

AVALIAÇÃO DE ENSAIOS DE COMPRESSÃO DO CONCRETO COM DIFERENTES TIPOS DE CAPEAMENTOS

TOMÉ, Felipe Lima.¹
BRESSAN, Rodrigo Techio.²

RESUMO

Embora não seja uma metodologia de ensaio normatizada no Brasil, o uso de composto polimérico, como o neoprene, para o nivelamento dos topos de corpos de prova de concreto, vem sendo cada vez mais utilizada nos laboratórios de controle tecnológico do Brasil. Com o custo de execução mais baixo em relação a outros capeamentos, junto à simplicidade de execução do ensaio, têm feito esse método mais atrativo. Neste contexto, uma das grandes questões quanto à utilização de tal procedimento refere-se às possíveis influências que o mesmo possa exercer no resultado da resistência à compressão do concreto analisado. Seguido disso o objetivo do trabalho foi investigar as resistências do ensaio de compressão usando corpos de prova apenas retificados, retificados e rompidos com o auxílio do neoprene confinado em prato de aço nos dois topos usando o neoprene com 200 mm (milímetros) de diâmetro e os outros sem retificar e usando o neoprene. Analisando o ensaio desses valores no atendimento aos requisitos do concreto especificado em projeto e apresentar uma avaliação do potencial de utilização do neoprene confinado em prato de aço na determinação da resistência do concreto à compressão. Foi analisado um concreto de classe C40 submetido a 48 repetições, podendo-se verificar a viabilidade da utilização de tal procedimento de ensaio, desde que obedecidas às exigências mínimas recomendadas pela, NBR 5739, Ensaios de compressão de corpos de prova cilíndricos (ABNT: 2007). Como resultado, obteve-se as resistências dos corpos de prova utilizando os diferentes capeamentos, foi feito o ensaio de compressão para análise das maiores resistências de cada corpo de prova para cada um dos métodos empregados, verificou-se que com a utilização do neoprene de 200mm confinado em prato de aço para o corpo de prova de 100mm de diâmetro o resultado da resistência não foi satisfatório, tendo em vista que os corpos de prova ensaiados com o auxílio do neoprene não atingiram a resistência prevista de 40 Mpa após os 28 dias de cura, e os corpos que foram apenas retificados tiveram valores de resistências maiores do que o previsto aos 28 dias.

PALAVRAS-CHAVE: Corpo de prova, Neoprene, Resistência.

1. INTRODUÇÃO

Devido a várias obras executadas em concreto armado, houve a necessidade de cada vez mais estar atento a um controle mais rigoroso sobre o concreto. Um dos testes mais conhecidos é o ensaio de compressão axial de corpos de prova cilíndricos de concreto. Para Azeredo (1997) o padrão de qualidade de uma obra é caracterizado pelo grau de controle de execução do concreto. A determinação da resistência à compressão do concreto, parâmetro esse com uma fundamental importância ao controle tecnológico e de qualidade de uma obra (CHIES *et al.*, 2013).

Com a possibilidade de ocorrer diversas variáveis na resistência do concreto, as prescrições das mesmas são definidas pelas normas, NBR 5738 Concreto – Procedimento para a moldagem e

¹Acadêmico do 8º Período de Engenharia Civil do Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz. E-mail: felipetomeee@hotmail.com

²Mestre Engenheiro Civil do Curso de Ensino Superior de Engenharia Civil do Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz. E-mail: rodrigotechioobressan@hotmail.com

cura de corpos-de-prova (ABNT: 2003) e NBR 5739 Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos (ABNT: 2007).

Sendo essas as variáveis que podem afetar nos resultados: Processos de cura, equipamento de ensaio, tipos de formas utilizadas, velocidade de aplicação de carga, execução do ensaio, controle do ambiente de ensaio, características físicas dos corpos de prova e adensamento do concreto. Tomado disso, Guerra (2015) afirma que o controle tecnológico do concreto tem grande importância por ter muitos fatores que influenciam na qualidade final do concreto, sendo um desses os processos de cura e até mesmo a qualidade dos componentes.

Sobre a regularização dos topos dos corpos de prova há normas internacionais que regulamentam o ensaio de compressão do concreto que diferem da normatização brasileira em relação aos equipamentos, tipo de material e valores de limitação. Sendo esses as normas *Standard practice for capping cylindrical concrete specimens* (ASTM 617, 2010) e *Standard practice for use of unbonded caps in determination of compressive strength of hardened concrete cylinders* (ASTM C 1231/C 1231M, 2012) que regulamenta o uso de almofadas de neoprene não colado para o capeamento.

Seguido disso, as formas para obter a “planicidade” do topo dos corpos de prova citadas pela NBR 5738 (ABNT: 2003) são: remate com pasta de cimento procedimento opcional, retificação ou capeamento. Segundo norma supracitada acima as formas de capeamento que podem ser empregadas são aquelas que conferem aderência ao corpo de prova, compatibilidade química com o concreto, fluidez no momento de sua aplicação, acabamento liso e plano após endurecimento, e resistência à compressão compatível com os valores normalmente obtidos em concreto.

Ainda referenciado na NBR 5738 (ABNT: 2003) conforme item 9.4.2.5 outros processos podem ser adotados, desde que sejam submetidos à avaliação prévia por comparação estatística, com resultados obtidos de corpos de prova capeados por processo tradicional, e os resultados obtidos apresentem-se compatíveis. Sendo essa a temática principal a ser abordada neste trabalho, utilizando um método para analisar a eficácia do uso de bolachas de neoprene no ensaio de resistência à compressão axial do concreto em relação às demais formas de capeamento.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Foi abordado o conceito de teste de compressão de corpos de prova cilíndricos seguindo as normas regulamentadoras, principais fatores que afetam a resistência à compressão do concreto e comportamento com diferentes métodos para obter a planicidade do topo de corpos de prova.

2.1 PROCEDIMENTOS PARA O ENSAIO DE COMPRESSÃO

2.1.1 Ensaio de teste de compressão de corpos de prova cilíndricos de concreto

Para a determinação da resistência, a compressão é feita por meio de um ensaio destrutivo. De modo geral, a realização do teste consiste nos procedimentos de moldagem, cura úmida, nivelamento da prova e rompimento do mesmo. Para execução do procedimento é necessário o auxílio de uma máquina, que exerce uma força gradual de compressão sobre o corpo de prova até o seu rompimento. A força exercida é dividida pela área de topo do corpo em cm^2 , obtendo a relação de kgf (feito pela máquina) por cm^2 , procedimento esse regulamentado pela NBR 5738 (ABNT, 2003). No concreto, para obter a resistência, é relacionada à tensão para causar a ruptura, no qual a tensão aplicada alcança o seu valor máximo (MEHTA e MONTEIRO, 2008).

Segundo a NBR 5738:2003, para os ensaios de compressão, os corpos devem ter altura igual ao dobro do diâmetro. O diâmetro deve ser de 10 cm, 15 cm, 20 cm, 25 cm, 30 cm ou 45 cm. As medidas diamétricas têm tolerância de 1% e a altura, 2%. Os planos das bordas circulares extremas do molde devem ser perpendiculares ao eixo longitudinal do molde, as laterais e a base do molde devem ser de aço ou outro material não absorvente, que não reaja com o cimento *Portland*, e suficientemente resistente para manter sua forma durante a operação de moldagem. O molde deve ser aberto em seu extremo superior e permitir fácil “desmoldagem” sem danificar os corpos-de-prova. A base, colocada no extremo inferior do molde, deve ser rígida e plana, com tolerância de planeza de 0,05 mm.

Seguido disso, ainda referenciado na norma acima periodicamente, dependendo das condições e frequência de uso dos moldes, ou sempre que se verificar alguma anomalia, deve ser realizado um controle geométrico, verificando as dimensões, com exatidão de 0,1 mm, as condições de perpendicularidade e planeza das laterais, e, base dos moldes, respectivamente, com exatidão de 0,05 mm.

A figura 1 ilustra os tipos de ruptura indicados pela NBR 5739/2007.

Figura 1 : Tipo de ruptura de Corpos-de-prova (NBR 5739/2007)

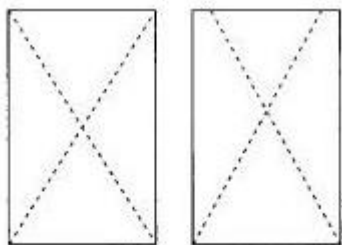


Figura A.1 – Tipo A – Cônica e cônica afastada 25 mm do capeamento

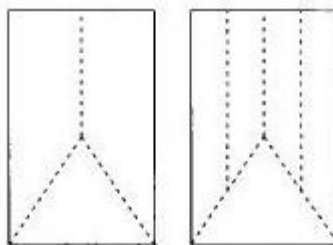


Figura A.2 – Tipo B – Cônica e bipartida e cônica com mais de uma partição

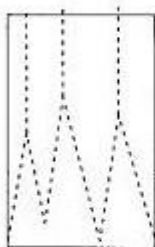


Figura A.3 – Tipo C – Colunar com formação de cones

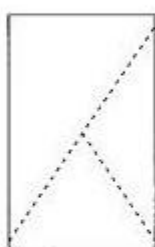


Figura A.4 – Tipo D – Cônica e cisalhada



Figura A.5 – Tipo E Cisalhada



Figura A.6 – Tipo F – Fraturas no topo e/ou na base abaixo do capeamento



Figura A.7 – Tipo G – Similar ao tipo F com fraturas próximas ao topo

Fonte: NBR 5739, (2007)

2.1.2 Fatores que afetam a resistência à compressão do concreto

2.1.2.1 Proporções dos materiais

2.1.2.1.1 Relação Água / Cimento

A relação entre a água e o cimento nada mais é do que a proporção entre a quantidade de água ao cimento de mistura. De acordo com Abrams (1918), com o aumento da relação água/cimento em grande proporção, percebe-se uma diminuição na resistência mecânica do

concreto. Ocorre isso porque a água em excesso irá aumentar a porosidade capilar, consequentemente reduzir a resistência do concreto, conforme Quadro 1.

Quadro 1 – Influência da redução da resistência com a incorporação de ar.

Teor de vazios	1%	2%	3%	4%	5%	10%
Redução da resistência	8%	17%	24%	31%	37%	60%

Fonte: GIAMUSSO, (1992).

2.1.2.1.2 Tipo de cimento

Os cimentos são classificados em seis grupos pelas normas brasileiras, e especificam as suas características principais conforme Quadro 2.

Quadro 2 – Características dos tipos de cimentos *Portland*.

Cimento Portland	Sigla	Classe	Conteúdo dos Componentes				Norma ABNT
			Clínquer +Gesso	Escória	Pozolana	Fíler Calcário	
Comum	CP I	25, 32, 40	100	0			5732:1991
Comum com Adição	CP I-S	25, 32, 40	99-95	1-5			
Composto com Escória	CP II-E	25, 32, 40	94-56	6-34	0	0-10	11578:1991
Composto com Pozolana	CP II-Z	25, 32, 40	94-76	0	6-14	0-10	
Composto com Fíler	CP II-F	25, 32, 40	94-90	0	0	6-10	
De Alto-Forno	CP III	25, 32, 40	65-25	35-70	0	0-5	5735:1991
Pozolânico	CP IV	25, 32	5-45	0	15-50	0-5	5736:1991
de Alta Resistência Inicial	CP V-ARI	-	100-95	0	0	0-5	5733:1991
Resistente a Sulfatos	RS	CP I, CP II, CP III, CP IV ou CP V (com restrições)					5737:1992

Fonte: SOUZA, (2006).

De modo geral, cada cimento possui um desenvolvimento a resistência diferenciada devido às composições de cada tipo de cimento (MELO, *et al.* 2003). Desse modo, a finura do cimento é um dos fatores que também podem influenciar na resistência, medida pelo ensaio de área específica pela norma Cimento Portland – Determinação da finura pelo método de permeabilidade ao ar (Método de Blaine) – (NBRNM 76, 1996). Sendo usado neste trabalho o cimento composto com filer de classe 40 (CP II – f 40), sendo esse o cimento ideal para atingir a resistência sem ocasionar tanta retração como em outros cimentos, devido ao seu menor calor de hidratação (GAMBALE, 2008).

2.1.2.1.3 Agregado

O tipo de agregado usado é um fator que também altera a resistência. Segundo Paz (1998), é um influenciado indiretamente na resistência do concreto a dimensão máxima característica, forma, composição mineralógica, e distribuição granulométrica do agregado.

2.1.2.1.4 Adensamento

Muitos defeitos de adensamento são originados na moldagem do corpo-de-prova, devido ao adensamento inadequado, não respeitando as quantidades de golpes definidas pela NBR 5738:2003. Com isso, a escolha do adensamento deve ser feita em função do abatimento do concreto, determinado de acordo com a norma Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone (NBR NM 67, 1998). Mas antes do adensamento é necessário verificar o abatimento do tronco de cone de concreto para a inspeção do recebimento do mesmo.

Após a retirada do molde, é medido pelo o abatimento do concreto, determinando a diferença entre a altura do molde e a altura do corpo de prova. A altura do abatimento estando conforme o solicitado o concreto é liberado para a utilização.

2.1.2.1.5 Condições de cura

De acordo com a NBR 5738:2003, a cura inicial deve ser rigorosamente respeitada para não ocasionar alteração na resistência do teste, tais como os moldes adequados devem ficar nas primeiras 24h em uma superfície plana e livre de vibrações, e de intempéries até a retirada da fôrma dos corpos-de-prova, para, somente depois, ser feita a cura úmida. Por fim, a cura não adequada conforme prevê norma acima citada haverá alteração na resistência prevista para o corpo de prova de concreto.

2.1.3 Parâmetros de ensaio

2.1.3.1 Parâmetros dos corpos-de-prova

Para que ocorra um ensaio satisfatório as tensões devem ser distribuídas uniformemente no corpo de prova, sendo necessária que a superfície esteja plana e sem vazios, pois pequenas irregularidades já podem provocar excentricidade pelo carregamento não uniforme e afetando resistência final (BEZERRA, 2007).

2.1.3.2 Condições de carregamento

Segundo a norma brasileira, NBR 5739:2007, define que a carga de ensaio deve ter uma velocidade de carregamento entre 0,3 a 0,8 MPa/s sendo aplicada continuamente e sem choques. De acordo com Carino (1996), com o controle de velocidade de carregamento limitado a 0,34 MPa/s é possível ter um aumento de até 2,2 % da resistência no ensaio a compressão.

2.1.4 Sistemas de regularização para topos de corpos-de-prova

Segundo Bezerra (2007), existem alguns principais processos de regularização, apresentados no Quadro 3.

Quadro 3 – Sistemas de regularização para topos de corpos-de-prova submetidos à compressão

Sistema de regularização	Característica	Exemplo
Capeamento aderente	Utilização de material com aderência química ou física formando camada regularizadora.	- Mistura de enxofre; - Pasta ou argamassa de cimento.
Capeamento não aderente	Utilização de material não aderente ao corpo de prova o qual pode estar confinado ou não.	- Elastômeros (Policloroprene ou Neopreme); - Areia confinada.
Desgaste mecânico	Remove-se uma fina camada de ambos os lados do corpo de prova pelo processo mecânico de desgaste.	Sistema de retífica.

Fonte: BEZERRA, (2007)

2.1.4.1 Capeamento

Conforme a NBR 5738:2003, o capeamento consiste no revestimento dos topos dos corpos-de-prova com uma fina camada de material apropriado, seguindo as características de aderência ao corpo-de-prova, compatibilidade química com o concreto, fluidez no momento de sua aplicação,

acabamento liso e plano após endurecimento, e resistência à compressão compatível com os valores normalmente obtidos em concreto. Sendo, esses, consistidos em capeamento aderente e não aderente.

2.1.4.1.1 Capeamento com neoprene confinado

O capeamento com neoprene confinado é um capeamento elastomérico, e, por grande parte, é utilizado bases metálicas para confinamento do neoprene. Essa base metálica tem a função de reter a deformação lateral do elastômero restringindo as forças no topo do corpo de prova (BEZERRA, 2007).

O capeamento com bolachas de neoprene é composto por um par de almofadas e um par de bases metálicas para o confinamento, conforme Figura 2.

Figura 2: Confinador metálico e bolachas de neoprene:



Fonte: BEZERRA (2007)

2.1.4.2 Retífica

Atualmente, as regularizações mais usadas no Brasil são aquelas que utilizam argamassa de enxofre, bolachas de neoprene e a retífica dos topos (BEZERRA, 2007). Segundo a NBR 5738:2003, a retificação consiste em remover, por meios mecânicos, uma fina camada dos topos,

com o auxílio de máquinas especialmente adaptadas (Figura 3), de tal forma que se garanta a integridade estrutural das camadas adjacentes à camada removida, proporcionando superfícies lisas e livres de ondulações e abaulamentos.

Quando os corpos-de-prova do concreto apresentarem uma base muito deformada de modo que não seja possível realizar o capeamento do mesmo, deve-se realizar a retífica por meio de desgaste mecânico de forma, que obtenha uma superfície perfeitamente plana, que possibilite o ensaio a compressão de acordo a norma Mercosul, ou seja, Concreto – Preparação das bases dos corpos-de-prova e testemunhos cilíndricos para ensaio de compressão – (NM 77:1996) .

Figura 3: Modelo de retífica faceadora corpo de prova semimanual:



Fonte: stuhlertmaq.com.br, (2018).

2.1.4.3 Fator de Correção

Conforme especificados pela NBR 5739/2007 os corpos de prova não podem ter a relação altura/diâmetro inferior a 1,94cm. Caso isso ocorra, será necessário o uso do fator de correção na

hora do cálculo. Esse fator de correção deverá ser multiplicado por F, de acordo com a relação obtida (h/d), conforme Quadro 4.

Quadro 4: Relação altura com o diâmetro do corpo de prova.

Relação h/d	2,00	1,75	1,50	1,25	1,00
Fator de correção	1,00	0,98	0,96	0,93	0,87
NOTA Os índices correspondentes à relação h/d não indicada podem ser obtidos por interpolação linear, com aproximação de centésimos.					

Fonte: Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos (ABNT/NBR5739/2007).

3. METODOLOGIA

3.1. TIPO DE ESTUDO E LOCAL DA PESQUISA

Tratando-se de uma análise comparativa dos resultados do ensaio a compressão, seguindo NBR 5739 (ABNT/ 2007), Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Sendo, esse método, o capeamento do corpo de prova com o uso de neoprene confinado em molde metálico.

Para as análises foi utilizado concreto usinado de uma concreteira de cascavel PR, e a composição química foi dada pela própria concreteira, sendo a composição demonstrada na Figura 4, Linha concreto normal – F_{ck} 40Mpa. A pesquisa teve início no mês de julho de 2018, em uma obra localizada na cidade de Cascavel/PR, nessa obra foram moldados os corpos-de-prova, e após a cura de 24 horas nos moldes em obra, os mesmos foram transportados da obra até o laboratório de engenharia do Centro Universitário FAG, localizado, também, na cidade de Cascavel/PR, para dar continuidade no estudo com o auxílio dos equipamentos para testes lá presentes.

Figura 4: Traço do concreto usinado normal Fck 40 Mpa

I - Traços:

Cód.	Tipo de Concreto	Abatim. (mm)	Brita.2 (kg/m ³)	Brita.1 (kg/m ³)	Brita.0 (kg/m ³)	Areia Art. (kg/m ³)	Areia Nat. (kg/m ³)	Cimento (kg/m ³)	Aditivo A (kg/m ³)	Aditivo B (kg/m ³)	Aditivo C (kg/m ³)	Adição (kg/m ³)	Água (lt)	Fator a/c ≤
01011.40100.0	NORMAL - Fck 40 MPa	100+20		750	320	250	582	380	2,66				180	0,47
01094012	RESFRIADO - Fck 40 MPa	120+20		780	340	250	600	380	1,90	1,08	0,75	80	80	0,47

Observações:

II - Especificações de materiais e fornecedores:

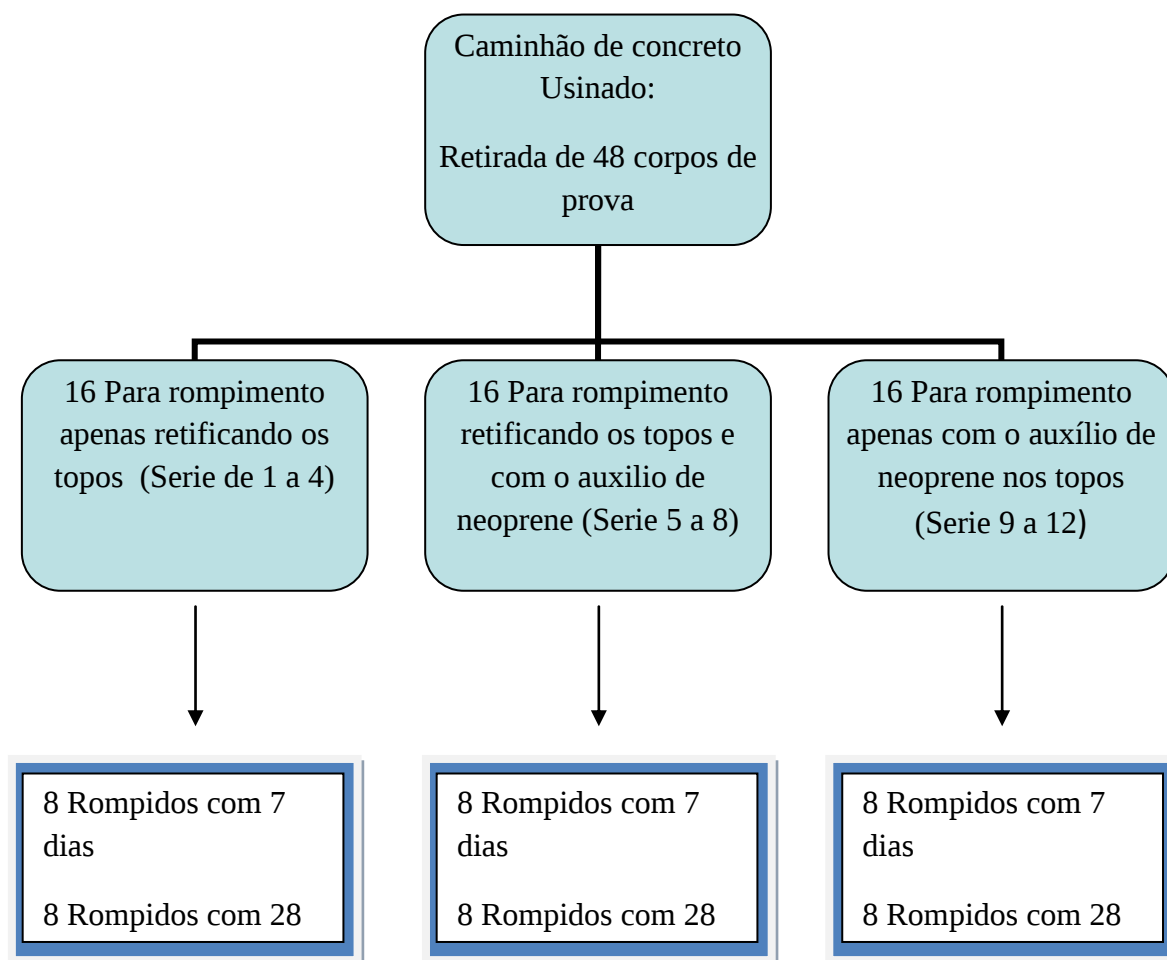
Material	Especificações	M.E.	Unid.
Cimento	CPH F 40 - Votoran	3,00	g/cm ³
Areia Natural	Mineração Maracaju	2,65	g/cm ³
Areia Artificial	Pedreira Andreis	2,95	g/cm ³
Brita 0	Pedreira Andreis	2,92	g/cm ³
Brita 1	Pedreira Andreis	2,92	g/cm ³
Aditivo A	MC Bauchemie - FK120	1,14	g/cm ³
Aditivo A	MC Bauchemie - TF520	1,08	g/cm ³
Aditivo A	MC Bauchemie - Eco200	1,06	g/cm ³
Adição	Gelo escama	1,00	g/cm ³

Fonte: Maykel Rohde, Concreteira Concresuper, (2018).

3.2 CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA

As amostras foram compostas por 48 corpos cilíndricos divididos em doze séries (cada série consiste em 4 corpos de prova, sendo 2 rompidos com 7 dias e outros 2 com 28 dias) de concreto usinado com resistência de 40Mpa (Mega Pascal) de um caminhão betoneira. Tomado disso, os corpos-de-prova tiveram um diâmetro de 10 cm e altura de 20 cm. Sendo assim, 16 corpos apenas retificados e rompidos, 16 retificados e rompidos com o auxílio do neoprene confinado em prato de aço nos dois topos, e os outros 16 sem retificar e usando o neoprene confinado em prato de aço nos dois topos, sendo esse procedimento mostrado na Figura 5. Após a retirada das amostras, elas foram levadas imediatamente ao laboratório para realizar a cura úmida e em seguida foram rompidos um prova e contraprova com 7 e 28 dias.

Figura 5: Organograma de rompimento de corpos de prova



Fonte: Autor, (2018)

3.3 INSTRUMENTOS E PROCEDIMENTOS PARA COLETA DE DADOS

Primeiramente, foi realizada a inspeção e recebimento do concreto, verificando o abatimento do tronco de cone, para que o concreto de 40Mpa de resistência estivesse com a consistência dentro do solicitado junta a concreteira (entre 8 a 12 cm de abatimento). Após isso foi realizada a coleta de 48 corpos-de-prova em moldes cilíndricos metálicos, adensados manualmente com a haste de adensamento em moldes cilíndricos metálicos em obra. Em seguida, foi realizada a cura inicial de 24h em obra, deixando os corpos em superfície plana e protegidos de intempéries.

Após a cura inicial, os corpos foram desmoldados e transportados para o laboratório do Centro Universitário FAG, para ser realizada a cura úmida. Tomado disso, com a idade de 7 e 28 dias foi feito os testes de compressão entre os dias 13 de junho a 4 de julho. Os que foram

coletados consistiram na altura do corpo-de-prova para verificar se está dentro da altura mínima 19,4 cm ou se terá que multiplicar por fatores de correção especificados pela NBR 5739/2007 e em seguida será rompido e aferido a resistência à compressão axial obtido por meio da prensa hidráulica presente no laboratório.

Após o rompimento foram registrados, em uma tabela desenvolvida pelo Autor (2018), os valores do rompimento do corpo-de-prova, para comparar os resultados dos testes realizados com o capeamento auxiliado pelo uso do neoprene confinado, sem o uso do mesmo e apenas retificado. Para coleta desses dados foi utilizado o Quadro 5.

Quadro 5: Tabela para levantamento dos resultados obtidos no rompimento dos corpos de prova

<u>Tabela de resultados obtidos no rompimento de corpo de provas</u>				
Retificado				
Série	Altura	Mpa	Altura	Mpa
	7 Dias		28 Dias	
1	19,60	29,60	19,50	49,30
	19,70	39,40	19,60	48,20
2	19,40	32,80	19,60	49,80
	19,60	35,80	19,50	47,30
3	19,50	30,80	19,40	43,40
	19,50	31,90	19,80	49,30
4	19,60	29,30	19,20	45,50
	19,50	31,70	19,50	42,00
Retificado e com Neoprene				
Série	Altura	Mpa	Altura	Mpa
	7 Dias		28 Dias	
5	19,60	20,60	19,50	22,80
	19,50	18,40	19,80	21,30
6	19,40	20,70	19,50	23,50
	19,70	21,70	19,50	24,10
7	19,50	20,10	19,40	23,40
	19,40	19,70	19,40	22,90
8	19,60	18,10	19,50	21,30
	19,40	19,70	19,40	21,00
Sem retifica e com Neoprene				
Série	Altura	Fck	Altura	Fck
	7 Dias		28 Dias	

9	20,00	14,75	20,00	16,70
	20,00	21,20	20,00	19,00
10	20,00	28,30	20,00	17,00
	20,00	17,50	20,00	18,80
11	20,00	19,00	20,00	20,40
	20,00	24,00	20,00	17,20
12	20,00	19,00	20,00	19,90
	20,00	19,70	20,00	21,40

Fonte: Autor (2018)

3.4 ANALISE DE DADOS UTILIZANDO ANOVA

Notando-se uma diferença significativa entre as médias das resistências, sendo essa diferença definida pelo valor -p que conforme teoria no cálculo ANOVA, se o valor for maior 5% indica-se que houve um algum resultado fora do padrão dentro das amostragens, tornando ela um hipótese com probabilidade de erro devido a fatores externos conforme Paulino (2018). Mas se o valor -p for inferior que 5% pode-se considerar um teste dentro das normalidades.

Como o método sem retifica e com uso de neoprene teve os resultados fora do padrão de normalidade conforme valor -p maior que 5% mostrado optou-se para auxiliar as análises estatística uma análise de variância ANOVA, por se umas análise ideal para esse tipo de caso conforme Paulino (2018). Para auxílio no calculo desse método utilizou-se o programa Excel, que assim foi gerado tabelas e gráficos.

4. ANÁLISES E DISCUSSÕES

Após a coleta de dados, foi realizada a respectiva análise por meio da revisão bibliográfica, relacionando o resultado da resistência do concreto, pelos métodos empregados para os testes de rompimento dos corpos de prova.

Os resultados das resistências à compressão de cada corpo de prova tiveram parâmetros de qualidade de acordo com o desvio padrão, sendo os valores que estiverem dentro do desvio ou maiores serão considerados com resistência atingida, e, os que estiverem menores serão considerados como resistência não atingida. Para avaliação dos resultados das resistências, os corpos de prova que obtiveram a relação altura/diâmetro menor ou igual a 1,75 tiveram a sua resistência multiplicada por um fator de correção que varia de acordo com essa relação, sendo essa

tabela de fatores de correção referenciada na NBR 5739 (ABNT/ 2007) tabela 2 do item 6.1.2. Os dados de resistência foram inseridos no quadro desenvolvido pelo autor (Quadro 4). Como método de avaliação, foi escolhida a resistência de maior valor dentro do desvio padrão para análises estatísticas, com isso foi gerado um gráfico de comparação das resistências obtidas com cada método de rompimento.

Também foram feitas análises de variância ANOVA, sendo que com essa análise foi possível identificar possíveis “erros” nos testes que obtiveram o valor $-p$ maior que 5%, sendo esses “erros” resultados fora dos padrões de normalidade.

4.1 MÉTODO RETIFICADO

Para a realização desse método, foram seguidos todos os procedimentos descritos na NBR 5739 (ABNT/ 2007). As séries de 1 a 4 foram retiradas da cura úmida e assim foi executado o processo de retificação conforme Figura 6. Após a retificação dos dois topos, os corpos de prova foram levados até a máquina para dar início ao ensaio de resistência à compressão conforme Figura 7.

Figura 6 – Retificação de corpo de prova.



Fonte: Autor (2018)

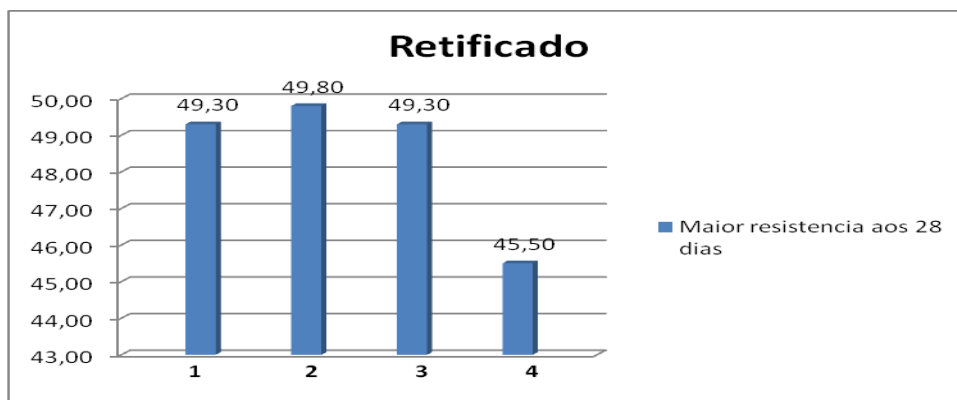
Figura 7 – Teste de compressão em corpo de prova retificado



Fonte: Autor (2018)

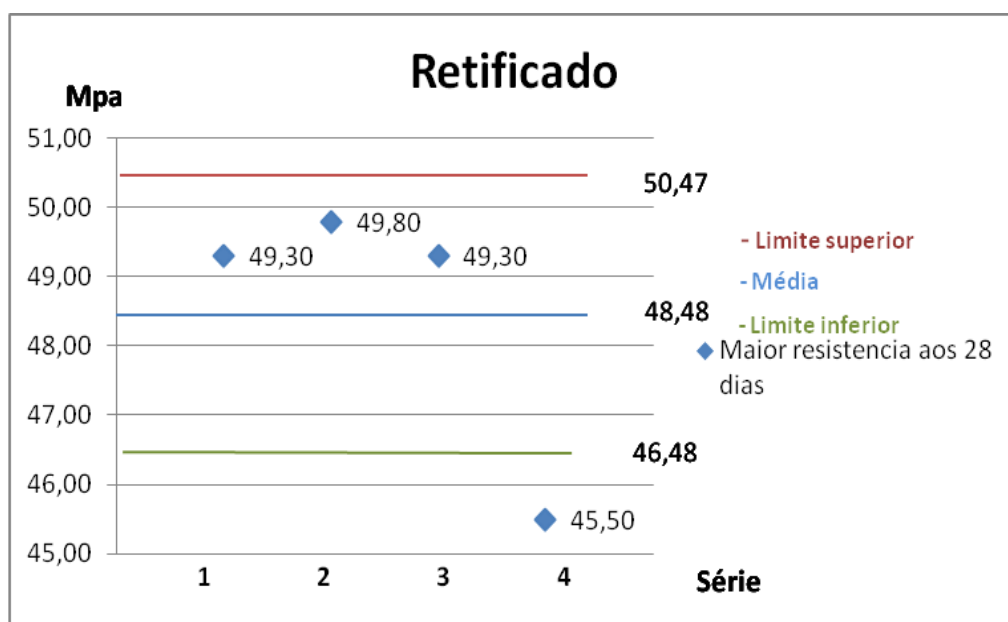
Após o rompimento das series, foram usadas as resistências mais altas nos 28 dias de idade dentro do desvio padrão. Seguido disso, foi realizados gráficos para a analise dos valores, sendo a Figura 7 o gráfico das maiores resistências aos 28 dias dos corpos de prova apenas retificados. Ainda para auxiliar as analises estatística, foi feito o levantamento de quais series encontravam dentro do desvio conforme Figura 8 e uma analise de variância ANOVA seguido na Figura 9 procedimento esse usado para comparar a distribuição de três ou mais grupos em amostras independentes.

Figura 7 – Maiores resistências ao 28 dias retificados



Fonte: Autor (2018)

Figura 8 – Análise estatística R.



Fonte: Autor (2018).

Figura 9 – Análise ANOVA R

ANOVA

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	2989,36	1	2989,36	695,329	2,5E-13	4,60011
Dentro dos grupos	60,1888	14	4,2992			
Total	3049,54	15				

Fonte: Autor (2018)

4.2 MÉTODO RETIFICADO E COM NEOPRENE

As séries de 5 a 8 foram retiradas da cura úmida e assim foi executado o processo de retifica conforme. Após a retifica dos dois topos, os corpos de prova foram levados até a maquina para dar inicio ao ensaio de resistência a compressão com o auxilio de neoprene de 200mm confinado em prato de aço nos dois topos conforme Figura 10.

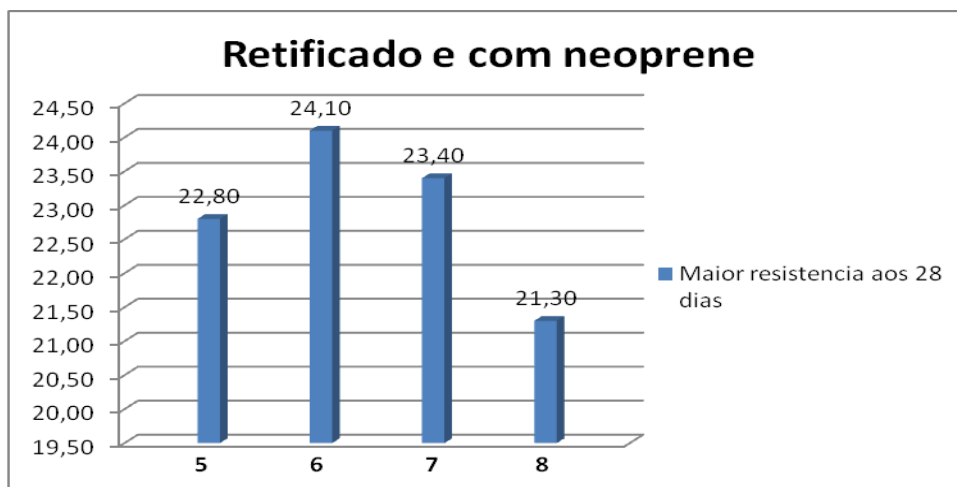
Figura 10 – Teste de compressão em corpo de prova retificado e com neoprene



Fonte: Autor (2018)

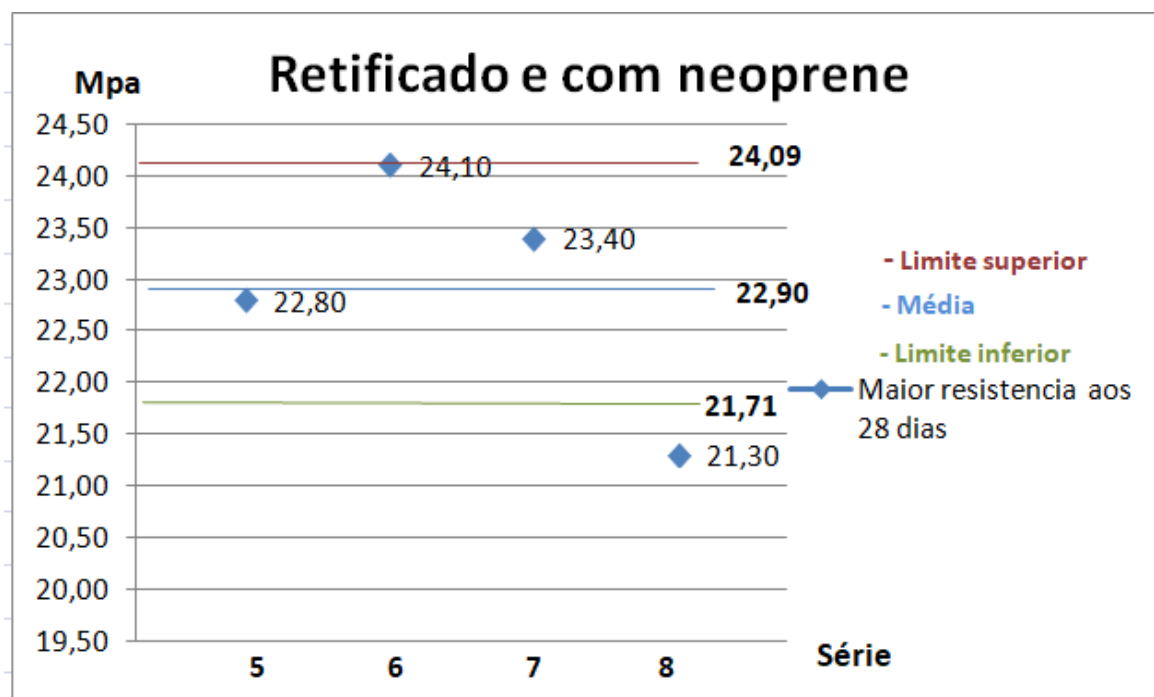
Após o rompimento das series, foram usadas as resistências mais altas nos 28 dias de idade dentro do desvio padrão. Seguido disso, foi realizados gráficos para a análise dos valores, sendo a Figura 11 o gráfico das maiores resistências aos 28 dias dos corpos de prova. Ainda para auxiliar as análises estatística, foi feito o levantamento de quais series encontravam dentro do desvio conforme Figura 12 e uma análise de variância ANOVA seguido na Figura 13

Figura 11 – Maiores resistências aos 28 dias retificados e com neoprene



Fonte: Autor (2018)

Figura 12 – Análise estatística RN



Fonte: Autor (2018)

Figura 13 – Análise ANOVA RN

ANOVA

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	36,9056	1	36,9056	52,4081	4,3E-06	4,60011
Dentro dos grupos	9,85875	14	0,7042			
Total	46,7644	15				

Fonte: Autor (2018)

4.3 MÉTODO SEM RETIFICA E COM NEOPRENE

As séries de 9 a 12 foram retiradas da cura úmida e assim foram levados até a máquina para dar início ao ensaio de resistência a compressão com o auxílio de neoprene de 200mm confinado em prato de aço nos dois topos conforme Figura 10.

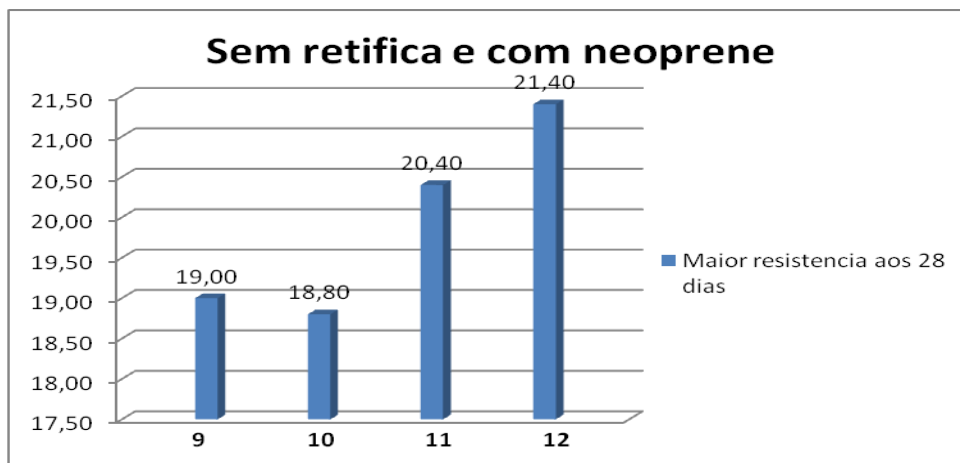
Figura 14 – Teste de compressão em corpo de prova sem retifica e com neoprene



Fonte: Autor (2018)

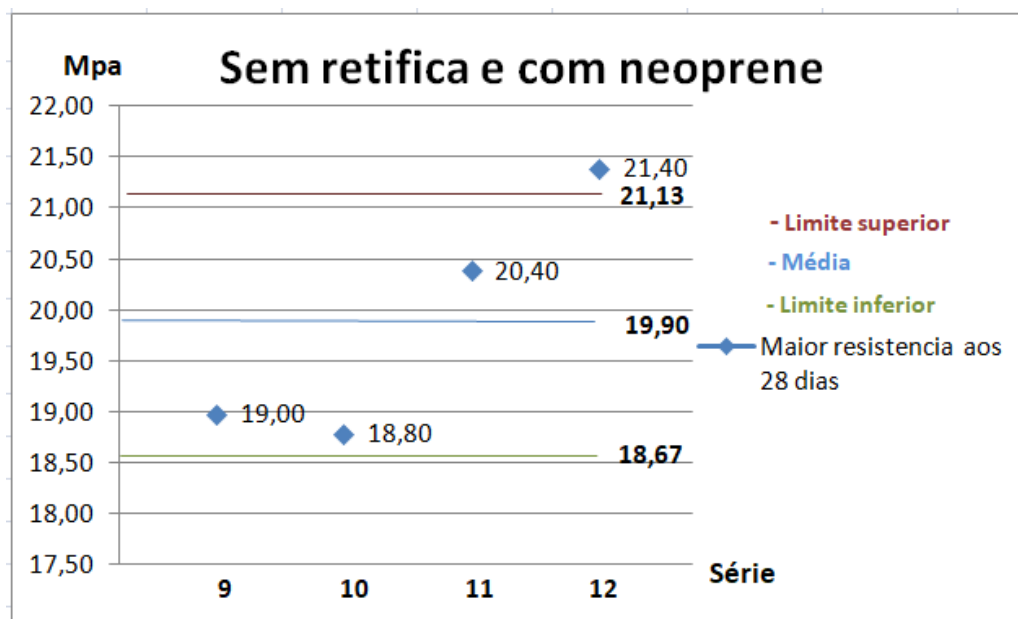
Após o rompimento das series, foram usadas as resistências mais altas nos 28 dias de idade dentro do desvio padrão. Seguido disso, foi realizados gráficos para a analise dos valores, sendo a Figura 14 o gráfico das maiores resistência aos 28 dias dos corpos de prova. Ainda para auxiliar as analises estatística, foi feito o levantamento de quais series encontravam dentro do desvio conforme Figura 15 e uma analise de variância ANOVA seguido na Figura 16.

Figura 15 – Maiores resistências aos 28 dias sem retifica e com neoprene



Fonte: Autor (2018)

Figura 16 – Análise estatística SRN



Fonte: Autor (2018)

Figura 17 – Análise ANOVA SRN

ANOVA

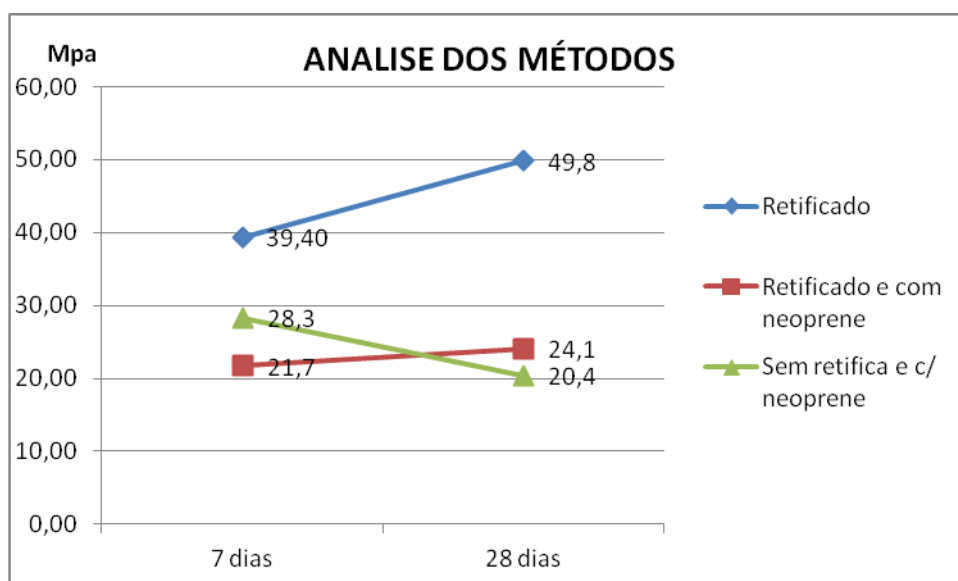
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	5,76	1	5,76	3,88065	0,06896	4,60011
Dentro dos grupos	20,78	14	1,48429			
Total	26,54	15				

Fonte: Autor (2018)

4.4 COMPARAÇÕES DOS MÉTODOS

A partir do exposto acima, foi realizado para melhor interpretação dos resultados uma análise comparativa de cada método, para assim poder chegar a uma conclusão de qual método teve um melhor resultado de resistência. Seguido disso na Figura 18 segue um gráfico referente à maior resistência aos 7 e 28 dias em cada método que foi empregado a eles.

Figura 18 – Análise dos Métodos



Fonte: Autor (2018)

Notou-se que a partir da análise dos dados referente a figura 17 e figura 18 que o teste sem retifica e com neoprene teve seus resultados fora dos padrões de normalidade, de modo que a sua resistência deveria aumentar aos 28 dias e não houve esse aumento, mas sim a diminuição do valor. Tendo em vista esses resultados foi necessário realizar uma análise estatística mais avançada para descobrir o possível erro de fuga de padrão do resultado. Para isso foi utilizado a ferramenta de análise de variância ANOVA para verificar possíveis erros nos dados que não seguissem um padrão.

Figura 19 – Análise de todas as amostras.

RESUMO

<i>Grupo</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>
Altura	3	59,0125	19,6708	0,0813
Resistencias	3	88,1875	29,3958	231,978

ANOVA

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	141,863	1	141,863	1,22265	0,33087	7,70865
Dentro dos grupos	464,119	4	116,03			
Total	605,982	5				

Fonte: Autor (2018)

Conforme a Figura 19 notou-se que a uma diferença significativa entre as medias, sendo essa diferença definida pelo valor $-p$ que conforme teoria no cálculo ANOVA, se o valor for maior 5% indica-se que houve um algum resultado fora do padrão dentro das amostragens, tornando ela um hipótese com probabilidade de erro devido a fatores externos conforme Paulino (2018). Mas se o valor $-p$ for inferior que 5% pode-se considerar um teste dentro das normalidades.

A partir do exposto foi concluído que o método sem retifica e com uso de neoprene teve os resultados fora do padrão de normalidade conforme valor $-p$ maior que 5% mostrado na Figura 17. Por se tratar do ultimo método executado pelo autor, o neoprene já havia passado por inúmeros testes de compressão, e com isso chegou-se a conclusão que esse erro ocorreu devido ao uso em excesso do neoprene, fazendo com que ele perde-se uma parcela das propriedades de resiliencia segundo MENEZES (2011) alterando no resultado da compressão do corpo de prova para esse método.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a realização deste trabalho, constatou que com a utilização do uso de bolachas de neoprene confinadas em prato de aço com diâmetro de 200 mm para ensaios de compressão axial do concreto não tiveram resultados satisfatórios, tendo em vista que esses resultados não atingiram a resistência prevista em projeto de 40 Mpa. Mas os corpos de prova que foram apenas retificados e rompidos obtiveram resultados satisfatórios, tendo as resistências entre 45,0 a 49,8 Mpa.

Constatou-se que o método apenas retificado é mais confiável, pois atingiram a resistência e seguiram os padrões de progressão de ganho de resistência, quanto que o uso do neoprene de 200mm para ensaio de compressão não é confiável pois houve um pequena progressão de resistência alem de não atingir a resistência aos 28 dias como as series apenas retificadas atingiram.

REFERÊNCIAS

ABRAMS, D. A. **Design of Concrete Mixtures**, Lewis Institute, Structural Materials Research Laboratory, Portland Cement Association, 1918, 20 pages. Disponível em < http://www.pgmecc.ime.eb.br/~webde2/prof/ethomaz/cimentos_concretos/abrams_dosagem.pdf >. Acesso em 21 de junho de 2018

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM C 39**: Standard test method for compressive strength of cylindrical concrete specimens. ASTM Committee C09 on Concrete and concrete Aggregates, 2003.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM C 1231/C 1231M**: Standard practice for use of unbonded caps in determination of compressive strength of hardened concrete cylinders. ASTM Committee C09 on Concrete and concrete Aggregates, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738**: Concreto – Procedimento 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.

_____. **NBR 7680**: Concreto – Extração, preparo, ensaio e análise de testemunhos de estruturas de concreto – Parte 1: Resistência à compressão. Rio de Janeiro, 2015.

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

_____. **NBR 12655**: Concreto de cimento Portland– Preparo controle e recebimento - Procedimento. Rio de Janeiro, 2006.

_____. **NM 77**: Concreto – Preparação das Bases dos corpos-de-prova e testemunhos cilíndricos para ensaio de compressão. Rio de Janeiro, 1996.

BARBOSA, F. R; MOTA, J. M. F; SILVA, A. J. C; OLIVEIRA, R, A. **Análise da influência do capeamento de corpos-de-prova cilíndricos na resistência à compressão do concreto**. 51º Congresso Brasileiro do Concreto, IBRACON, Recife, 2009.

BEZERRA, A. C. S. **Influência das variáveis de ensaio nos resultados de resistência à compressão de concretos: uma análise experimental e computacional**. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte – MG, 2007.

PAULINO, C. D; PESTANA, D; BRANCO, J; BARROSO, L; BUSSAB, W. **Glossário Inglês-Português de Estatística**. 2ªed. Sociedade Portuguesa de Estatística e Associação Brasileira de Estatística, junho de 2010.

GAMBALE E. A. **Análise do fenômeno térmico em concretos de cimento portland branco**. Furnas, 2008. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia Civil) – Universidade Federal do Goiânia - GO, 2011

GUERRA, R. S. T. **A importância do controle tecnológico do concreto**. Disponível em <<http://www.clubedoconcreto.com.br/2015/09/a-importancia-do-controle-tecnologico.html>> Acessado em: 14 de mar. 2018

MENEZES, A. J. R. **Estudo comparativo entre capeamento de corpo-de-prova de concreto com enxofre, uso de neoprene e retificação de topo para ensaio de resistência à compressão axial.** 2011. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia Civil) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza – CE, 2011.

SALVADOR, R. P. **Análise comparativa de métodos de ensaio para caracterização do comportamento mecânico de concreto reforçado com fibras.** 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

SILVA, M. J; RICCELI, R; PONCIANO, B; SANTOS, D. H; BEZZERRA, C, S; PEIXOTO, R, A, F. **Influência de dois tipos de capeamento de corpos-de-prova de concreto** 53º Congresso Brasileiro do Concreto, IBRACON, Florianópolis - SC, 2011.

SOUSA, G. G. **Influência dos procedimentos de ensaio à compressão de corpos-de-prova cilíndricos no controle de qualidade do concreto.** 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.