determinação da massa unitária do agregado em estado compactado seco realiza-se segundo a norma NBR 7810 (ABNT, 1983b) - Agregado em Estado Compactado e Seco. Determinação da Massa Unitária. O processo padronizado descrito na NBR 7810 (ABNT, 1983b) faz que o agregado graúdo se apresente com certo grau de compactação que tem associado um certo volume de vazios. O agregado graúdo no interior do concreto, misturado com a areia, o cimento e a água têm um grau de compactação menor, apresentando, portanto, um volume de vazios superior ao obtido no ensaio da norma. Tanto o método da ACI como o método da ABCP, através da observação de numerosas misturas experimentais, levam em conta de forma implícita, essa diferença dos graus de compactação e o conseqüente aumento do volume de vazios na massa de concreto. A tabela que fornece valores do volume ocupado pelo agregado graúdo contido em 1m³ de

concreto compactado evidencia que quando a Dimensão máxima característica do agregado (D_{mc}) graúdo aumenta, deixando o restante das variáveis fixas, é necessário menor quantidade de argamassa para manter a mesma trabalhabilidade. Também fica evidente que fixando a Dimensão máxima característica (D_{mc}) do agregado graúdo quando aumenta o Módulo de finura da areia diminui o volume compactado de agregado graúdo por m^3 de concreto. Este último fato é devido a que, para manter a consistência de um concreto, é necessária mais argamassa para areias mais grossas com menor superfície específica.

Módulo de Finura da areia	Dimensão máxima característica do agregado graúdo D_{mc} (mm)				
	9,5	19	25	32	38
MF	Volume compactado seco (V_{cs}) de agregado graúdo por m^3 de concreto				
1,8	0,645	0,77	0,795	0,82	0,845
2,0	0,625	0,75	0,775	0,8	0,825
2,2	0,605	0,73	0,755	0,78	0,805
2,4	0,585	0,71	0,735	0,76	0,785
2,6	0,565	0,69	0,715	0,74	0,765
2,8	0,545	0,67	0,695	0,72	0,745
3,0	0,525	0,65	0,675	0,7	0,725
3,2	0,505	0,63	0,655	0,68	0,705
3,4	0,485	0,61	0,635	0,66	0,685
3,6	0,465	0,59	0,615	0,64	0,665

Obs: Os volumes de agregado compactado seco referem-se à mistura de todos os tipos de brita que entram na composição do concreto.

Figura 12 - Volume compactado seco (V_{cs}) de agregado graúdo por m^3 de concreto, função do Módulo de finura da areia e da Dimensão máx. car. (D_{mc}) do agregado graúdo (Rodrigues, 1990).

O valor extraído da Figura 12, que corresponde ao volume compactado seco V_{cs} de agregado graúdo por m^3 de concreto, é multiplicado pela massa unitária do agregado compactado seco, determinando-se a massa do agregado graúdo a ser adicionado na mistura.

Experiências desenvolvidas na ABCP (Rodrigues, 1990) mostram que, para os agregados classificados de acordo com a NBR 7211 (ABNT, 1983a), o menor volume de vazios obtido na mistura de duas britas de graduação contínua é conseguido quando se

mistura 50% de cada uma delas, com a exceção da mistura de brita 0 e da brita 1, cuja proporção fica 30% de brita 0 + 70% de brita 1.

g) A quantidade de areia (em kg) no traço é determinada pelo método volumétrico admitindo que o volume de concreto é composto pela soma dos volumes absolutos do cimento, da água, dos agregados e o volume do ar aprisionado. Também deveriam ser considerados os volumes de aditivos e ar eventualmente incorporados para melhorar o desempenho das misturas. A fórmula para determinar a quantidade de areia é a seguinte:

$$A = [1 - (C / \gamma_c + B / \gamma_Q + V_{\text{apreisionado}})] \times \gamma_a$$

onde:

A = Quantidade (kg) de agregado miúdo por m³ de concreto;

C = Quantidade (kg) de cimento por m³ de concreto;

B = Quantidade (kg) de brita por m³ de concreto;

Q = Quantidade (kg) de água por m³ de concreto;

Var aprisionado = Volume de ar aprisionado (m³);

γ_c = massa específica do cimento (kg/m³);

γ_b = massa específica da brita (kg/m³);

γ_Q = massa específica da água (kg/m³);

γ_a = massa específica da areia (kg/m³).

h) Finalmente a apresentação do traço em massa é feita em função das relações dos diversos componentes em relação à massa de cimento: 1: A/C : B/C // Q/C \Rightarrow 1: a: b // x
Uma vez determinado o traço teórico procede-se à mistura experimental, que permite realizar os acertos necessários para a obtenção dum concreto, adequado aos requerimentos de trabalhabilidade e desempenho exigidos. O concreto deverá ser avaliado quanto à sua massa específica e teor de ar, verificando a consistência de maneira que não exista segregação e que a exsudação não seja excessiva para produzir um bom acabamento.

O método alerta sobre a necessidade de cuidar que os equipamentos de produção empregados no laboratório apresentem similares características aos equipamentos da

obra, de maneira a evitar diferenças significativas nas condições de trabalhabilidade das misturas obtidas em um e outro caso. Além disso, recomenda-se que a água de amassamento, estimada inicialmente, nunca seja colocada de uma única vez, e sim gradativamente, verificando a obtenção da consistência desejada através do ensaio de abatimento. Quando a quantidade de água de mistura, prevista pelo método, for suficiente para alcançar o abatimento necessário, mas o traço se apresentar pouco argamassado, dever-se-á acrescentar mais areia à mistura, diminuindo-se a quantidade de brita, de forma a manter fixa a relação m . Desta maneira, conservando-se m fixo e com a relação água/cimento inicial inalterada, não existirá variação da relação H e, teoricamente, não haverá alteração do abatimento necessário. Se por outro lado, a mistura se apresentar muito argamassada, deverá ser acrescentado agregado graúdo, em substituição da areia, para conservar o m fixo.

No caso que a quantidade de água de mistura for insuficiente para alcançar o abatimento, deverão ser aumentadas as quantidades de água e de cimento, de forma a conservar a mesma relação água/cimento e diminuir a relação m do traço. Quando a quantidade de água, prevista pelo traço, for maior que a necessária para atingir o abatimento buscado, caberá duas possibilidades. Uma primeira alternativa, sugerida pela ACI-211/81, seria manter as quantidades e proporções de cimento, areia e brita, de maneira a adotar uma relação água/cimento menor, às custas de um maior consumo de cimento. Uma segunda alternativa, mais econômica, consistiria em colocar toda a água do traço, e acrescentar na mistura, quantidades de areia e brita, de maneira a manter a relação água/cimento e o teor de argamassa do traço, inicialmente determinado pelo método. Para efetuar a necessária correção do abatimento, o método original do ACI recomenda aumentar ou diminuir a quantidade de água em 2 kg/m^3 para cada 10 mm de diferença no abatimento desejado. Quando se pretenda substituir parte da água de amassamento da mistura de concreto através da incorporação de ar, o ajuste do traço deverá ser feito aumentando ou diminuindo a água da mistura em 3 kg/m^3 de concreto para cada 1% de ar incorporado que se queira aumentar ou diminuir.

4 METODOLOGIA

3.1 Materiais

O Estudo seguinte refere-se a dosagem experimental de concreto de cimento Portland Portland CP III-40 RS, utilizando-se agregados da região norte do país disponíveis no estado do Amazonas, como: areia e brita e também o uso de um Superplastificante.

3.2 Planejamento experimental

Neste trabalho de conclusão de curso, foi realizada a fabricação de corpos de provas de concreto com agregados oriundos de uma região específica, seguido do ensaio de resistência a compressão. A metodologia utilizada foi dividida em fases distintas. As atividades experimentais foram distribuídas de acordo com o fluxograma da Figura 13 com intuito de verificar a validação do método de dosagem ACI para os agregados que foram aqui estudados que solucione os eventuais problemas da fase 1.

A Seguir na fase 2 os procedimentos de separação e secagem dar-se início para as primeiras caracterizações físicas dos agregados como: massa unitária, massa específica pela norma ABNT NBR NM 52 e granulometria ABNT NBR NM 248, assim como mostrado na Figura 15.

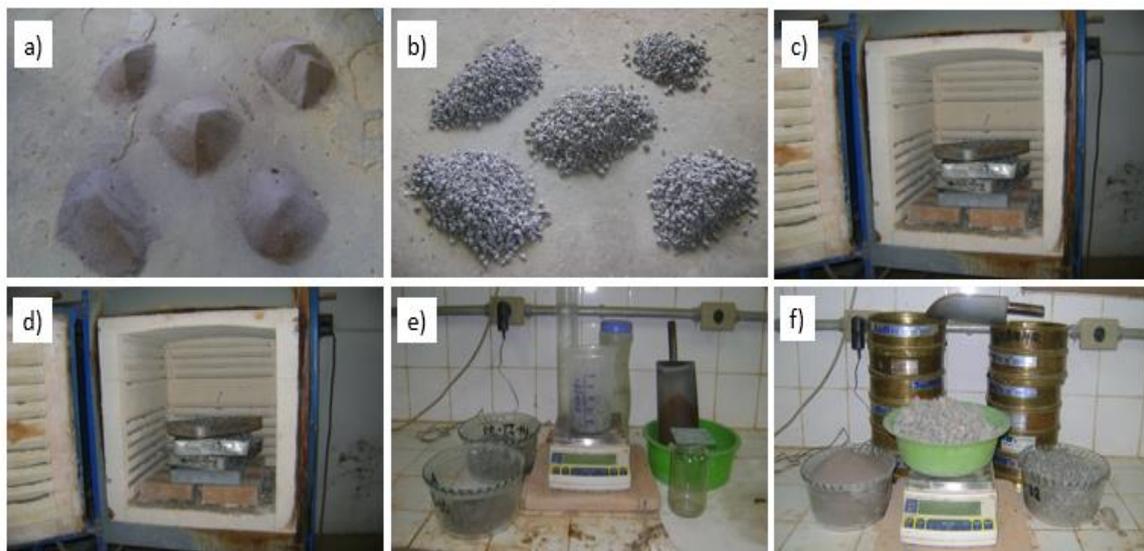


Figura 13 - Processamento da matéria prima e caracterização físicas

Pós definição da fase 2 as composições para superplastificantes em relação ao cimento foram selecionadas para dar continuidade a elaboração dos traços de concreto segundo as

normas da ABNT NBR 7681-2 que é conhecido como teste Cone de Marsh, onde a faixa de variação do aditivo foi 0,3 a 1,7% no cimento e que pós teste foi fixado um ponto ótimo de 1,3% do aditivo para a composição final em relação aos métodos de dosagens.

A fase 3 é caracterizada pelos métodos de dosagens adotados nesta pesquisa para determinação do traço de concreto, que foram estabelecidas pelo método ACI/ABCP com ajustes desenvolvido no Labeme, com agregados como brita (brita 0 e brita 1), onde o aditivo utilizado foi um superplastificante. As composições foram definidas de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1 - Composições dos Métodos de Dosagens

Traço (Identificação)	Consumo de cimento	Idade (dias)	Idade (dias)
ACI/ABCP 1: 1.35:0.70: 1.09:-0.41	524	7	14
LABEME ajuste 1:1.93:1.01:1.51-0.45	400	7	14
LABEME ajuste c aditivo 1:1.93:1.01:1.51-0.45	400	7	14

Em Seguida na fase 4 foram moldados corpos de prova com água destilada para serem utilizados como parâmetro. A moldagem dos corpos de prova cilíndricos de dimensões 10 x 20 cm foi feita com base na norma ABNT NBR 5738/2016, e adensando através da aplicação de 15 golpes em duas camadas de material.

Depois de 24 horas foi feita a retirada das formas e colocado em cura, com isso prossegue para Fase 6 onde teremos a caracterização dos corpos de provas para avaliação do concreto assim como mostrado na Figura 14.

É importante frisar, que os corpos de provas passaram pelo processo de Retificação por desgaste mecânico afim de obter superfícies regulares para garantir a homogeneidade durante o ensaio de Compressão.



Figura 14 – Moldagem dos corpos de provas

Logo na fase 5 dar-se início as caracterizações mecânicas. A ruptura dos corpos de prova foram realizadas aos 7 e 14 dias de idade, consistindo na aplicação de uma carga contínua, com velocidade controlada assim como mostrados na Figura 15. Aqui ainda nesta fase, também foram observadas algumas propriedades físicas afim de obter um melhor entendimento do conjunto e eficácia dos agregados aqui utilizados.



Figura 15- Caracterização Mecânica dos corpos de provas

Por fim a fase 6 correspondeu a coleta de dados e análise da redação do trabalho de conclusão de curso, assim como foi dito anteriormente o diagrama da figura 18 mostra de forma geral toda a sequência experimental para este trabalho.

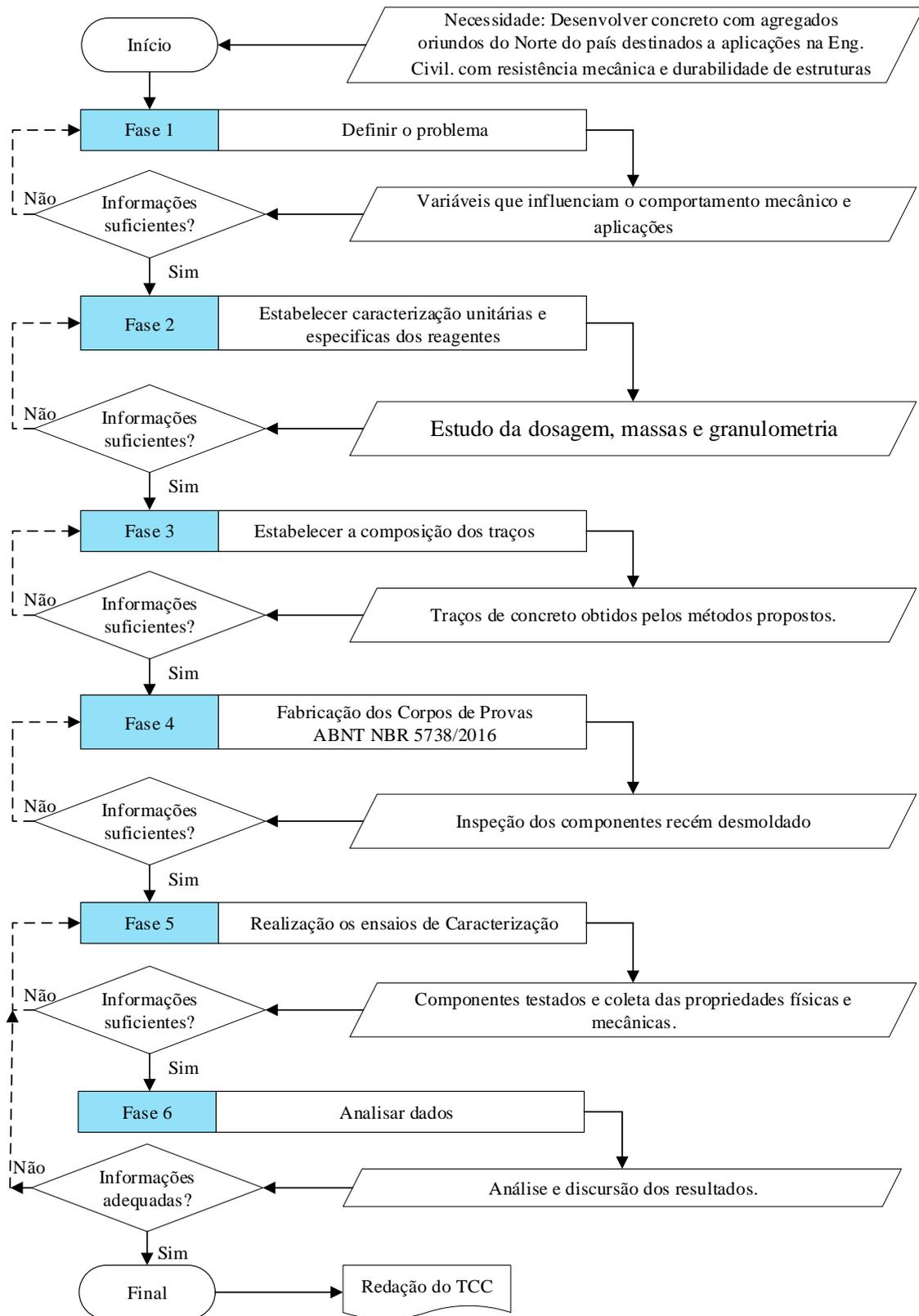


Figura 16 - Planejamento Experimental

5 Resultados e Discussão

5.1 Teste Cone de Marsh

Verifica-se na Figura 17 que a gorda com teor de 1,7% de aditivo apresentou uma alta sedimentação, significando que nessa composição está ocorrendo segregação da mistura, o que pode evidenciar a supersaturação da mistura com aditivo superplastificante. Com os resultados obtidos (1,3%) foi possível determinar o ponto ótimo da dosagem de aditivo objetivando uma boa fluidez e trabalhabilidade aliada a um bom custo benefício reduzindo o consumo de cimento.

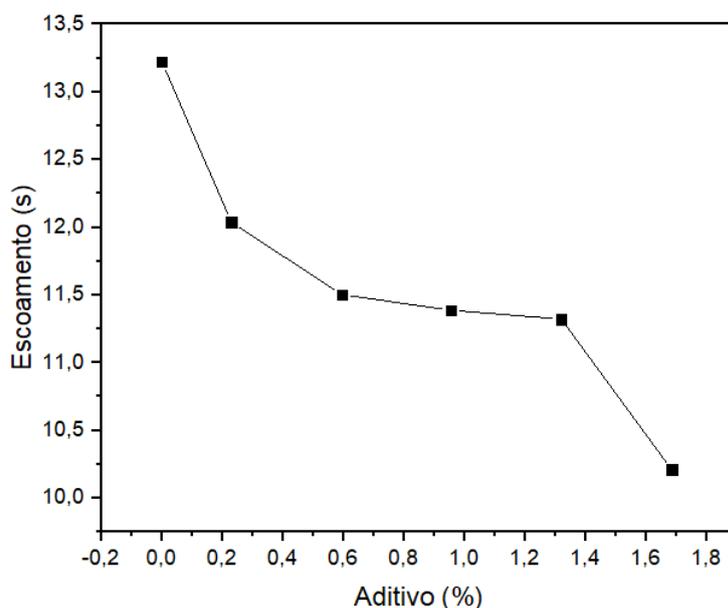


Figura 17 - Resultados do ensaio de fluidez da gorda de cimento

5.2 Estudo da dosagem

As Tabelas 2,3 e 4 mostra a obtenção das Densidades unitárias dos agregados e a figura 18 ilustra graficamente os resultados dos ensaios de massa unitária para ambos os agregados utilizados no estudo. A massa unitária dos agregados é um parâmetro utilizado na transformação de quantidades quando medidas em massa para volume e vice-versa, valores obtidos são coerentes com outros semelhantes já analisados no LABEME.

Tabela 2 - Obtenção da Densidade unitária para o agregado Areia

Discriminação	1º Det.	2º Det.	3º Det.	Média
Massa do recipiente + amostra (Kg)	30,98	30,65	30,15	
Massa do recipiente (Kg)	3,50	3,50	3,50	
Massa da amostra (Kg)	27,48	27,15	27,65	
Volume do recipiente (dm ³)	17,5	17,5	17,5	
Massa unitária estado solto (Kg/dm ³)	1,57	1,55	1,58	1,57

Tabela 3 - Obtenção da Densidade unitária para o agregado brita 0

Discriminação	1º Det.	2º Det.	3º Det.	Média
Massa do recipiente + amostra (Kg)	29,58	30,10	29,40	
Massa do recipiente (Kg)	3,50	3,50	3,50	
Massa da amostra (Kg)	26,08	26,60	25,90	
Volume do recipiente (dm ³)	17,5	17,5	17,5	
Massa unitária estado solto (Kg/dm ³)	1,49	1,52	1,48	1,50

Tabela 4 - Obtenção da Densidade unitária para o agregado brita 1

Discriminação	1º Det.	2º Det.	3º Det.	Média
Massa do recipiente + amostra (Kg)	30,45	30,15	30,40	
Massa do recipiente (Kg)	3,50	3,50	3,50	
Massa da amostra (Kg)	26,95	26,65	26,90	
Volume do recipiente (dm ³)	17,5	17,5	17,5	
Massa unitária estado solto (Kg/dm ³)	1,54	1,52	1,54	1,53

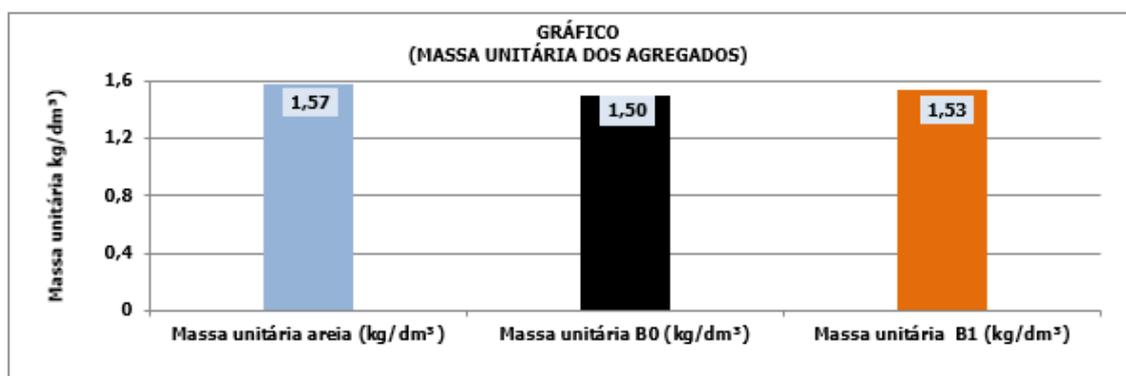


Figura 18 - Massas unitárias dos agregados utilizados nas misturas preparadas.

As tabelas 5, 6 e 7 mostram a obtenção da massa específica para os agregados e a figura 19 observam-se os resultados dos ensaios de massa específica elaborados nos três agregados utilizados nas misturas. A massa específica é uma característica dos agregados

refletida no consumo de cimento dos concretos com eles preparados, valores conseguidos também próximos de outros anteriormente examinados no LABEME.

Tabela 5 -Obtenção da Massa especifica para o agregado Areia

Descriminação	
Massa seca em estufa (g)	500
Massa do recipiente + água destilada (g)	824,8
Massa do recipiente + água destilada + amostra (g)	1205,5
Massa específica (g/cm ³)	2,64

Tabela 6 - Obtenção da Massa especifica para o agregado Brita 0

Descriminação	
Massa seca em estufa (g)	500
Massa do recipiente + água destilada (g)	824,8
Massa do recipiente + água destilada + amostra (g)	1214,5
Massa específica (g/cm ³)	2,77

Tabela 7 -Obtenção da massa especifica para o agregado Brita 1

Descriminação	
Massa seca em estufa (g)	500
Massa do recipiente + água destilada (g)	824,8
Massa do recipiente + água destilada + amostra (g)	1215,48
Massa específica (g/cm ³)	2,79

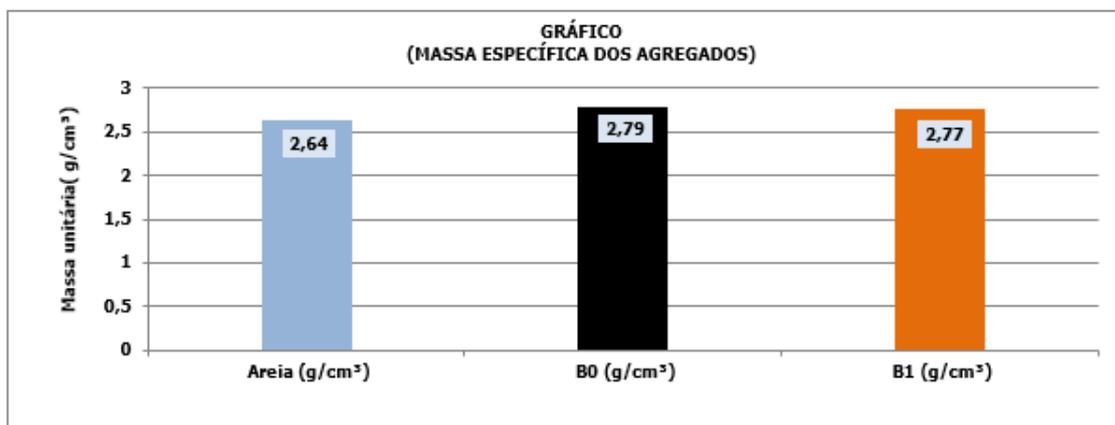


Figura 19 - Massas específicas dos três agregados utilizados nas misturas preparadas.

5.3 Granulometria

A figura 20 mostra a curva granulométrica do agregado miúdo aplicado nas misturas preparadas (linha vermelha), e as faixas granulométricas (linhas azuis) da norma

ABNT NBR 7211-Especificação, indicativas de agregados com boa qualidade para misturas de concreto. Percebe-se que a curva do agregado utilizado situa-se quase que totalmente fora dessas faixas.

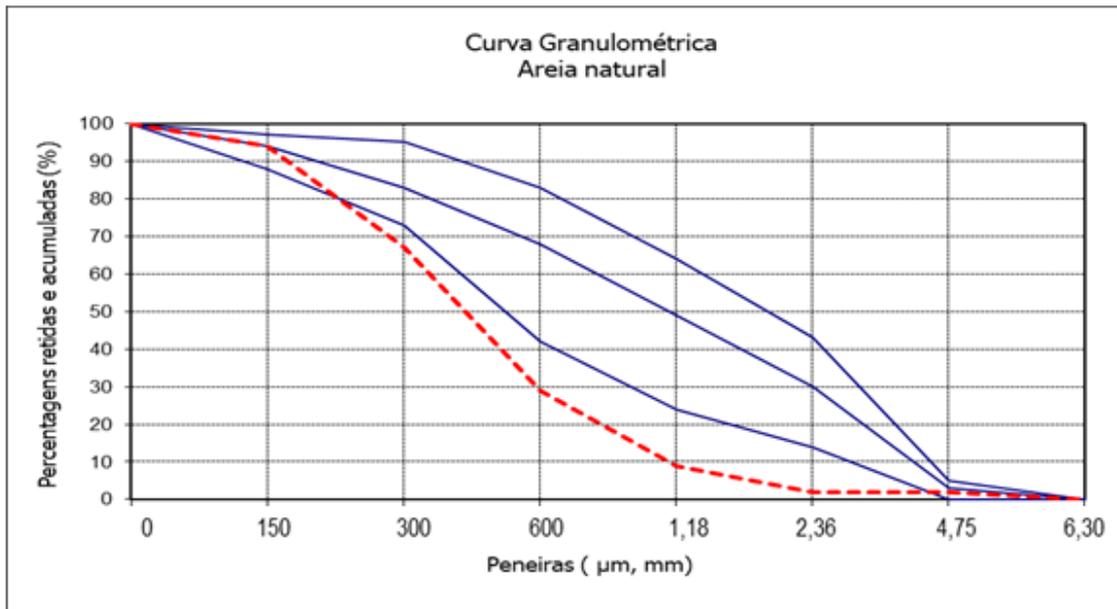


Figura 20 - Curva granulométrica da areia utilizada nas misturas e faixas da NBR 7211.

Na figura 21 tem-se a curva granulométrica do agregado graúdo brita (B0) aplicado nos concretos preparados.

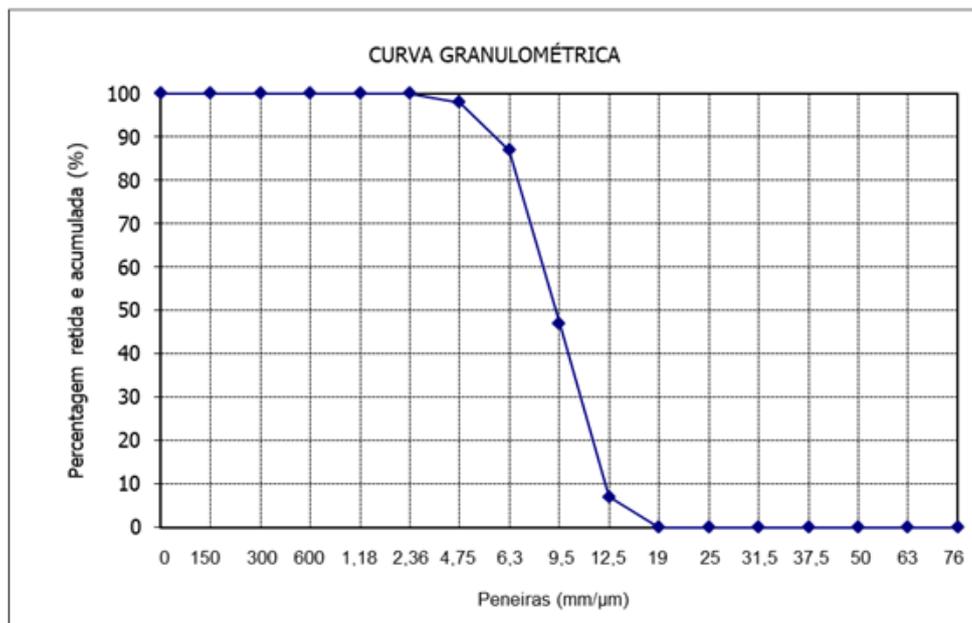


Figura 21 - Curva granulométrica da brita (B0) utilizada nas misturas preparadas.

Na figura 22 tem-se a curva granulométrica do agregado graúdo brita (B0) aplicado nos concretos preparados.

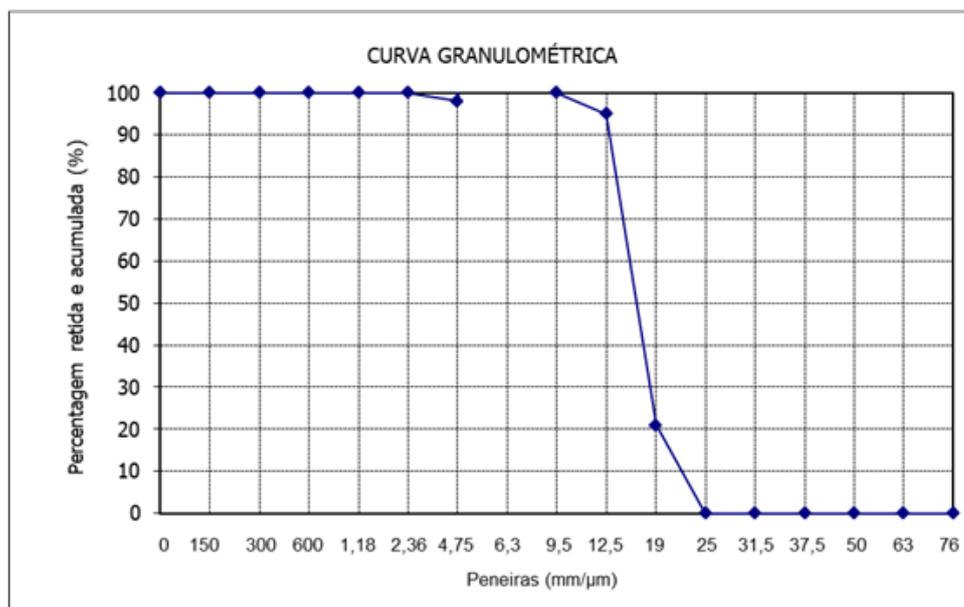


Figura 22 - Curva granulométrica da brita (B1) aplicada nos concretos preparados.

O agregado miúdo não indicou arranjo granular satisfatório para aplicação em compósitos do tipo concreto, é uma areia fina.

5.4 Resistência a Compressão

O Tabela 8 mostra identificações e resultados de resistência à compressão axial aos 7 dias de idade de corpos de prova preparados com os concretos obtidos no estudo.

Tabela 8 - Identificações/resultados de resistência à compressão axial – 7 dias de idade.

Traço (identificação)	Consumo de cimento (m ³)	Data de moldagem	Idade (dias)	C.P.Nº.	Resistência à compressão axial.		Observação
					Carga (N)	Tensão (MPa)	
ACI/ABCP 1: 1.35:0.70.1.09-0.41	524	14/09/2019	07	01	240050	30.6	S/ADITIVO
LABEME AJUSTE ACI/ABCP 1: 1.93: 1.01: 1.51-0.45	400	14/09/2019	07	02	266880	33.9	S/ADITIVO
				03	271670	34.6	
				04	267050	34.0	
LABEME AJUSTE ACI/ABCP 1: 1.93: 1.01: 1.51-0.45	400	14/09/2019	07	05	177410	22.6	C/ADITIVO
				06	192620	24.5	
				07	192230	24.4	

Na tabela 9 são mostrados identificações e resultados de resistência à compressão axial aos 14 dias de idade de corpos de prova moldados com os concretos obtidos no estudo.

Tabela 9 - Identificações/resultados de resistência à compressão axial – 14 dias de idade.

Traço (identificação)	Consumo de cimento (m ³)	Data de moldagem	Idade (dias)	C.P.Nº.	Resistência à compressão axial.		Observação
					Carga (N)	Tensão (MPa)	
ACI/ABCP 1: 1.35:0.70:1.09-0.41	524	14/09/2019	14	01	258280	32,9	S/ADITIVO
LABEME AJUSTE ACI/ABCP 1: 1.93: 1.01: 1.51-0.45	400	14/09/2019	14	02	277710	35,2	S/ADITIVO
				03	266670	33,9	
				04	281620	35,8	
LABEME AJUSTE ACI/ABCP 1: 1.93: 1.01: 1.51-0.45	400	14/09/2019	14	05	196850	25,6	C/ADITIVO
				06	193280	24,6	
				07	188880	24,0	

Temos que para o método de dosagem ACI/ABCP apresentou no estado fresco textura com certa aspereza e baixa consistência para aplicação em estruturas correntes. No estado endurecido mostrou resistência à compressão baixa para o consumo de cimento (524 kg/m³) indicado pelo método. Por outro lado, o método de dosagem LABEME, obtido por ajuste do ACI/ABCP através da redução de cimento em cerca de 25%, mostrou textura satisfatória, porém consistência não muito adequada, mas resistência à compressão satisfatória para atendimento a classe C 30 prevista. Para o método de dosagem LABEME (ADITIVADO), o concreto ajustado introduziu-se aditivo para melhorar a consistência, no entanto, a mistura mostrou-se com excessiva segregação, tanto da argamassa com o agregado graúdo quanto o aditivo. Isso provocou uma redução considerável da resistência, baixando o valor conseguido sem adição em cerca de 10%. A figura 23 ilustra melhor o comparativo entre as resistências obtidas pelo ensaio de Compressão e a idade dos corpos de provas.

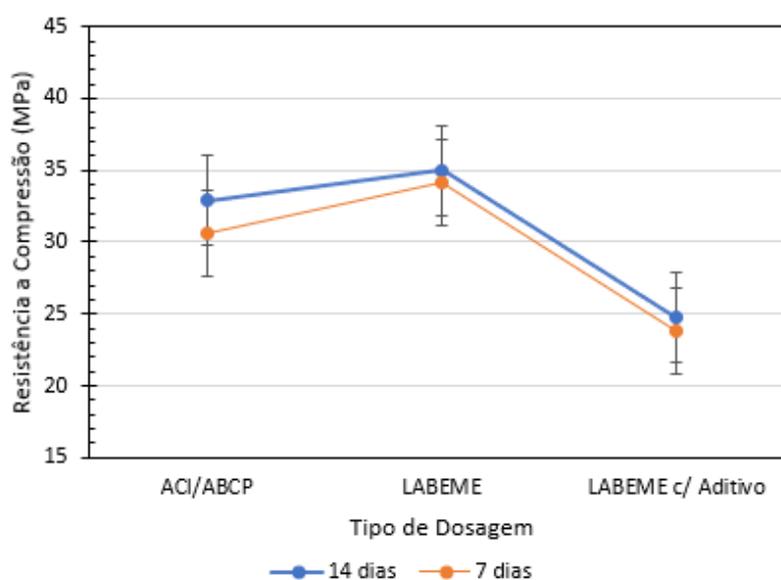


Figura 23 - Gráfico de Resistência a Compressão

6 CONCLUSÕES

Os resultados indicaram variações consideráveis nas resistências à compressão dos concretos obtidos. O método ACI/ABCP não exibiu concreto capaz de ser aplicado em estruturas correntes, textura áspera e fraca consistência, daí a necessidade das modificações. Por orientação do LABEME efetuaram-se ajustes, fez-se uma redução no consumo de cimento, cerca de 25%. Após os ensaios, é possível identificar um comportamento oscilatório da resistência à compressão axial do concreto para diferentes métodos de dosagens aqui estudados, vimos que apesar do método ACI/ABCP ser geralmente utilizado, o mesmo indicou um alto consumo de Cimento e ainda assim esperava-se uma maior resistência a compressão em relação aos ajustes feitos no método de dosagem. Os ajustes feitos pelo LABEME do Método ACI/ABCP apresentou o melhor custo benefício em relação a Dosagem vs Resistência, apresentando-se uma resistência a compressão de 35 MPa com 23,6% de economia de cimento comparado ao método ACI/ABCP, apresentado resistência satisfatória a classe do cimento, que é o C 30.

É possível verificar a importância no uso do aditivo para (melhorar características de misturas) obter-se uma boa trabalhabilidade do traço, onde o uso excessivo ou inadequado de aditivo pode afetar na resistência do concreto, assim como visto neste estudo, os ajustes efetuados não retrataram melhora, por conta da quantidade de aditivo (muito alta) aplicada, a mistura apresentou excessiva segregação, denotando valores de resistência menores que o normal, reduzindo em 10% a resistência a compressão do produto para as duas idades estudadas, 7 e 14 dias.

Pode-se concluir também que a amostragem usada para os ensaios de compressão foi suficiente para a obtenção de valores e correlações fidedignas, aqui neste estudo tem-se resultados positivos aos ajustes realizados nas dosagens aqui apresentados para implementação na região de Manaus-AM e uso dos agregados disponíveis na mesma.

Referências

ABNT NBR 15900-1/2009: Água para amassamento do concreto Parte 1: Requisitos ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Rio de Janeiro 2009, 2009.

AECWEB. Cura do concreto: conheça cada técnica, suas vantagens e cuidados. 2018. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/cura-do-concreto-conheca-cadatecnica-suas-vantagens-e-cuidados_16242_10_0>.

AMORIM, A. A. D. Durabilidade das estruturas de concreto armado aparentes. 2010. 74 f. **Monografia (Especialização)–Universidade Federal de Minas Gerais, Curso de Especialização em Construção Civil, Belo Horizonte**, 2010. doi:

AOKI, Y.; SHIMANO, K.; IJIMA, D.; HIRANO, Y. Examination on simple uniaxial tensile test of concrete. **Proc. Jpn. Concr. Inst**, v. 29, n. 1, p. 531-536, 2007. doi:

ARAÚJO, J. **A resistência à tração e energia de fratura do concreto**. 2001.

ASSOCIAÇÃO MERCOSUL, D. N. NBR NM 77: Concreto–Preparação das bases dos corpos de prova e testemunhos cilíndricos para ensaio de compressão. **Rio de Janeiro: ABNT**, 1996. doi:

BAUER, F. **LA Materiais de Construção Vol 1 e 2**. São Paulo, LTC, 2000.

BUCHER, H. R. E. **Estimativa da resistência à compressão de concretos executados com cimento nacional em função da relação a/c**. São Paulo: ABCP, 1989.

CARVALHO, R. C.; FIGUEIREDO FILHO, J. R. D. Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado: segundo a NBR 6118: 2014. **Ciência Moderna**, 2014. doi:

CORTELASSI, E. **Desenvolvimento e avaliação de concretos celulares espumosos de alto desempenho**. 2005. Dissertação de MSc, Universidade Estadual de Londrina, Londrina

DA SILVA BEZERRA, A. C. **Influência das variáveis de ensaio nos resultados de resistência à compressão de concretos: uma análise experimental e computacional**. 2007. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais, UFMG

DALDEGAN, E. Aditivos para concreto: principais opções e vantagens. Engenharia Concreta., 2017. Disponível em: <<https://www.engenhariaconcreta.com/aditivos-paraconcreto-opcoes-e-vantagens/>>.

FERREIRA, O. Concretos celulares espumosos. São Paulo: Departamento de Engenharia Construção Civil da EPUSP, 1987. 20 p. **Boletim técnico**, 1987. doi:

GIAMMUSSO, S. E. **Manual do concreto**. Pini, 1992. ISBN 8572660062.

HELENE, P.; ANDRADE, T. **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. . Isaia, Geraldo Cechella. São Paulo: IBRACON

2007.905-944.

HELENE, P.; TUTIKIAN, B. Dosagem dos concretos de cimento Portland. **Concreto: ensino, pesquisa e realizações**. São Paulo: IBRACON, v. 2, p. 439-471, 2005. doi:

GRUPO IDD. Aditivos para o concreto: melhor aplicação e propriedades. . 2018. Disponível em: <<https://www.idd.edu.br/blog/idd-news/aditivos-para-concreto-melhor-aplicacao-epropriedades>>.

ISAIA, G. C. **Concreto: Ciência e tecnologia**. 2011.

KULISCH, D. Ataque por sulfatos em estruturas de concreto. **Trabalho de conclusão de curso. Engenharia de Construção Civil, Universidade Federal do Paraná**, 2011. doi:

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J.; CARMONA FILHO, A. **Concreto: estrutura, propriedades e materiais**. Pini, 1994. ISBN 8572660402.

MILLER, S. R.; HARTMANN, T.; DOREE, A. G. Measuring and visualizing hot mix asphalt concrete paving operations. **Automation in construction**, v. 20, n. 4, p. 474-481, 2011. doi:

MUNIZ, M. **A influência dos aditivos aceleradores e retardadores de pega sobre a pasta de cimento Portland**. 2008. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil na Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana,

NARAYANAN, N.; RAMAMURTHY, K. Structure and properties of aerated concrete: a review. **Cement and Concrete composites**, v. 22, n. 5, p. 321-329, 2000. doi:

NEVILLE, A. M. **Propriedades do concreto; tradução Salvador E**. 1997.

NOGUEIRA, K. A. " REAÇÃO ÁLCALI-AGREGADO: DIRETRIZES E REQUISITOS DA ABNT NBR 15577/2008. **Monografia do Curso de Especialização em Construção Civil. Escola de Engenharia. Universidade Federal de Minas Gerais. Minas Gerais**, 2010. doi:

RODRIGUES, P. Parâmetros de dosagem do concreto ET-67. **São Paulo: ABCP**, 1990.
doi:

TEIXEIRA FILHO, F. J.; TEZUKA, Y. Considerações sobre algumas propriedades dos concretos celulares espumosos. 1992. doi:

VEDACIT. Catálogo aditivos para concreto, argamassas e caldas de cimento. 1999.
Disponível em: <<https://pt.slideshare.net/profNICODEMOS/catlogo-sobre-aditivospara-concretos-e-argamassas>>.

YAZIGI, W. A técnica de edificar. rev. e atual. **São Paulo: Sinduscon/SP, PINI**, 2009.
doi: