

COMPARATIVO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DO CONCRETO ATRAVÉS DE ENSAIOS DESTRUTIVOS E NÃO DESTRUTIVOS

ESTACECHEN, Tatiana Alves Cecilio

Engenheira Civil pela Universidade Paranaense.
tatianaestacechen@gmail.com

Resumo

A avaliação da resistência do concreto tem sido objeto de estudo na construção civil, devido às obras que não atingem a conformidade em seus projetos. O método mais comum de se avaliar a resistência característica do concreto (fck) é por meio do ensaio de corpos de prova, moldados no local da obra durante a concretagem de uma peça estrutural. Entretanto, existe a necessidade de se avaliar o concreto *in loco*, seja por motivo de diferentes idades, etapas construtivas, pela previsão da vida útil da estrutura e/ou para promover reforços e/ou reparos. Neste sentido, existem métodos de avaliação da resistência que atendem a condição de análise local, denominados de ensaios destrutivos e os não destrutivos. Dentre estes ensaios, destaca-se a extração e rompimento de testemunhos (ensaio destrutivo) e o esclerômetro (ensaio não destrutivo). Portanto, esta pesquisa teve como objetivo avaliar a equivalência da resistência à compressão do concreto convencional por meio desses métodos comparados com o modelo tradicional de moldagem de corpos de prova. A metodologia foi baseada em um processo experimental realizado em laboratório. Foram moldados quatro corpos de prova cilíndricos e uma viga para obtenção dos valores de resistência à compressão de cada método (moldagem de corpos de prova, testemunhos e esclerômetro). Os resultados dos ensaios dos corpos de prova, dos testemunhos e esclerômetro foram similares, contudo, o método tradicional de moldagem continua sendo o de maior confiabilidade.

Palavras-Chave: Resistência à compressão. Corpos de prova. Extração de testemunhos. Esclerômetro.

Abstract

The evaluation of the strength of concrete has been the object of study in civil construction, due to works that do not achieve conformity in their projects. The most common method of assessing the characteristic strength of concrete (fck) is by testing specimens cast on site during the concreting of a structural part. However, there is a need to evaluate concrete on site, either because of different ages, construction stages, prediction of the service life of the structure and / or to promote reinforcements and / or repairs. In this sense, there are resistance evaluation methods that meet the local analysis condition, called destructive and non-destructive tests. Among these tests, we highlight the extraction and breaking of cores (destructive test) and the sclerometer (non destructive test). Therefore, this research aimed to evaluate the equivalence of the compressive strength of conventional concrete by these methods compared with the traditional model of specimen molding. The methodology was based on an experimental process performed in the laboratory. Four cylindrical specimens and one beam were molded to obtain the compressive strength values of each method (molding of specimens, cores and sclerometer). Test results of specimens, cores and sclerometer were similar, however, the traditional method of molding remains the most reliable.

Keywords: Compressive strength. Proof bodies. Extraction of cores. Sclerometer.

1 Introdução

O concreto é um material resultante da mistura homogênea de um aglomerante (cimento hidráulico, geralmente cimento Portland), agregado miúdo (areia lavada), agregado graúdo (pedra britada), água e aditivos (SAMANIEGO, 2014). Este material, além de ser conhecido como pedra artificial, é parte fundamental dos mais variados projetos de engenharia e um dos elementos estruturais mais utilizados no mundo (SILVA FILHO et al., 2011; VIEIRA FILHO, 2007).

De acordo com Vieira Filho (2007), a resistência mecânica é considerada como o principal método para avaliar a qualidade do concreto estrutural, destacando-se a avaliação da resistência à compressão, que representa um valor potencial no qual o concreto pode atingir quando posto a serviço. A propriedade da resistência à compressão qualifica o concreto mecanicamente, permitindo detectar modificações na uniformidade, proporcionamento e natureza dos materiais por meio de sua variação (PALACIOS, 2012).

De acordo com as pesquisas, à avaliação da resistência à compressão do concreto tem sido de grande interesse, devido às manifestações patológicas que aparecem na maior parte das estruturas, ocasionando reparos em poucos anos de sua construção (CASTRO, 2009).

Existem diferentes técnicas para se avaliar a resistência característica do concreto (f_{ck}), dentre eles, o mais usual é através de ensaios de corpos de prova, moldados durante a concretagem de uma determinada peça estrutural (ESCOBAR; ANDREOTTI; FABRO, 2011). O método tradicional apresenta procedimentos de moldagem e cura padronizados, já que normalmente são realizados e/ou armazenados em um ambiente laboratorial.

A moldagem e o ensaio de corpos de prova são medidas de controle tecnológico do concreto, com o intuito de avaliar se o concreto fresco atende os padrões de qualidade e aceitação final do material (MARTINS; MAIA FILHO, 2015; MAZEPA; RODRIGUES, 2011). Contudo, este método não representa de maneira real o concreto existente numa estrutura, incorrendo na necessidade de se avaliar a resistência à compressão do material *in loco* em diferentes idades, seja por motivos das etapas construtivas, pela previsão da vida útil da estrutura e/ou para promover reforços e/ou reparos (ESCOBAR; ANDREOTTI; FABRO, 2011). Por esta razão, têm-se estudado mais a utilização de ensaios destrutivos e não destrutivos (CASTRO, 2009).

De acordo com a NBR 7680:2015, quando a resistência característica à compressão do concreto não é atingida a partir do resultado negativo dos corpos de prova moldados, é aplicável o planejamento da extração de testemunhos (ensaio destrutivo) de estruturas já executadas.

A extração de testemunhos consiste em retirar amostras cilíndricas de concreto de uma estrutura que apresenta dúvidas quanto à resistência e o desempenho (CASTRO, 2009; MEDEIROS et al., 2017). Segundo Medeiros et al. (2017) e Vieira Filho (2007), o método de extração de testemunhos além de avaliar a resistência da peça estrutural em estudo, pode fornecer outras informações à partir dos testemunhos, tais como: qualidade do concreto, teor de cloretos, homogeneidade, verificação de aderência das armaduras, entre outras. Entretanto, para a realização deste método existe a desvantagem de se atentar a possíveis restrições, tais como: barras de aço próximo a superfície de extração, retiradas de peças de sustentação, geração de volume de entulho, dentre outros; acarretando em custos adicionais a obra, além de retrabalho para consertar uma peça caso a mesma seja danificada (SANTANA; MIRANDA, 2016).

Com a possibilidade de dano numa peça estrutural, é possível adotar ensaios não destrutivos, como a utilização do esclerômetro. Este ensaio pode ser realizado *in loco* e tem como principal característica a não danificação da peça a ser avaliada (ESCOBAR; ANDREOTTI; FABRO, 2011).

O esclerômetro foi criado pelo engenheiro suíço Ernest Schmidt em 1948 para medir a dureza superficial do concreto e correlacionar com a resistência à compressão (THOMAZ, 2007). Câmara (2006) menciona que o esclerômetro é o método não destrutivo mais utilizado na avaliação da resistência *in loco*. Além disso, sua utilização progrediu devido à necessidade de uma melhor avaliação do concreto, onde os ensaios padrão em corpos de prova representam apenas a resistência potencial, diferentemente de um concreto em serviço numa peça estrutural (CASTRO, 2009).

Sem prejudicar a peça a ser analisada, o ensaio pelo esclerômetro apresenta vantagens como maior rapidez de execução, maior quantidade de amostras, disponibilidade imediata de resultados, menores custos e operação simples (EVANGELISTA, 2002; NEPOMUCENO, 1999).

Apesar das vantagens na utilização, o mesmo tem limitações associadas a fatores que podem influenciar os resultados como a carbonatação, tipo de agregado, tipo de acabamento da superfície, proporção do concreto, inclinação do esclerômetro, idade e tipo de cimento (EVANGELISTA, 2002; PALACIOS, 2012; SAMANIEGO, 2014).

Os métodos abordados anteriormente e representados pela Figura 1, apresentam vantagens e desvantagens quanto sua utilização, mas ainda são os mais utilizados no campo da

Engenharia Civil quando o assunto é avaliação da resistência à compressão (CÂMARA, 2006; MAZEPA; RODRIGUES, 2011; VIEIRA FILHO, 2007).



Figura 1 - Métodos de avaliação da resistência à compressão do concreto.

a) Moldagem de corpos de prova no estado fresco, b) Extração de testemunhos, c) Esclerômetro

Fonte: Adaptado de BORTOLINI (2012) e MENEGHETTI (2016).

Diante do cenário científico-tecnológico atual, o método de extração de testemunhos é considerado como o de maior confiabilidade para avaliação da resistência de uma estrutura executada (PALACIOS, 2012). No entanto, o uso do esclerômetro vem sendo incorporado cada vez mais, reforçando a ideia de que ele é uma ferramenta útil para análise de estruturas (CARVALHO et al., 2013; SILVA FILHO et al., 2011). Sendo assim, esta pesquisa teve como foco analisar os métodos de avaliação da resistência à compressão do concreto, sendo eles o método tradicional de moldagem e rompimento de corpos de prova, a extração e rompimento de testemunhos e o esclerômetro.

1.1 Justificativa

A forma mais usual de avaliar a resistência do concreto é através da moldagem de corpos de prova, obtidos a partir de um volume de concreto aplicando na obra. Entretanto, existem métodos que podem avaliar a resistência do concreto *in loco*, os ensaios destrutivos (extração de testemunhos das peças estruturais) e os ensaios não destrutivos (esclerômetro). Contudo algumas pesquisas (PALACIOS, 2012; SAMANIEGO, 2014) indicaram que, dependendo do método de ensaio empregado para avaliar a resistência à compressão do concreto, os resultados podem apresentar uma variabilidade.

Neste contexto, esta pesquisa teve como objetivo avaliar a equivalência da resistência à compressão do concreto convencional entre os métodos propostos (moldagem de corpos de prova, testemunhos e esclerômetro), com o intuito de proporcionar maior confiabilidade na escolha do método quando o assunto é avaliação mecânica de uma estrutura já executada.

2. Materiais e Programa Experimental

O programa experimental desta pesquisa consistiu na investigação laboratorial dos métodos de ensaios destrutivos e não destrutivos para determinação da resistência à compressão do concreto convencional. Estes resultados foram comparados com os resultados da resistência à compressão obtida pelo método tradicional de moldagem dos corpos de prova cilíndricos para avaliar a equivalência entre as resistências à compressão obtidas. Para melhor compreensão do processo experimental e dos métodos propostos para análise, a Figura 2 ilustra o processo experimental dos ensaios.

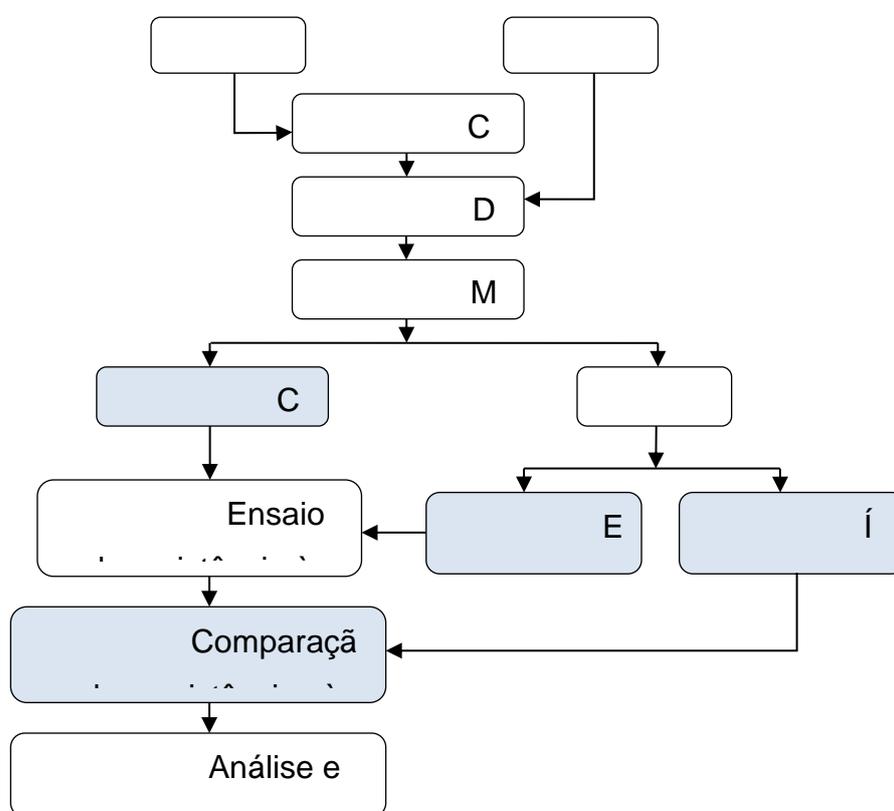


Figura 2 – Fluxograma do processo experimental.

2.1 Materiais

Para a composição do concreto foi utilizado o cimento Portland (CP-V ARI – alta resistência inicial), agregado graúdo natural (brita), agregado miúdo proveniente da areia natural e água. A fôrma para a viga foi confeccionada com chapa compensada plastificada, ripas e sarrafos de madeira. Para as amostras cilíndricas foram utilizados moldes cilíndricos em aço. A fôrma e os moldes cilíndricos receberam uma camada de desmoldante para facilitar a desmoldagem. Não foram empregadas adições minerais e aditivos químicos para as misturas de concreto. Para os ensaios de resistência à compressão, foram utilizados a prensa hidráulica, o esclerômetro e extrator elétrico.

2.2 Métodos

A determinação do traço do concreto foi baseada no método da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) e a caracterização dos materiais (Tabela 1) seguiu as recomendações das NBR 7211:2009 (agregados para concreto), NM 52:2009 e NM 53:2009 para determinação da massa específica e aparente do agregado miúdo e agregado graúdo. O fck (resistência característica do concreto) adotado no cálculo da dosagem foi de 25 MPa conforme preconiza a NBR 6118:2014 (projeto de estruturas de concreto) para a classe de agressividade II (área urbana) e a trabalhabilidade (SLUMP) de 60 ± 10 mm. O traço obtido foi de 1:2,87:2,13:0,60 (cimento:areia:brita:água) para uma resistência de dosagem de 31,6 MPa.

Tabela 1 – Caracterização dos Materiais

	CP V-ARI	Agregado miúdo	Agregado graúdo
Massa específica (g/cm ³)	3,09*	2,71	2,75
Massa unitária (g/cm ³)	--	1,20	1,12
Superfície específica (cm ² /g)	4,45*	--	--
Módulo de finura	--	2,52	5,07
Diâmetro máximo (mm)	--	--	25

Fonte: *CIMENTO ITAMBÉ (2018).

Para realização dos ensaios com o esclerômetro e extração de testemunhos foi confeccionada uma viga nas dimensões de 20x40x100cm. Os corpos de prova cilíndricos foram moldados com o mesmo concreto utilizado na viga, constituído por quatro amostras com dimensões de 10x20cm conforme preconiza a NBR 5738:2015 (procedimento para moldagem e cura de corpos de prova do concreto). A cura da viga e dos corpos de prova foi ao ar, isto é, em local protegido de sol, chuva e ventos. As amostras cilíndricas (moldadas e testemunhos) tiveram sua superfície retificada com disco.

Após sete dias de cura, na face lateral da viga, foi realizado o ensaio de esclerometria com o intuito de obter a resistência à compressão, conforme a NBR 7584:2012 (avaliação da dureza superficial do concreto endurecido). O ensaio pelo esclerômetro é baseado em marcar a área do objeto de estudo com uma malha quadricular, de no máximo 200x200mm para a efetuação de 16 impactos. Estes pontos de impacto devem estar a uma distância mínima de 30mm, conforme Figura 3. Os valores obtidos de cada impacto foram registrados e a média obtida para determinação do índice esclerométrico médio (IE). Com IE, foi determinado o

COMPARATIVO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DO CONCRETO ATRAVÉS DE ENSAIOS
DESTRUTIVOS E NÃO DESTRUTIVOS
ESTACECHEN, Tatiana Alves Cecilio

índice esclerométrico efetivo ($IE\alpha$) conforme a Equação (1). A partir do valor de $IE\alpha$, obteve-se a resistência à compressão em MPa por meio do gráfico no esclerômetro.

$$IE\alpha = k \times IE$$

(Equação 1)

Onde:

$IE\alpha$ = índice esclerométrico efetivo

k = coeficiente de correção obtido da verificação do aparelho

IE = índice esclerométrico médio

a)



b)

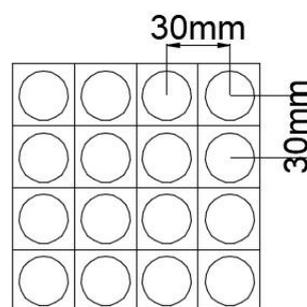


Figura 3 – a) Esclerômetro, b) Pontos de impacto.
Fonte: Adaptado de PROCEQ (2017) e NBR 7584 (2012).

Para a obtenção do coeficiente k, foi necessária a aferição do esclerômetro conforme a NBR 7584:2012 antes de utilizá-lo. A Tabela 2 apresenta as 10 leituras de impactos sobre bigorna de aço para obtenção dos índices esclerométricos individuais. Após os impactos, cada leitura individual não ultrapassou o índice de ± 3 a partir da média. Verificado o aparelho, o coeficiente k foi calculado através da Equação (2).

$$k = \frac{n \times IEnom}{\sum l} \quad \text{(Equação 2)}$$

Onde:

k = coeficiente de correção obtido da verificação do aparelho

n = número de impactos na bigorna de aço

$IEnom$ = índice esclerométrico nominal do aparelho na bigorna de aço, fornecido pelo fabricante

$\sum l$ = somatória das leituras individuais

Tabela 2– Aferição do esclerômetro

L1=81,5	L2=80,5	L3=78	L4=80	L5=80,1
---------	---------	-------	-------	---------

COMPARATIVO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DO CONCRETO ATRAVÉS DE ENSAIOS
DESTRUTIVOS E NÃO DESTRUTIVOS
ESTACECHEN, Tatiana Alves Cecilio

	Somatória
	Média
	± 3
	IE _{nom}
	k

Após o ensaio de esclerometria, foram extraídos quatro testemunhos da mesma viga, nas dimensões de 10x20cm conforme Figura 4, baseado na NBR 7680:2015 (extração, preparo, ensaio e análise de testemunhos de concreto). Estes testemunhos, assim como os corpos de prova moldados, foram ensaiados à resistência de compressão simples, conforme a NBR 5739:2007 (ensaios de compressão de corpos de prova cilíndricos). Os resultados apresentados a seguir foram tratados estatisticamente por meio do desvio padrão e coeficiente de variação e, apresentados por intermédio de tabelas e gráfico para melhor visualização dos dados.

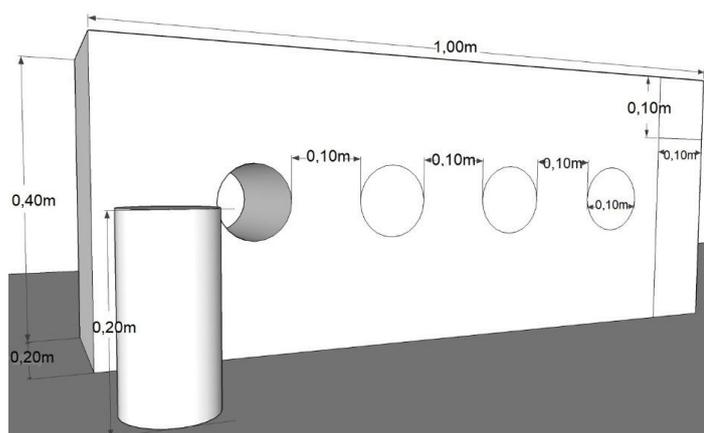


Figura 4 – Representação da posição de extração dos testemunhos.

3 Resultados e Discussão

Obtendo-se os índices esclerométricos individuais dos 16 pontos de impacto, calculou-se o IE. Analisado os valores individuais de cada ponto de impacto, observa-se que alguns valores ficaram afastados em mais de 10% em relação ao IE, conforme Tabela 3.

Tabela 3– Dados para cálculo do IE

Índices Esclerometricos dos pontos de impacto							
1=32	2=27	3=26	4=24	5=25	6=25	7=26	8=30
9=27	10=30	11=32	12=26	13=28	14=26	15=23	16=25
Somatória				432			
IE				27			
10%				NÃO OK (29,7)			

COMPARATIVO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DO CONCRETO ATRAVÉS DE ENSAIOS
DESTRUTIVOS E NÃO DESTRUTIVOS
ESTACECHEN, Tatiana Alves Cecilio

Conforme preconiza a NBR 7584:2012, corrigiu-se o cálculo anterior utilizando os valores individuais dos pontos de impacto que não ficaram afastados em mais de 10% do valor de IE. A Tabela 4 além de ilustrar a correção do IE, mostra que valores individuais dos pontos de impacto ficaram dentro do limite.

Tabela 4 – Correção do IE

Índices Esclerometricos dos pontos de impacto						
P	P3	P4	P5	P6	P7	
2=27	=26	=24	=25	=25	=26	
P	P1	P1	P1	P1	P1	P1
9=27	2=26	3=28	4=26	5=23	6=25	
Somatória			308			
IE			25,7			
10%			OK (28,2)			

Definido o IE e coeficiente k (Equação 2), encontrou-se o valor de $IE\alpha$ de 26,4 por meio da Equação 1. Correlacionando o $IE\alpha$ com a posição do esclerômetro, obteve-se a resistência à compressão da viga por meio do gráfico encontrado no aparelho. A Figura 5 representa o gráfico juntamente com a resistência da viga, neste caso, o valor de 19 MPa.

Finalizado o ensaio pelo esclerômetro, foram feitos os rompimentos dos corpos de prova moldados e os testemunhos para obtenção dos valores de resistência à compressão (fck), conforme preconiza a NBR 5739:2007. Com os valores de resistência, foi calculado a média, o desvio padrão e o coeficiente de variação para as amostras moldadas e extraídas. A Tabela 5 representa os valores de resistências à compressão de todos os métodos analisados, além dos dados estatísticos pelo método de moldagem e de extração.

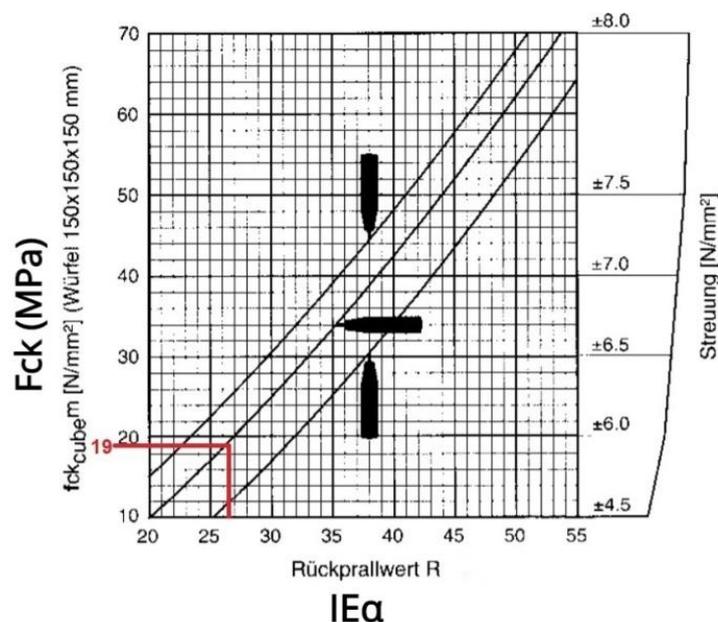


Figura 5 – Correlação entre o índice esclerométrico efetivo e resistência à compressão
Fonte: Adaptado de Proceq (2017).

COMPARATIVO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DO CONCRETO ATRAVÉS DE ENSAIOS
DESTRUTIVOS E NÃO DESTRUTIVOS
ESTACECHEN, Tatiana Alves Cecilio

Tabela 5 – Resistência à compressão dos métodos analisados

	CP Moldados	Testemunhos	Esclerômetro
Fck (MPa)	16,10	15,40	19,00
Desvio padrão	0,56	0,17	--
Coefficiente de variação (%)	3,46	1,12	--

Os resultados comparativos da resistência à compressão entre os métodos destrutivos e não destrutivos avaliados estão ilustrados na Figura 6.

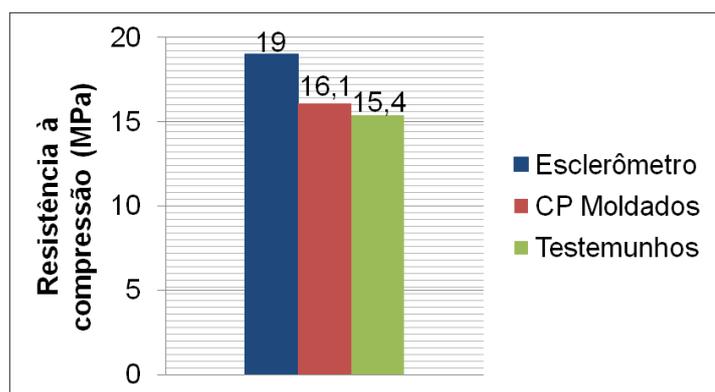


Figura 6 – Comparativo das resistências à compressão.

Nota-se que os valores de resistência ficaram abaixo do que foi determinado na resistência de dosagem. Possivelmente isto se justifica pela alteração do fator água/cimento para se obter a trabalhabilidade (SLUMP) de dosagem do concreto (60 ± 10), cujo valor encontrado foi de 64mm. De acordo com Silva Filho e Helene (2011), a variação na demanda de água pode ser causada pela variabilidade na granulometria, forma e taxa de absorção dos agregados, e/ou variabilidade nas propriedades do cimento. Não se fez a utilização de aditivo químico visto que o concreto não era de categoria especial. Estes resultados não apresentaram relevância, pois o objetivo desta pesquisa foi analisar apenas os métodos de avaliação da resistência, já que a mistura foi a mesma para todas as amostras.

Com os valores de resistência à compressão do concreto foi possível comparar os ensaios destrutivos (testemunhos) e não destrutivos (esclerômetro) com os corpos de prova moldados como referência. Este comparativo mostrou que o esclerômetro teve o valor de resistência maior em 18,01% em relação aos corpos de prova moldados e 23,37% em relação aos testemunhos. Os resultados dos ensaios destrutivos ficaram muito próximos, demonstrando que o valor de resistência dos testemunhos ficou menor em 4,35% comparado com os corpos de prova moldados.

Estes resultados estão coerentes com o estudo de Alves (2017), pois o autor relata que os resultados pelo esclerômetro são superiores quando comparados com os outros ensaios,

relatando ainda que os corpos de prova apresentaram resultados um pouco superiores quando comparados somente aos testemunhos.

4 Conclusões

Diante dos resultados apresentados, conclui-se que entre os três métodos de avaliação da resistência à compressão do concreto, o método de moldagem e rompimento de corpos de prova continua sendo o sistema de avaliação de maior confiabilidade, seguido pelos testemunhos quando se tratando de estruturas já executadas.

Embora tenham apresentado resistência menor em relação aos corpos de prova referência, os testemunhos demonstraram um valor melhor quando relacionados a parâmetros de segurança numa avaliação real da estrutura. Quanto ao ensaio pelo esclerômetro, o método indicou uma majoração nos dados, fazendo com que sua utilização na prática não apresente valores reais de resistência.

5 Referências Bibliográficas

ALVES, Rogério. **Resistência mecânica de concreto de cimento Portland: correlação de ensaio à compressão axial com esclerometria**. 2017. 100 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Univates, Lajeado, 2017. Cap. 6. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10737/1637>>. Acesso em: 31 jul. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738**: Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2015.

_____. **NBR 5739**: Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2007.

_____. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

_____. **NBR 7211**: Agregados para concreto – Especificação. Rio de Janeiro, 2009.

_____. **NBR 7584**: Concreto endurecido – Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2012.

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

_____. **NBR NM 52**: Agregado miúdo – Determinação de massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2009.

_____. **NBR NM 53**: Agregado Graúdo – Determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água. Rio de Janeiro, 2009.

BORTOLINI, Rafaela. **Concreto: corpos-de-prova**. 2012. Elaborado pelo site do Estágio Supervisionado em Obra, do curso de Arquitetura e Urbanismo da UFRGS. Disponível em: <<https://www.ufrgs.br/eso/content/?p=992>>. Acesso em: 22 maio 2018.

CÂMARA, Everlei. **Avaliação da resistência à compressão de concretos utilizados na Grande Florianópolis através de ensaios não destrutivos**. 2006. 193 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006. Cap. 8. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/89437>>. Acesso em: 24 abr. 2018.

CARVALHO, C. H. et al. **Estudo comparativo das técnicas não destrutivas de ultrassom e esclerometria na avaliação do desempenho mecânico de estruturas em concreto armado**. Conpat, Colômbia, v. 1, n. 1, p.1-10, set. 2013. XII Congreso Latinoamericano de Patología de la Construcción y XIV Congreso de Control de Calidad en la Construcción.

CASTRO, Elisângela de. **Estudo da resistência à compressão do concreto por meio de testemunhos de pequeno diâmetro e esclerometria**. 2009. 122 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2009. Cap. 8. Disponível em: <<https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/14137>>. Acesso em: 12 abr. 2018.

CIMENTO ITAMBÉ (Curitiba). **Relatório de ensaios**. 2018. Disponível em: <<http://www.cimentoitambe.com.br/relatorios-de-ensaio/>>. Acesso em: 20 jun. 2018.

ESCOBAR, Celcio José; ANDREOTTI, Darlinton; FABRO, Gilmar. **Avaliação de desempenho do ensaio de esclerometria na determinação da resistência do concreto endurecido**. Ibracon, Salvador, v. 1, n. 1, p.1-16, set. 2011. Anual. Anais do 50º Congresso Brasileiro do Concreto 2008.

EVANGELISTA, Ana Catarina Jorge. **Avaliação da Resistência do Concreto Usando Diferentes Ensaio Não Destrutivos**. 2002. 219 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Pós Graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002. Cap. 6.

MARTINS, Adriel Shumacher Fernandes da Silveira; MAIA FILHO, Hercilio Macena. **Verificação da resistência do concreto “in loco”: métodos de ensaios mais usuais**. Vetor, Rio Grande, v. 25, n. 2, p.25-40, jun. 2015. Disponível em: <<https://periodicos.furg.br/vetor/article/view/4794>>. Acesso em: 25 maio 2018.

MAZEPA, Romualdo Chaiben; RODRIGUES, Tissiane de Castro. **Estudo comparativo entre corpos de prova cilíndrico e cúbico para o ensaio de resistência a compressão axial**. 2011. 50 f. TCC (Graduação) - Curso de Curso Superior de Tecnologia em Concreto, Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2011. Cap. 5. Disponível em: <<http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/1401>>. Acesso em: 24 maio 2018.

MEDEIROS, Marcelo Henrique Farias de et al. **Resistência a compressão em testemunho de concreto: influência do fator de esbeltez, diâmetro da amostra e método de extração.** Reec - Revista Eletrônica de Engenharia Civil, [s.l.], v. 13, n. 1, p.240-250, 29 mar. 2017. Universidade Federal de Goiás. <http://dx.doi.org/10.5216/reec.v13i1.41073>. Disponível em: <<https://www.revistas.ufg.br/reec/article/view/41073>>. Acesso em: 25 maio 2018.

MENEGHETTI, Leila Cristina. **DIAGNÓSTICO: pesquisa de antecedentes, inspeção e estudo.** São Paulo: Usp, 2016. 24 slides, color.

NEPOMUCENO, Miguel Costa Santos. **Ensaio Não Destrutivo em Betão.** 1999. 430 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade da Beira Interior, Covilhã, 1999. Cap. 11. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/280042317>>. Acesso em: 24 abr. 2018.

PALACIOS, Maria del Pilar Guzman. **Emprego de ensaios não destrutivos e de extração de testemunhos na avaliação da resistência à compressão do concreto.** 2012. 165 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2012. Cap. 5. Disponível em: <<http://repositorio.unb.br/handle/10482/11593>>. Acesso em: 10 mar. 2018.

PROCEQ (Suíça). **MARTELO PARA TESTE DE CONCRETO (ESCLERÔMETRO).** 2017. Disponível em: <<https://www.proceq.com/pt/compare/schmidt-esclerometros/>>. Acesso em: 02 jul. 2018.

SAMANIEGO, Yulena Tatiana Moreno. **Ensaio não destrutivo para avaliação da resistência do concreto: estudo de aplicações em obras.** 2014. 182 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2014. Cap. 5. Disponível em: <<http://repositorio.unb.br/handle/10482/16716>>. Acesso em: 10 mar. 2018.

SANTANA, Caio Henrique Santos; MIRANDA, Rodrigo Manzan. **Análise comparativa da resistência à compressão aferida por métodos não destrutivos.** Ucb, Brasília, v. 1, n. 1, p.1-35, 17 jun. 2016. Disponível em: <<https://repositorio.ucb.br/jspui/handle/123456789/8193>>. Acesso em: 22 maio 2018.

SILVA FILHO, L. C. P. da et al. **Estudos de caso sobre avaliação de estruturas de concreto através da utilização de ensaios não destr.** Revista de La Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de La Const, Mérida, v. 1, n. 3, p.186-198, 21 set. 2011. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=427639587002>>. Acesso em: 14 mar. 2018.

SILVA FILHO, Luiz Carlos Pinto da; HELENE, Paulo. **Análises de estruturas de concreto com problemas de resistência e fissuração.** Concreto: Ciência e Tecnologia: IBRACON, S.i., v. 2, n. 32, p.1-46, out. 2011.

THOMAZ, Eduardo C. S. **Esclerômetro.** 2007. 53 slides, color. Notas de Aula do Instituto Militar de Engenharia.

COMPARATIVO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DO CONCRETO ATRAVÉS DE ENSAIOS
DESTRUTIVOS E NÃO DESTRUTIVOS
ESTACECHEN, Tatiana Alves Cecilio

VIEIRA FILHO, José Orlando. **Avaliação da resistência à compressão do concreto através de testemunhos extraídos: contribuição à e.** 2007. 2 v. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia de Construção Civil, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007. Cap. 5. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-26102007-144854/pt-br.php>>. Acesso em: 14 mar. 2018.