



ANÁLISE DAS VARIAÇÕES DA RESISTÊNCIA EM PAREDES DE CONCRETO MOLDADAS *IN LOCO*, POR MEIO DO ROMPIMENTO DE CORPOS DE PROVA E USO DO ESCLERÔMETRO: ESTUDO DE CASO

COGINOTTI, Larissa Barreto ¹

FELTEN, Débora ²

RESUMO: Quando se trata do desempenho de estruturas de concreto, utiliza-se frequentemente como método de averiguação de sua eficiência o ensaio destrutivo em corpos de prova. Porém, para averiguar sua resistência com maior precisão, realiza-se também os ensaios não destrutivos, com o intuito de comparar as resistências, aumentando a exatidão de análise. O presente trabalho tem como objetivo analisar como a falta de execução da cura do concreto pode afetar seu resultado, interferindo na eficiência de seu comportamento, verificando, por meio do ensaio esclerométrico e também do ensaio destrutivo em corpos de prova, sua resistência a compressão, levando em conta o desvio existente entre o projeto e a realização da obra. A coleta de dados foi realizada em algumas paredes de concreto moldadas *in loco* dos blocos 01, 02, 08 e 09 do Condomínio Residencial X, localizado na cidade de Cascavel -Pr, para comparar a resistência adquirida em obra, com a resistência de 25 MPa, especificada em projeto. Para os ensaios destrutivos foram moldados corpos de prova no dia da concretagem desta parede. Analisando os resultados obtidos, observa-se que o bloco 01 teve a menor variação entre o ensaio realizado com 28 e o realizado com 120 dias, de 7,04% e 4%, e o bloco 08 com as maiores variações, de 27,88% e 52%. Constata-se que apesar de todas as resistências terem ultrapassado o valor especificado em projeto, o bloco 01 e 09 tiveram a menor variação de resistência em ambos os ensaios, isso está relacionado ao traço do concreto utilizado. A falta da execução da cura úmida pode ter ocasionado o surgimento de manifestações patológicas e também uma baixa no resultado da resistência encontrada através do ensaio de esclerometria, podendo relacionar o aumento da resistência das estruturas de concreto a execução correta da cura úmida.

Palavras-chave: Concreto; Ensaio; Paredes de concreto; Esclerômetro.

¹Larissa Barreto Coginotti, Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Assis Gurgacz, Cascavel - PR. E-mail: cogina1@outlook.com.

² Débora Felten, Mestre, Engenheira Civil, Centro Universitário Assis Gurgacz, Cascavel – PR.



1. INTRODUÇÃO

Segundo Kaefer (1998), desde que o homem existe sobre a terra, ele tem a necessidade básica de morar e viver cada dia melhor, o que incentivou a busca pela praticidade e também comodidade, movido pela necessidade de sobrevivência. Visando o desenvolvimento das construções cotidianamente procuram-se inovações, como também novas técnicas e materiais para facilitar e suprir estruturas cada vez mais robustas, as quais são importantes para o desenvolvimento da humanidade.

O concreto, que basicamente é uma mistura de cimento, água, agregado graúdo e miúdo, formando uma pasta com alta resistência e aderência, surgiu para suprir as necessidades da época, que por sua vez era ter uma moradia. De acordo com Santos e Oliveira (2008), o concreto é a peça-chave da engenharia e de todas as práticas que ela põe em jogo, afirmando que o sistema construtivo gira em torno do concreto. Atualmente ele tem mais espaço do que todos os outros sistemas construtivos juntos, como os de aço, madeira ou solo.

Segundo Palacius (2012), o concreto tornou-se um material indispensável quando se trata de engenharia civil, principalmente por sua durabilidade e resistência. De acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2014), é necessário adaptar as técnicas de projeto e execução do concreto de forma a ser possível atender a requisitos de desempenho cada vez mais altos e garantir a vida útil das estruturas.

Devido à sua alta demanda de utilização, as construtoras necessitavam então de uma inovação em seus recursos construtivos, que fosse: mais rápido, ágil e eficiente, suprimindo os requisitos de sustentabilidade, qualidade e segurança. Nesse contexto se insere o método construtivo de paredes de concreto moldadas *in loco* que passou a ganhar forças no mercado (NUNES, 2011).

Com a crescente utilização de paredes de concreto moldadas *in loco* para habitações populares é necessário cada vez mais um controle rigoroso no quesito resistência desse material, principalmente no que diz respeito a resistência especificada em projeto e a executado em obra. A avaliação da resistência é necessária para manter as características das estruturas, importância esta que já se tornou objetivo de várias pesquisas. Os dois métodos mais utilizados para avaliar a resistência mecânica à compressão da peça estrutural são o ensaio destrutivo, onde se extrai os testemunhos e realiza a ruptura das amostras, e o não destrutivo, o qual não é agressivo para peça estrutural e pode ser realizado *in loco*.

Segundo Bottega (2010), os dois métodos realizam a mesma função, porém, se dá preferência ao ensaio não destrutivo, pois o mesmo não retira testemunhos da peça estrutural, preservando a obra. Por isso, esse ensaio passa a ser uma alternativa mais atraente, uma vez que os métodos foram modernizados o que elevou sua precisão de análise.

De maneira geral, há duas classes de métodos de ensaios não destrutivos para aplicação em estruturas de concreto. A primeira consiste em métodos utilizados para aproximar a resistência do concreto, e a segunda classe inclui métodos utilizados para medir defeitos internos. Para a realização do presente artigo, utilizou-se o método esclerométrico, que permitiu identificar a aproximação da resistência obtida, podendo antecipar certos problemas que podem levar ao comprometimento da estrutura.

Tendo em vista a importância de um controle tecnológico do concreto e o progresso de novas técnicas de averiguação do mesmo, de forma não destrutiva e destrutiva, o propósito deste trabalho é a verificação do comportamento da esclerometria e também do ensaio destrutivo em corpos de prova, analisando a resistência à compressão, levando em conta o desvio existente entre o projeto e a realização da obra.

Para tanto, a pergunta a ser respondida com a realização dessa pesquisa é a seguinte: Qual a diferença entre a resistência a compressão existente em projeto e os valores obtidos através dos ensaios destrutivos e não destrutivos?

Sendo assim, os ensaios serão realizados pela empresa Concresuper, de acordo com a NBR 5739: Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova, (ABNT, 2018). As amostras foram coletadas no condomínio X, localizado na cidade de Cascavel-Pr, onde também foram realizados os ensaios, de acordo com a NBR 7584 – Concreto endurecido: avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão (ABNT, 2012).

Assim sendo, este trabalho teve como objetivo realizar uma análise comparativa entre a resistência à compressão especificada em projeto e a resistência encontrada *in loco* nas paredes de concreto do residencial.

Salienta-se que para atingir pleno êxito, os seguintes objetivos específicos foram propostos:

- Identificar a resistência à compressão em corpos de prova, por meio de ensaios, de acordo com a NBR 5739 (ABNT, 2018);
- Identificar a dureza superficial dos corpos de prova, pelo esclerômetro de reflexão, de acordo com a NBR 7584 (ABNT, 2012);

- Verificar a influência dos processos execução e cura úmida no ganho de resistência.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Fatores que influenciam nas propriedades mecânicas do concreto

De acordo com Freitas (2012), o concreto é um resultante da mistura, em proporção adequada de cimento, agregados, água e, em certos casos, inserção de aditivos, resultando em características diferentes dos elementos que o constituem. Considera-se o concreto como um material em constante evolução, sujeito a sofrer alterações físicas, químicas e mecânicas impostas pelo ambiente.

2.1.1 Porosidade

Para o concreto ter uma boa durabilidade, é necessário haver uma boa relação água-cimento e a permeabilidade. Sua resistência é influenciada pelo volume dos vazios, devido à presença de ar aprisionado, poros capilares, poros de gel e ar incorporado.

O volume de poros que influencia a resistência do concreto pode ser representado segundo a Equação 1:

$$f_c = f_{c,o} (1 - p)^n \quad (1)$$

Onde:

p = porosidade (volume de poros expresso como fração do volume total do concreto);

f_c = resistência do concreto com a porosidade;

p f_{c,o} = resistência do concreto com porosidade zero;

n = um coeficiente não necessariamente constante.

Segundo Haynes e Campitell (1987), em um concreto de boa qualidade, sua porosidade nas primeiras idades é de 20 a 25%, ou seja, a porosidade existente no concreto acaba limitando sua resistência.

2.1.2 Relação água/cimento

Tango (2016), observou que a resistência que se deseja obter está diretamente relacionada com o traço realizado em obra, ou seja, a durabilidade e qualidade do concreto dependem da relação água/cimento. Pode-se dizer então que, existe uma relação inversamente proporcional, onde quanto mais água for adicionada, menos resistência terá o seu concreto e maior será a chance de ele retrair e fissurar.

A falta de água também acaba dificultando o processo de concretagem, acarretando falhas. Segundo Freitas (2016), deve-se assegurar em obra que a quantidade de água seja exatamente a especificada, nem a mais nem a menos, qualquer descuido nessa fase pode comprometer a segurança da obra e causar altos custos de reparo.

2.1.3 Grau de Hidratação

Para controlar a hidratação do cimento, com o intuito de fazê-lo endurecer corretamente e apresentar a resistência desejada, é necessário realizar um processo de cura. De acordo com a IAEA (2002), a cura é um processo no qual o concreto é mantido úmido, para maximizar sua resistência e durabilidade, a velocidade da hidratação depende do tipo de cimento utilizado e sua composição. Neville e Brooks (2013), citam que o mesmo cimento aplicado em local diferente pode apresentar características distintas devido a agressividade do meio.

Silva (2009) explica que tais características influenciam diretamente nas velocidades de hidratação, exemplificando que quanto mais fino for o cimento, maior será a velocidade de hidratação e consequentemente maior será sua resistência inicial. Quando executado um bom processo de cura, o concreto pode aumentar sua resistência em até 30%.

2.2 Resistência do concreto

De acordo com Metha e Monteiro (1994), controle de qualidade do concreto tem como sua referência principal o F_{ck} (resistência característica a compressão), o qual já vem determinado em projeto conforme a NBR 6118 (ABNT, 2014). Essa resistência é definida pela capacidade de o material suportar ações aplicadas sem entrar em colapso, juntamente com sua durabilidade, são os requisitos mais solicitados no concreto, em seu estado endurecido.

Para determinar se tal valor foi atendido em obra, é necessário aguardar entre 7 e 28 dias, caso não atenda a resistência projetada, é de extrema importância que se possa rastrear onde este concreto foi lançado e a qual lote ele pertence, podendo então realizar ensaios em pontos específicos para verificar sua resistência *in loco*, quanto maior for o controle, maior será o desempenho do produto final (NEVILLE, 1997).

Podemos controlar a resistência do concreto através de ensaios, realizados por meio de corpos de prova: moldados, curados e rompidos de acordo com a NBR 5738 (ABNT, 2015). Entretanto, os corpos de prova não representam exatamente o concreto existente em obra, há uma variação entre as propriedades do concreto *in situ*, principalmente devido à compactação, cura e lançamento, podendo alterar significativamente a resistência do concreto da estrutura.

2.3 Método construtivo de paredes de concreto moldadas *in loco*

Trata-se de um sistema construtivo, no qual, a estrutura e a vedação são formadas por apenas um elemento a parede de concreto moldada *in loco*, capaz de suportar cargas no mesmo plano de parede e comprimento maior que duas vezes sua espessura, de acordo com a NBR 16055 (ABNT, 2012). É considerado um sistema construtivo racionalizado, permitindo um planejamento completo da obra, o que acarreta na diminuição da mão de obra no canteiro.

Para a execução das paredes de concreto se faz necessário a realização de um nivelamento rigoroso para a fundação, permitindo a correta montagem do sistema de moldes. O tipo de fundação é escolhido a partir das condições que o local tem a oferecer, levando em consideração principalmente a resistência mecânica do solo, podendo executar o sistema em sapata corrida, radier (laje de apoio) e blocos de travamento, de acordo com o que o projetista determinar (ABCP *et al*, 2008).

Em seguida é iniciado a montagem das telas soldáveis e reforços, para a armação das paredes e lajes, segundo a NBR 16055 (ABNT, 2012). Essas armaduras são propensas para quesitos básicos, como: resistir à torção das paredes, controlar a retração do concreto e fixar as tubulações hidráulicas e elétricas (MISSURELLI; MASSUDA, 2009). Santos (2016), afirma que a armação mais utilizada é a em tela soldável, posicionada no eixo da parede, com a possibilidade de posicionamento em duas faces, dependendo do projeto estrutural.

Segundo Venturini (2011), após a ancoragem das armaduras, verifica-se os painéis, se já estão com o desmoldante aplicado, sendo sua composição a base de óleos vegetais e aditivos, evitando que o concreto grude em sua superfície. As montagens das paredes iniciam-se pelos cantos internos, formando um esquadro, sendo que as formas possuem o gabarito das aberturas de portas e janelas, logo após inicia-se a montagem das paredes externas. Para realização da junção dos painéis utilizam-se faquetas, as mesmas são envolvidas por isomantas, denominadas camisinhas, que facilitam a retirada após a concretagem, e são fixadas com pinos e cunhas. Logo seguida é iniciada a montagem dos painéis da laje. Para que as formas fiquem alinhadas e não se abram durante a concretagem, são colocadas nas paredes internas e externas duas linhas de alinhadores.

Para Missureli e Massuda (2009), as formas devem ser projetadas para obter resistência a intercorrências durante o processo construtivo, rigidez para garantir as especificações do projeto, estanqueidade e compatibilidade com as peças moldadas. Após a montagem das formas, inicia-se o processo de concretagem. O concreto é transportado da central dosadora até a obra por um caminhão betoneira. É considerado como elemento principal no sistema construtivo, necessitando então ser de excelente qualidade e elevada resistência inicial. É dever do projetista informar a resistência do projeto e a classe de agressividade do meio ambiente, tendo também que conferir se o material solicitado atende a tais necessidades. Para isso, realiza-se o *Slump Test*, para aferir a trabalhabilidade do concreto e o *Flow Test*, para verificar sua fluidez (ABCP *et al*, 2008).

Mayor (2012) alega que o concreto auto adensável é o mais adequado para este processo, podendo ser bombeado a grandes distâncias horizontais e possuindo um ótimo arremate superficial, o que diminui as operações de acabamento. Inicia-se a concretagem no encontro de quatro paredes, podendo distribuir uniformemente o concreto, não forçando as formas e ocasionando problemas de deslocamento. Adiciona-se ao concreto fibras têxteis de polipropileno e aditivos plastificantes, os quais auxiliam as tensões de retração, tendo como objetivo desenvolver um concreto mais homogêneo, com uma alta fluidez, viscosidade moderada e com resistência a segregação e exsudação.

No dia seguinte a concretagem realiza-se o rompimento dos corpos de provas coletados, para controle tecnológico, averiguando se o mesmo atingiu a resistência especificada. Assim que o corpo de prova atingir a resistência mínima de 3 MPa, poderá executar a desforma. Tal execução deve ser realizada com muita cautela, para que não retirem

as escoras permanentes e não haja impacto na retirada, assim evitando fissuras (BRAGUIM, 2013)

2.4 Tipos de ensaios para análise das propriedades mecânicas do concreto

2.4.1 Ensaios destrutivos

O método mais utilizado para se determinar a resistência característica do concreto, quando se trata de avaliar a resistência de corpos de prova cilíndricos, é o ensaio destrutivo, contemplado na NBR 5739 (ABNT, 2007). É considerado um ensaio indireto e é realizado em laboratório.

Para Neville (1997), o ensaio destrutivo pode ser classificado como ensaio mecânico destrutivo. O ensaio mais popular para o concreto endurecido é o de resistência à compressão. Há algumas variações que podem alterar o resultado desse método, como o tipo do corpo de prova, tamanho do corpo de prova, tipo de molde, cura, preparação dos topos, rigidez da máquina de ensaio e velocidade de aplicação da tensão.

2.4.1.1 Extração do corpo de prova

Utiliza-se a extração do corpo de prova, para verificar por meio de ensaios a resistência à compressão, se há manifestação de não conformidade do concreto. O propósito de determinar a resistência do corpo de prova é para estimar a resistência da estrutura real.

De acordo com a Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural - ABECE, (2015), os corpos de prova devem ser precisamente moldados de acordo com a NBR 5738 (ABNT, 2015), e os ensaios executados conforme a NBR 5739 (ABNT, 2007) que se trata do ensaio de resistência à compressão. Tais medidas devem ser tomadas, para verificar se a resistência projetada foi alcançada.

2.4.2 Ensaio não destrutivo

De acordo com Passos (2019), o método não destrutivo é o ensaio que não altera em nada a forma permanente do material, tanto em propriedades físicas, quanto nas mecânicas e dimensionais. O ensaio tem como objetivo entender as características da estrutura, bem como seu estado de conservação, o mesmo permite precaver falhas e buscar saídas mais adequadas para resolver eventuais complicações.

Segundo Leme (2011), a utilização de ensaios não destrutivos em estruturas de concreto possibilita avaliar a integridade da estrutura e estimar a capacidade de resistir aos esforços. Desse modo, possibilita aplicar o mesmo mecanismo às estruturas novas e velhas sem causar danos as mesmas.

Carvalho *et al* (2017), salientam a interessante portabilidade do uso dos END nos canteiros de obras, pois consistem em métodos de ensaios rápidos, práticos, econômicos e qualitativos para o monitoramento da qualidade dos concretos estruturais durante sua execução ou já executados.

Silva e Valin Jr (2013), apontam como principais opções de ensaios de dureza superficial: a esclerimetria, resistência a penetração, ensaios de arrachamento e ultrassom.

2.4.2.1 Esclerometria

Consiste em um método utilizado para determinar um valor aproximado da resistência à compressão superficial do concreto endurecido e de sua conformidade.

Esclerômetro por Reflexão: consiste fundamentalmente em uma massa-martelo que impulsionada por mola se choca através de uma haste, com ponta em forma de calota esférica, com a área de ensaio. A energia do impacto é em parte, utilizada na deformação permanente provocada na área de ensaio e em parte, conservada elasticamente, proporcionando, ao fim do impacto, o retorno do martelo. [...] (NBR 7584, ABNT 1995).

Segundo Helal, Sofi e Mendis (2015), o esclerômetro registra os números de recuos do martelo, o qual apresenta uma indicação das propriedades de resistência, ao fazer referência a correlações empíricas estabelecidas entre as propriedades de resistência do concreto (compressão e flexão) e o número de recuo.



De acordo com Metha e Monteiro (1994), o esclerômetro é o método que oferece o meio mais rápido e mais barato para avaliar a uniformidade de um concreto em sua estrutura.

3. METODOLOGIA

3.1 Tipo de estudo

Trata-se de uma pesquisa experimental que possibilita por meio de experimentos maior familiaridade com o tema, de forma a torná-lo mais claro e explícito, do tipo Estudo de Caso.

A seguinte pesquisa classifica-se como quantitativa, justo porque empregará quantificação na coleta dos dados e no tratamento deles, por meio do tratamento estatístico (GIL, 2008).

3.2 Caracterização da amostra

A pesquisa foi realizada no condomínio X em Cascavel - Pr, que possui uma área de 14.485,42 m² e é composto por quatorze blocos que possuem: três pavimentos, quatro apartamentos por pavimento e térreo, e, cada apartamento tem 43,68 m². O condomínio é localizado na Rua Mariscal, 2190, no bairro Floresta, em Cascavel - Pr, conforme demonstrado na Figura 1.

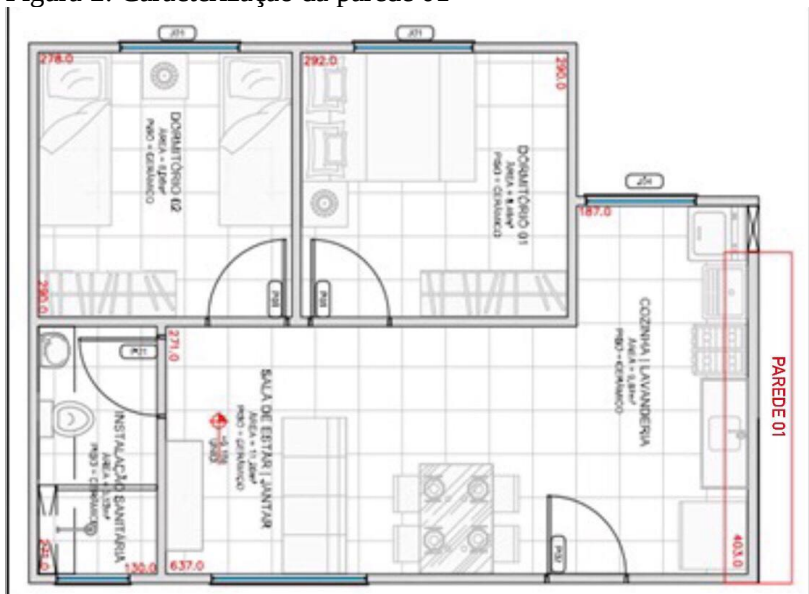
Figura 1: Condomínio X



Fonte: Google Earth (2020)

A coleta de dados foi realizada nos blocos: 01, 02, 08 e 09, do condomínio X, com o intuito de comparar a resistência adquirida em obra, com a resistência de 25 MPa, especificada em projeto. Optou-se por realizar os ensaios não destrutivos nas paredes das cozinhas do térreo de cada bloco analisado, conforme demonstrado na Figura 2, e também foram moldados corpos de prova com o mesmo concreto utilizado para a execução desta parede no dia de sua concretagem.

Figura 2: Caracterização da parede 01



Fonte: Autora (2020)

A moldagem dos corpos de prova cilíndricos com 15 cm de diâmetro e 30 cm de altura seguiram as recomendações da NBR5738 (ABNT, 2015). Os corpos de prova moldados na obra foram rompidos no laboratório da empresa Coneresuper, localizada na Rua Pacaembu, 586, Cascavel-Pr, os mesmos foram submetidos à cura úmida por 28 dias.

O ensaio de esclerometria seguiu as recomendações da NBR 7584 (ABNT, 2012), e foi realizado na parede 01 do térreo de cada bloco quatro meses após a desforma, podendo assim ter uma análise mais ampla da variação da resistência.

3.3 Instrumentos e procedimentos para coleta de dados

3.3.1 Moldagem dos corpos

Primeiramente, foram moldados 3 corpos de prova para cada parede analisada conforme a NBR 5738 (ABNT, 2015), ambos com 15 cm de diâmetro e 30 de altura. Antes de acontecer a moldagem, as bases dos moldes foram revestidas com uma fina camada de desmoldante. Após isso se deu início a concretagem dos corpos de prova, a qual foi realizada de forma uniforme.

As amostras foram levadas ao laboratório da empresa Coneresuper, onde realizou-se a cura submersa e aos 28 dias após sua extração realizou-se o seu rompimento, por meio do ensaio à compressão axial.

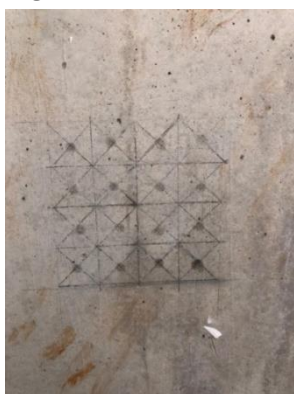
3.3.2 Ensaio de Esclerometria

O ensaio de esclerômetro é um ensaio não destrutivo, que foi realizado na Parede 01 de cada bloco, sendo realizado um ensaio por bloco, totalizando 04 ensaios.

Antes da utilização do esclerômetro, foi feito a calibração do material, que é necessária para obter o coeficiente de correção do índice esclerométrico (K), o qual nos permite chegar a resistência à compressão estimada da parede analisada. O valor obtido pela calibração foi de $k=1,09$.

O ensaio foi realizado 120 dias após a concretagem das paredes. Para isso, realizou-se 16 impactos na área de ensaio, com espaçamento de 3 cm entre os pontos, conforme demonstrado na Figura 3. Após a realização dos impactos, calculou-se a média dos resultados obtidos para se obter o índice esclerométrico médio, necessário para encontrar o índice esclerométrico médio efetivo, conforme descrito na NBR7584 (ABNT,2012).

Figura 3: Malha da área de ensaio



Fonte: Autora (2020)

Após a realização do ensaio, seguindo as normas da NBR 7584 (ABNT, 2012), utilizou-se os dados adquiridos para encontrar o índice esclerométrico médio efetivo, para isso, aplicou-se os mesmos nas Equações 2 e 3:

$$K = \frac{n \cdot I_{Enom}}{\sum_{i=1}^n I_{Ei}} \quad (2)$$

Em que,

K = é o coeficiente de correção do índice esclerométrico;

n = é o número de impactos na bigorna de aço;

I_{Enom} = índice esclerométrico nominal do aparelho na bigorna de aço, fornecido pelo fabricante;

I_{Ei} = é o índice esclerométrico obtido em cada impacto do esclerômetro.

$$I_{Ea} = K \cdot I_E \quad (3)$$

Em que,

I_{Ea} = é o índice esclerométrico médio efetivo;

K = é o coeficiente de correção do índice esclerométrico;

I_e = é o índice esclerométrico médio.

3.3.3 Levantamento dos dados

Para facilitar a coleta e a análise dos dados foi elaborado o Quadro 01, onde foram coletados dados do fck de projeto, a parede a ser analisada bem como informações referentes a cura do concreto e também os dados obtidos através do ensaio de esclerômetro.

Quadro1: Levantamento de dados

Formulário para levantamento dos dados		
Localização da obra:		
Área da edificação		
Local analisado		() Bloco1 () Bloco2 () Bloco8 () Bloco 9
Fck especificado em projeto		
Ocorreu cura úmida?		() Sim () Não
Se sim, quantos dias?		_____ dias
Resistência a compressão (MPa)		
CP01		
CP02		
CP03		
Índices obtidos através do ensaio de esclerômetro		
D1	D7	D13
D2	D8	D14
D3	D9	D15
D4	D10	D16
D5	D11	Data: ____/____/____
D6	D12	

Fonte: Autora (2020)

O formulário foi preenchido em obra e no laboratório da empresa Concresuper, com o intuito de ampliar o conhecimento sobre a obra e sobre o que ocorreu durante e após a concretagem das amostras e a realização dos ensaios.

3.4 Análise dos dados

Após a coleta os dados foram tabulados e analisados através de quadros, para uma melhor avaliação e comparação de dados foram desprezados os valores individuais, obtidos pelo esclerômetro, que estejam afastados em mais de 10% do seu índice médio, conforme a norma exige.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O principal objetivo deste trabalho foi analisar a correlação entre as resistências a compressão obtidas através do rompimento de corpos de prova, do ensaio esclerometria e da resistência especificada em projeto. O estudo foi realizado visando avaliar dureza do concreto, na estimativa da resistência a compressão, utilizando métodos destrutivos e não destrutivos. Os instrumentos desta avaliação foram pautados em 12 análises de corpos de prova, 64 impactos de esclerômetro e um formulário respondido na obra, que permitiu chegar ao percentual evolutivo da resistência e de todos os dados isoladamente para se justificar os fatores que influenciaram cada resultado.

4.1 Resistência dos corpos de prova moldados na obra

Foi realizada a moldagem dos corpos de prova, segundo a NBR 5738 (ABNT,2008), a fim de realizar seu rompimento através do ensaio de compressão e verificar sua resistência com 28 dias de concretagem.

Para tal fim, foram rompidos 12 corpos de prova, conforme a NBR 5739 (2012), e, os resultados obtidos foram representados no Quadro 2, onde, é possível avaliar a resistência à compressão obtida em cada um dos corpos de prova e suas variações.

Quadro 2- Análise da resistência adquirida através do ensaio à compressão

Corpos de prova	ENSAIO DE COMPRESSÃO - Resistência (MPa)	Média da Resistência (MPa)	Desvio Padrão ≈
BLOCO 1	Em 28 dias	26,76	1,97
1	29		
2	26,03		
3	25,27		
BLOCO 2	Em 28 dias	31,99	1,53
4	30,53		
5	33,6		
6	31,86		
BLOCO 8	Em 28 dias	31,97	4,80
7	36,42		
8	26,9		
9	32,6		
BLOCO 9	Em 28 dias	30,74	3,14
10	34,38		
11	28,79		
12	29,07		

Fonte: Autora (2020)

O fck especificado em projeto foi de 25 MPa e através dos resultados encontrados com o rompimento dos corpos de prova é possível concluir que o resultado ficou acima do valor especificado em projeto, tendo então um aumento de resistência durante esses 28 dias.

4.2 Ensaio de esclerometria

Para obter o valor da dureza superficial através do esclerômetro, realizou-se o ensaio em uma malha localizada exatamente no meio da parede de concreto. Este ensaio não destrutivo foi realizado 120 dias após a concretagem da parede, para poder realizar uma análise do concreto, considerando sua variação através do tempo. No Quadro 3, observa-se os resultados obtidos entre nos blocos.

Quadro 3- Análise da resistência adquirida através do ensaio de esclerometria.

PAREDE ANALISADA	Esclerômetro - Resistência (MPa)	Média da Resistência (MPa)	Coefficiente de correção do índice esclerométrico	Ocorreu cura úmida?
BLOCO 1 1	26	26	1,09	Não
BLOCO 2 1	36	36	1,09	Sim
BLOCO 8 1	38	38	1,09	Sim
BLOCO 9 1	28	28	1,09	Não

Fonte: Autora (2020)

A resistência à compressão obtida através do ensaio esclerométrico ultrapassou a especificada em projeto, considerando que nos blocos que houve a execução da cura úmida, a resistência obtida foi significativamente maior em comparação aos blocos que não passaram por esse processo.

4.3. Análise comparativa entre a resistência de projeto, os ensaios realizados e o formulário preenchido em obra

A partir dos resultados de resistência à compressão obtidos, foi possível averiguar a variação que ocorre entre o fck estipulado em projeto e o adquirido em obra, constatando as variações e comparando o processo realizado pós concretagem em cada bloco, para haver tal variação. No Quadro 4, averigua-se a porcentagem da resistência existente entre o concreto analisado nos ensaios e o especificado pelo projetista.

Quadro 4- Resistência variada entre o projeto e os ensaios

Local da retirada das amostras	Resistência especificada em projeto (MPa)	ENSAIO DE COMPRESSÃO- Resistência (MPa)		Esclerômetro - Resistência (MPa)	
		Média dos CPs aos 28 dias	% variada	Em 120 dias	% variada
BLOCO 1	25	26,76	7,04%	26	4%
BLOCO 2	25	31,99	27,97%	36	44%
BLOCO 8	25	31,97	27,88%	38	52%
BLOCO 9	25	30,74	22,96%	28	12%

Fonte: Autora (2020)

Após a análise dos dados obtidos foi possível perceber que houve uma baixa variação da resistência tanto no bloco 01 como no bloco 9. Essa diminuição está relacionada com o traço do concreto utilizado e pode estar ligada com a realização da cura úmida realizada durante 28 dias em laboratório, já que os resultados obtidos através do ensaio com o esclerômetro nos mesmos blocos foi menor e observa-se que nestes blocos não foi realizado a cura úmida recomendada. Assim, essa variação pode ter ocorrido por não ter sido realizado a cura úmida nas paredes de concreto. Segundo a IAEA (2002), a cura é um processo no qual o concreto é mantido úmido, para maximizar sua resistência e durabilidade. A velocidade da hidratação depende do tipo de cimento utilizado e sua composição e quando realizada corretamente, pode aumentar a resistência do concreto em até 30%.

Outra constatação que pode ser observada na obra e que a não realização da cura úmida ocasionou foi a retração do concreto, que é ocasionada pela diminuição do volume do concreto, motivada pela eliminação de água. Isso correu no bloco 01 e 09, conforme demonstrado nas Figuras 04 e 05. Este fator pode ser sido agravado por interferências climáticas, visto que, ambos foram concretados em um dia de calor intenso, estando 27°C no dia da concretagem do bloco 01 e 29°C na concretagem do bloco 09.

Figura 4: Fissuras parede 1 do bloco 01



Fonte: Autora (2020)

Figura 05: Fissuras da parede 1 do bloco 09



Fonte: Autora (2020)

Nota-se que quando é realizado o procedimento correto de execução e se faz a cura úmida temos um aumento de resistência de 44% no bloco 02 e 52% no bloco 08 comprovando o que é citado por diversos autores em seus trabalhos, como Bresolin (2016) e IAEA (2002), outra constatação é de que nesses dois blocos não ocorreu o aparecimento das manifestações patológicas encontrada no bloco 01 e 09.



5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo realizado através de ensaios destrutivos e não destrutivos teve como objetivo realizar a análise da resistência existente em projeto e a adquirida em canteiro, do condomínio San Remo, da cidade de Cascavel-Pr.

Foram utilizados quadros comparativos dos dados adquiridos, por meio dos rompimentos dos corpos de prova, segundo a NBR 5739 (2018), e através do uso do esclerômetro de acordo com a NBR 7584 (2012). Ambos os ensaios foram realizados para determinar qual resistência o concreto atingiu ao longo do tempo.

A variação da resistência foi significativa tanto entre o fck de projeto e o que foi encontrado em obra. O bloco 01 teve a menor variação entre o ensaio realizado com 28 dias e o realizado com 120 dias, de 7,04% e 4%, e o bloco 08 com as maiores variações, de 27,88% e 52%.

Os resultados encontrados no bloco 01 e no bloco 9 demonstraram que ocorreu uma pequena variação de resistência, que pode estar relacionada com a realização da cura úmida realizada durante 28 dias em laboratório, já que os resultados obtidos através do ensaio com o esclerômetro nos mesmos blocos foi menor e não foi realizado a cura nestas edificações.

Analizando todos os dados em conjunto com as resistências encontradas, constata-se que apesar de todas as resistências ficarem acima do que foi especificado em projeto, a falta da execução da cura úmida ocasionou o surgimento de manifestações patológicas e também houve uma baixa variação de resistência, encontrada através do ensaio de esclerometria, podendo relacionar o aumento da resistência das estruturas de concreto a execução correta da cura úmida.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, D. S. **Propriedades mecânicas do concreto por meio de ensaios não destrutivos: Estudo de caso da estrutura do estádio maracanã**. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND - ABCP - **Guia Básico de Cimento Portland**. Disponível em: <https://abcp.org.br/conteudo/wp-content/uploads/2009/12/BT106_2003.pdf> Acesso: 20 de abril 2020.



ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA E CONSULTORIA ESTRUTURAL (ABECE). Recomendação ABECE 001:2015: **Análise de Casos de Não Conformidade de Concreto**. 2015.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15307**: Ensaio não destrutivo – Provas de cargas dinâmicas em grandes estruturas – Procedimento. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739**: Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova. Rio de Janeiro, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto. Rio de Janeiro, 2014.

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

BARROS, A. J.da S.; LEHFELD, N. A. de S.. **Fundamentos de metodologia científica**: um guia para a iniciação científica. 2. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2000.

BOTTEGA, F. **Análise de Ensaio Esclerométrico, um ensaio não destrutivo, nas Estruturas de Concreto**. TCC. Universidade do Extremo Sul Catarinense – Unesc. Criciúma, 2010.

BRESOLIN, G. **Influência das técnicas de cura na resistência do concreto e análise da incorporação de cal hidratada na técnica de cura por aspersão periódica de água**. TCC. Centro Universitário UNIVATES Lajeado, 2016.

EVANGELISTA, A. C. J. **Avaliação da resistência do concreto usando diferentes ensaios não destrutivos**. 2002. 239f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica da UFRJ, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.

KAEFER, Luiz F. **A evolução do concreto armado**. PEF 5707 – Concepção, Projeto e Realização das estruturas: aspectos históricos – 1998.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: microestrutura, propriedades e materiais**. 3a. Ed. São Paulo: IBRACON, 2008.

MEHTA, P.K., MONTEIRO, P. J.M. **Concreto: estrutura, propriedades e materiais**. São Paulo: PINI, 1994.



**CENTRO
UNIVERSITÁRIO**



NEVILLE, A.M. **Propriedades do Concreto**. 2ª. Ed. São Paulo:PINI, 1997.

ROESCH, S. M. A. **Projetos de estágio e de pesquisa em administração**: guia para estágios, trabalhos de conclusão, dissertações e estudo de caso. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2010.