

Avaliação do grau de homogeneidade do concreto dosado em central e obtido por caminhão betoneira

Evaluation of the homogenization degree of the ready-mixed concrete and obtained by concrete mixer truck

S.H.M. Mittri^{a†}, G.L. Vieira^a, A.A.F. Mendes^a, G.C. Guignone^a

^a *Universidade Federal do Espírito Santo, Departamento de Engenharia Civil, Vitória, 29075-910, Espírito Santo, Brasil*

[†] *Autor para correspondência: sergio-mittri@hotmail.com*

RESUMO

Releva-se, a necessidade da execução de concretos homogêneos a fim de garantir a qualidade das estruturas de concreto armado. O mencionado fato torna-se ainda mais relevante, pois as premissas de cálculos de projeto consideram os elementos estruturais contemplando características similares em qualquer seção transversal. Neste contexto, tem-se diretriz expressa na norma de amostragem de concreto fresco, NBR NM 33 (ABNT, 1998), que preconiza a retirada de amostras após a descarga de pelo menos 15% do volume total da betonada e antes da descarga de 85%, para que se possa atestar o grau de homogeneização do concreto. Em contrapartida ao que recomenda a norma, sabe-se que na maioria das obras recolhem-se as amostras de concreto antes do início da concretagem. Este trabalho tem por objetivo verificar o grau de homogeneidade do concreto dosado em central e fornecido por meio de caminhão betoneira. Para efeito, foram realizadas análises em 4 obras distintas, verificando-se o índice de consistência e as propriedades mecânicas dos concretos em duas etapas: coleta no início da concretagem e no intervalo de descarga preconizado pela norma. Pôde-se constatar que não há diferença significativa entre o concreto recolhido no início da concretagem e o concreto recolhido no intervalo recomendado pela norma.

ABSTRACT

There is a need for the production of homogeneous concretes in order to ensure the quality of the reinforced concrete structures. This fact becomes more relevant, since the assumptions of design calculations consider the structural elements contemplating similar characteristics in any cross section. In this context, there is a guideline expressed in the standard of fresh concrete sampling, NBR NM 33 (ABNT, 1998), which recommends the removal of samples after the discharge of at least 15% of the total volume of the concrete and before discharge of 85 %, so that the degree of homogenization of the concrete can be determined. In contrast to what the standard recommends, it is known that in most construction works, samples of concrete are collected before the start of concreting. This research aims to verify the homogenization degree of the ready-mixed concrete obtained by concrete mixer truck. For this purpose, the work was carried out in four different construction works, with the consistency index and the mechanical properties of the concretes being verified in two stages: at the beginning of the concreting and at the discharge interval recommended by the standard. It could be verified that there is no significant difference between the concrete collected at the beginning of the concreting and the concrete collected in the interval recommended by the standard.

Cronologia do artigo:

Recebido a 27 junho 2017
Corrigido a 18 junho 2019
Aceite a 05 julho 2019
Publicado a 30 abril 2020

Palavras-chave:

Concreto dosado em central
Grau de homogeneidade
Caminhão betoneira

Keywords:

Ready-mixed concrete
Homogenization degree
Concrete mixer truck

1. Introdução

Sabe-se que as características do concreto endurecido dependerão do planejamento e dos cuidados na fase de execução. O planejamento consiste em definir quais as propriedades desejadas para o concreto,

estabelecer uma metodologia para elaboração do traço, avaliar e escolher os materiais e os equipamentos disponíveis para efetuar a mistura, o transporte, o adensamento e a cura.

Dentre as características principais de um concreto de boa qualidade está o grau de homogeneidade. Segundo Neville e Brooks (2013), em qualquer betoneira é essencial que ocorra uma alternância suficiente dos materiais dentro do tambor, de tal forma que seja produzido um concreto uniforme. Quanto mais uniforme a distribuição dos elementos, estando os agregados totalmente envolvidos pela pasta, melhor será a qualidade da estrutura resultante. Uma homogeneidade satisfatória pode ser obtida por meio de uma adequada mistura do concreto durante sua execução e também com os devidos cuidados no lançamento do concreto nas fôrmas e em seu adensamento. Segundo Mehta e Monterio (2014), o controle das operações nas primeiras idades e das propriedades do concreto fresco é essencial para que o elemento acabado se encontre adequado para a finalidade ao qual foi projetado.

Conforme Helene e Andrade (2007) e Alves (1993) a qualidade efetiva do concreto na obra deve ser assegurada por meio de um correto procedimento de mistura, transporte, lançamento, adensamento, cura e desmoldagem. Segundo Ferraris (2001), a qualidade é determinada pelo desempenho do concreto e pela homogeneidade do material após a mistura e tal homogeneidade é favorecida pela eficiência do caminhão betoneira, que é o fator que tem destaque no presente estudo.

Ferraris (2001) observa que, as variáveis que afetam o método de mistura são numerosas, nem sempre controladas. Há, portanto, a necessidade de uma metodologia para determinar a qualidade do concreto como uma medida intrínseca da eficiência do misturador. O conceito de eficiência do misturador é usado para qualificar como um misturador pode produzir um concreto com constituintes uniformes. Ainda segundo Ferraris (2001) a RILEM (*Réunion Internationale des Laboratoires d'Essais et de Recherches sur les Matériaux et les constructions*), define que um misturador é eficiente se os componentes da mistura se distribuem uniformemente em todo recipiente sem privilegiar um ou outro.

A homogeneidade do concreto em uma betoneira pode ser monitorada através do desempenho das amostras de concreto tomadas em momentos diferentes durante a descarga (FERRARIS, 2001). De acordo com a NBR NM 33 (ABNT, 1998), a coleta das amostras deve ser realizada durante a operação de descarga, após a retirada dos primeiros 15% e antes de completar a descarga de 85% do volume total da betonada. Estes percentuais encontram-se próximos ao contemplado na norma americana ASTM C94 (ASTM, 2016), que estabelece que devam ser retiradas amostras em cerca de 1/6 e 5/6 da carga, em torno de 17% e 83%, respectivamente. Torna-se relevante também mencionar que a Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural (ABECE) recomenda a comparação da resistência entre três pares de coleta, logo após a descarga, de 15% do volume total, trecho intermediário e após 85% da descarga. Preconiza também que a diferença entre a maior e menor resistência do primeiro e último ponto não deve diferir mais que 15% da resistência da coleta intermediária. A norma britânica BS 3963 (BS, 1980) orienta a realização de ensaios em duas amostras de cada quarto de uma betonada e a análise é realizada apenas em estado úmido, como ensaio de teor de água e teor de agregados miúdos.

É sabido que na grande maioria das obras do país, inclusive na região da Grande Vitória, Espírito Santo, Brasil, tem-se utilizado, em grande escala, por questões de qualidade e econômicas, concretos usinados dosados em centrais de concreto. Esse tipo de concreto é produzido em escala industrial e transportado por caminhões betoneira até o local de sua aplicação, podendo ser lançado diretamente na estrutura ou bombeado até a mesma.

Uma das relevantes discussões que se vislumbra a respeito desse tipo de tecnologia, refere-se ao grau de homogeneidade do concreto fornecido por meio de caminhão betoneira. É importante que o concreto fornecido pelo caminhão apresente do início ao fim da descarga um grau de homogeneidade satisfatório para que sejam garantidas as características necessárias da estrutura de concreto prevista em projeto.

Mediante a necessidade de melhor conhecer o grau de homogeneidade do concreto fornecido por meio de caminhão betoneira e investigar a prática habitual do controle tecnológico, adotado antes do início do descarregamento do concreto, em desacordo com os aspectos normativos, realizaram-se estudos de campo em diversas obras da Grande Vitória, Espírito Santo, Brasil, para que fosse possível a obtenção de amostras para ensaios in loco e em laboratório.

É relevante também mencionar que Mascolo et. al (2013) avaliaram a uniformidade do concreto em caminhão betoneira realizando coletas em cinco pontos distintos (após a descarga de 5%, 25%, 50%, 75% e 95%) para 13 lotes de concreto, adotando os mesmos traços e consumos e concluíram que não houve variação significativa da resistência, conforme o ponto de coleta. Entretanto, há carência de pesquisas que avaliem a uniformidade do concreto contemplando misturas com diferentes traços e aplicados em obras.

Este trabalho tem por objetivo avaliar o grau de homogeneidade do concreto dosado em central e

fornecido por meio de caminhão betoneira. Para efeito, serão verificados o índice de consistência e as propriedades mecânicas dos concretos no início da concretagem e durante a operação de descarga - após a retirada dos primeiros 15% e antes de completar a descarga de 85% do volume total da betonada - conforme recomendado pela norma NBR NM 33 (ABNT, 1998). A avaliação da uniformidade da mistura torna-se necessária a fim de reduzir a variabilidade das amostras, favorecendo que se obtenham as propriedades concebidas em projeto e não comprometa o desempenho do material visando a integridade estrutural e segurança nas construções.

2. Programa experimental

Foram coletadas amostras de concreto em 4 obras, aleatoriamente indicadas por concreteiras da Grande Vitória. A fim de verificar a homogeneidade do caminhão betoneira, coletaram-se amostras em duas etapas: a primeira, no início da concretagem, que desponta como uma prática comum no controle de qualidade de concreto usinado e a segunda no intervalo de 15% a 85% da descarga do caminhão betoneira, conforme recomenda a norma de amostragem de concreto fresco NBR NM 33 (ABNT, 1998). Com o intuito de verificar se esse estudo seria viável, realizou-se, no primeiro caminhão avaliado, a coleta de concreto suficiente para o ensaio de abatimento e moldagem de 10 corpos de prova em cada intervalo. Na idade de cura de 28 dias, esses corpos de prova foram submetidos ao ensaio de resistência à compressão axial. A Tabela 1 apresenta a distribuição dos corpos de prova pertinentes a esse primeiro caminhão.

Tabela 1 - Quantidade de corpos de prova coletados no primeiro caminhão para ensaio de compressão axial com 28 dias.

Intervalo	Números de corpos de prova
Início da concretagem	10
Entre 15% e 85%	10
Total	20

Como os resultados dos ensaios do primeiro caminhão foram satisfatórios, decidiu-se por continuar a pesquisa, porém com um número maior de amostras. Para cada intervalo, recolheu-se concreto para realizar o ensaio de consistência e moldagem de 12 corpos de prova destinados aos ensaios mecânicos. Desses 12 corpos de prova, 6 foram destinados ao ensaio de resistência à compressão axial e 6 ao ensaio de resistência à tração por compressão diametral. Para as 3 primeiras obras, os corpos de prova foram ensaiados aos 28 dias, já para a 4ª e última obra foi necessário ensaiá-los aos 14 dias para que se cumprisse o cronograma. Na Tabela 2 pode ser visto a distribuição dos corpos de prova destinados a cada ensaio.

Tabela 2 - Quantidade de corpos de prova para ensaios em laboratório.

Intervalo	Resistência à compressão axial	Resistência à tração por compressão diametral	Total
Início da concretagem	6	6	12
Entre 15% e 85%	6	6	12
	Total		24

2.1. Coleta e moldagem dos corpos de prova

Para a determinação das propriedades mecânicas do concreto endurecido, utilizaram-se fôrmas cilíndricas metálicas com dimensões de 100x200mm. Em cada intervalo da concretagem, o concreto foi coletado e transportado até um local plano e rígido, onde era feita a moldagem dos corpos de prova segundo as recomendações da NBR 5738 (ABNT, 2016). A coleta foi realizada em veículos em serviço normal contemplando as peculiaridades habituais oriundas do abastecimento com caminhão betoneira, logo por tratar-se de ambiente não controlado, não houve controle sobre aspectos meteorológicos como temperatura e umidade relativa. Em todos os caminhões analisados, esperava-se que os abatimentos dos concretos estivessem compreendidos entre o intervalo de 30 a 150 mm, podendo-se realizar o adensamento manualmente ou por vibração. Por questões de praticidade, optou-se por adensar o concreto manualmente com uma haste metálica de 600 mm. Para cada corpo de prova cilíndrico de 100x200 mm, foram realizadas duas camadas com 12 golpes em cada uma, totalizando 24 golpes. Após

a moldagem dos corpos de prova, os mesmos eram cobertos com uma placa metálica e transportados para local coberto para que não houvesse influência de intempéries, como pode ser identificado na Figura 1. Após 24h da realização da moldagem, os corpos de prova eram recolhidos e levados para o laboratório para serem desformados e curados numa solução saturada de água e cal.



Figura 1 - (a) Moldagem dos corpos de prova e (b) Armazenamento pós moldagem.

2.2. Ensaios mecânicos

2.2.1. Ensaio de resistência à compressão axial

No total, foram ensaiados 56 corpos de prova para a determinação da resistência à compressão axial. Para melhor distribuição das tensões sobre a superfície do corpo de prova, foram retificados e em seguida rompidos em uma prensa hidráulica para que fosse possível determinar sua resistência à compressão axial. Todos os procedimentos adotados nesse ensaio foram feitos de acordo com o que preconiza a NBR 5739 (ABNT, 2007).

2.2.2. Ensaio de resistência à tração por compressão diametral

Assim como no ensaio de resistência a compressão axial, utilizaram-se corpos de prova com as mesmas características geométricas, porém, nesse caso o ensaio comprime as amostras diametralmente de forma a rompê-las por tração na direção perpendicular à força aplicada, de acordo com as recomendações da NBR 7222 (ABNT, 2011). Num total, foram ensaiados 36 corpos de prova.

3. Resultados e discussões

As amostras 1 e 2 referem-se, respectivamente, à amostra recolhida no início da descarga do caminhão e a amostra recolhida entre o intervalo de 15% a 85% da descarga do concreto, ressaltando-se que em nenhuma das obras visitadas houve adição de água ao concreto após o início da concretagem. Para verificar se as duas amostras pertenciam a um mesmo grupo, realizou-se uma análise estatística dos dados utilizando a ANOVA (análise de variância) em que foi considerado um nível de confiança de 95% e um nível de significância de 5%. A partir da análise de variância obteve-se o P-valor que deve ser maior do que 0,05 para que as amostras 1 e 2 fossem consideradas como pertencendo a um mesmo grupo.

3.1. Obra 1: Edifício Comercial

Refere-se à concretagem de uma laje de um edifício comercial, utilizando concreto usinado e bombeável de resistência de projeto igual a 30 MPa e consistência estipulada de 100 ± 20 mm. O volume de concreto no caminhão betoneira era de 8 m³. A concretagem ocorreu no horário previsto, em local não coberto e em tempo ensolarado.

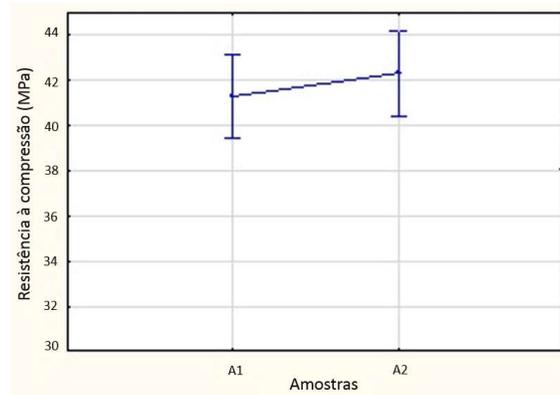
Os resultados de consistência obtidos foram de 110 mm na primeira amostra e de 120 mm na segunda amostra. Como não houve adição de água após o início da concretagem foi constatada muito pouca variação no abatimento entre as amostras 1 e 2. Para essa obra, avaliou-se apenas a resistência à compressão axial. Apresentam-se os resultados na Tabela 3.

Analisaram-se os dados obtidos através da ANOVA podendo-se concluir que as duas amostras são consideradas de um mesmo grupo, ou seja, não há diferença significativa nos resultados. Por meio da Figura 2 é possível observar que a amostra 2 apresentou um aumento de resistência em relação a amostra 1, porém, segundo a análise de variância realizada, esse aumento não foi significativo.

Por fim, a NBR 12655 (ABNT, 2015) determina que a resistência característica à compressão estimada da betonada seja considerada como o maior valor obtido entre os corpos de prova ensaiados. Dessa forma, tanto a amostra 1 quanto a amostra 2 apresentaram resistência superior a 30 MPa, atendendo assim a resistência mínima de projeto.

Tabela 3 - Resultados do ensaio de compressão axial da Obra 1.

Resistência à Compressão Axial (MPa)	
Amostra 1	Amostra 2
43,44	45,49
44,07	38,28
41,52	44,60
41,86	41,14
42,29	39,57
41,49	40,82
39,42	43,82
41,82	41,91
33,10	42,45
43,91	45,09
Média	Média
41,29	42,32
CV	CV
7,72%	5,73%
F	P-valor
0,656323	0,428442
F-crítico	P-crítico
5,987378	0,05

**Figura 2** - Efeito das diferentes amostras sobre a resistência à compressão do concreto na obra.

3.2. Obra 2: Edifício Residencial

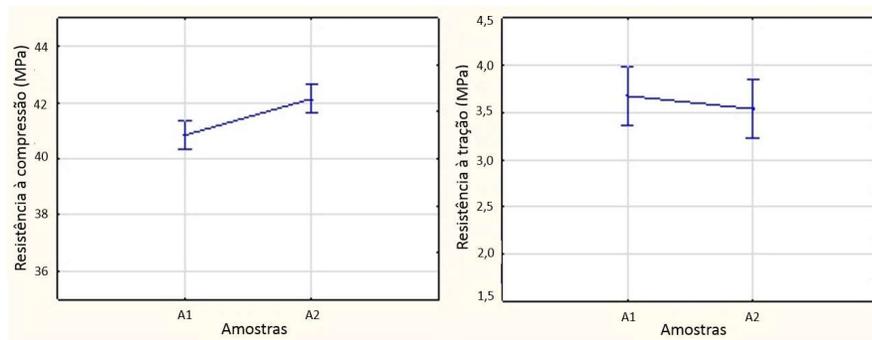
Refere-se à concretagem de uma laje de um edifício residencial, utilizando concreto usinado e bombeável de resistência de projeto igual a 30 MPa e consistência estipulada de 100 ± 20 mm. O volume de concreto no caminhão betoneira era de 8 m³. A concretagem ocorreu no horário previsto, em local não coberto e em tempo ensolarado. Os resultados de consistência obtidos foram de 130 mm na primeira amostra e de 140 mm na segunda amostra. Mesmo não atendendo o limite de consistência, observou-se que o concreto apresentou pouca variação no abatimento. Os resultados dos ensaios mecânicos estão descritos na Tabela 4.

Pode-se observar na Figura 3 que houve um aumento de 1,3 MPa na resistência média à compressão entre as amostras 1 e 2, porém mesmo sendo pequeno, esse aumento foi suficiente para a análise de variância considerar as amostras como sendo diferentes. Já para os ensaios de resistência à tração por compressão diametral, as duas amostras pertencem a um mesmo grupo segundo a análise de variância. Dentre as quatro obras analisadas neste estudo, a Obra 2 foi a única que apresentou resultados que indicam diferenças significativas entre as amostras 1 e 2 para o ensaio de resistência à compressão.

A NBR 12655 (ABNT, 2015) determina que a resistência característica à compressão da betonada seja considerada como o maior valor obtido entre os corpos de prova ensaiados. Mesmo apresentando diferença entre as amostras 1 e 2 para a resistência à compressão, ambas apresentaram resistência característica superior a 30 MPa, atendendo as exigências de projeto.

Tabela 4 - Resultados dos ensaios mecânicos da Obra 2.

Resistência à Compressão Axial (MPa)		Resistência à Tração por Compressão Diametral (MPa)	
Amostra 1	Amostra 2	Amostra 1	Amostra 2
40,33	41,88	3,53	3,13
41,25	41,01	3,82	3,40
40,72	42,50	3,81	3,34
41,46	42,30	3,10	3,74
40,21	42,72	4,24	3,84
41,05	42,38	3,56	3,78
Média	Média	Média	Média
40,84	42,13	3,68	3,54
CV	CV	CV	CV
1,23%	1,46%	10,34%	8,14%
F	P-valor	F	P-valor
15,8956	0,00257	0,51219	0,49056
F crítico	P-crítico	F-crítico	P-crítico
4,9646	0,05	4,9646	0,05

**Figura 3** - Efeito das diferentes amostras sobre as propriedades mecânicas do concreto na obra 2. (a) resistência à compressão. (b) resistência à tração.

3.3. Obra 3: Edifício Residencial

Refere-se à concretagem de uma laje de um edifício residencial, utilizando concreto usinado e bombeável de resistência de projeto igual a 30 MPa e consistência estipulada de 100 ± 20 mm. O volume de concreto no caminhão betoneira era de 8 m³. A concretagem ocorreu no horário previsto, em local não coberto, em tempo ensolarado. Os resultados de consistência obtidos foram de 130 mm na primeira amostra e de 125 mm na segunda amostra. Mesmo não atendendo o limite de consistência, observou-se pouca variação entre os abatimentos. Os resultados dos ensaios mecânicos estão descritos na Tabela 5.

Tabela 5 - Resultados dos ensaios mecânicos da Obra 3.

Resistência à Compressão Axial (MPa)		Resistência à Tração por Compressão Diametral (MPa)	
Amostra 1	Amostra 2	Amostra 1	Amostra 2
43,13	42,66	3,94	3,94
42,70	42,77	3,84	3,94
47,58	43,41	3,88	3,53
44,88	42,86	3,28	3,34
43,12	44,19	3,44	4,22
43,16	43,73	3,81	3,91
Média	Média	Média	Média
44,10	43,27	3,70	3,81
CV	CV	CV	CV
4,24%	1,41%	7,31%	8,38%
F	P-valor	F	P-valor
1,062	0,327	0,4535	0,516
F-crítico	P-crítico	F-crítico	P-crítico
4,965	0,05	4,965	0,05

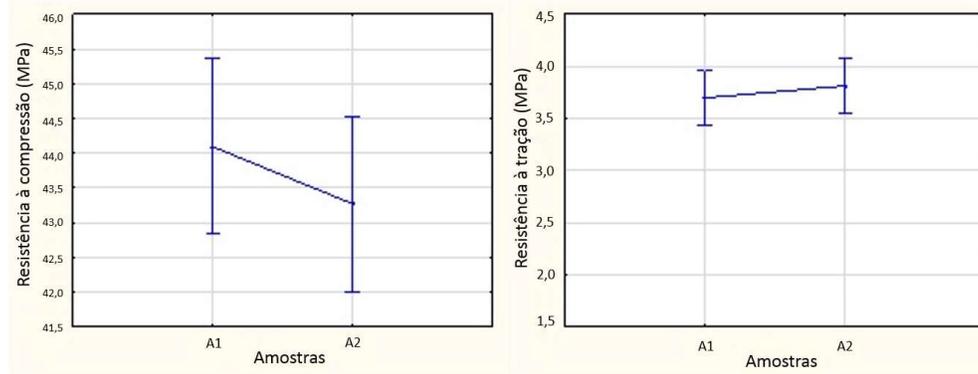


Figura 4 - Efeito das diferentes amostras sobre as propriedades mecânicas do concreto na Obra 3. (a) resistência à compressão. (b) resistência à tração.

Conforme a Figura 4, é possível observar que houve pouca diferença nos resultados entre as amostras 1 e 2 para ambos os ensaios. Segundo a análise dos dados obtidos através da ANOVA pôde-se concluir que as duas amostras são consideradas como pertencendo a um mesmo grupo.

Ainda em relação à resistência à compressão axial, além das amostras 1 e 2 pertencerem a um mesmo grupo, ambas apresentaram resistência superior à resistência exigida pelo projeto, que era de 30 MPa.

3.4. Obra 4: Edifício Comercial

Refere-se à concretagem de uma sapata de um edifício comercial, utilizando concreto usinado e bombeável de resistência de projeto igual a 30 MPa e consistência estipulada de 130 ± 20 mm. O volume de concreto no caminhão betoneira era de 10 m^3 . A concretagem ocorreu no horário previsto, em local não coberto e em tempo ensolarado. Os resultados de consistência obtidos foram de 135 mm na primeira amostra e de 145 mm na segunda amostra, o que atende aos limites de consistência requeridos. Os resultados dos ensaios mecânicos estão descritos na Tabela 6.

Tabela 6 - Resultados dos ensaios mecânicos da Obra 4.

Resistência à Compressão Axial (MPa)		Resistência à Tração por Compressão Diametral (MPa)	
Amostra 1	Amostra 2	Amostra 1	Amostra 2
34,83	35,13	2,78	3,28
36,50	37,07	2,88	3,06
35,50	33,79	3,44	2,97
36,75	35,13	2,38	3,19
35,38	36,00	3,53	3,09
36,38	34,70	3,34	3,47
Média	Média	Média	Média
35,89	35,30	3,06	3,18
CV	CV	CV	CV
2,12%	3,18%	14,75%	5,64%
F	P-valor	F	P-valor
1,121	0,315	0,363	0,560
F-crítico	P-crítico	F crítico	P-crítico
4,965	0,050	4,965	0,050

Mesmo havendo uma pequena variação nos resultados, como mostra a Figura 5, a análise estatística afirma que as duas amostras são consideradas de um mesmo grupo, ou seja, não há diferença significativa entre os resultados. Além disso, embora tenham sido ensaiados na idade de 14 dias, ambos os concretos atenderam à resistência característica de projeto, que que era de 30 MPa. A amostra 1 apresentou resistência máxima de 36,75 MPa e a amostra 2 apresentou resistência máxima de 37,07 MPa, sendo essas as resistências características de cada amostragem segundo o que recomenda a NBR 12655 (ABNT, 2015).

Constata-se também que a variabilidade dos concretos retirados durante a concretagem, compreendido no intervalo preconizado pela NBR NM 33 (ABNT, 1998), em relação às amostras

retiradas no início da concretagem, apresentam diferença abaixo de 15%, conforme Figura 6. Sendo assim, torna-se possível comparar com a recomendação da Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural (ABECE) de que a diferença entre a maior e menor resistência do primeiro e último ponto não deve diferir mais que 15% da resistência da coleta intermediária. Não foi adotada coleta após 85% da descarga do concreto, o que recomenda a supracitada norma, entretanto verificam-se os valores percentuais em acordo com o dispositivo normativo.

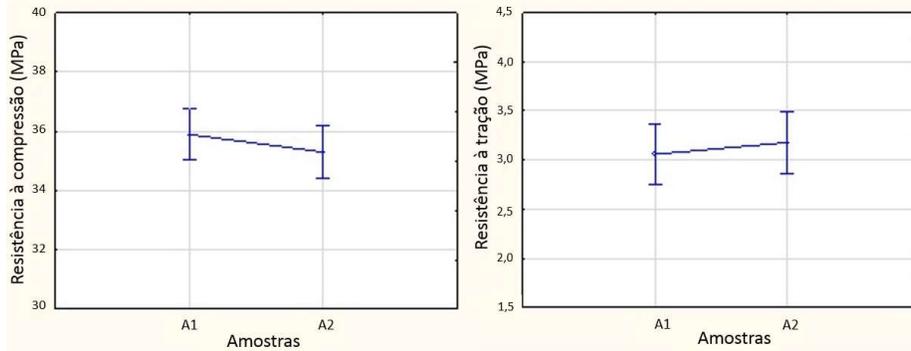


Figura 5 - Efeito das diferentes amostras sobre as propriedades mecânicas do concreto na obra 4. (a) resistência à compressão. (b) resistência à tração.

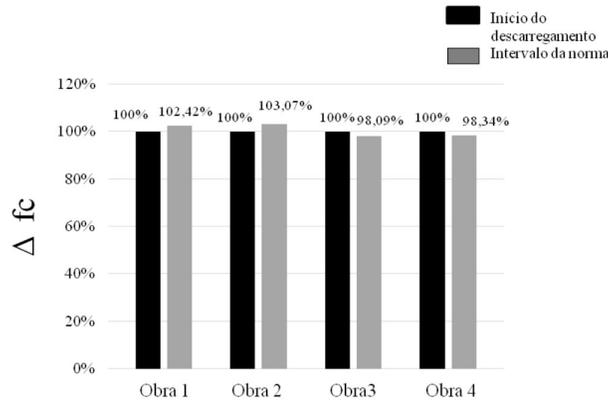


Figura 6 - Variações de resistência à compressão em relação às amostras coletadas no início do descarregamento e no intervalo preconizado pela norma.

3.5. Análise da Variação das Medidas dos Abatimentos

Assim como no estudo anterior, realizou-se uma análise estatística a fim de comparar se há diferença significativa entre os resultados dos ensaios de abatimento das amostras 1 e 2. Os resultados desse estudo constam na Tabela 7.

Tabela 7 - Resultados dos ensaios de abatimento.

Obra	Abatimento (mm)			Limites aceitáveis (mm)
	Amostra 1	Amostra 2	Variação (%)	
1	110	120	8,33%	100±20
2	130	140	7,14%	100±20
3	130	125	- 4,00%	100±20
4	135	145	6,90%	130±20
	F	P-valor		
	0,5905	0,4713		
	F-crítico	P-crítico		
	5,9873	0,05		

Com a utilização da ANOVA, pôde-se concluir que mesmo havendo um aumento dos abatimentos, como mostra a Figura 7, as duas amostras pertencem a um mesmo grupo, indicando que

não há diferença significativa de abatimento do concreto recolhido no início da concretagem e no intervalo de 15% a 85% recomendado pela norma. Porém, mesmo não havendo diferença significativa entre os resultados, as Obras 2 e 3 deveriam ter recusado o concreto pois os valores dos abatimentos foram superiores aos limites aceitáveis.

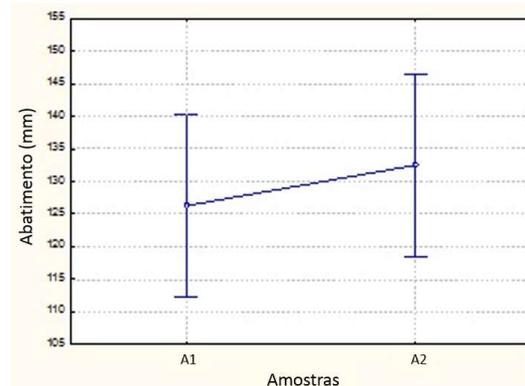


Figura 7 - Efeito das diferentes amostras sobre o abatimento.

4. Conclusões

Os resultados das análises estatísticas revelaram que não se identificam diferenças significativas entre o concreto recolhido no início da concretagem e o concreto recolhido no intervalo de 15% a 85% preconizado pela NBR NM 33 (ABNT, 1998). Dessa forma, pode-se dizer que não há alterações com relação ao grau de homogeneidade nos distintos momentos de coleta das amostras de concreto dando indícios da conservação de suas propriedades no estado fresco. Pode-se afirmar isso, pois, perante as análises dos ensaios de abatimento, todas as amostras se mostraram muito próximas, pertencendo a um mesmo grupo.

Assim como no ensaio de abatimento, os resultados dos ensaios de resistência mecânica comprovaram que as amostras entre os intervalos pertencem a um mesmo grupo, pois dentre as quatro obras analisadas, apenas o ensaio de resistência à compressão axial referente à Obra 2 apresentou resultado divergente entre as amostras, não sendo esse resultado significativo perante os demais.

Mediante o constatado, indica-se que o intervalo recomendado pela norma não apresenta significância no que tange a não uniformidade da mistura, podendo-se adotar a prática usual de coletas de corpos de prova para a realização de ensaios no início da concretagem, não representando prejuízo com relação ao concebido em projetos referentes às propriedades do material. Esta conclusão torna-se benéfica, inclusive, em função de que a recomendação da norma de realizar o controle após o descarregamento do material, favorece que, caso o material não seja aceito, o concreto descarregado poderia comprometer o desempenho do elemento que se iniciou a concretagem.

Referências

- ABECE - Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural - Estruturas de Concreto - Conformidade da Resistência do Concreto. 2011. Disponível em: www.abece.com.br Acesso em 23 de maio de 2017.
- Alves, J. D. Manual de tecnologia do concreto, 3ª Ed. UFG, Goiânia, Brasil (1993).
- American Society for Testing Materials. Standard Specification for Ready-Mixed Concrete: ASTM C 94. Philadelphia, 2016.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 12655: Concreto de cimento Portland — Preparo, controle, recebimento e aceitação — Procedimento. Rio de Janeiro, Brasil, (2015).
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 5738: Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, Brasil, (2016).
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 5739: Concreto - Ensaios de compressão de corpos de prova cilíndricos Rio de Janeiro, Brasil, (2007).
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7222: Argamassa e concreto – Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, Brasil, (2011).

- Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR NM 33: Concreto – Amostragem de concreto fresco. Rio de Janeiro, Brasil, (1998).
- British Standards Institution – BSI. BS 3963: Method for testing the mixing performance of concrete mixers. UK. (1974).
- Ferraris, C. F. Concrete Mixing Methods and Concrete Mixers: State of the Art. *Journal of Research of the National Institute of Standards and Technology*. v. 106, (2001).
- Helene, P. e Andrade, T. Concreto de cimento portland. In: ISAIA, G. C. (Org). *Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais*. 1. Ed., v.2, IBRACON, São Paulo, Brasil (2007).
- Mascolo, R., Masuero A. B., Dal Molin, D. C. C. Concreto usinado: análise da variação da resistência à compressão e de propriedades físicas ao longo da descarga do caminhão betoneira, *Revista Ibracon de Estruturas e Materiais*, 6(2), 194-210 (2013).
- Mehta, P. K. e Monteiro, P. J. M. *Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais*, 2 nd Ed., IBRACON, São Paulo, Brasil (2014).
- Neville, A. M.; Brooks, J. J. *Tecnologia do concreto*. 2. ed. Porto Alegre, Brasil: Bookman, 448p. 2013.