

## **ANÁLISE ESCLEROMÉTRICA DE ELEMENTOS DE CONCRETO ARMADO: UMA POTENCIAL FERRAMENTA NA FISCALIZAÇÃO DE OBRAS PÚBLICAS**

**RODOFO DE AZEVEDO PALHARES<sup>1\*</sup>, LISARB HENNEH BRASIL<sup>2</sup>, MARCIO FURUKAVA<sup>3</sup>, ARTHUR GOMES DANTAS DE ARAÚJO<sup>4</sup>, DYLSON JUNYER DE SOUZA LOPES<sup>5</sup>**

<sup>1</sup> Graduando em Engenharia Civil, UFERSA, Angicos-RN. Fone: (84) 99969-8294, rodolfo.palhares@hotmail.com

<sup>2</sup> Graduando em Engenharia Civil, UFERSA, Angicos-RN. Fone: (84) 99927-6229, brasil.lh@hotmail.com

<sup>3</sup> Professor Mestre, UFERSA, Angicos-RN. Fone: (84) 99675-1821, furukava@ufersa.edu.br

<sup>4</sup> Professor Mestre, UFERSA, Angicos-RN. Fone: (84) 98862 2776, arthur.araujo@ufersa.edu.br

<sup>5</sup> Graduando em Engenharia Civil, UFERSA, Angicos-RN. Fone: (84) 99622-1974, junyer.lobes@hotmail.com

Apresentado no  
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC' 2015  
15 a 18 de setembro de 2015 - Fortaleza-CE, Brasil

**RESUMO:** Nos últimos anos com a crescente demanda por obras de infraestrutura, alimentada por anos de crescimento econômico e por eventos esportivos de grande magnitude, em especial, a qualidade das obras públicas é constantemente colocada a prova. Nesse sentido, uma vez que o concreto é maciçamente utilizado como material que compõe a estrutura há uma clara necessidade de se analisar a resistência “in situ”, dado as notórias dificuldades de fiscalização do controle tecnológico do concreto em obras públicas. Assim sendo, o presente estudo tem por objetivo avaliar a qualidade do concreto aplicado nas obras públicas referentes as universidades federais do estado do Rio Grande do Norte (RN). Desta forma, o trabalho colabora com o corpo técnico de fiscalização das respectivas universidades federais, alimentando-as com informações acerca da resistência a compressão do concreto dos elementos estruturais mais solicitados, através da técnica da esclerometria. A esclerometria é uma técnica simples, rápida e não destrutiva para o monitoramento da resistência do concreto, que correlaciona uma medida da dureza superficial com a resistência do concreto à compressão. Os resultados da avaliação esclerométrica das 14 obras avaliadas, indicam que há um elevado número de casos em que a resistência do concreto é inferior a especificada em projeto. Dado a facilidade de operação, o ensaio de esclerometria, pode ser utilizado como ferramenta na fiscalização de obras públicas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Esclerometria, Concreto Armado, Obras públicas, Fiscalização.

### **STRUCTURES OF EXECUTION IN CIVIL CONSTRUCTION**

**ABSTRACT:** Over recent years due the growing demand for infrastructure projects, fomented by years of economic growth and sporting events of great magnitude, specially, the quality of public projects is constantly questioned. In this sense, once the concrete structures is massively used in public projects of infrastructure, there is a clear necessity of analyzing the "in situ" concrete compressive strength, given the notorious difficulties of supervision of technological control of concrete in public projects in Brazil. The present study aims to evaluate the quality of concrete used in public constructions sites of universities in the state of Rio Grande do Norte. Thus, this work collaborates with the building inspection staff of Rio Grande do Norte Federal Universities, providing them information about the resistance to compression of concrete, of most requested structural elements, by sclerometry technique. The sclerometry (or schimdt hammer test) is a simple, fast and non-destructive technique for monitoring the concrete strength, which correlates a measure of surface hardness to the concrete compressive strength. The results of schimdt hammer tests at the 14 UFERSA construction sites, indicates a large number of cases in which the concrete strength is less than specified in the project specification. Given the ease operation, the sclerometry test may be used as a powerful tool in supervision of public construction projects.

**KEYWORDS:** Schimdt Hammer Test, Reinforced Concrete, Public Construction sites, Supervision.

## INTRODUÇÃO

Sendo a resistência uma das propriedades mecânicas do concreto de fundamental importância, principalmente no cálculo estrutural, métodos de avaliar esta propriedade em estruturas em uso, sem que haja danos à sua funcionalidade, vêm sendo estudadas pelos profissionais de engenharia.

Neste contexto, a utilização de ensaios não destrutivos por esclerômetro de reflexão se apresenta como uma potencial ferramenta no controle tecnológico das estruturas de concreto armado, bem como na fiscalização de obras.

A utilização deste método permite conferir a qualidade do concreto utilizado nos elementos estruturais em diferentes áreas da estrutura sem provocar redução da capacidade resistente da peça, uma vez que o elemento estrutural a ser analisado não sofre dano, permitindo assim uma maior quantidade de ensaios.

Sendo assim, devido as evidentes dificuldades que os setores de fiscalização encontram em relação ao controle tecnológico do concreto, especialmente em obras públicas, constitui-se como principal objetivo deste trabalho, executar os ensaios de esclerometria em obras públicas no âmbito das universidades federais do estado do Rio Grande do Norte (RN), Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) e Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), a fim de avaliar a qualidade do concreto empregado nestas obras, comparando assim os valores obtidos nos ensaios de esclerometria com a resistência à compressão característica ( $f_{ck}$ ) estabelecido no projeto de estruturas.

## MATERIAL E MÉTODOS

Para avaliação da resistência “in situ” das estruturas de concreto armado, foi utilizado o equipamento de ensaio não destrutivo, denominado esclerômetro de reflexão, empregando o uso de curvas de correlação entre as grandezas obtidas nos ensaios e a resistência à compressão do concreto.

Após estudos referentes à fase preliminar do trabalho, foi definida a amostra da pesquisa, listando todas as obras que serviram de elementos para que generalizássemos nossos resultados e conclusões. A pesquisa deste trabalho foi desenvolvida em 14 obras públicas, todas estas, referentes às universidades federais do estado do Rio Grande do Norte (RN), sendo 11 obras de domínio da UFERSA, e 3 obras situadas nas instalações da UFRN. As obras que compõem a amostra do presente estudo são listadas e caracterizadas na tabela 1.

Tabela 1 – Identificação da amostra

	Área construída (m <sup>2</sup> )	Nº de pavimentos	Sistema construtivo	Tipo de fundação
Obra 1	1.321 m <sup>2</sup>	Térreo + 1	Moldado <i>in loco</i>	Direta
Obra 2	979,62 m <sup>2</sup>	Térreo + 1	Moldado <i>in loco</i>	Direta
Obra 3	979,62 m <sup>2</sup>	Térreo + 1	Moldado <i>in loco</i>	Direta
Obra 4	446,75 m <sup>2</sup>	Térreo + 1	Moldado <i>in loco</i>	Direta
Obra 5	560 m <sup>2</sup>	Térreo + 1	Moldado <i>in loco</i>	Direta
Obra 6	597 m <sup>2</sup>	Térreo + 2	Moldado <i>in loco</i>	Direta
Obra 7	3.150,51 m <sup>2</sup>	Térreo + 3	Pré-moldado	Indireta
Obra 8	520,36	Térreo + 1	Pré-moldado	Direta
Obra 9	7.200 m <sup>2</sup>	Térreo + 3	Pré-moldado	Direta
Obra 10	874 m <sup>2</sup>	Térreo	Moldado <i>in loco</i>	Direta
Obra 11	922,95 m <sup>2</sup>	Térreo	Moldado <i>in loco</i>	Direta
Obra 12	3.143,56 m <sup>2</sup>	Térreo + 1	Moldado <i>in loco</i>	Direta
Obra 13	979,62 m <sup>2</sup>	Térreo + 1	Moldado <i>in loco</i>	Direta
Obra 14	979,62 m <sup>2</sup>	Térreo + 1	Moldado <i>in loco</i>	Direta

Foi estabelecida como principal parâmetro de análise a verificação da resistência à compressão do concreto *in loco* ( $f_c$ ), obtida de forma direta, a partir do ensaio esclerométrico de elementos estruturais em concreto armado com idade superior a 28 dias de concretagem. Comparou-se este valor com a resistência à compressão característica ( $f_{ck}$ ) determinada em projeto, bem como com a resistência esperada na data de 28 dias de concretagem ( $f_{cj,28}$ ), calculada a partir da expressão  $f_{cj} = f_{ck} + 1,65S_d$ . Em que o valor do desvio padrão ( $S_d$ ) utilizado foi de 7 Mpa para obras de concreto moldado *in loco* e 4 Mpa para as obras de concreto pré-moldado (ABNT, 2006).

Inicialmente, com o intuito de se obter um maior controle, foi estabelecido a realização da esclerometria em 8 (oito) elementos estruturais para cada obra, com prioridade de ensaio, em pelo menos, um pilar de canto; um pilar de borda; um pilar de centro; e na viga de maior vão.

Para cada elemento estrutural foram obtidos 16 valores de índices esclerométricos, marcados por pontos uniformemente distribuídos a uma distância de 3 cm, compondo uma matriz 4x4.

Com o auxílio das curvas de correlação disponibilizadas no invólucro do próprio equipamento, identificou-se a resistência apontada no gráfico referente ao índice esclerométrico efetivo calculado. Entretanto, para a apresentação do resultado final, foi considerado o fato das curvas de correlação terem sido elaboradas com base em medições efetuadas em amostras de forma geométrica cúbica, e, portanto, de acordo com CONTROLS (2011) a resistência dos corpos de prova cilíndricos é igual a 0,85 da resistência dos corpos de prova cúbicos.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados apresentados a seguir, a partir da esclerometria (ABNT, 2012), é resultado de uma análise qualitativa, focada na verificação do valor da resistência à compressão do concreto in loco ( $f_{cj}$ ), e se esse valor atende o prescrito para o  $f_{ck}$ .

De acordo com o número de elementos estruturais de concreto armado que foi realizada a esclerometria, é exposto valores médios da resistência à compressão obtida in loco ( $f_c$ ), apresentando a variabilidade prevalecente destes valores, indicados por parâmetros de análises como desvio padrão e coeficiente de variação (CV). Na tabela 2, esta análise é feita por obra.

Tabela 2 – Análise qualitativa por obra.

	Elementos Ensaaiados	$f_{c,mínimo}$ (MPa)	$f_{c,médio}$ (MPa)	$f_{c,máximo}$ (MPa)	Desvio padrão (MPa)	CV (%)	$f_{ck}$ (MPa)	$f_{cj,28}$ – Valor esperado (MPa)
Obra 1	8	18,7	24,75	35,7	6,32	25,52	25	36,55
Obra 2	8	14,45	23,26	32,3	6,45	27,74	25	36,55
Obra 3	8	17	25,60	32,3	4,96	19,39	25	36,55
Obra 4	4	17	19,76	22,1	2,12	10,75	25	36,55
Obra 5	8	19,55	23,48	30,6	3,48	14,85	25	36,55
Obra 6	8	27,2	31,76	37,4	3,79	11,96	30	41,55
Obra 7	8	39,1	42,07	45,9	2,83	06,74	40	46,6
Obra 8	8	29,75	32,72	34,85	1,98	06,05	30	36,6
Obra 9	8	44,2	55,99	62,9	6,35	11,34	40	46,6
Obra 10	8	24,65	28,36	31,45	2,90	10,24	25	36,55
Obra 11	8	17	24,01	32,3	5,55	23,15	25	36,55
Obra 12	8	22,1	29,85	39,1	6,10	20,44	25	36,55
Obra 13	8	15,3	19,55	25,5	2,97	15,23	25	36,55
Obra 14	8	21,25	29,21	35,7	5,79	19,84	25	36,55

As obras 1, 2 e 11 apresentaram os maiores coeficientes de variação, o que reflete num menor grau de controle tecnológico. Em contrapartida, as obras 7 e 8, que possuem um modelo construtivo a qual utiliza estruturas de concreto pré-moldadas, apresentaram os menores valores deste parâmetro.

Já na gráfico 1, os dados são apresentados de maneira geral e constatou-se que significantes 40% dos 108 elementos estruturais ensaiados não satisfizeram a resistência designada em projeto. Esse dado pode estar relacionado diretamente com a inexperiência e/ou negligência da mão-de-obra, o que proporciona, como citado por TAKATA (2009) e MEHTA & MONTEIRO (1994), falhas no processo executivo o que comprometerá a durabilidade e a segurança estrutural da construção.

Outra análise realizada foi o comparativo qualitativo a partir dos resultados obtidos em estruturas pré-moldadas e moldadas in loco. O gráfico 2 apresenta duas séries de dados, analogamente à primeira análise, que representa respectivamente a porcentagem de resultados satisfatórios e não satisfatórios, no que tange a resistência de projeto.

Gráfico 1. Porcentagem dos elementos que atingiram  $f_{ck}$  de projeto.

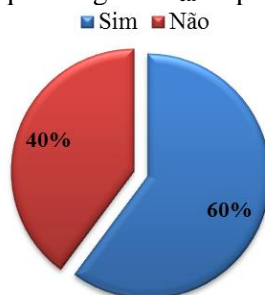
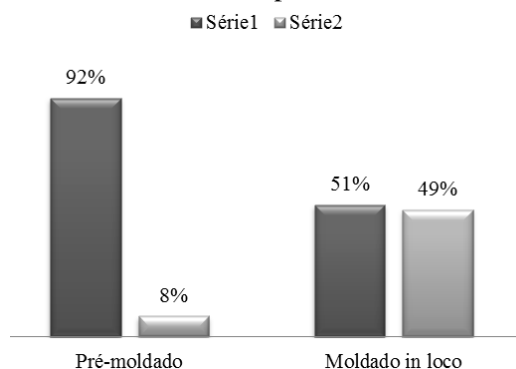


Gráfico 2. Comparativo qualitativo entre estruturas pré-moldadas e moldadas in loco.



Notoriamente, este gráfico apresenta a discrepância, em termos de controle tecnológico, entre os dois tipos de estruturas. Pode-se observar que, em elementos pré-moldados, mais de 90% apresentaram resultados satisfatórios, ou seja, atingiram a resistência determinada em projeto. Analogamente, nas estruturas moldadas in loco, pode-se observar que os resultados foram equivalentes, onde cerca de 50% dos elementos não são satisfatórios, o que é resultado de condições de trabalho desfavoráveis. Nesse contexto, o corpo fiscalizador não atua de maneira efetiva, o que interfere diretamente na qualidade do concreto.

## CONCLUSÕES

De acordo com a metodologia aplicada, esse estudo buscou avaliar a qualidade do concreto em obras públicas no estado do Rio Grande do Norte, no que tange a comparação da resistência à compressão obtida por meio da esclerometria e a resistência à compressão designada em projeto, de cada obra respectivamente.

Destaca-se que a partir dos resultados e das características de cada obra, foi possível realizar análises quantitativas e qualitativas, o que pode motivar o corpo fiscal a introduzir a Esclerometria como ferramenta no controle tecnológico, e motivar demais estudos referentes ao assunto, pois é de grande importância para o meio-técnico, buscar aprimorar as atividades relativas à inspeção e avaliação das estruturas acabadas.

## REFERÊNCIAS

- ABNT. NBR 7584:2012: Concreto endurecido - Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão - Método de ensaio. 2 ed. Rio de Janeiro, 2012. 10 p.
- ABNT. NBR 12655:2006: Concreto de cimento Portland – Preparo, controle e recebimento – Procedimento. Rio de Janeiro, 2006. 18 p.
- CONTROLS. Esclerômetro de hormigones: manual de instrucciones. Espanha: Controls, 2011. 12 p
- MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. Concreto: Estrutura, Propriedades e Materiais. São Paulo, Pini, 1994. 576 p.
- TAKATA, L. T. Aspectos executivos e a qualidade de estruturas em concreto armado: estudo de caso. São Carlos. Universidade Federal de São Carlos. UFSCar, 2010. 149 f.