CBPAT 2020 ANAIS
CONGRESSO BRASILEIRO DE PATOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES
DE 15 A 17 DE ABRIL | FORTALEZA - CE
http://dx.doi.org/10.4322/CBPAT.2020.007
ISBN 978-65-86819-05-2

COMPARAÇÃO ENTRE A UTILIZAÇÃO DE MÉTODOS NÃO DESTRUTIVOS E SEMI-DESTRUTIVOS NA AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA DE ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO

N. M. B. MOTA
Engenheira Civil/Professora
UniCEUB/FATECS
Brasília/DF; Brasil
Neusa.mota@ceub.edu.br

G. A. D. BAHIA
Engenheira Civil/Professora
UniCEUB/FATECS
Brasília/DF; Brasil
gabriela.bahia@ceub.edu.br

C. A. D. BAHIA
Arquiteta
UniCEUB/FATECS
Brasília/DF; Brasil
carolduboc@gmail.com

R. G. RODRIGUES
Engenheira Civil
UniCEUB/FATECS
Brasília/DF/ Brasil
Rayssagomes13@hotmail.com

RESUMO

Este trabalho apresenta uma análise comparativa entre os resultados de ensaios semi-destrutivos de extração de testemunhos e de ensaios de esclerometria, realizados em uma edificação situada em Brasília. O trabalho tem como objetivo apresentar metodologias de ensaios complementares para a determinação da resistência à compressão do concreto de forma a auxiliar no diagnóstico e prognóstico de edificações. Os ensaios foram realizados em duas vigas, de forma que as localizações dos ensaios de extração fossem coincidentes com as localizações dos ensaios esclerométricos. Foi removido um total de três testemunhos e realizados seis ensaios esclerométricos em cada viga. Os resultados obtidos permitiram observar uma diferença de até 42,6% da resistência obtida pelos dois diferentes ensaios. Dessa forma, observa-se que o método esclerométrico não deve ser considerado substituto de outros métodos, mas um método adicional ou um ensaio complementar.
Palavras-chave: ensaios não destrutivos, esclerometria, resistência a compressão.

ABSTRACT

This paper presents a comparative analysis between the results of semi-destructive test of the extraction of testimonies carried out and sclerometry testes permormed in a building located in Brasília. The objective of this paper is to present complementary testing methodologies to determine the compressive strength of concrete to assist in the diagnosis and prognosis of buildings. The tests were performed on two beams, so that the locations of the test extraction assays were coincident with the locations of the sclerometric assays. A total of three cores were removed and six sclerometric tests were performed on each beam. The results obtained showed a difference of up to 29.5% of the resistance obtained by the two different tests. Thus, it is noted that the sclerometric method should not be considered as a substitute for other methods, but an additional method or a complementary test.
Keywords: non-destructive testing, sclerometry, compressive strenght.

1. INTRODUÇÃO

Devido ao fato de Brasília apresentar uma idade superior a cinquenta anos, existe uma preocupação em relação a estruturas de concreto armado das edificações, muitas vezes aparente, de atestar a sua durabilidade e verificar o seu estado de degradação.

Uma das alternativas para a análise de deterioração de estruturas se faz por meio da utilização de métodos não destrutivos e semi-destrutivos. De acordo com Mehta e Monteiro (2008) esses métodos podem ser utilizados para a localização de fissuras, falhas, imperfeições e danos em meios heterogêneos como o concreto, podendo também detectar áreas insalubres.

ISBN 978-65-86819-05-2

Além disso, os referidos ensaios fornecem disponibilidade imediata dos resultados, rapidez na execução garantindo a redução do custo com manutenção, uma vez que permitem a identificação de futuras manifestações patológicas (MENEGHETTI, 2009).

Dentre os métodos existentes, destacam-se, neste trabalho, o ensaio esclerométrico, para a determinação da dureza superficial do concreto e o ensaio de resistência à compressão axial em testemunhos de estrutura de concreto.

O esclerômetro é um aparelho que permite obter *in loco*, de forma simples e não destrutiva, a dureza superficial do concreto para se chegar à estimativa de resistência à compressão desses elementos (MEDEIROS E PEREIRA, 2012).

O ensaio consiste em uma massa rígida (martelo de Schimidt) que após ser impulsionada por uma mola se choca contra uma superfície através de uma haste com ponta em forma esférica. A energia deste impacto é, em parte, absorvida na deformação permanente da superfície e, em parte, conservada elasticamente, proporcionando uma força de reação contrária ao golpe aplicado, conforme a NBR 7584 (ABNT, 1995).

Por meio dessa força de repulsão e retorno do martelo se avalia o índice esclerométrico. Concluindo-se que, quanto maior a rigidez do concreto menor a sua deformação e maior a energia de reação proporcionando um maior índice esclerométrico.

Por se tratar de um ensaio de resistência superficial, os resultados obtidos são apenas representativos para uma camada de até 5 cm de profundidade. No entanto, o ensaio é útil para estimar a homogeneidade do concreto, estimar a resistência e verificar sobre a necessidade de realizar novos ensaios mais precisos, conforme a NBR 7584 (ABNT, 1995).

O ensaio de compressão axial simples é realizado para obter a resistência do concreto a compressão, permitindo a avaliação da segurança estrutural de obras em andamento, nos casos de não conformidade da resistência à compressão do concreto com os critérios da NBR 12655 (ABNT, 2015), e verificação da segurança estrutural em obras existentes, tendo em vista a execução de obras de *retrofit*, reforma, mudança de uso, incêndio, acidentes, colapsos parciais e outras situações em que a resistência à compressão do concreto deva ser desconhecida.

O equipamento utilizado para a extração de testemunhos deve permitir a obtenção de amostras homogêneas e íntegras do concreto da estrutura e, a máquina para a realização do ensaio de compressão deve atender aos valores máximos admissíveis determinados pela NBR NM ISO 7500-1 (ABNT, 2016).

Dessa forma, este trabalho tem o intuito de apresentar como as metodologias descritas acima podem auxiliar no diagnóstico e prognósticos das edificações. Para isso, foi realizada uma análise comparativa, em uma edificação comercial situada no Distrito Federal, entre os resultados de dureza superficial do concreto, para estimativa da resistência, por meio de ensaio esclerométrico com os resultados de resistência à compressão axial obtidos através de ensaios de resistênca à compressão axial em testemunhos da estrutura de concreto extraído de vigas.

2. METODOLOGIA

2.1 Localização e descrição das áreas ensaiadas

O estudo de caso foi realizado em uma edificação comercial situada no Setor Terminal Norte – 716 Conjunto C – Brasília/DF.

Os ensaios de esclerometria e de extração de corpo-de-prova foram realizados em vigas de concreto armado, de forma que os dois ensaios fossem realizados na mesma localização das vigas, procedendo-se primeiro ao ensaio de esclerometria para posteriormente realizar a extração de testemunhos.

Os ensaios foram realizados em 6 (seis) diferentes áreas, sendo 3 (três) delas realizadas em uma viga, situada na Região 1, e as outras 3 (três) áreas em outra viga, situada na Região 2, conforme Figuras 1 e 2.

ISBN 978-65-86819-05-2

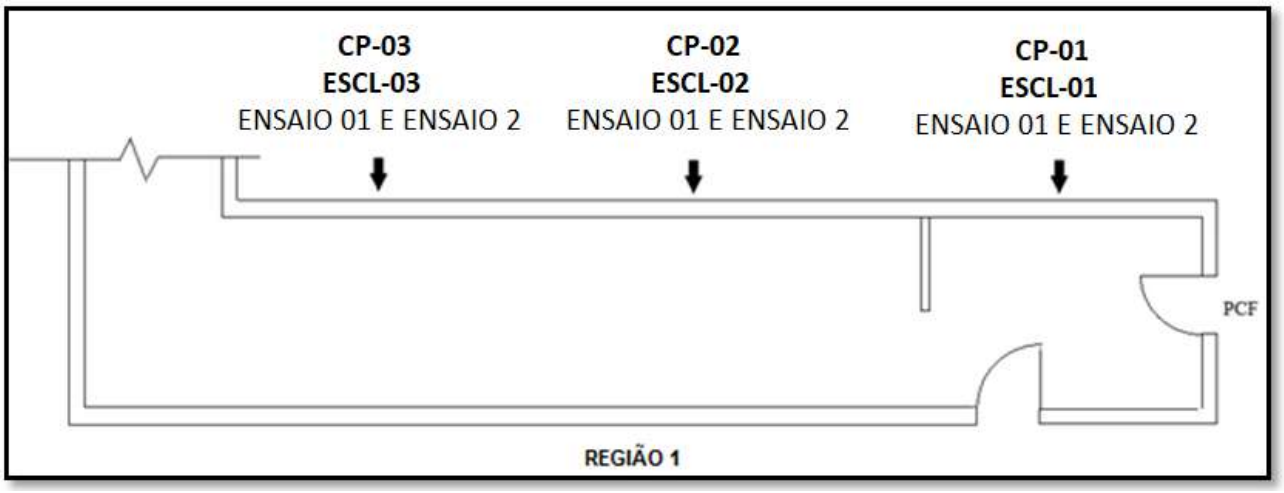


Figura 1: Localização em planta dos ensaios realizados – Região 1

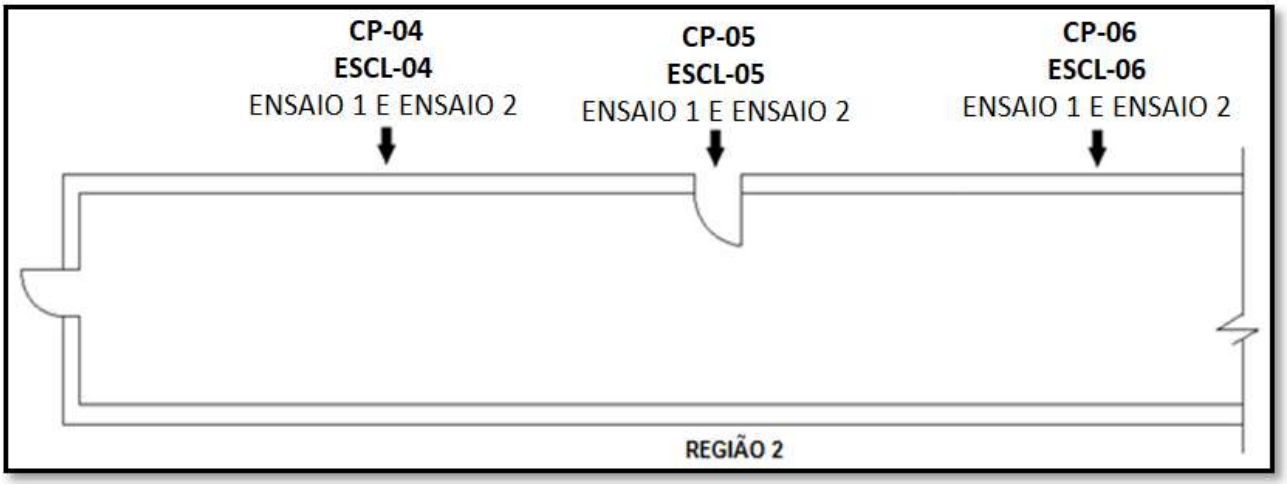


Figura 2: Localização em planta dos ensaios realizados – Região 2

2.2 Procedimento dos ensaios realizados

2.2.1 Esclerometria

As superfícies a serem ensaiadas foram lixadas com pedra de carborundum a fim de retirar a camada de impurezas, umidade atmosférica e possíveis imperfeições da superfície do concreto. Dessa forma, a pedra foi pressionada contra a superfície em movimentos circulares até se obter uma superfície homogênea e suficientemente plana para a execução do ensaio, ficando a superfície regular para a realização do ensaio esclerométrico.

As áreas ensaiadas estavam afastadas das regiões afetadas por manifestações patológicas no concreto, concentração excessiva de armadura, juntas de concretagem, arestas, etc. Foram evitadas regiões no meio do vão de vigas e regiões próximas aos apoios dos elementos estruturais.

A definição da área ensaiada foi realizada considerando duas malhas de 20 cm x 20 cm, desenhadas com giz de cera para melhor direcionamento do ensaio.

A execução do ensaio compreendeu um total de 16 pontos ensaiados dentro de cada malha, conforme observado nas figuras 3a e 3b, de forma a garantir o espaçamento mínimo de 3 cm entre cada ponto e evitando-se golpes sobre agregados, armaduras, bolhas ou qualquer outro fator que interfirisse no resultado. Não foi permitida a ocorrência de mais de um golpe sobre o mesmo local.

ISBN 978-65-86819-05-2

(a) (b)

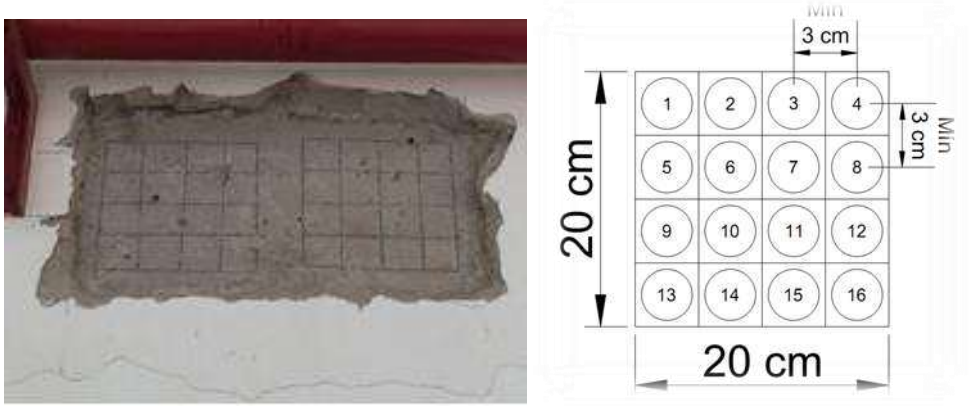


Figura 3: (a) Malha executada em campo; (b) Detalhe da malha

Destaca-se que os ensaios de esclerometria foram realizados com o esclerômetro na posição horizontal, ou seja, com angulação de 0°, conforme pode ser observado na Figura 4.



Figura 4: Posição horizontal

A utilização do martelo se deu de forma simples, sendo pressionado com a ponta ortogonal à superfície de forma a comprimir totalmente a mola interna do aparelho, consequentemente esta mola solta-se após certa pressão e realiza-se um golpe na superfície do elemento ensaiado. A leitura foi realizada no próprio medidor do martelo e anotada na caderneta de campo, junto com o tipo, nome ou número do elemento que estava sendo ensaiado.

2.2.2 Análise esclerométrica

Primeiramente procedeu-se a média aritmética dos 16 (dezesseis) índices esclerométricos, desprezando-se todo índice que estava afastado em mais de 10% do valor médio obtido, para mais ou para menos o valor da média. Em seguida calculou-se novamente a média aritmética com os índices que sobraram, continuando este processo de exclusão de valores até todos os valores estarem dentro do limite estabelecido.

O índice esclerométrico médio calculado foi utilizado para estimar a dureza superficial do concreto. Para isso, obteve-se o valor no gráfico 1, de acordo com a posição do equipamento no ensaio em campo.

ISBN 978-65-86819-05-2

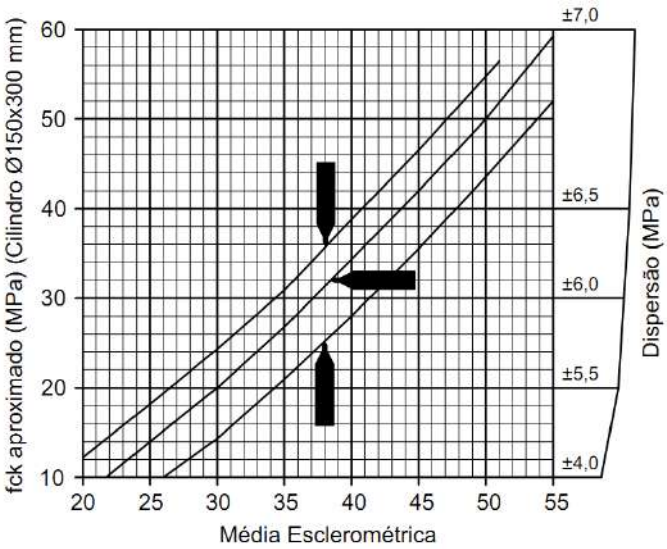


Gráfico 1: Correlação Esclerometria

A definição da resistência aproximada do concreto foi obtida pelas equações apresentadas abaixo, Eq. 1, Eq. 2 e Eq. 3, levando em consideração a variação de ± 4,0 para resultados entre 10 MPa e 20 MPa, ± 5,5 para resultados entre 40 MPa e 60 MPa e ± 7,0 para resultados superiores a 60 MPa.

$$fck=0{,}009.média^2+0{,}799.média-6{,}8107 \quad (1)$$

$$fck=0{,}0095.média^2+0{,}7324.média-10{,}371 \quad (2)$$

$$fck=0{,}0091.média^2+0{,}7438.média-16{,}274 \quad (3)$$

Onde:
fck = resistência característica do concreto à compressão, em MPa;
média = média dos índices esclerométricos obtidos.

2.2.3 Extração de testemunhos

A posição (Figura 5) e a quantidade das extrações de testemunhos nas vigas seguiram as determinações do consultor da obra, sendo realizadas no total 6 (seis) extrações de corpo de prova, sendo uma extração para cada duas malhas de esclerometria realizadas.



Figura 5: Posição da extração do testemunho

Os testemunhos foram extraídos a uma distância maior ou igual ao seu diâmetro com relação às bordas do elemento estrutural ou as juntas de concretagem. As distâncias mínimas entre as bordas das perfurações não foram inferiores a um diâmetro do testemunho, e não foram cortadas armaduras.

ISBN 978-65-86819-05-2

A retirada dos testemunhos, após o corte, foi realizada de forma a garantir um esforço ortogonal ao eixo do testemunho, em seu topo, rompendo o concreto em sua base. Antes de caracterizar os testemunhos ensaiados, estes foram cortados, utilizando serra diamantada dotada de refrigeração à água (retifica) para: correção da relação altura/diâmetro; retirada de materiais, como manta de impermeabilização; obtenção de paralelismo entre os tipos e sua ortogonalidade com as geratrizes.

A determinação das massas dos testemunhos foi realizada de duas formas, a saber: quando os topos dos testemunhos foram regularizados por retífica, a determinação da massa se deu após o corte do testemunho e a retífica dos topos; quando os topos dos testemunhos foram regularizados por capeamento, a determinação da massa foi feita após o corte dos testemunhos e antes do capeamento.

Os diâmetros utilizados para o cálculo das áreas das seções transversais foram obtidos por meio das médias de duas medidas ortogonalmente opostas, realizadas na metade das alturas dos testemunhos, com exatidão de 0,1 mm. Os comprimentos dos testemunhos foram obtidos por meio das médias de três determinações, realizadas com exatidão de 0,1 mm, em geratrizes aproximadamente equidistantes entre si. Essas medidas foram tomadas apís a retífica dos topos. Os volumes dos testemunhos foram obtidos conforme a NBR 7680-1 (ABNT, 2015), a partir das medidas médias do diâmetro e altura.

2.2.4 Ensaio de compressão axial simples

Para a realização do ensaio de compressão axial simples centralizou-se o corpo de prova capeado no prato inferior, com o auxílio de círculos concêntricos de referência.

Posteriormente, aplicou-se uma carga gradual até atingir a resistência máxima do corpo de prova, sendo esta identificada quando houvesse queda de força que indicasse sua ruptura.

Em seguida, observou-se o tipo de ruptura do corpo de prova, e calculou-se a resistência à compressão do concreto, dividindo a carga da ruptura pela área da seção transversal do corpo de prova, sendo o resultado expresso com aproximação de 0,1 MPa.

3. RESULTADOS

3.1 Esclerometria

Os resultados estão apresentados em ordem numérica crescente, Quadros 1 e 2, referente ao número da área delimitada para o ensaio, sua localização está apresentada nas figuras 1 e 2, do item 2 deste artigo.

Quadro 1: Resultado da esclerometria na região 1

LEITURA	**ELEMENTOS**					
	ESCL 01		ESCL 02		ESCL 03	
	ENSAIO 01	ENSAIO 02	ENSAIO 01	ENSAIO 02	ENSAIO 01	ENSAIO 02
1	44	44	52	44	48	50
2	50	44	38	44	48	51
3	48	46	42	46	48	48
4	40	48	44	46	54	46
5	44	48	44	52	48	48
6	44	46	50	42	48	48
7	42	36	44	44	54	45
8	44	42	42	50	50	51
9	46	48	44	40	56	54
10	50	50	40	42	48	54
11	50	42	44	40	48	49
12	42	46	40	44	56	54
13	48	42	44	40	48	52

ISBN 978-65-86819-05-2

Quadro 1: Resultado da esclerometria na região 1 (Continuação)

LEITURA	ELEMENTOS					
	ESCL 01		ESCL 02		ESCL 03	
	ENSAIO 01	ENSAIO 02	ENSAIO 01	ENSAIO 02	ENSAIO 01	ENSAIO 02
14	46	46	36	44	48	48
15	48	40	44	44	47	50
16	48	40	42	44	53	44
MÉDIA	45,9	44,3	43,1	44,1	50,1	49,5
DESVIO PADRÃO	3,1	3,7	3,9	3,3	3,2	3,1
IE	46,3	44,4	42,8	43,1	49,3	49,9
Fck (MPa)	43,9 ± 6,5	40,9 ± 6,5	38,4 ± 6,0	38,9 ± 6,0	48,8 ± 6,5	49,8 ± 6,5

Observa-se pelo Quadro 1, que para o ensaio 01 obtido para a esclerometria 01, os valores de resistência estimados abaixo de 41,3 MPa e acima de 50,5 MPa foram descartados, sendo a média de 46,3 MPa obtida com os valores obtidos dentro do intervalo de 41,3 MPa a 50,5 MPa. Isso pode ser observado também para os demais ensaios, sendo a delimitação para a determinação da média para o ensaio 02, escl. 01, o intervalo de 39,9 MPa a 48,7 MPa; ensaio 01, escl. 02, intervalo de 38,8 MPa e 47,4 MPa; ensaio 02, escl. 02, intervalo de 39,7 MPa a 48,8 MPa; ensaio 01, escl. 03, intervalo de 45,1 MPa a 55,1 MPa; ensaio 02, escl. 03, intervalo de 44,6 MPa a 54,5 MPa.

Observadas as médias obtidas do índice esclerométrico (IE) para cada conjunto de dois ensaios, observa-se que para o ESCL 01, a resistência a compressão do concreto foi de 45,4 MPa, para ESCL 02, de 43,0 MPa e para o ESCL 03, de 49,6 MPa. Todos esses valores de resistência foram obtidos para um mesmo elemento de viga. Dessa forma, é possível observar uma variabilidade máxima de resistência de 13,3%, que apesar de ser um valor considerável, corresponde a um desvio padrão de 3,0 a 3,8, não representando uma variação significativa devido a proximidade dos intervalos.

Nota-se que os resultados de resistência a compressão apresentaram valores da ordem de 40 MPa, o que pode não representar a resistência ideal do concreto. Isso pode ter ocorrido devido ao posicionamento do equipamento em regiões de concentração de agregados, o que pode acarretar em uma média elevada para a real resistência do concreto.

Quadro 2: Resultado da esclerometria na região 2

LEITURA	ELEMENTOS					
	ESCL 04		ESCL 05		ESCL 06	
	ENSAIO 01	ENSAIO 02	ENSAIO 01	ENSAIO 02	ENSAIO 01	ENSAIO 02
1	46	42	48	44	43	44
2	40	40	49	52	42	47
3	42	42	44	42	46	46
4	40	40	52	50	46	46
5	44	41	40	42	40	48
6	41	46	48	48	50	49
7	44	43	48	52	44	46
8	44	40	38	44	38	50
9	40	43	40	43	44	50
10	44	40	40	42	40	44
11	50	45	34	32	42	43
12	45	44	36	46	54	45
13	40	40	46	48	48	44
14	40	41	32	48	44	48
15	53	40	48	34	45	45
16	43	41	46	42	44	51
MÉDIA	43,5	41,8	43,1	44,3	44,4	46,6

ISBN 978-65-86819-05-2

Quadro 2: Resultado da esclerometria na região 2 (Continuação)

LEITURA	ELEMENTOS					
	ESCL 04		ESCL 05		ESCL 06	
	ENSAIO 01	ENSAIO 02	ENSAIO 01	ENSAIO 02	ENSAIO 01	ENSAIO 02
DESVIO PADRÃO	3,8	1,9	6,0	5,6	4,0	2,5
IE	42,4	41,5	42,7	44,4	43,7	46,6
Fck (MPa)	37,7 ± 6,0	36,3 ± 6,0	38,2 ± 6,0	40,8 ± 6,5	39,8 ± 6,0	44,4 ± 6,5

Observa-se pelo Quadro 1, que para o ensaio 01 obtido para a esclerometria 04, os valores de resistência estimados abaixo de 39,2 MPa e acima de 47,9 MPa foram descartados, sendo a média de 43,5 MPa obtida com os valores obtidos dentro do intervalo de 39,2 MPa a 47,9 MPa. Isso pode ser observado também para os demais ensaios, sendo a delimitação para a determinação da média para o ensaio 02, esclerometria 04, o intervalo de 37,6 MPa a 46,0 MPa; ensaio 01, esclerometria 05, intervalo de 38,8 MPa e 47,4 MPa; ensaio 02, esclerometria 05, intervalo de 39,9 MPa a 48,8 MPa; ensaio 01, esclerometria 06, intervalo de 40,0 MPa a 48,8 MPa; ensaio 02, esclerometria 06, intervalo de 41,9 MPa a 51,3 MPa.

Observadas as médias obtidas do índice esclerométrico (IE) para cada conjunto de dois ensaios, observa-se que para o ESCL 04, a resistência a compressão do concreto foi de 42,0 MPa, para ESCL 05, de 43,6 MPa e para o ESCL 06, de 45,2 MPa. Todos esses valores de resistência foram obtidos para um mesmo elemento de viga (localizada na região 2). Dessa forma, é possível observar que não houve grande variabilidade de resultados de resistência, representando uma variação máxima de 4,7%, sendo considerada uma variação aceitável, o que corresponde a um desvio padrão com desvio padrão variando de 1,9 a 6,0.

Nota-se também que os resultados de resistência a compressão do concreto apresentaram valores altos da ordem de 40 MPa. Isso pode ter ocorrido devido ao concreto analisado apresentar um elevado teor de agregados graúdos, posicionando valores de resistência superiores, o que pode produzir uma média elevada para a resistência real do concreto.

Isso pode ter ocorrido devido ao concreto analisado apresentar um elevado teor de agregados graúdos, posicionando valores de resistência superiores, o que pode produzir uma média elevada para a resistência real do concreto.

3.2 Ensaio de resistência a compressão simples do concreto

Os resultados de resistência à compressão simples dos corpos de prova estão apresentados no Quadro 3. As numerações dos testemunhos correspondem a mesma numeração do ensaio esclerométrico.

Quadro 3: Resultados de resistência a compressão simples do concreto

CORPO DE PROVA	ELEMENTOS				
	RESISTÊNCIA (MPa)	**FORÇA (kN)**	**COMPRIMENTO (cm)**	**DIÂMETRO (cm)**	**MASSA (g)**
CP-01	36,9	289,60	19,7	10	3711,7
CP-02	41,5	325,80	19,5	10	3675,8
CP-03	38,7	303,80	19,6	10	3592,2
CP-04	24,1	189,15	19,5	10	3574,9
CP-05	44,8	352,00	19,3	10	3589,7
CP-06	35,7	280,00	19,9	10	3674,6

Por meio do quadro 3 é possível observar que a variação máxima dos resultados de resistência a compressão simples do concreto para a viga da região 1, que engloba os resultados de CP-01, CP-02 e CP03 foi de 11,1%, correspondendo a uma média de resistência a compressão de 39 MPa, desvio padrão de 2,3 e coeficiente de variação de 0,06 e para a viga situada na região 2, CP-04, CP-05 e CP-06, foi de 46,2%, o que corresponde a uma média de 34,9 MPa, desvio padrão de 10,4 e coeficiente de variação de 0,3.

ISBN 978-65-86819-05-2

Dessa forma, é possível notar que a variação dos resultados foi expressiva para a viga situada na região 2, enquanto para a viga situada na região 1 a variação dos resultados não foi significativo.

Para melhor entendimento dos resultados, apresenta-se a seguir o gráfico 2, com os resultados comparativos dos ensaios de esclerometria e dos de resistência a compressão simples para cada área ensaiada.

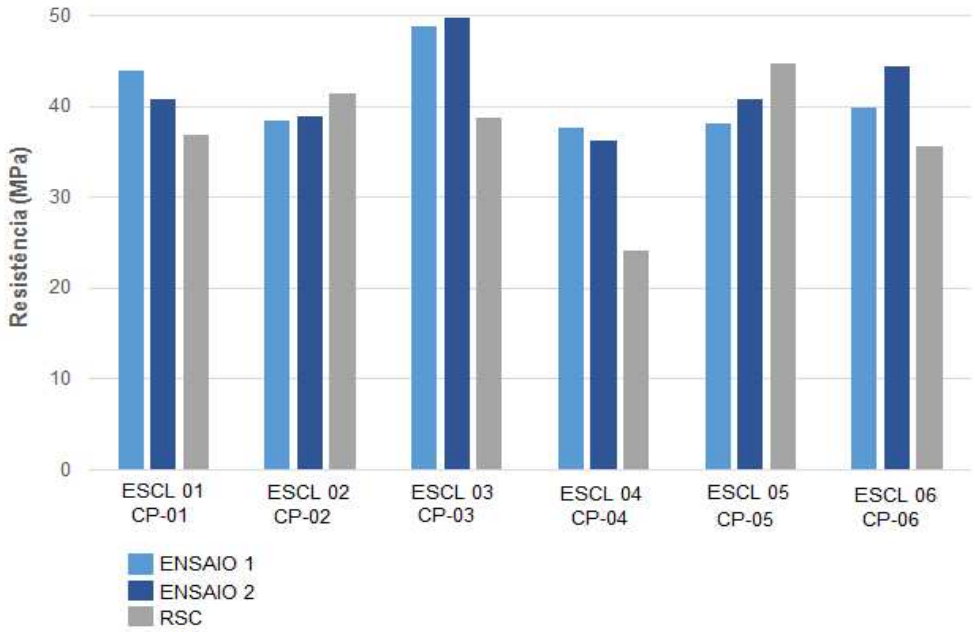


Gráfico 2: Resultados comparativos entre esclerometria e resistência a compressão simples do concreto

Observa-se por meio do gráfico 2 que a área em que houve maior discrepância entre os resultados de resistência obtidos por meio do ensaio esclerométrico e do ensaio de resistência a compressão simples foi ocorrido para a viga situada na região 2, esclerometria 4 e CP-04, seguida do resultado da esclerometria 3 e CP-03, viga situada na região 1. Essas discrepâncias foram de 17,9 MPa, representando 42,6% em relação ao resultado obtido pelo ensaio de compressão simples e, diferença de 10,9 MPa, representando 22,0% de diferença em relação ao resultado de compressão simples, respectivamente.

Esses resultados podem ser mais bem observados nos Gráficos 3 e 4, dispostos a seguir.

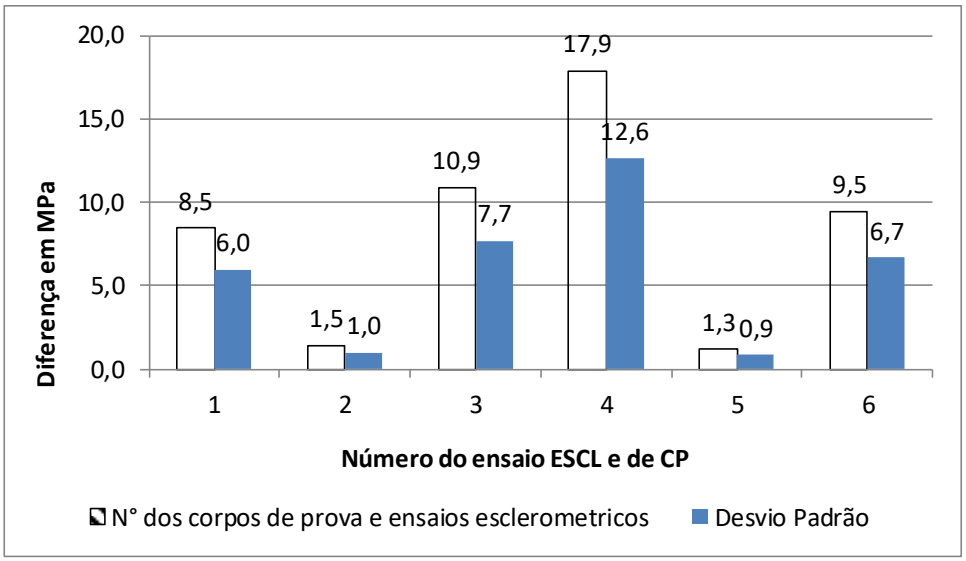


Gráfico 3 – Diferença em MPa dos resultados obtidos por meio da esclerometria e do ensaio de compressão simples

ISBN 978-65-86819-05-2

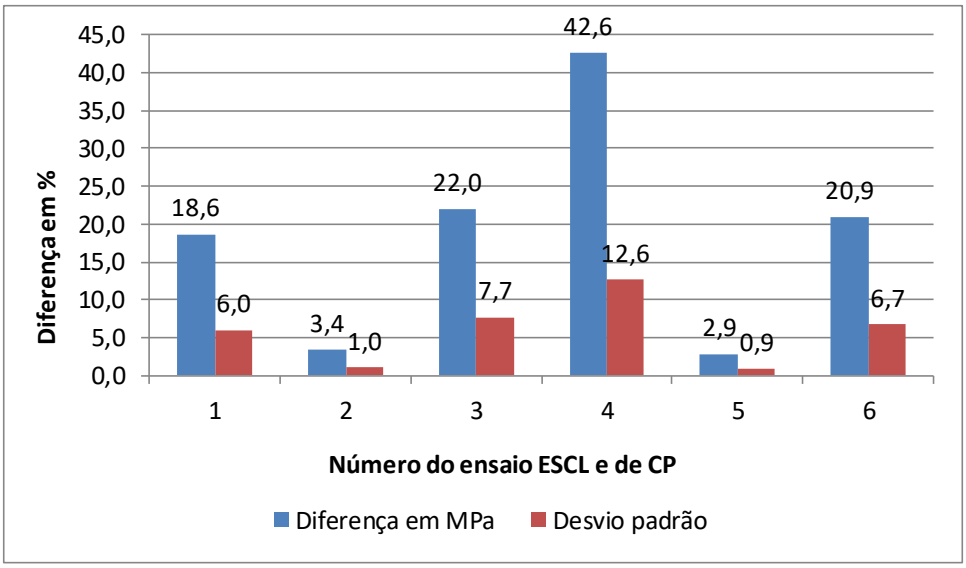


Gráfico 4 – Diferença em % dos resultados obtidos por meio da esclerometria e do ensaio de compressão simples

Observa-se nos Gráficos acima que a diferença entre os valores previstos para a resistência característica do concreto a compressão por meio do ensaio esclerométrico e por meio do ensaio a compressão simples do concreto foram elevados, para os ensaios de ESCL01 e CP-01, ESCL03 e CP-03, ESCL04 e CP-04 e ESCL06 e CP-06, sendo consideradas aceitáveis as variações apenas para os ensaios ESCL02 e CP-02 e ESCL05 e CP-05.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados de resistência à compressão do concreto obtidos por meio do ensaio de esclerometria apresentaram grande variabilidade quando observadas as médias dos resultados da ESCL 01 (45,4 MPa), ESCL 02 (43,0 MPa) e ESCL 03 (49,6 MPa) para a viga situada na região 1, sendo essa variabilidade de 13,3%, e pequena variabilidade quando comparadas as médias da ESCL 04 (42,0 MPa), ESCL 05 (43,6 MPa) e ESCL 06 (45,2 MPa) para a viga situada na região 2, variabilidade máxima de 4,7%.

Apesar da grande variabilidade dos resultados obtidos o uso do método não deve ser descartado, pois auxilia na avaliação da resistência a compressão do concreto. Além disso, com maior conhecimento da composição do concreto analisado e com a utilização de um campo amostral maior, mais acurados podem ser os resultados fazendo uso das curvas de correlação com os materiais utilizados.

Por meio da análise comparativa entre os valores de resistência à compressão do concreto obtidos por meio da esclerometria e por meio do ensaio a compressão simples do concreto observou-se uma grande variabilidade nos resultados, atingindo uma diferença de até 17,9 MPa, representando 42,6% para o ESCL04 e CP-04.

Dessa forma, observa-se que o método esclerométrico não obteve os resultados esperados, isso pode ter ocorrido devido ao pequeno campo amostral utilizado para as análises, que pode não ter sido suficiente para comparar as resistências obtidas pelo método esclerométrico com o ensaio de resistência a compressão. Além disso, podem ter ocorrido erros na execução do ensaio, uma vez que não foram considerados o teor de umidade das amostras rompidas, a profundidade de carbonatação das amostras analisadas. O processo de extração das amostras também podem ter gerado danos e microfissuras internas que prejudicam, respectivamente o modo de ruptura e a resistência mecânica do concreto.

De maneira geral, nota-se que os ensaios não destrutivos podem ser utilizados na avaliação da resistência a compressão, sempre que seja elaborada uma curva de correlação com os materiais utilizados, principalmente nos concretos de menores resistências que apresentam maior variabilidade em seus resultados.

ISBN 978-65-86819-05-2

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12655:** Concreto de cimento portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação – Procedimento. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7500-1:** Materiais metálicos – Calibração e verificação de máquinas de ensaio estático uniaxial – Parte 1. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7584:** Concreto endurecido – Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão. Rio de Janeiro, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7680:** Concreto – Extração, preparo, ensaio e análise de testemunhos de estruturas de concreto – Parte 1. Rio de Janeiro, 2015.

MEDEIROS, M. H. F., PEREIRA, E. **Ensaio de "Pull Off" para avaliar a resistência à compressão do concreto: uma alternativa aos ensaios normalizados no Brasil.** Rev. IBRACON Estrut. Mater., vol. 5, n° 6, São Paulo, 2012, p. 757-780.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto microestrutura, propriedade e materiais.** Editora IBRACON, 2008. 751p .

MENEGUETTI, L. C. **Avaliação de estruturas acabadas.** Cascavel, PR, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2009, 34p.