



ANÁLISE DA ESCLEROMETRIA NO CONTROLE TECNOLÓGICO DO CONCRETO

Aluno: Artur de Carvalho Vieira
Orientador: Kastelli Pacheco Sperandio
Curso: Engenharia Civil *Período: 10º*

Resumo: As estruturas de concreto tem boa durabilidade, mas não são eternas. Muitas estão sujeitas a condições que podem diminuir seu desempenho e comprometer sua segurança. Para isso o controle tecnológico do concreto em todas as fases de sua vida útil faz-se indispensável. O uso da esclerometria para avaliação das estruturas é uma alternativa interessante por ser de fácil execução e não causar danos as mesmas. Através de uma revisão de estudos que correlacionam a dureza superficial (esclerometria) com a resistência à compressão axial o presente trabalho tem como objetivo analisar a confiabilidade dos resultados obtidos pela esclerometria na determinação da resistência do concreto a fim de demonstrar que este é um ensaio capaz de facilitar o acompanhamento do desempenho de estruturas de concreto se adaptado à realidade brasileira.

Palavras-chave: Estruturas de concreto. Avaliação de estruturas. Esclerometria.

1. INTRODUÇÃO

Houve um tempo em que se pensava no concreto como algo eterno, mas hoje é consenso que as estruturas feitas do material podem ter sua durabilidade afetada por fatores ambientais que podem comprometer a durabilidade das mesmas (ANDRADE, 2005). Assegurar a segurança dessas estruturas, através de um controle de qualidade, deve ser então uma questão fundamental na engenharia civil e por isso “medições precisas, assim como a interpretação dos dados que afetam a durabilidade de estruturas são tarefas complexas, devido à inerente heterogeneidade do concreto” (FÁVERO *et al.*, 2015).

Como apontam Fortes e Merighi (2004), o controle tecnológico e de qualidade do concreto é feito pelo acompanhamento por amostragem e ensaios dos serviços que estão sendo realizados e dos materiais utilizados, de maneira a atender as especificações de projeto e normativas vigentes, garantindo o seu desempenho. Ensaios esses que permitem a obtenção de informações sobre a qualidade e o estado de degradação dos materiais de construção (FÁVERO *et al.*, 2015). Os ensaios utilizados para assegurar o desempenho de peças de concreto podem ser feitos desde o momento da sua execução de acordo com a ABNT NBR 12655:2015, da mesma maneira esse controle deve ser feito para as estruturas já feitas e para isso existem ensaios destrutivos e os ensaios não destrutivos.

Segundo Fávero *et al.* (2015) a escolha do método deve ser feita observando os objetivos da investigação de maneira definida tendo consciência dos limites de aplicação de cada método para bem interpretar seus resultados. Alguns desses ensaios já possuem diretrizes normativas brasileiras para sua realização, como por exemplo, a extração de testemunhos para ruptura à compressão, medidas de velocidade de propagação de pulso ultrassônico, do ensaio esclerométrico.

Esse trabalho tem como objetivo observar a funcionalidade do ensaio esclerométrico em concretos de diferentes traços através de uma revisão bibliográfica de diferentes estudos de caso, e analisar a implicação dos resultados na confiabilidade do ensaio.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1. Concreto na construção civil

A utilização de materiais de construção se confunde com a própria história da civilização, porque foi necessário ao homem servir-se deles para sobreviver e satisfazer suas necessidades de abrigo e conforto (ISAIA, 2002). Dessa maneira os materiais usados foram sendo adequados para melhor servir e atualmente o concreto é o material mais utilizado com essa finalidade, de acordo com Lorenzi (2016), e com o cimento Portland tornou-se reconhecido mundialmente “por conter o material mais adequado para as estruturas, superando com grandes vantagens alternativas como aço, a madeira e a alvenaria” (HELENE; FIGUEIREDO, 2003).

Apesar de o concreto ser um material durável em boas condições ambientais, essa durabilidade pode ser comprometida por ambientes e condições deletérias, que podem degradar seu desempenho e integridade, como aponta Andrade (2005). Da mesma maneira, quando ocorrem falhas na execução, no transporte, adensamento, problemas com a cura, podem levar ao surgimento precoce de patologias nas estruturas, que podem implicar custos elevados de reparação. (FIGUEIREDO, 2005).

Com seu uso cada vez mais disseminado, o concreto tornou-se objeto de pesquisas mais avançadas que buscam melhorar seu desempenho, prolongar sua durabilidade, garantindo que os parâmetros de qualidade e segurança para trechos mais solicitados da estrutura. (CASTRO, 2009).

2.2. Controle tecnológico do concreto

No intuito de assegurar a qualidade e resistência do concreto, como preconiza a ABNT NBR 12655:2015, deve-se fazer o controle da qualidade do concreto desde o pré-lançamento, com ensaios que possam indicar se suas características são realmente compatíveis com as especificadas em projeto. Depois de aceito o concreto também deve ser feita a moldagem de corpos-de-prova para testes de resistência à compressão axial, de acordo com a ABNT NBR 6118:2014, de maneira a averiguar o desempenho do concreto na estrutura executada.

Como os ensaios geram resultados tão importantes salienta que,

O controle tecnológico engloba o conhecimento e a experiência tecnológica, devendo ser realizado por técnicos especializados, com experiência técnica comprovada. Porém não basta somente isto para garantir a eficácia de um ensaio, as rotinas do controle devem ser específicas e orientadas por normalização, requerendo dos técnicos e auxiliares um treinamento adequado e atualização constante. O laboratório deve possuir instalações e equipamentos calibrados atendendo os requisitos de confiabilidade. (FORTES; MERIGHI, 2004, p.4)

O acompanhamento do desempenho do concreto no momento da execução é um requisito normativo atualmente, mas a investigação da qualidade e resistência do concreto em estruturas finalizadas é assunto de interesse de várias pesquisas, já que muitas construções apresentam suas primeiras manifestações patológicas (CASTRO, 2009).

Para obtenção de informações sobre o concreto é necessária a realização de ensaios, sendo o ensaio de resistência à compressão o mais comum devido sua facilidade de realização e pelo fato de várias “características desejáveis do concreto

estarem qualitativamente relacionadas à sua resistência, mas, principalmente, devido à importância intrínseca da resistência à compressão no projeto estrutural” (NEVILLE, 2016, p.605). Um dos ensaios bastante difundido é o de extração de testemunhos, onde ocorre a remoção de uma amostra do concreto *in situ* para posteriormente seu rompimento em ensaios de compressão, o que gera a necessidade de reparos e pode encontrar limites na retirada dessas amostras sem o comprometimento do desempenho da estrutura. (ESCOBAR, 2008).

De maneira a determinar as características do concreto nas estruturas sem as causar dano, e procurando resultados da estrutura real, podem ser utilizados ensaios não destrutivos, que são aqueles que não deixam danos ou que causam pequenos danos de fácil recuperação após sua realização, como define Neville (2016). Então, segundo Fávero *et al.* (2014), “a obtenção de estimativas de resistência através de técnicas de END se constitui numa possibilidade alternativa de controle bastante interessante”.

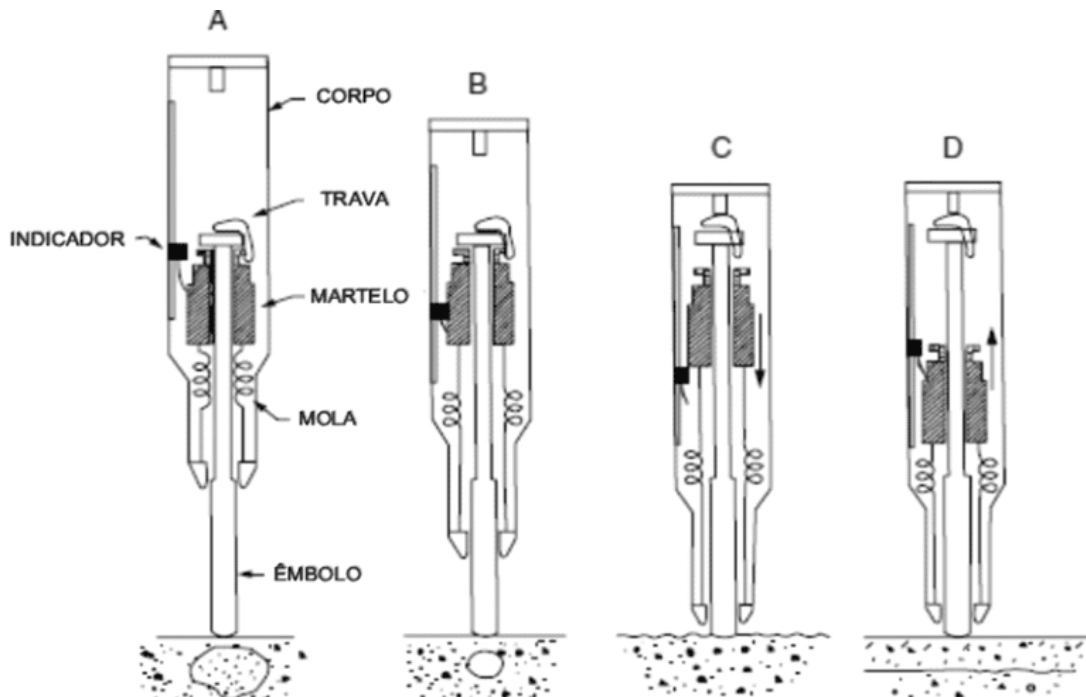
2.3. Esclerometria

O método da esclerometria foi idealizado por Ernst Schmidt, em 1948, por isso o aparelho é chamado de esclerômetro Schmidt, sendo um dos mais antigos métodos não destrutivos, ainda muito usado, segundo Neville (2016).

De acordo com Fávero *et al.* (2014), o ensaio com o esclerômetro é classificado como um ensaio de dureza e está baseado no princípio de que o rebote de uma massa elástica depende da dureza da superfície contra qual a massa é impactada, seu funcionamento mostrado na Figura 1 e consiste em,

Um martelo controlado por uma mola que desliza por um pistão. Para a avaliação da dureza superficial do concreto, o operador exerce um esforço sobre o pistão contra uma estrutura, ele reage contra a força da mola; e quando completamente estendida a mola é automaticamente liberada. O martelo choca no embolo que atua contra a superfície do concreto e a massa controlada pela mola recua, deslizando com um ponteiro de arraste ao longo de uma escala guia que é usada para indicar o valor da reflexão do martelo. (CASTRO, 2009, p.45).

FIGURA 1 – Funcionamento do esclerômetro



(A – Instrumento pronto para o teste; B – Corpo impulsionado em direção ao objeto de teste; C – O martelo é solto; D – O martelo sofre reflexão)

Fonte: Da Silva (2017).

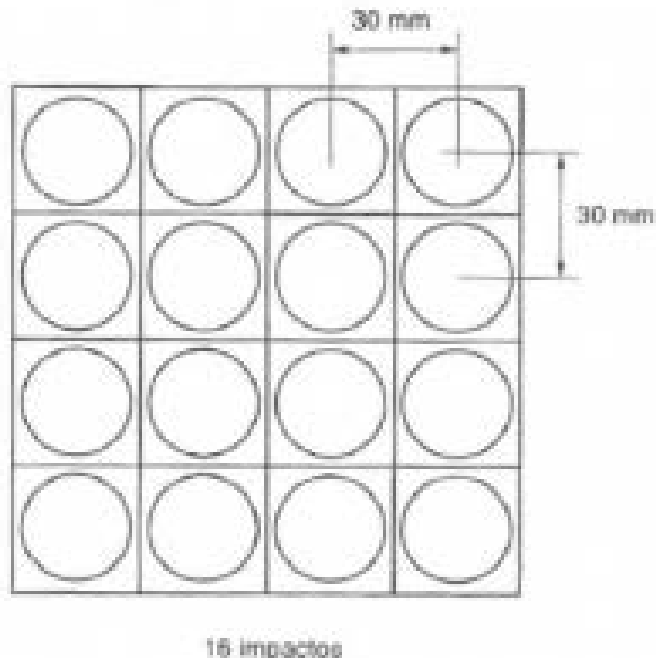
O valor da reflexão do martelo é usado para indicar o índice esclerométrico (IE) que é fornecido diretamente pelo aparelho. A NBR 7584:2012 descreve quatro tipos de esclerômetros de acordo com as características da estrutura analisada e o grau de precisão desejado, com energia de percussão de 30 Nx_m. (obras de grandes volumes de concreto), 2,25 Nx_m. (casos normais de construção de edifícios e elementos estruturais), 0,9 Nx_m. (indicado para concretos de baixa resistência) e 0,75 Nx_m. (componentes e peças de concreto de pequenas dimensões e sensíveis aos golpes).

Para obtenção de resultados seguros a mesma norma pede que seja feita a aferição do aparelho antes de cada utilização ou a cada 300 golpes na mesma inspeção, a execução do ensaio deve ser feito após a preparação da superfície, localização das armaduras, e respeitando o distanciamento entre os pontos de ensaio mostrado na Figura 2, como detalha Figueiredo,

A superfície deve ser polida com um prisma ou disco de carborundum através de movimentos circulares, após a poeira e pó superficial devem ser removidas à seco. Depois deve-se utilizar um detector eletromagnético e algum objeto marcador como, por exemplo, um giz, para demarcar onde há possivelmente a presença de armaduras. O ensaio deve ser realizado preferencialmente em faces verticais e estar afastado de regiões afetadas por segregação, exsudação, concentração excessiva de armadura, juntas de concretagem e devem distar-se pelo menos 50 mm das arestas e cantos das estruturas. [...] Devem ser realizados 16 impactos por cada área de ensaio, com o aparelho posicionado ortogonalmente à área de impacto, não podendo haver mais de um impacto no mesmo local de aplicação, se ocorrer o segundo valor obtido deve ser desconsiderado dos cálculos. Para garantir a uniformidade da distribuição dos impactos deve ser

desenhado um reticulado com distância mínima de 30 mm entre os centros dos mesmos. (FIGUEIREDO, 2018, p.41)

FIGURA 2 – Distâncias entre pontos de ensaio



Fonte: ABNT NBR 7584: 2012

Para correlacionar o índice esclerométrico encontrado no ensaio com a resistência à compressão do concreto “é necessário a utilização de um ábaco, fornecido pelo fabricante, presente no esclerômetro, que realiza a correlação entre o índice esclerométrico final, o ângulo de ensaio e a estimativa de resistência à compressão” como aponta Figueiredo (2018, p.42).

De acordo com Escobaret *al.* (2011), o esclerômetro é versátil por sua leveza, de fácil utilização, baixo valor de aquisição e sua proposta de obter uma quantidade de dados rapidamente causando quase nenhum dano a estrutura comparada a outros métodos não destrutivos.

Segundo Neville (2016, p.655), “o ensaio com esclerômetro é, principalmente, de natureza comparativa e é útil para a verificação da uniformidade do concreto em uma estrutura ou na produção de produtos semelhantes, como elementos pré-moldados”. O ensaio também pode auxiliar na decisão de retirar as formas ou escoramentos e em avaliações anteriores à remoção de testemunhos com a finalidade de evitar danos desnecessários na estrutura (FIGUEIREDO, 2018).

Apesar da facilidade da utilização a NBR 7584: 2012 ressalva que o método esclerométrico não pode ser considerado substituto de outros métodos, mas um método adicional ou um ensaio complementar.

3. METODOLOGIA

Através de uma revisão bibliográfica sobre o ensaio de esclerometria, foi feito um levantamento quatro trabalhos, realizados de 2017 a 2019, relacionados ao ensaio que apresentassem estudos sobre a resistência a compressão do concreto e sua implicação ao índice esclerométrico.

Os trabalhos foram construídos a partir da comparação entre ensaios de esclerometria com ensaios de compressão axial em corpos-de-prova moldados *in loco* e em testemunhos retirados das peças endurecidas com diferentes resistências e em diferentes idades.

Identificando os fatores, apresentados nos trabalhos, que podem causar alteração nos índices esclerométricos e comparando os resultados dos ensaios esclerométricos feitos em concretos de diferentes composições, como tipo de cimento, f_{ck} e tamanho de agregados, com a finalidade de analisar a confiabilidade da resistência estimada pelo índice esclerométrico.

4. DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Para correlação dos índices esclerométricos com a resistência à compressão do concreto usam-se ábacos fornecidos pelo próprio fabricante e cada equipamento possui suas curvas de calibração. Para Oliveira (2018) o uso dessas curvas não é recomendado, pois os materiais e as condições de teste podem ser diferentes das empregadas em sua confecção. Da mesma maneira Da Silva (2017, p.127) aponta que “O uso de tais expressões, no entanto, não é recomendado, pois não foram formuladas para as normas nacionais, o que pode gerar erros consideráveis nas medições”.

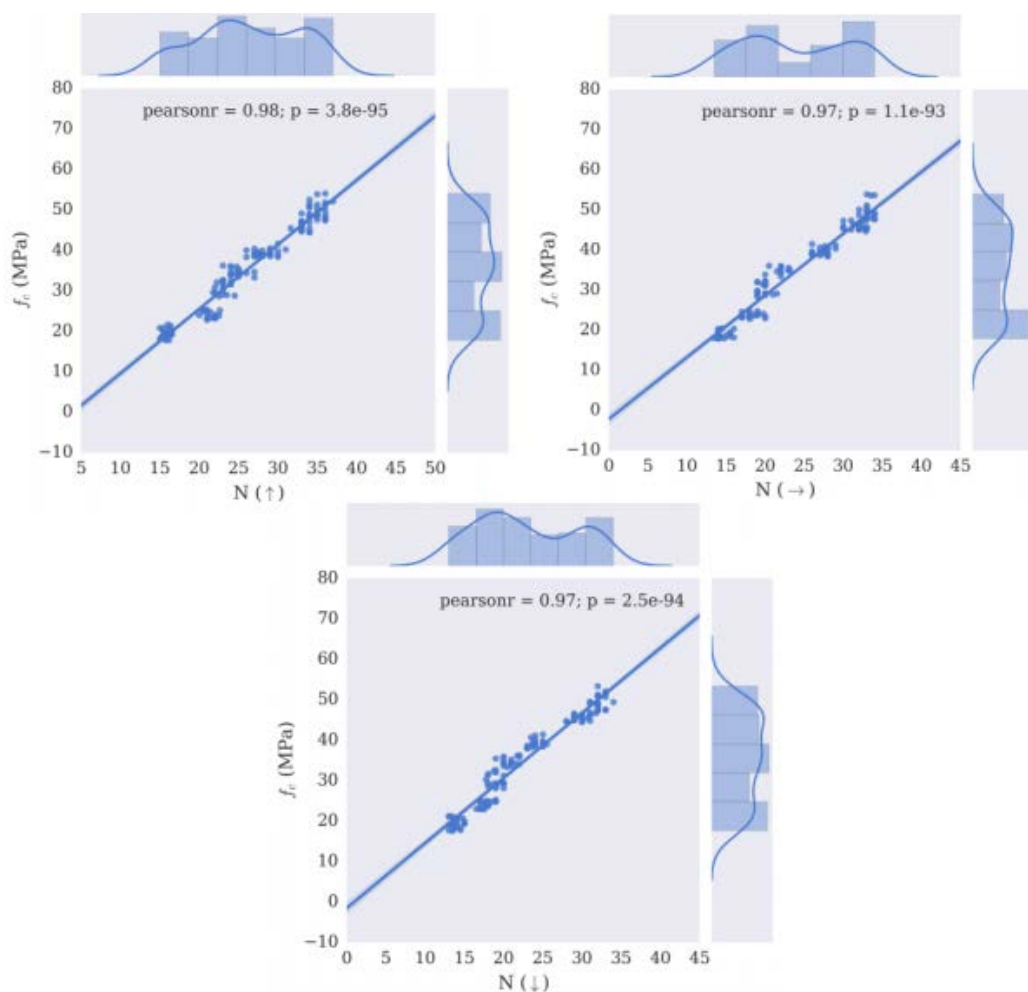
Assim como ressaltado pela norma, “as curvas constantes desse gráfico não correspondem ao concreto em avaliação e referem-se geralmente a concretos preparados em outros países, com materiais e condições diferentes das brasileiras” (NBR 7584: 2012, p.7). Para assegurar a confiabilidade das estimativas da resistência à compressão com a esclerometria deve-se utilizar “curvas de correlação adequadas e desenvolvidas para o tipo de concreto em questão” (MANTOVANI, 2019, p.3).

Como já disposto na ABNT NBR 7584: 2012 existem fatores que podem afetar nos índices esclerométricos, dos quais podemos destacar o tipo de cimento, tipo de agregado, condições da regularidade e umidade das superfícies ensaiadas, operação do esclerômetro, entre outros. Por existirem muitos fatores que podem influenciar na leitura dos resultados do ensaio a mesma NBR aponta que para uma avaliação direta da resistência à compressão do concreto, deve-se dispor de uma correlação confiável, efetuada com materiais locais.

Os trabalhos analisados nessa revisão usaram a esclerometria nos corpos-de-prova moldados na concretagem e em testemunhos extraídos da estrutura. Posteriormente os resultados foram comparados com os valores obtidos pelo rompimento das amostras. As figuras seguintes mostram as principais características dos ensaios, os resultados gráficos e seus respectivos autores.

Os resultados obtidos por Da Silva (2017) foram obtidos em testes realizados em corpos-de-prova de concretos de f_{ck} de 20, 25, 35, 40, 45 e 50 MPa, onde a escolha dos materiais e as dosagens foram feitas com o objetivo de obter resistências à compressão mais próximas possíveis do f_{ck} especificado, portanto não foram descritas no trabalho. Com um total de 445 corpos-de-prova distribuídos entre as classes de resistência, foram determinados os índices esclerométricos para diferentes posições do esclerômetro e posteriormente a resistência à compressão da amostra. A correlação entre os ensaios, apresentada na figura 3, foi obtida por regressão linear dos dados e pelo cálculo do Coeficiente de Pearson para cada direção do equipamento demonstrando a forte linearidade entre as grandezas. (DA SILVA, 2017).

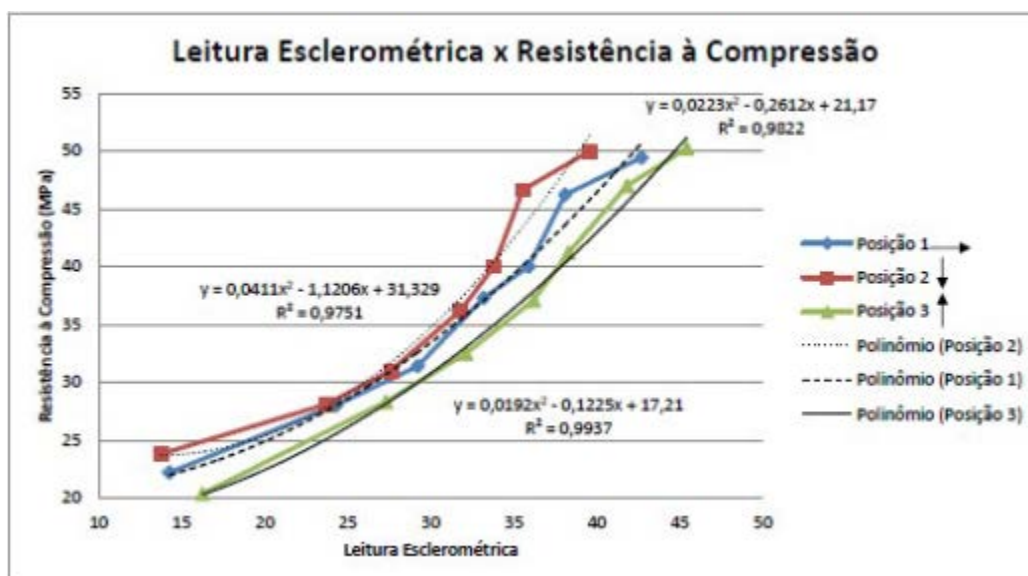
FIGURA 3 – Resultados Da Silva (2017): Diagramas relacionando o índice esclerométrico N e a resistência à compressão f_c em função da direção de disparo



Fonte: Da Silva (2017)

Os ensaios feitos por Oliveira (2018) utilizaram concretos com cimento CP III E, britas 0 e 1, com dosagens adequadas para obtenção de f_{ck} 20, 25, 30, 35, 40, 45 e 50 MPa. Foram moldados 11 corpos-de-prova para cada classe de resistência, totalizando 77. Nas amostras foram feitos ensaios de esclerometria com o equipamento em diferentes posições para depois serem rompidos em ensaio de resistência à compressão. Então pode-se verificar, na figura 4, a boa aproximação das linhas de tendência e coeficientes de determinação (R^2) entre o índice esclerométrico e a resistência à compressão. (OLIVEIRA, 2018).

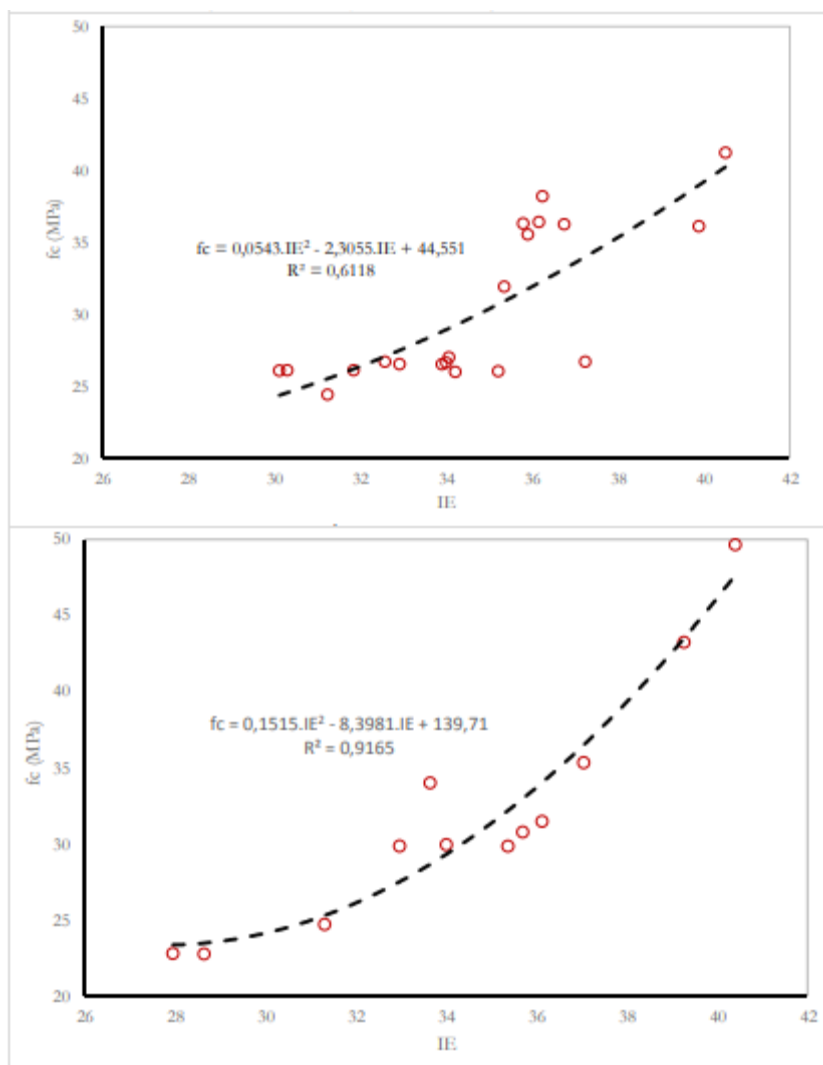
FIGURA 4 – Resultados Oliveira (2018): Diagrama gráfico dos resultados de esclerometria e resistência à compressão nas três posições do equipamento



Fonte: Oliveira (2018)

No estudo de Mantovani (2019) foram utilizados concretos com f_{ck} de 20, 25, 30, 35 e 40 MPa, com britas $\frac{1}{2}$ e 1 e cimento CP II F. Para cada classe de resistência foram moldados 20 corpos-de-prova e 6 testemunhos de concreto foram extraídos. Nas amostras foi feito o ensaio esclerométrico seguido da determinação da resistência à compressão. A determinação das curvas dos resultados foi feita por regressão linear e comparação dos coeficientes de determinação, observadas na figura 5. Nesse estudo é observado que a correlação do índice esclerométrico com a resistência à compressão mostra maior precisão nas amostras de testemunhos extraídos do que quando comparados com os corpos-de-prova. (MANTOVANI, 2019).

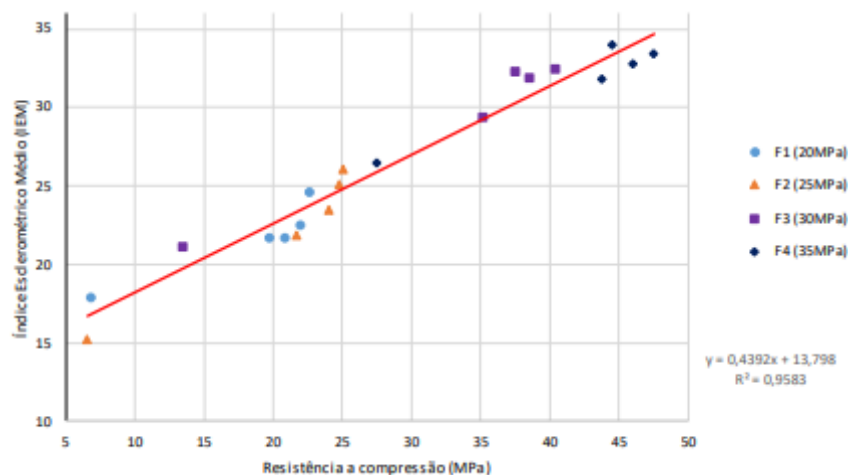
FIGURA 5 – Resultados Mantovani (2019): Correlação entre f_c e IE para corpos-de-prova e testemunhos respectivamente



Fonte: Mantovani (2019)

O estudo feito por Dias (2019) utilizou cimento CP II F, brita 0 e com f_{ck} de 20, 25, 30 e 35 MPa, sendo moldados 25 corpos-de-prova por classe de resistência, totalizando 100. Primeiramente foram realizados os ensaios esclerométricos nos corpos-de-prova para em seguida, ser realizado o ensaio de compressão. Observando os resultados da figura 6 pode-se averiguar a linearidade na correlação das grandezas com bons níveis de confiança. (DIAS, 2019).

FIGURA 6 – Resultados Dias (2019): Curva de correlação da resistência a compressão do concreto com dureza superficial obtida por esclerometria



Fonte: Dias (2019)

Nos resultados obtidos por Da Silva (2017) pode-se observar que a direção do equipamento tem influência no índice esclerométrico e as diferenças entre as posições não pode ser desprezada, sendo o equipamento na horizontal, a posição menos afetada pela gravidade, a que apresenta os resultados mais próximos da média. Como também aborda Oliveira (2018), a posição do esclerômetro influencia nos resultados, mas desde que o ensaio seja feito respeitando as orientações normativas postas pela NBR 7584: 2012, os resultados mostram boas proximidades nas estimativas da resistência à compressão.

Observa-se que com o aumento da resistência à compressão há um aumento da dureza superficial, evidenciando a teoria de que diversas propriedades do concreto endurecido estão relacionadas. (DIAS, 2019). A relação da resistência à compressão com o índice esclerométrico é, particularmente, fortemente linear, com coeficientes de determinação (R^2) com boas aproximações, variando entre os estudos de 65% a 99,35%. (DA SILVA, 2017; OLIVEIRA, 2018; MANTOVANI, 2018).

A comparação entre a resistência encontrada no rompimento de corpos-de-prova e nos testemunhos extraídos mostra que a resistência estimada pelo índice esclerométrico tem maior acurácia quando correlacionadas as resistências dos testemunhos de concreto às obtidas pelos corpos-de-prova (MANTOVANI, 2018).

Vale salientar que os resultados obtidos nos diferentes ensaios satisfazem somente para os seus respectivos concretos ensaiados ou para aqueles produzidos por métodos e materiais semelhantes (DA SILVA, 2017; MANTOVANI, 2018; DIAS, 2019).

Esses resultados mostram que se desenvolvido uma pesquisa mais detalhada acerca da esclerometria, o ensaio tem potencial de gerar dados suficientes para

elaboração de curvas esclerométricas nacionais, fornecendo ao meio técnico mais confiança nos resultados. (OLIVEIRA, 2018).

5. CONCLUSÃO

As estruturas de concreto podem ter seu desempenho alterado no decorrer de sua vida útil, logo o controle tecnológico deve ser feito em casos de suspeita sobre a segurança das mesmas. Para isso os ensaios que resultam na resistência de compressão axial são necessários e os com maior confiabilidade são destrutivos.

De maneira a facilitar a determinação da resistência das estruturas o ensaio esclerométrico pode ser um ensaio em potencial, devido a sua facilidade de execução e custo, principalmente por não gerar danos à estrutura.

A correlação entre a dureza superficial dada pelo esclerômetro e a resistência à compressão axial feita através dos ábacos fornecidos pelos fabricantes dos esclerômetros mostra limitação, então a geração de curvas adaptadas à realidade brasileira podem gerar resultados com maior confiabilidade ao ensaio.

A análise bibliográfica dos trabalhos demonstra que a esclerometria garante resultados consistentes para determinação da resistência à compressão, desde que relacionadas especificamente ao concreto em estudo. Isso mostra a possibilidade de avanços nas orientações normativas para determinação das curvas de esclerometria ou mesmo a elaboração dessas curvas adaptadas à realidade brasileira.

6. REFERÊNCIAS

ANDRADE, T., **Tópicos sobre Durabilidade do Concreto**. In: ISAIA, G. C. (Editor), **Concreto: Ensino, Pesquisa e Realizações**. São Paulo: IBRACON, 2005. cap. 25, vol.1, p. 753-792.

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 6118: Projeto de estruturas de concreto — Procedimento**. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7584: Concreto endurecido – Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão – Método de ensaio**. Rio de Janeiro, 2012.

CASTRO, Elisângela de. **Study of Concrete Strength by means of Small Cores and Sclerometry Essays**. 2009. 126 f. Dissertação (Mestrado em Engenharias) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2009.

DA SILVA, G. A. F.; BOTELHO, I. T.; DIAS, J. P.; FARAGE, M. C. R.; OLIVEIRA, T. M.; BONIFACIO, A. L. **RELAÇÃO ENTRE O ÍNDICE ESCLEROMÉTRICO E À RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO DE CONCRETOS**. In: **International Sodebras Congress**, 37º, 2017, Fortaleza. Sodebras, v. 12, n. 141, 2017.

DIAS, T. F. **DETERMINAÇÃO DA CORRELAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DO CONCRETO COM A DUREZA SUPERFICIAL OBTIDA POR ESCLEROMETRIA**. Goiânia: Centro universitário de Goiás Uni-Anhanguera, 2019.

ESCOBAR, C. J.; CRUZ, D. A.; FABRO, G. **Avaliação de desempenho do ensaio de esclerometria na determinação da resistência do concreto endurecido**. **Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural**, ABECE. São Paulo, n. 49, 2011.

FÁVERO, R. B.; LORENZI, A.; REGINATO, L. A.; CHIES, J. A.; FILHO, L. C. P. S. **Avaliação das estruturas existentes no sítio de ampliação de uma unidade fabril através da aplicação combinada de ensaios não destrutivos e semidestrutivos**. **Revista de Engenharia Civil IMED**. Passo Fundo, v. 2, p. 8-18, 2015.

FIGUEIREDO, E. P., **Inspeção e Diagnóstico de Estruturas de Concreto com Problemas de Resistência, Fissuras e Deformações**. In: ISAIA, G. C. (Editor), **Concreto: Ensino, Pesquisa e Realizações**. São Paulo: IBRACON, 2005. cap. 33, vol. 2, p. 985-1015.

FIGUEIREDO, L. F. S. **CONTROLE DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DO CONCRETO PELO ENSAIO ESCLEROMÉTRICO**. Dissertação – Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2018.

FORTES, R. M.; MERIGHI, J. V. Controle Tecnológico e Controle de Qualidade – Um Alerta Sobre sua Importância. In: Congresso Brasileiro de Ensino Engenharia, 32ª, 2004, Brasília. **Anais eletrônicos Associação Brasileira de Educação em Engenharia.** ABENGE, 2004. Disponível em: < http://www.abenge.org.br/cobenge/legado/arquivos/15/artigos/08_656.pdf >

HELENE, P.; FIGUEIREDO, E. P. Introducción. In: HELENE, P., PEREIRA, F. (Ed.). Manual de Rehabilitación de estructuras de hormigón – Reparación, refuerzo y protección. São Paulo, 2003.

ISAIA, G.C. Sustentabilidade do Concreto ou das Estruturas de Concreto: Uma Questão de Durabilidade. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO (COBRACON 2002), 44ª, 2002, Belo Horizonte. **Anais Instituto Brasileiro do Concreto**, 2002.

LORENZI, A.; REGINATO, L. A.; LORENZI, L. S.; FILHO, L. C. P. S. Emprego de ensaios não destrutivos para inspeção de estruturas de concreto. **Revista de Engenharia Civil IMED.** Passo Fundo, v. 3, p. 3-13, 2016.

MANTOVANI, J. V.; FERRARI, V. J. ESCLEROMETRIA APLICADA EM CORPOS DE PROVA CILÍNDRICOS E TESTEMUNHOS DE CONCRETO PARA A ESTIMATIVA DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO POR MEIO DE CURVAS DE CORRELAÇÃO. **Revista Técnico-Científica do Crea-PR.** Maringá, n. 18, 2019.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do concreto.** 5ª Edição. São Paulo: Bookman, 2016.

OLIVEIRA, T. M. de; LAGE, E. C.; CARVALHO, V. C. R. **Estudo de diferentes classes de concreto para curvas de correlação nacionais para o ensaio de esclerometria.** Principia: Caminhos Da Iniciação Científica. Juiz de Fora, v. 18, n. 11, 2018. < <https://doi.org/10.34019/2179-3700.2018.v18.29851> >