

Adaptação do método de dosagem da ABCP/ACI à região do Alto Paranaíba-MG

Adaptation of the ABCP / ACI dosage method to the Alto Paranaiba - MG region.

Wesley de Sousa Araujo

Graduando do curso de Eng. Civil (UNIPAM). e-mail: wesleyaraujo@hotmail.com

Sheilla Pereira Vieira

Professor orientador (UNIPAM). e-mail: sheilapv@unipam.edu.br

Resumo: A dosagem do concreto, além de proporcionar um maior controle sobre o resultado final, uma vez que teoricamente atende a critérios de desempenho levados em conta durante a dosagem, oferece também uma melhor proporção quantitativa entre os constituintes do concreto tornando-o mais barato e com maior qualidade. Existem diversos tipos de métodos de dosagem, dentre eles o Método de Dosagem da ABCP/ACI, que é o mais utilizado na região do Alto Paranaíba-MG. Porém, este método foi criado considerando a caracterização dos agregados como uniformes em todo país. E tal suposição fez com que a dosagem feita com este método apresentasse alguns erros com os valores de abatimento e resistência diferentes dos estabelecidos, uma vez que os valores de módulo de finura, diâmetro máximo, massa unitária e massa específica dos agregados disponíveis nessa região podem ser diferentes dos encontrados em outras partes do país. Por isso, este trabalho busca adaptar esse método a nossa região e apresentá-lo através de tabelas comparativas, proporcionando aos seus usuários resultados mais econômicos e precisos que agredirão menos o meio ambiente, uma vez que não gastará material que é retirado da natureza desnecessariamente.

Palavras-chave: Concreto. Dosagem. Método da ABCP/ACI.

Abstract: The dosing of the concrete, besides providing greater control over the final result, since it theoretically meets the performance criteria taken into account during the dosing, also offers a better quantitative ratio between the constituents of the concrete making it cheaper and of higher quality. There are several types of dosage methods, among them the ABCP/ACI Dosing Method, which is the most used in the Alto Paranaíba-MG region. However, this method was created considering the characterization of the aggregates as uniforms in every country. And such an assumption meant that the dosage made with this method presented some errors with the values of abatement and resistance different from those established, since the values of fineness modulus, maximum diameter, unit mass and specific mass of the available aggregates in that region can be different from those found in other parts of the country. Therefore, this work seeks to adapt this method to our region and present it through comparative tables providing its users with more economical and accurate results that will lessen the environment, since it will not waste material which is unnecessarily removed from nature.

Keywords: Concrete. Dosage. ABCP/ACI Method.

1. Introdução e objetivos

O concreto é uma mistura compacta de agregados graúdos, agregados miúdos, cimento, água e outros possíveis elementos como adições e aditivos. Para se obter um concreto com menor preço possível e maior controle de critérios estabelecidos, foram criados alguns métodos de dosagem.

Entende-se por estudo de dosagem dos concretos de cimento Portland os procedimentos necessários à obtenção da melhor proporção entre os materiais constitutivos do concreto, também conhecido por traço. Essa proporção ideal pode ser expressa em massa ou em volume, sendo preferível e sempre mais rigorosa a proporção expressa em massa seca de materiais (BERNARDO; HELENE, 2011).

Mehta e Monteiro (1994) estabeleceram que o objetivo da dosagem do concreto se resume na escolha adequada dos materiais entre aqueles disponíveis e a combinação mais econômica entre eles, atendendo às características mínimas de desempenho estabelecidas.

Segundo Barreto (2005), a indústria da construção civil produz grandes impactos ambientais, incluindo a extração das matérias-primas necessárias à produção de materiais, ocasionando grandes alterações na paisagem urbana, acompanhadas de áreas degradadas.

Rodrigues (1998) cita os quatro métodos de dosagem de concretos mais utilizados no Brasil, sendo: Método do Instituto de Tecnologia do Estado do Rio Grande do Sul (ITERS), atualmente identificado como CIENTEC - Fundação da Ciência e Tecnologia do Estado do Rio Grande do Sul; Método do Instituto Nacional de Tecnologia do Rio de Janeiro (INT); Método do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S A (IPT) e Método da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP).

A ABCP foi fundada em 1936 com a finalidade de desenvolver estudos na área do concreto. É reconhecida nacionalmente e internacionalmente, por ser referência em análise tecnológica do cimento e oferecer suporte a grandes obras brasileiras de engenharia e para transferência de tecnologia (ABCP, 2009). Contudo, foi publicado no ano de 1984 o método de dosagem que o engenheiro Publio Penna Firme Rodrigues desenvolveu, baseando-se no método da ACI 211 (Portland Cement Institute) e adaptando-o às características do Brasil (RODRIGUES, 1998).

Porém, este método não se aplica com eficiência a todas as regiões do Brasil, incluindo a região do Alto Paranaíba-MG. Devido às condições continentais diversas e à diferença de agregados graúdos e agregados miúdos disponíveis em cada região, seria praticamente impossível desenvolver um método que atenderia às particularidades de cada região.

Boggio (2000) relaciona algumas outras falhas do método de dosagem da ABCP/ACI:

- O teste de abatimento que determina a consistência do concreto é um procedimento aproximado e incompleto para avaliar a sua trabalhabilidade.
- Este método oferece estimativas próprias para a quantidade de água de amassamento e valores aproximados de resistência para as relações de água/cimento. Mas devido à grande variedade e variabilidade dos tipos de cimentos e agregados disponíveis nas diversas regiões do Brasil, há uma

dificuldade de se aceitar o uso indiscriminado das curvas de valores médios da resistência do concreto, valor este que depende apenas da relação água/cimento fornecida pelo método

- O método ACI depende das tabelas com os valores médios de materiais, que muitas vezes podem não ser compatíveis com aqueles disponíveis localmente. Quando as características dos materiais empregados diferem daquelas médias utilizadas pelo método, pode acontecer que o traço determinado pelo método apresente características muito diferentes das inicialmente propostas.
- Este método não prevê o uso de aditivos, o que evidencia a necessidade de se atualizar e complementá-lo, de maneira a orientar quanto à possibilidade do uso de aditivos e de referências sobre como agir nesses casos.

Almejando propiciar resultados mais próximos dos desejados àqueles que utilizam o método de dosagem de concreto da ABCP/ACI, buscou-se adaptar este método à região do Alto Paranaíba-MG, utilizando ensaios laboratoriais e os materiais (agregados graúdos e agregados miúdos) disponíveis comercialmente.

2. Referencial teórico

Segundo Carlos (2002) o concreto é um material de construção resultante da mistura, em quantidades racionais, de aglomerante (cimento), agregados (pedra e areia) e água. Logo após a mistura, o concreto deve possuir plasticidade suficiente para as operações de manuseio, transporte e lançamento em formas, adquirindo coesão e resistência com o passar do tempo, devido às reações que se processam entre aglomerante e água. Em alguns casos, são adicionados aditivos que modificam suas características físicas e químicas.

O concreto ocupa um lugar de destaque perante os outros materiais de construção, sendo o material mais consumido no mundo. O avanço na tecnologia dos materiais, aliado aos avanços das pesquisas nos campos tecnológico e científico, tem contribuído para a evolução deste material, uma vez que o concreto tem sido objeto de estudos e pesquisas que resultam em conhecimentos relativos às diversas características do concreto.

O estudo da dosagem do concreto busca a mistura ideal e econômica entre seus componentes (basicamente água, cimento, agregados), utilizando os materiais disponíveis na região, além de atender todas as características estabelecidas no projeto. Esta mistura é expressa através de um traço, que é a proporção em massa ou volume de cada material.

Conforme determina Rodrigues (1998), autor do método ABCP, a dosagem do concreto é o proporcionamento adequado dos três constituintes (cimento, agregado e água) de maneira que o material resultante desta mistura atenta aos seguintes requisitos: 1) no estado fresco, é necessário possuir trabalhabilidade adequada para ser possível, de acordo com os meios disponíveis na obra, transportá-lo, lançá-lo e adensá-lo, sem ocorrência de segregação, de acordo com as normas correntes da boa execução das obras de

concreto; 2) no estado endurecido, o concreto deve possuir as características ditadas pelo projeto da obra; deve ter, por exemplo, resistência mecânica, durabilidade, permeabilidade, etc., compatíveis com as solicitações impostas pelas condições e destino a que estará sujeita a obra acabada; 3) finalmente, todas estas propriedades exigidas no concreto, tanto no estado fresco como no endurecido, devem ser atingidas com o menor custo possível, para tornar a obra economicamente viável e competitiva com os outros materiais alternativos para sua execução.

Para Priszkulnik (1977), o objetivo da dosagem do concreto é a recomendação da proporção adequada de aglomerante, agregados graúdos e miúdos, água, e, eventualmente, aditivos, visando a obtenção de um concreto que atenda as seguintes condições: a) no estado fresco: seja trabalhável e mantenha sua homogeneidade nas etapas de mistura, transporte, lançamento e adensamento; b) no estado endurecido: apresente, na idade especificada, as propriedades exigidas no projeto estrutural (resistências mecânicas, retração, deformação lenta) acordes com as especificações de cálculo e a aparência exigida no projeto arquitetônico; c) seja durável, mantendo suas propriedades ao longo da vida útil prevista para a estrutura, resistindo, pois, a eventuais efeitos danosos oriundos de reações entre os seus componentes e as ações físicas e químicas do meio; d) seja econômico.

Devido à importância e à evolução tecnológica do concreto, a dosagem deixou de ser empírica e passou a ser racional, seguindo regras e preceitos definidos, o que gerou um concreto melhor e mais uniforme.

A dosagem empírica se baseia na experiência em campos de obras, sem se preocupar em adequar as exigências do concreto seja no estado fresco, seja no endurecido. Sendo assim, quando certo traço utilizado em determinada obra apresenta boas condições de utilização, eles extrapolam que o mesmo concreto seria satisfatório para outras obras similares à primeira. Este tipo de comportamento perante a obra não leva em consideração as características particulares de cada construção e exige pouca preocupação com o aspecto econômico. Mas, mesmo sendo antigo e não possuindo eficiência comprovada, é comum ouvir louvores quando ao resultado obtido com esse tipo de dosagem. (RODRIGUES, 1998).

Na dosagem racional, a determinação dos teores de cimento, agregados e água é feita baseada em fundamentos científicos e considerando as características específicas de cada material, como tipo de cimento, natureza, forma geométrica e textura superficial dos agregados, características dos moldes e armaduras das peças de concreto. Consideram-se também as condições de transporte, lançamento, adensamento do concreto fresco, níveis de resistência ou durabilidade exigida no concreto endurecido (RODRIGUES, 1998).

Rodrigues (1988) explica que, embora a dosagem empírica apresente resultados satisfatórios, devemos usar sempre a dosagem racional, pois, ainda que ela exija tempo e dinheiro, somente ela dará a garantia de qualidade e de menor custo.

2.1. Métodos de dosagem

No Brasil, a inexistência de um consenso nacional cristalizado numa norma bra-

sileira sobre os procedimentos e parâmetros de dosagem tem levado vários pesquisadores a propor seus próprios métodos de dosagem (TUTIKIAN; HELENE, 2011).

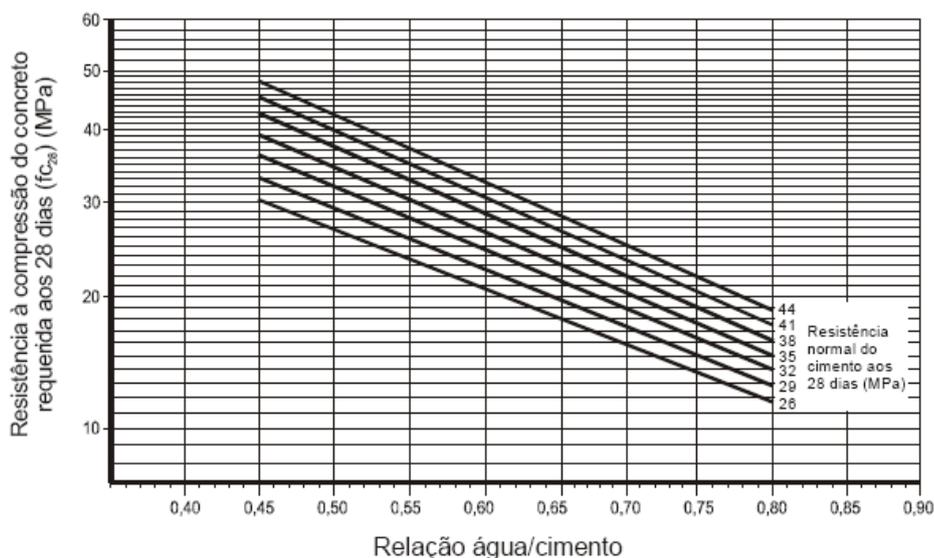
No que se refere aos métodos de dosagens, Camargo (1977) justifica as dificuldades em se adotar um método, principalmente em função das condições de preparo (misturas trabalháveis, sistemas de lançamento e adensamento) e a garantia de obtenção de suas propriedades mecânicas no estado endurecido. No que se refere ao Brasil, é natural, devido a suas dimensões continentais e às características próprias de cada região, que persistem várias metodologias de dosagens em uso.

A seguir, foi detalhado o método da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), por ser o objeto de pesquisa principal.

O autor deste método, o engenheiro Publio Penna Firme Rodrigues, explica que este é composto por três etapas: na primeira, é feita a caracterização dos materiais a serem utilizados, aferindo a resistência do cimento que será empregado aos 28 dias, a dimensão máxima característica, a massa unitária e a absorção dos agregados graúdos, o módulo de finura e absorção do agregado miúdo e a massa específica dos três materiais; na segunda etapa, é feita a caracterização do concreto tanto no estado fresco (plasticidade) como no endurecido (resistência química e mecânica); e a terceira consiste realmente no método de dosagem.

Inicialmente se determina a relação água cimento (a/c): este item deve levar em conta a resistência normal do cimento e a resistência à compressão do concreto, ambos aos 28 dias e em Mpa, conforme o gráfico 1.

Gráfico 1. Gráfico para a determinação da relação água/cimento (a/c) em função das resistências do concreto e do cimento aos 28 dias de idade



Fonte: Rodrigues, 1998

Em seguida, através da tabela 1, encontra-se o consumo de água estimado por metro cúbico de concreto (Ca): a quantidade de água requerida por um concreto, com determinada consistência, é função principalmente das características dos agregados e

do consumo de cimento.

Tabela 1. Estimativa do consumo de água por metro cúbico de concreto em função do Diâmetro Máximo Característico do Agregado e do Abatimento da mistura

ABATIMENTO DO TRONCO CONE	DIMENSÃO MÁXIMA CARACTERÍSTICA DO AGREGADO GRAÚDO				
	9,5mm	19 mm	25mm	32mm	38mm
40 a 60mm	220 l/m ³	195 l/m ³	190 l/m ³	185 l/m ³	180 l/m ³
60 a 80mm	225 l/m ³	200 l/m ³	195 l/m ³	190 l/m ³	185 l/m ³
80 a 100mm	230 l/m ³	205 l/m ³	200 l/m ³	200 l/m ³	290 l/m ³

OBSERVAÇÕES

1. Os valores acima são recomendados para concretos confeccionados com agregado graúdo britado (basalto), agregado miúdo (areia de rio), consumo de cimento por metro cúbico de concreto da ordem de 300kg/m³ e abatimento, medido pelo tronco de cone, entre 4mm e 10mm.
2. Quando usado seixo rolado como agregado graúdo, os valores do consumo de água podem ser reduzidos de 5% a 10%.
3. As areias pertencentes a zona 1 da NBR 7211 (muito fina), podem gerar aumentos de até 10% no consumo de água por metro cúbico de concreto.

Fonte: Rodrigues, 1998

Sabendo-se a relação água cimento e o consumo estimado de água, calcula-se o consumo de cimento (C) através da equação 1. Este valor em m³ é obtido pela divisão do consumo de água (Ca) pelo fator água/cimento.

$$c = \frac{Ca}{a/c} \quad \text{Equação 1}$$

Posteriormente encontra-se o consumo de agregado graúdo (Cb): o consumo de agregado graúdo em m³ de concreto que é dado em função da dimensão máxima característica e do módulo de finura da areia. A tabela 2 mostra o volume compactado seco de agregado graúdo por m³ de concreto.

Tabela 2. Volume compactado seco de agregado graúdo por metro cúbico de concreto

MÓDULO DE FINURA DA AREIA	DIMENSÃO MÁXIMA CARACTERÍSTICA DO AGREGADO GRAÚDO				
	9,5mm	19 mm	25mm	32mm	38mm
1,8	0,645	0,770	0,795	0,820	0,845
2,0	0,625	0,750	0,775	0,800	0,825
2,2	0,605	0,730	0,755	0,780	0,805
2,4	0,585	0,710	0,735	0,760	0,785

2,6	0,565	0,690	0,715	0,740	0,765
2,8	0,545	0,670	0,695	0,720	0,745
3,0	0,525	0,650	0,675	0,700	0,725
3,2	0,505	0,630	0,655	0,680	0,705
3,4	0,485	0,610	0,635	0,660	0,685
3,6	0,465	0,590	0,615	0,640	0,665

OBSERVAÇÃO

1- Os valores acima foram obtidos experimentalmente na Associação Brasileira de Cimento Portland

Fonte: Rodrigues, 1998

Depois determina-se o C_b que é o consumo de agregado graúdo através da equação 2.

$$C_b = V_c \times M_c \text{ (Kg/m}^3\text{)} \quad \text{Equação 2}$$

Sendo:

V_c = volume compactado por m^3 de concreto

M_c = massa unitária compactada do agregado graúdo.

Quando não for possível determinar o M_c , adotar o valor aproximado de 1500 Kg/m^3 . Subsequentemente, calcula-se também o consumo de agregado miúdo: o consumo de agregado miúdo (areia(C_m)) por m^3 de concreto fresco é obtido pela diferença entre a soma dos valores absolutos dos demais constituintes já calculados em relação a $1m^3$ de concreto. Inicialmente para calcular-se o V_m com a equação 3:

$$V_m = 1 - \left(\frac{C}{\rho_c} + \frac{C_b}{\rho_b} + \frac{C_a}{\rho_a} \right) \quad \text{Equação 3}$$

Sendo:

V_m = volume de agregado miúdo

ρ_c = massa específica do cimento

ρ_b = massa específica do agregado graúdo

ρ_a = massa específica da água

Sabendo-se o valor de V_m e que ρ_m é a massa específica do agregado miúdo, encontra-se com auxílio da equação 4 o consumo de agregado miúdo.

$$C_m = \rho_m \times V_m \text{ (Kg/m}^3\text{)}. \quad \text{Equação 4}$$

Finalmente representa-se a proporção dos constituintes por meio do traço, ou seja, a indicação da relação quantitativa entre cimento: agregado miúdo: agregado graúdo.

Portanto, utilizamos a equação 5:

$$\text{Traço} = \frac{C}{C} : \frac{C_m}{C} : \frac{C_b}{C} : \frac{C_a}{C} \quad \text{Equação 5}$$

3. Metodologia

De início foi feito um estudo teórico aprofundado sobre o método da ABCP/ACI e uma apresentação de forma detalhada das etapas que o compõem. Em seguida realizou-se o levantamento dos equipamentos e materiais necessários. Posteriormente, os materiais da região que foram utilizados para a fabricação deste concreto foram adquiridos e caracterizados. Para adquirir estes materiais buscaram-se empresas confiáveis e com selos de qualidade.

Após adquirir estes materiais, a coleta de amostras para os ensaios seguiu a ABNT NBR NM 26:2009 e a ABNT NBR NM 27:2000. Já para a caracterização dos mesmos seguiram-se as seguintes normas: ABNT NBR NM 248:2001, ABNT NBR NM 52:2009, ABNT NBR NM 53:2009 e ABNT NBR NM 45:2006

Para atingir o objetivo proposto de adaptar o método de dosagem da ABCP/ACI à região do Alto Paranaíba-MG, utilizando os materiais disponíveis nesta região, estabeleceu-se uma resistência de 25 MPa, um abatimento de 10 mm (com precisão de + ou - 2 mm), e por se tratar de um traço comumente utilizado nas obras da cidade, utilizaram-se diversos traços diferentes, dentre os quais as combinações que associassem 1 tipo de brita com 1 tipo de areia e todas as combinações possíveis entre os materiais disponíveis, que são areia fina, areia média, areia grossa, brita 12,5 mm, brita 19 mm e brita 25 mm. A tabela 3 mostra as combinações realizadas:

Tabela 3: Combinações dos traços usados

TRAÇO	MATERIAL UTILIZADO
1	Areia fina e brita 12,5 mm
2	Areia fina e brita 19 mm
3	Areia fina e brita 25 mm
4	Areia média e brita 12,5 mm
5	Areia média e brita 19 mm
6	Areia média e brita 25 mm
7	Areia grossa e brita 12,5 mm
8	Areia grossa e brita 19 mm
9	Areia grossa e brita 25 mm

E caso o concreto não alcance o abatimento necessário, a relação água/cimento

seria alterada até se obter o valor desejado.

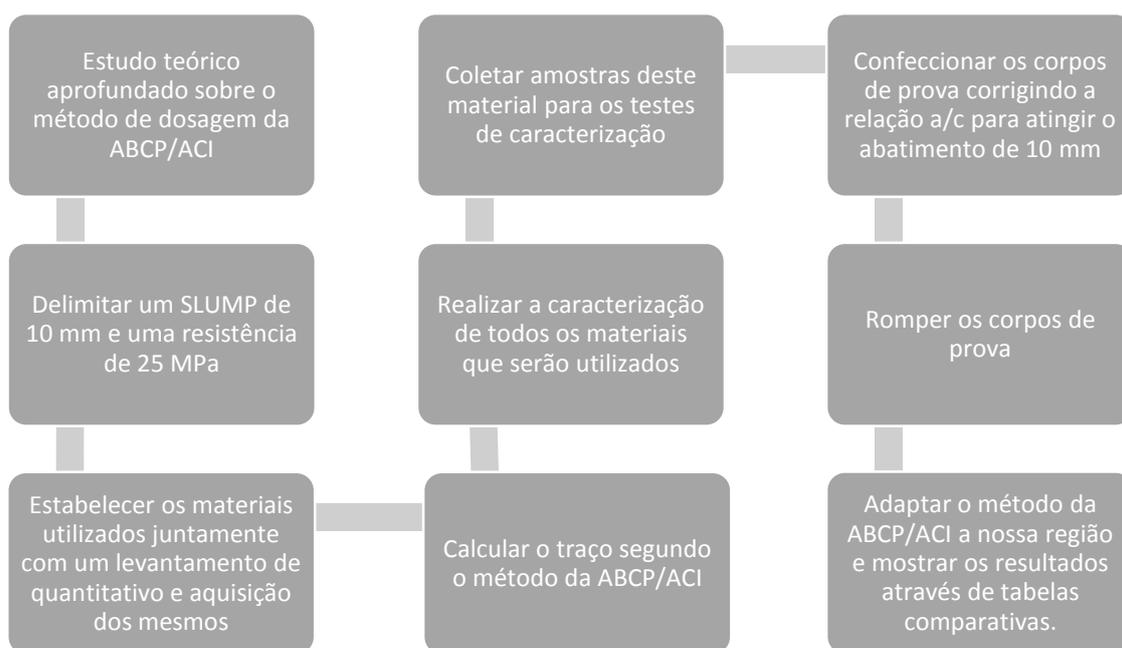
Com os resultados da caracterização obtidos, foi possível dosar os nove traços de concreto, segundo o método estudado.

Após a dosagem do concreto e dando sequência na pesquisa, foi confeccionado o concreto. E com ele realizou-se o teste de slump, em que a amostra para o teste foi retirada segundo a ABNT NBR NM 33:1998 e o teste propriamente dito foi feito obedecendo-se à ABNT NBR NM 67:1998. Posteriormente fabricaram-se os corpos de prova, obedecendo-se à ABNT NBR 12655:2015 e à ABNT NBR 5738:2015.

Logo depois, as propriedades do concreto no estado fresco e endurecido, tais como resistência a compressão, foram analisadas procedendo-se de acordo com a ABNT NBR 5739:2007 e a ABNT NBR 8953:2015. Por fim, os resultados obtidos foram apresentados através de tabelas.

Na figura 1 temos um fluxograma representando todas as etapas do processo da pesquisa.

Figura 1. Fluxograma



4. Resultados e discussão

Após realizar os ensaios foram encontrados os seguintes resultados para a caracterização dos agregados utilizados, em que os valores encontrados estão na tabela 4 e todos possuem resultados satisfatórios e dentro dos limites esperados.

Tabela 4. Caracterização dos agregados

Material	Massa unitária (kg/dm ³)	Massa específica (kg/dm ³)	Dimensão máxima característica (mm)	Módulo de finura
Areia fina	1,66	2,62	0,60	1,90
Areia média	1,60	2,59	2,36	2,70
Areia grossa	1,56	2,56	4,75	3,66
Brita 12,5 mm	1,58	2,76	12,5	6,18
Brita 19 mm	1,56	2,75	19,0	6,95
Brita 25 mm	1,58	2,80	25,0	7,82

A tabela 2 apresenta os traços encontrados seguindo-se o método da ABCP/ACI para 10 mm de abatimento e 25 MPa de resistência. Verificou-se pelo teste de *slump*, durante a confecção do concreto, que o valor do abatimento não foi o esperado. Por isso, a relação água/cimento foi alterada para alcançar o abatimento e não prejudicar a resistência.

Figura 2. Realização do teste de *slump*

A tabela 5 mostra o traço pela ABCP/ACI e o traço com a relação água cimento corrigidos.

Tabela 5. Traços ABCP/ACI e traços corrigidos

TRAÇO	MATERIAL UTILIZADO	TRAÇO CALCULADO SEGUNDO A ABCP/ACI	TRAÇO COM A RELAÇÃO ÁGUA/CIMENTO CORRIGIDA
1	Areia fina + brita 12,5 mm	1:1,38:2,56:0,505	1:1,31:2,44:0,505
2	Areia fina + brita 19 mm	1:1,51:2,92:0,505	1:1,44:2,78:0,505
3	Areia fina + brita 25 mm	1:1,53:3,13:0,505	1:1,46:2,98:0,505
4	Areia média + brita 12,5 mm	1:1,75:2,27:0,505	1:1,62:2,10:0,505
5	Areia média + brita 19 mm	1:1,79:2,61:0,505	1:1,66:2,42:0,505
6	Areia média + brita 25 mm	1:1,77:2,81:0,505	1:1,69:2,68:0,505
7	Areia grossa + brita 12,5 mm	1:2,04:1,94:0,505	1:1,81:1,72:0,505
8	Areia grossa + brita 19 mm	1:2,09:2,27:0,505	1:1,87:2,03:0,505
9	Areia grossa + brita 25 mm	1:2,11:2,45:0,505	1:1,88:2,19:0,505

Como a traço foi modificado, alterou-se também a proporção entre os constituintes, gerando uma economia de cimento e água. A tabela 6 mostra também a resistência à compressão do concreto aos 7 e 28 dias, em que os valores mostram que a mudança da relação a/c não influenciou negativamente na resistência dos corpos de prova.

Tabela 6. Resistência dos corpos de prova

TRAÇO	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO (MPa)	
	7 DIAS	28 DIAS
1	26,21	26,28
2	23,73	24,59
3	25,35	25,90
4	22,58	24,93
5	20,12	27,50
6	17,30	27,44
7	25,28	28,60
8	24,04	25,18
9	21,92	27,08

A tabela 7, com a estimativa do consumo de água por metro cúbico de concreto em função do diâmetro máximo característico do agregado e do abatimento da mistura,

foi adaptada a região do Alto Paranaíba-MG. Uma vez que não ela apresenta valores para o diâmetro de 12.5 mm, adotou-se como consumo de água para a brita 12.5 mm, e a média entre o consumo de água da brita entre 9.5 mm e 19 mm. Este valor foi multiplicado pelo aumento da relação água/cimento, que foi de 5%. Para os diâmetros de 19 mm e 25 mm, apenas multiplicou-se o valor encontrado na tabela pelo aumento da relação água/cimento, que foi de 8% e 12%, respectivamente.

Tabela 7. Estimativa do consumo de água por metro cúbico de concreto em função do Diâmetro Máximo Característico do Agregado e do Abatimento da mistura adaptada a região do Alto Paranaíba-MG

ABATIMENTO DO TRONCO CONE	DIMENSÃO MÁXIMA CARACTERÍSTICA DO AGREGADO GRAÚDO		
	12,5 mm	19 mm	25mm
100 mm	228,38 l/m ³	221,40 l/m ³	224,00 l/m ³

Para a adaptar o volume compactado seco de agregado graúdo por metro cúbico de concreto na região, utilizou-se a equação 4, em que, sabendo-se o valor da massa específica do agregado miúdo e do consumo de agregado miúdo, encontrou-se o valor de V_m . Os valores encontrados na adaptação vão ao encontro daqueles da ABCP/ACI, uma vez que eles decrescem quando o módulo de finura aumenta, como mostra a tabela 8.

Tabela 8. Volume compactado seco de agregado graúdo por metro cúbico de concreto adaptado a região do Alto Paranaíba-MG

MÓDULO DE FINURA DA AREIA	DIMENSÃO MÁXIMA CARACTERÍSTICA DO AGREGADO GRAÚDO		
	12,5 mm	19 mm	25 mm
1,90	0,704	0,747	0,762
2,70	0,611	0,666	0,693
3,66	0,519	0,578	0,596

6. Conclusões

- A mudança na relação a/c não influenciou negativamente a resistência do concreto;
- Observou-se empiricamente que para a areia fina acrescentou-se em média 5% na relação a/c, 8% para areia média e 13 % para areia grossa;
- Sugere-se seguir as tabelas adaptadas, por terem maior relação de valores;
- A adaptação realizada foi feita para *slump* 10mm e 25 MPa de resistência (fck). Para valores diferentes destes, a adaptação pode não ser eficiente;
- Todos os resultados foram obtidos empiricamente, mas outras dosagens foram feitas seguindo esta adaptação e geraram os valores esperados, tanto de abatimento

como de resistência.

- Os valores encontrados para volume compactado seco de agregado graúdo por metro cúbico de concreto na adaptação vão ao encontro daqueles da ABCP/ACI, uma vez que eles decrescem quando o módulo de finura aumenta, assim como se observa na tabela da ABCP/ACI.

6. Agradecimentos

Agradecemos à Coordenadoria de Pós-Graduação, Pesquisa e Extensão do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM) pelo incentivo no desenvolvimento da pesquisa, e ao Laboratório de Análises Tecnológicas de Materiais de Construção da mesma instituição, pelo auxílio durante a realização dos ensaios experimentais

7. Referências

ABCP, *Associação Brasileira de Cimento Portland*. São Paulo, Quem Somos, 2009. Disponível em: http://www.abcp.org.br/conteudo/quem_somos/apresentacao/associacao-brasileira-de-cimento-portland. Acesso em: 29 jan. 2016.

ALMEIDA, Luiz Carlos de. *Estruturas IV – Concreto armado*. Universidade Estadual de Campinas Faculdade de Engenharia Civil Departamento de Estruturas, 2002, Campinas – SP. Disponível em: <http://www.fec.unicamp.br/~almeida/au405/Concreto.pdf> Acesso em: 16/02/2016

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12655: *Concreto de cimento Portland: preparo, controle, recebimento e aceitação - procedimento*. Rio de Janeiro. 2015

_____. NBR 5738: *Concreto-Procedimentos para moldagem e cura de corpos-de-prova*. Rio de Janeiro. 2003.

_____. NBR 5739: *Concreto-Ensaio de Compressão de Corpos-de-Prova Cilíndricos*. Rio de Janeiro. 2007.

_____. NM 248: *Agregados Determinação da Composição Granulométrica*. Rio de Janeiro. 2003.

_____. NM 26: *Agregados – Amostragem*. Rio de Janeiro, 2009.

_____. NM 27: *Agregados: redução de amostra de campo para ensaio de laboratório*. Rio de Janeiro. 2000

_____. NM 52: *Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente*. Rio de Janeiro. 2009.

_____. NM 53: *Agregado graúdo - Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água*. Rio de Janeiro. 2009.

_____. NM 55: *Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios*. Rio de Janeiro. 2006.

_____. NBR 33: *Concreto - Amostragem de concreto fresco*. Rio de Janeiro. 1998.

_____. NBR 67: *Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone*. Rio de Janeiro. 1998.

_____. NBR 8953: *Concreto para fins estruturais - classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência*. Rio de Janeiro, 2015.

BARRETO, I. M. C. B. do N. *Gestão de resíduos na construção civil*. Sergipe: Sinduscon, 2005.

TUTIKIAN, B. F.; HELENE, P. Dosagem dos Concretos de Cimento Portland, in: ISAIA, Geraldo Cechella (ed.). *Concreto: Ciência e Tecnologia*. IBRACON, 2011. Cap. 12. Disponível em: <http://www.phd.eng.br/wp-content/uploads/2014/07/lc56.pdf>. Acesso em: 16/02/2016.

BOGGIO, A. J. *Estudo Comparativo de Métodos de Dosagem de Concretos de Cimento Portland*, 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 2000.

CAMARGO, Wander M. Fixação na Dosagem das Propriedades Finais dos Concretos – Correlação entre as propriedades de composição do concreto fresco e das propriedades tecnológicas do Concreto endurecido, in: *Colóquio sobre Dosagem de Concreto*. São Paulo: IBRACON – Instituto Brasileiro do Concreto, 1977.

MEHTA, P. Kumar; MONTEIRO Paulo J. Melaragno. *Estrutura, propriedades e materiais*. São Paulo: Editora Pini, 1992.

PRISZKULNIK, S. Aspectos reológicos do concreto fresco e sua dosagem: métodos ACI e do ITES, in: *Colóquio sobre Dosagem do Concreto*. São Paulo, SP. *Anais*. São Paulo: IBRACON, 1977.

RODRIGUES, Publio Penna Firme. *Parâmetros de Dosagem do Concreto. ET-67*. 3 ed. São Paulo: IBRACON - Associação Brasileira de Cimento Portland, 1998.