



# 21ª SEMANA NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

BIOMAS DO BRASIL: DIVERSIDADE, SABERES E TECNOLOGIAS SOCIAIS

IX ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

24 A 26 DE OUTUBRO DE 2024



## CONCRETOS CONVENCIONAIS PRODUZIDOS COM BRITA 0 DE ARENITO ARCÓSEO - ESTUDO DE DOSAGEM

LEITE, E.G.<sup>1</sup>; SANTOS, F.I.N.<sup>2</sup>; SANTOS, L.O.<sup>3</sup>; SANTOS, K.O.<sup>4</sup>; SANTOS, A.S.<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Discente do curso superior em Engenharia Civil do IFNMG – campus Pirapora; <sup>2</sup>Discente do curso superior em Engenharia Civil do IFNMG – campus Pirapora; <sup>3</sup>Discente do curso superior em Engenharia Civil do IFNMG – campus Pirapora; <sup>4</sup>Discente do curso superior em Engenharia Civil do IFNMG – campus Pirapora <sup>5</sup>Docente do IFNMG – campus Pirapora.

Palavras-chave: Dosagem experimental. Traços de concreto. Resistência à compressão. Relação água cimento.

### Introdução

A utilização do concreto dosado em central ainda não é prática comum na maioria das obras nos municípios do Norte de Minas Gerais. Essa é uma realidade principalmente dos municípios que não possuem concreteiras, o que torna comum a prática de produção do concreto no canteiro de obras. As observações vivenciadas ao longo do tempo mostram que nesses municípios, na maioria das vezes, o concreto usinado só é empregado quando se trata de uma obra com mais de dois pavimentos, ou quando se trata de uma obra de maior porte, situações em que o concreto vem de outros municípios. No entanto, mesmo nos municípios que possuem centrais dosadoras, ainda é comum a prática de produção do concreto estrutural nas obras, principalmente nos casos que demandam um pequeno volume de concreto, uma vez que o concreto usinado é vendido em quantidades a partir de 3 m<sup>3</sup>.

Com o avanço da tecnologia do concreto, o tema relacionado à produção do concreto no canteiro de obras tem sido pouco abordado nas literaturas atuais, que se referem a essa prática como sendo indicadas apenas para concretos sem fins estruturais, ficando esquecida a realidade verificada em grande parte das obras, que pela ausência de concreteiras ou pelo baixo volume de concreto empregado, utilizam a prática de produção do concreto estrutural na obra.

Ao “virar o concreto na obra” é comum não conhecer a resistência que será obtida com a utilização de um determinado traço, pois na maioria das vezes esses traços foram obtidos por meio das experiências acumuladas ao longo do tempo por um profissional ou trabalhador da construção civil carente de referência sobre a resistência que o traço proporcionará ao concreto.

Na maioria das obras no município de Pirapora/MG o concreto é produzido no canteiro de obras, de forma manual, ou com o uso de betoneiras. Os traços utilizados para produção do concreto são repassados de geração em geração ou criados pelos próprios pedreiros que, em geral, não possuem referências para a qualidade e a resistência do concreto. Na prática local são considerados traços mistos, combinando dados em massa e volume, sendo os agregados expressos em carrinhos de mão (em volume), tendo como referência o saco de cimento de 50 kg (em massa). A água é adicionada ao concreto sem um controle rigoroso, não sendo possível identificar uma quantidade exata para cada traço, dificultando a sua reprodução.

O estudo de dosagem dos concretos de cimento Portland é o procedimento necessário para obter a melhor proporção entre os materiais empregados na produção do concreto. Essa proporção,



# 21ª SEMANA NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

BIOMAS DO BRASIL: DIVERSIDADE, SABERES E TECNOLOGIAS SOCIAIS

IX ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

24 A 26 DE OUTUBRO DE 2024



conhecida popularmente como traço, pode ser expressa em massa ou em volume, sendo preferível e de maior precisão, a proporção expressa em massa seca de materiais (TUTIKIAN; HELENE, 2011).

Um estudo de dosagem deve ser realizado visando obter a mistura ideal e mais econômica, numa determinada região e com os materiais ali disponíveis de forma a atender uma série de requisitos. Essa série de requisitos será maior ou menor, segundo a complexidade do trabalho a ser realizado e segundo o grau de esclarecimento técnico e prático do usuário do concreto que demandou o estudo (TUTIKIAN; HELENE, 2011).

A resistência à compressão do concreto é o parâmetro mais especificado nos estudos de dosagem e tem sido tradicionalmente utilizada como parâmetro principal de dosagem e controle da qualidade dos concretos destinados a obras correntes, devido à relativa simplicidade do procedimento de moldagem dos corpos de prova e do ensaio de resistência à compressão, assim como pelo fato da resistência à compressão ser um parâmetro sensível às alterações de composição da mistura, o que permite inferir modificações em outras propriedades do concreto (TUTIKIAN; HELENE, 2011).

A realização do estudo de dosagem experimental do concreto produzido com os agregados obtidos município de Pirapora/MG é de fundamental importância para a obtenção de traços de referência para produção do concreto no canteiro de obras, com qualidade e resistência característica à compressão mínima de 20 MPa, que irá contribuir com a melhoria do desempenho e o aumento da vida útil das estruturas.

O presente trabalho tem por finalidade dosar experimentalmente traços de concretos convencionais para fins estruturais, produzidos no canteiro de obras, utilizando a Brita 0 de Arenito Arcóseo extraída no município de Pirapora/MG.

Espera-se obter dois traços de concreto para uma resistência característica à compressão de 20 MPa aos 28 dias de idade, sendo um traço que leva em consideração uma condição de preparação menos rigorosa, que vai atender à realidade da maioria das obras, e um traço que leva em consideração uma condição de preparação mais rigorosa, para atender uma realidade futura, ou eventuais situações específicas.

Diante do exposto, considera-se relevante a utilização dos traços obtidos no estudo de dosagem experimental como referência para produção do concreto no canteiro de obras, no município de Pirapora/MG e regiões circunvizinhas que utilizam os mesmos materiais no processo de produção do concreto.

## Material e métodos /Metodologia

O estudo de dosagem experimental do concreto pelo método IBRACON, partiu de uma avaliação preliminar do concreto produzido com o traço intermediário (1:5) para obtenção do teor ideal de argamassa seca ( $\alpha$ ); obtenção da relação água materiais secos (H) e a produção dos concretos com o traço rico (1:4), traço pobre (1:6) e traço intermediário (1:5). As atividades foram divididas em duas etapas, realizadas em dias diferentes, sendo:

Etapla 01 - Determinação do teor ideal de argamassa seca ( $\alpha$ ) e da relação água materiais secos (H).

Etapla 02 - Produção do concreto para o traço rico (1:4), traço intermediário (1:5); e traço pobre (1:6).



# 21ª SEMANA NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

BIOMAS DO BRASIL: DIVERSIDADE, SABERES E TECNOLOGIAS SOCIAIS

IX ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

24 A 26 DE OUTUBRO DE 2024



O ensaio de abatimento do tronco de cone foi realizado conforme a NBR 16889: 2020 (ABNT, 2020).

Para realização do ensaio de determinação da massa específica do concreto, foi utilizado um recipiente cilíndrico com volume = 9,65 dm<sup>3</sup>.

De posse do valor da massa específica do concreto, das proporções de areia e brita, e da relação água/cimento será calculado o consumo de cimento através da Equação recomendada por Helene (2011), onde Consumo de cimento por metro cúbico de concreto = massa específica do concreto / proporções de materiais (cimento, areia, brita e a/c) do traço.

O rendimento do concreto produzido com cada um dos traços, foi obtido conforme a NBR 9833: 2008 (ABNT, 2008).

Foram moldados 09 corpos de prova cilíndricos (10cm x 20 cm) para serem rompidos com 3, 7 e 28 dias, sendo 03 corpos de prova para cada idade.

Ao completar 24 horas da moldagem dos corpos de prova, foi feita a desmoldagem e a anotação com giz de cera, em cada um deles, com as informações: 1:4; 1:5 ou 1:6, conforme o traço de cada um; a numeração de 1 a 9, e o desenho de uma seta indicando a parte superior do corpo de prova, para que no ensaio de resistência à compressão seja usado o mesmo critério de rompimento, todos com a face superior voltada para cima. Os corpos de prova foram colocados no tanque de cura, onde ficaram até completar as idades de rompimento.

O ensaio para determinação da resistência à compressão do concreto foi realizado nas idades de 3, 7 e 28 dias. Com um paquímetro mediu-se a altura e o diâmetro dos corpos de prova, sendo o diâmetro medido em duas posições perpendiculares. Para o rompimento, os corpos de prova foram colocados na prensa com a seta voltada para cima. Em cada idade (3, 7 e 28 dias) foram ensaiados 3 corpos de prova e para análise da resistência à compressão foram considerados a média e o desvio padrão, sendo adotado como resultado da resistência em cada idade a média dos três valores obtidos.

## Resultados e discussão

O estudo de dosagem iniciou-se com a análise do traço de referência (Traço Intermediário [1:5]) com o objetivo de obter o teor ideal de argamassa ( $\alpha$ ), com base na trabalhabilidade e na consistência requerida para o concreto (150 mm). Os dados obtidos nessa etapa inicial foram:

- $\alpha = 52\%$
- $H = 11,25\%$

De posse do teor ideal de argamassa ( $\alpha = 52\%$ ) e da relação água/materiais secos ( $H = 11,25\%$ ), obteve-se as proporções unitárias para cada um dos traços de referência: o traço rico (1:4), traço intermediário (1:5) e traço pobre (1:6). Os traços unitários obtidos apresentaram as seguintes proporções:

- Traço rico [1:4]  $\rightarrow 1 : 1,6 : 2,4 : 0,576$
- Traço intermediário [1:5]  $\rightarrow 1 : 2,12 : 2,88 : 0,675$
- Traço pobre [1:6]  $\rightarrow 1 : 2,64 : 3,36 : 0,911$





A partir dos traços obtidos, a equipe realizou a organização e seleção dos materiais (cimento, areia e brita) e equipamentos (betoneira, balança, peneira, pá, enxada, balde, molde de corpo de prova e tanque de cura) a serem utilizados no processo de produção do concreto e da moldagem dos corpos de prova.

Para cada um dos três traços foi realizado uma “betonada” de concreto, sendo moldados 06 corpos de prova para cada traço. Após 24 horas da moldagem, os corpos de prova foram colocados no tanque de cura para realização da cura submersa, por um período de 07 e 28 dias como prescreve a norma NBR 5738 – Concreto – Procedimentos para moldagem e cura de corpos de prova.

Para cada um dos traços foram obtidos o valor da massa específica aparente do concreto e o consumo de cimento por m<sup>3</sup>, os resultados obtidos nessa etapa foram:

- Traço rico → Massa específica aparente do concreto: 2295 kg/m<sup>3</sup>; Consumo de cimento por m<sup>3</sup> de concreto: 437 kg.
- Traço intermediário → Massa específica aparente do concreto: 2316 kg/m<sup>3</sup>; Consumo de cimento por m<sup>3</sup> de concreto: 363 kg.
- Traço pobre → Massa específica aparente do concreto: 2244 kgf/m<sup>3</sup>; Consumo de cimento por m<sup>3</sup> de concreto: 309 kg.

Foram rompidos 03 corpos de prova, de cada um dos traços, para obtenção da resistência à compressão do concreto aos 7, 14 e 28 dias de idade obtendo-se os seguintes resultados:

- Traço rico → 15,9 MPa (aos 7 dias de idade); 17,5 MPa (aos 14 dias de idade), e 20,93 MPa (aos 28 dias de idade).
- Traço intermediário → 10,1 MPa (aos 7 dias de idade); 11,63 MPa (aos 14 dias de idade), e 13,3 MPa (aos 28 dias de idade).
- Traço pobre → 7,33 MPa (aos 7 dias de idade); 11,37 MPa (aos 14 dias de idade), e 11,47 MPa (aos 28 dias de idade).

Diante disso, verifica-se que o estudo de dosagem é válido para produção de concretos com resistência média de dosagem aos 28 dias de idade ( $f_{c28}$ ) compreendidos entre 10,1 MPa e 20,93 MPa (menor e maior valor de resistência à compressão aos 28 dias, obtidos no estudo).

Com os resultados obtidos para o traço intermediário; traço rico e traço pobre, foram definidas as equações do estudo de dosagem, sendo:

- Lei de Abrams:  $F_{cj} = 46,114 / (4,876 ^{a/c})$ .
- Lei de Lyse:  $m = 0,925 + 5,655 \times a/c$
- Lei de Molinari:  $C = 1000 / [0,380 + (0,476 \times m)]$

A partir das equações obtidas no estudo de dosagem, buscou-se definir o traço em massa para um concreto com resistência característica à compressão de 20 MPa, a ser produzido levando em



consideração uma condição de preparação menos rigorosa, que vai atender à realidade da maioria das obras (Condição de preparo C, estabelecida pela NBR 12655:2015), e um traço que leva em consideração uma condição de preparação mais rigorosa, para atender uma realidade futura, ou eventuais situações específicas (Condição de preparo B, estabelecida pela NBR 12655:2015).

Na condição de preparo C, adota-se um desvio padrão de dosagem de 7 MPa. A resistência média de dosagem para o concreto é dada através da equação:  $f_{cj} = f_{ck} + 1,65 \times S_d$ .

Assim:

$$\blacksquare f_{c28} = 20 + 1,65 \times 7 \Rightarrow f_{c28} = 20 + 11,55 \Rightarrow f_{c28} = 31,55 \text{ MPa.}$$

O  $f_{c28} = 31,55 \text{ MPa}$  está fora do intervalo válido para o estudo de dosagem (10,1 MPa a 20,93 MPa), o que demonstra que não será possível obter um traço para um concreto convencional (sem utilizar aditivo) com resistência característica à compressão de 20MPa a ser produzido no canteiro de obra levando em consideração uma condição de preparação menos rigorosa, para atender à realidade da maioria das obras (Condição de preparo C, estabelecida pela NBR 12655:2015).

Na condição de preparo B, adota-se um desvio padrão de dosagem de 5,5 MPa. A resistência média de dosagem para o concreto é dada através da equação:  $f_{cj} = f_{ck} + 1,65 \times S_d$ .

Assim:

$$\blacksquare f_{c28} = 20 + 1,65 \times 5,5 \Rightarrow f_{c28} = 20 + 9,075 \Rightarrow f_{c28} = 29,075 \text{ MPa.}$$

O  $f_{c28} = 29,075 \text{ MPa}$  está fora do intervalo válido para o estudo de dosagem (10,1 MPa a 20,93 MPa), o que demonstra que não será possível obter um traço para um concreto convencional (sem utilizar aditivo) com resistência característica à compressão de 20MPa a ser produzido no canteiro de obra levando em consideração uma condição de preparação mais rigorosa, para atender uma realidade futura, ou eventuais situações específicas (Condição de preparo B, estabelecida pela NBR 12655:2015).

### Conclusão(ões)/Considerações finais

Considerando os dados obtidos no estudo de dosagem experimental do concreto, tem-se como principais conclusões do trabalho:

I - A relação água/cimento do Traço Intermediário, necessária para deixar o concreto com uma consistência adequada para utilização no canteiro de obra ( $a/c = 0,675$ ) superou o limite máximo ( $a/c \leq 0,65$ ) estabelecido pela NBR 12655:2015.

II - A relação água/cimento do Traço Pobre, necessária para deixar o concreto com uma consistência adequada para utilização no canteiro de obra ( $a/c = 0,911$ ) superou o limite máximo ( $a/c \leq 0,65$ ) estabelecido pela NBR 12655:2015.



# 21ª SEMANA NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

BIOMAS DO BRASIL: DIVERSIDADE, SABERES E TECNOLOGIAS SOCIAIS

IX ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

24 A 26 DE OUTUBRO DE 2024



III - O valor elevado da relação água/cimento dos traços de referência impactou significativamente nos resultados do estudo de dosagem, diminuindo significativamente a resistência à compressão do concreto, o que tornou inviável obter um traço de concreto com  $f_{ck}$  de 20 MPa a ser produzido no canteiro de obra levando em consideração uma condição de preparação menos rigorosa, que vai atender à realidade da maioria das obras (Condição de preparo C, estabelecida pela NBR 12655:2015), e um traço que leva em consideração uma condição de preparação mais rigorosa, para atender uma realidade futura, ou eventuais situações específicas (Condição de preparo B, estabelecida pela NBR 12655:2015), uma vez que o estudo de dosagem só é válido para obtenção de traços de concreto com resistência média de dosagem ( $f_{c28}$ ) entre 10,1 MPa e 20,93 MPa, e os traços requeridos demandaram um  $f_{c28} = 31,55$  MPa e  $f_{c28} = 29,075$  MPa, respectivamente.

IV – Para obtenção dos traços de concreto com  $f_{ck}$  de 20 MPa (utilizando a Brita 0 de arenito arcóseo; a areia extraída do Rio São Francisco, e o cimento Portland CP II- F 32) a serem produzidos no canteiro de obra levando em consideração uma condição de preparação menos rigorosa, que vai atender à realidade da maioria das obras, e do traço que leva em consideração uma condição de preparação mais rigorosa, para atender uma realidade futura, ou eventuais situações específicas, deve-se fazer o uso de aditivo plastificante.

V - Sugere-se a realização de novas pesquisas e estudo de dosagem utilizando a brita 0 de arenito arcóseo e aditivo plastificante, com a finalidade de obter traços de concreto viáveis para utilização no canteiro de obra e que atendam aos requisitos mínimos de resistência à compressão.

## Agradecimentos

Ao Instituto Federal do Norte de Minas Gerais pelo incentivo através do pagamento de bolsa aos acadêmicos na modalidade PIBIC AF, o que possibilitou a realização desse estudo.

## Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Guia básico de utilização do cimento Portland**. 10.ed. rev. atual. por Arnaldo Forti Battagin. São Paulo, 2018. 40 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT), NBR 7211: **Agregados para concreto - Especificação**, Rio de Janeiro, 2009, 9p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT), NBR 12655: **Concreto de cimento Portland - Preparo, controle, recebimento e aceitação - Procedimento**, Rio de Janeiro, 2015, 23p.

HELENE, Paulo; ANDRADE, Tibério. **Concreto de Cimento Portland**. In: ISAIA, Geraldo C.. *Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia dos Materiais*. São Paulo: IBRACON, 2017. Volume 2. Cap. 29. p. 970-1005.

TUTIKIAN, Bernardo F.; HELENE, Paulo. **Dosagem dos Concretos de Cimento Portland**. In: ISAIA, Geraldo C.. *Concreto: Ciência e Tecnologia*. São Paulo: IBRACON, 2011. Cap. 12. p. 415-451.