



Gestão & Gerenciamento

APLICAÇÃO DO MÉTODO DE MATURIDADE EM CONSTRUÇÕES DE PAREDES DE CONCRETO PARA HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL

*APPLICATION OF THE MATURITY METHOD IN CONSTRUCTION OF
CONCRETE WALLS FOR SOCIAL HOUSING*

Beatriz de Souza Masuda

Engenheira Civil; Pós-graduanda em Planejamento, Gestão e Controle de Obras Civas,
NPPG/POLI – UFRJ; Rio de Janeiro, RJ, Brasil;

bia.masuda@hotmail.com

Rafael Felipe Teixeira Rodrigues

Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho; NPPG/POLI - UFRJ; Rio de Janeiro, RJ,
Brasil;

rafaelftr@poli.ufrj.br

Resumo

Este estudo avalia comparativamente dois métodos de avaliação da resistência do concreto: o tradicional ensaio de compressão e o método baseado na maturidade. O ensaio de compressão, amplamente utilizado, requer amostras curadas por períodos prolongados, impactando cronogramas e custos de construção. Em contraste, o método da maturidade permite monitorar em tempo real a evolução da resistência do concreto através do histórico de temperatura, oferecendo uma alternativa mais eficiente. Um estudo de caso em habitações de interesse social demonstra que a aplicação do método da maturidade permite a desforma em menos de dois dias, otimizando a produtividade e reduzindo custos. No entanto, a eficácia do método é limitada ao período inicial de cura, necessitando do método de compressão para avaliações posteriores. A escolha entre os métodos deve considerar as especificidades de cada projeto, equilibrando rapidez e precisão no controle da resistência do concreto.

Palavras-chave: Resistência do concreto; Método da maturidade; Ensaio de compressão; Construção civil; Habitação social

Abstract

This study provides a comparative analysis of two methods for assessing concrete strength: the traditional compression test and the maturity-based method. The compression test, widely used, requires prolonged curing of samples, affecting construction timelines and costs. In contrast, the maturity method allows real-time monitoring of concrete strength evolution through temperature history, offering a more efficient alternative. A case study in social housing projects demonstrates that applying the maturity method enables formwork removal in less than two days, optimizing productivity and reducing costs. However, the method's effectiveness is limited to the initial curing period, necessitating the compression method for subsequent evaluations. The choice between methods should consider each project's specifics, balancing speed and accuracy in concrete strength monitoring.

Key words: Concrete strength; Maturity method; Compression test; Civil construction; Social housing

1 Introdução

O concreto é o principal material de construção na engenharia civil e necessita de métodos precisos para avaliar sua resistência e durabilidade para garantir a segurança e longevidade das estruturas. Tradicionalmente, o ensaio de resistência à compressão tem sido o padrão ouro para avaliar a resistência do concreto, sendo amplamente reconhecido e utilizado tanto no mercado nacional quanto internacional. Este método é amplamente adotado devido à sua confiabilidade e precisão na determinação da capacidade de carga do concreto. De acordo com a American Concrete Institute (2022), o ensaio de compressão continua a ser a prática padrão na indústria da construção, sendo fundamental para garantir a segurança e a durabilidade das estruturas de concreto. No entanto, os avanços na tecnologia e nas metodologias introduziram abordagens alternativas, entre as quais, o uso combinado de dispositivos tecnológicos com o método baseado na maturidade do concreto vem ganhando destaque. Este artigo procura fornecer uma comparação abrangente entre o método tradicional de resistência à compressão e o método baseado na resistência pela maturidade, esclarecendo seus princípios, procedimentos, vantagens e limitações por meio de um estudo de caso em habitações de interesse social com estrutura em parede de concreto.

O ensaio de resistência à compressão tem sido empregado há muito tempo como procedimento padrão para determinar a resistência do concreto (NBR 7215:2019). Este método consiste em moldar corpos de prova cilíndricos ou cúbicos de concreto, submetê-los a condições de carregamento controladas e medir a força necessária para rompê-los. Embora amplamente aceito e padronizado no Brasil, o teste de resistência à compressão exige técnicas apuradas para realização e pode levar vários dias até que os corpos de prova (CP) estejam aptos ao rompimento, já que depende que as amostras sejam curadas por um período específico antes do teste, o que, em casos específicos, pode causar atrasos no cronograma de avanço físico de serviços. Além disso, há a demanda por local apropriado para que sejam realizadas as moldagens, cura e, em alguns casos, o rompimento dos CPs quando estes acontecem no próprio canteiro de obras, podendo ser também um fator de aumento dos custos do projeto.

Em contraste, a abordagem baseada no cálculo da resistência por meio do método da maturidade, se apresenta como uma alternativa simplificada, em termos logísticos e, teoricamente, mais ágil, na obtenção dos resultados. Este método, que considera a interação entre tempo e temperatura, é essencial para o monitoramento da maturidade do concreto. Ao acompanhar continuamente o histórico de temperatura das amostras durante o processo de cura, engenheiros podem avaliar a maturidade do concreto e estimar sua resistência de forma não destrutiva. De acordo com a American Concrete Institute (2020), o uso de sensores de temperatura e a aplicação do método de maturidade permitem previsões precisas da resistência do concreto, minimizando a necessidade de testes destrutivos e otimizando o controle da qualidade durante a cura.

Este monitoramento em tempo real permite que as equipes de construção tomem decisões sobre remoção de fôrmas, pós-tensionamento (em caso de concreto protendido), içamento de peças pré-moldadas de concreto, entre outras atividades críticas de construção.

O conceito do método de maturidade do concreto baseia-se na relação direta entre a taxa de ganho de resistência do concreto e sua maturidade, que é medida por meio do histórico de temperatura-tempo. À medida que o concreto cura, o processo de hidratação gera calor, elevando a temperatura do concreto. Com isso, é possível monitorar o desenvolvimento da resistência ao registrar a temperatura em intervalos regulares. Segundo o American Concrete Institute (2020), a maturidade do concreto é um parâmetro crucial para avaliar seu progresso na cura e estimar sua resistência sem a necessidade de testes destrutivos.

Embora o teste de resistência à compressão forneça medições diretas e precisas da resistência do concreto, ele requer cura e teste de amostras, o que pode levar de vários dias a semanas. Em contraste, o método baseado na maturidade oferece uma avaliação não destrutiva e em tempo real da resistência do concreto, permitindo a tomada de decisões oportunas e potencialmente acelerando os cronogramas de construção.

Desta forma, o objetivo principal deste artigo é avaliar o impacto do uso método de resistência pela maturidade no contexto de projetos em parede de concreto de habitação de interesse social - unidades residenciais destinadas a atender famílias com baixa renda, visando garantir o acesso à moradia digna e acessível. De acordo com o Ministério das Cidades do Brasil, essas habitações são impulsionadas por programas governamentais que têm como

objetivo a inclusão social e a diminuição do déficit habitacional, o que impacta tanto o processo de desforma quanto o prazo de execução das obras.

2 Paredes de concreto moldadas in loco

De acordo com a ABNT NBR 16055:2012 (Parede de Concreto Moldada no local para a Construção de Edificações - Requisitos e Procedimentos) parede de concreto é um elemento estrutural autoportante, moldado no local, com comprimento maior que dez vezes a sua espessura e capaz de suportar carga no mesmo plano da parede.

Figura 1 – Edificação em parede de concreto



Fonte: Autora, (2021)

Segundo Missureli; Massuda (2009), o método construtivo Parede de Concreto, é um sistema que permite produção em grande escala, garante o controle de qualidade e a redução dos prazos, o que torna o sistema muito atrativo para o mercado da construção.

É recomendado que o sistema seja utilizado em empreendimentos que têm alta repetitividade devido à sua eficiência em termos de tempo e custo e podem ser utilizadas em obras de pequeno, médio e alto padrão, devido a sua grande versatilidade. A definição do uso do sistema, pelo empreendedor, passa por uma criteriosa análise de custos, que leva em consideração vários fatores, como mão-de-obra e custos indiretos. Este sistema pode ser utilizado em edificações de casas térreas, sobrados ou edifícios (PINHO, 2010).

Esse método reduz a necessidade de trabalho manual e improvisações, diminuindo o número de operários e acelerando a produção. A eficiência é garantida pela escala, velocidade e padronização do sistema. Para assegurar qualidade e cumprir prazos, é crucial que o engenheiro acompanhe de perto todas as fases da obra, desde o projeto até a entrega, com

foco especial na montagem e desforma das fôrmas e nas etapas de concretagem (SOUZA; FERNANDES, 2015).

Considerando as características físicas do método de parede de concreto, destacam-se principalmente a espessura padrão das paredes e lajes, que é de 10 cm, e o uso de telas de aço eletrossoldadas com malha quadrada. Este método é amplamente adotado devido à sua eficiência e praticidade, proporcionando uma construção mais rápida. O processo envolve a montagem de um projeto estrutural metálico, apoiado por escoras, que cria um vão a ser preenchido com concreto, resultando em uma solução robusta e ágil para empreendimentos (TECNOSIL, 2017).

A definição da formulação de composição do concreto (traço) é outro aspecto fundamental para o perfeito funcionamento do sistema. Ele deverá atingir resistências mínimas calculadas em projeto específico e ter maleabilidade mínima suficiente para a baixa trabalhabilidade ou até sua ausência, não comprometa a produtividade da equipe ou o preenchimento de todos os espaços da forma, evitando a formação de espaços vazios (popularmente conhecidas como “brocas” ou “bicheiras”) que comprometem o desempenho estrutural do sistema.

Antes do início do lançamento do concreto, deve-se definir o correto posicionamento de passagem, de acordo com o projeto de instalações, de todas as tubulações elétricas e hidráulicas necessárias, deve-se considerar as exigências de manutenção ao longo da vida útil da edificação.

Figura 2 - Concretagem de parede de concreto moldada in loco



Fonte: Votorantim, (2016)

Após a finalização da etapa de concretagem, na maioria das vezes, no dia seguinte as paredes já alcançaram resistência suficiente para se sustentarem sozinhas, de acordo com American Concrete Institute (2022) indica que, em condições normais, o concreto atinge cerca de 70% de sua resistência final em 24 horas, então as fôrmas metálicas são retiradas e toda a estrutura está finalizada. Sendo conferida após a execução do concreto, para identificar

possíveis divergências da fase anterior ou movimentações durante o processo, a fim de garantir que a estrutura esteja pronta para a fase de acabamentos.

Esse método é amplamente adotado por muitas construtoras no âmbito do Programa Minha Casa, Minha Vida (PMCMV), devido à sua eficiência e custo-benefício. Dados da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) indicam que, no período de 2014 a 2019, aproximadamente 60% das novas construções habitacionais financiadas pelo PMCMV utilizaram métodos construtivos que incluem paredes de concreto, devido à sua capacidade de acelerar o processo de construção e reduzir custos operacionais tem sido uma grande vantagem, além de suas características bem padronizadas e por manter sempre uma rotina de trabalho, foi possível reduzir o tempo de construção significativamente, de acordo com Padilha (2018) esta redução pode ser de 50% em relação a uma construção convencional, influenciando diretamente na redução de custo no canteiro de obra e na contratação de profissionais.

3 O método do ensaio de compressão

O método construtivo de paredes de concreto, oferece durabilidade, estabilidade e versatilidade em diversos projetos de construção. Parte integrante do processo de construção é a aplicação meticulosa de concreto, um material conhecido por sua resistência à compressão e capacidade de suporte de carga.

A utilização do ensaio de compressão do concreto, de acordo com a NBR 7215:2019, tem papel fundamental na garantia da qualidade e confiabilidade das paredes de concreto. Ao submeter amostras de concreto a cargas compressivas axiais até que ocorra a falha, este teste permite que seja avaliada com precisão a resistência à compressão do material, informando assim decisões cruciais de projeto e construção, contribuindo, em última análise, para a integridade estrutural e segurança das construções de paredes de concreto.

Este método é o mais comum para avaliar fck - resistência característica à compressão do concreto, medida em megapascals (MPa) e obtida a partir de ensaios em corpos de prova após 28 dias de cura. Este parâmetro é fundamental para garantir a capacidade de carga e a segurança das estruturas de concreto - padronizado por Escobar; Andreotti; Fabro (2011), envolve procedimentos meticulosos de moldagem e cura normalmente realizados em laboratório. Embora eficazes para o controle de qualidade, estes testes podem não representar totalmente o concreto tal como existe na estrutura.

Martins; Maia Filho (2015) e Mazepa; Rodrigues (2011) enfatizam a importância desses ensaios como medida de controle tecnológico do concreto fresco. No entanto, a necessidade de avaliar a resistência in-situ do concreto em diferentes idades, considerando as fases de construção, a longevidade estrutural e a necessidade de reforços ou reparações, leva à exploração de métodos alternativos. Como destacam Escobar, Andreotti e Fabro (2011), isso levou ao aumento do estudo de métodos de ensaios destrutivos e não destrutivos, conforme descrito por Castro (2009). Estas técnicas emergentes oferecem o potencial para avaliações

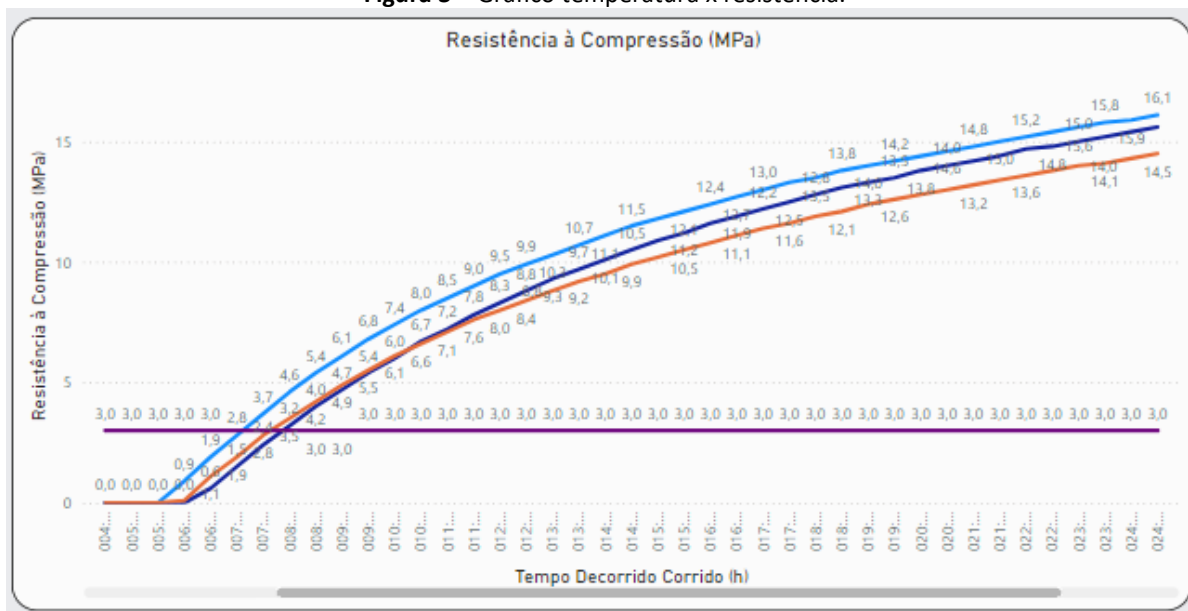
mais precisas e representativas da resistência do concreto, abordando as limitações dos testes tradicionais de corpos de prova.

4 O método da maturidade: características

O conceito de maturidade originou-se de estudos realizados nas décadas de 1940 e 1950 na Inglaterra por McIntosh, Nurse e Saul. Inicialmente focados em prever a resistência do concreto curado a vapor, esses primeiros pesquisadores investigaram os efeitos das flutuações de temperatura no concreto ao longo do tempo. Eles observaram que o concreto com a mesma composição de materiais (traço) e maturidade (determinada por cálculos de temperatura-tempo) exibia resistência semelhante, independentemente da combinação específica de temperatura e tempo utilizada para atingir essa maturidade. Este conceito fundamental de maturidade sugere que a resistência do concreto permanece consistente em um determinado nível de maturidade, independentemente das variações de temperatura e tempo.

Os estudos iniciais sobre a maturidade do concreto enfatizaram uma descoberta significativa quanto à relação entre o ganho de maturidade, o aumento de temperatura e o ganho de resistência. Os pesquisadores observaram que, ao comparar diferentes traços de concreto com o mesmo índice de maturidade, as amostras submetidas a temperaturas mais elevadas durante as fases iniciais não exibiam, de forma consistente, os valores mais elevados de resistência à compressão nas idades subsequentes. Este fenômeno, conhecido como “efeito *crossover*”, evidencia uma relação não linear entre a temperatura e o desenvolvimento da resistência do concreto ao longo do tempo, o que ressalta a complexidade do comportamento do material.

Figura 3 – Gráfico temperatura x resistência.



Fonte: Autora, (2024)

Nesse contexto, a disseminação do método de maturidade no Brasil tem ocorrido de forma progressiva, impulsionada pelo crescente interesse da indústria da construção civil em

adotar tecnologias que promovam a eficiência e a redução de custos. Empresas do setor, especialmente aquelas envolvidas em projetos de grande escala, como infraestrutura e habitação, têm demonstrado uma receptividade crescente ao método. Segundo um relatório da McKinsey e Company (2023), 30% das empresas de construção que operam em grandes projetos de infraestrutura adotaram tecnologias de monitoramento de maturidade para acelerar a construção e garantir a qualidade do concreto, refletindo uma tendência crescente na adoção de métodos avançados. Devido aos benefícios comprovados na otimização dos cronogramas de obra e na melhoria do controle de qualidade.

Além disso, a divulgação de estudos de caso e pesquisas acadêmicas tem desempenhado um papel crucial na aceitação e implementação do método, evidenciando sua aplicabilidade e as vantagens específicas, tais como o monitoramento em tempo real da resistência do concreto e a redução do tempo necessário para a desforma. Organizações e institutos de engenharia também têm contribuído significativamente para a promoção do método, através da organização de seminários, workshops e publicações técnicas, que buscam capacitar os profissionais do setor sobre os princípios e as práticas associadas ao método de maturidade.

Adicionalmente, De acordo com o relatório da Deloitte (2023), o setor de construção está experimentando uma rápida transformação digital, com um crescimento de 20% na adoção de tecnologias digitais e IoT nos últimos três anos. O relatório destaca que 45% das empresas de construção estão implementando tecnologias IoT para monitoramento e otimização de operações. Com essa crescente adoção de tecnologias digitais e de Internet das Coisas na construção civil tem facilitado a implementação do método de maturidade, com o desenvolvimento de plataformas online e dispositivos de monitoramento que permitem o acompanhamento remoto das propriedades do concreto, tornando o método cada vez mais acessível a diversos tipos de obras no Brasil.

4.1 Estudo de caso

Este estudo tem como objetivo avaliar, por meio de um estudo de caso, o desempenho da técnica de maturidade na otimização do processo de desforma das paredes de concreto. Conforme discutido anteriormente, o método da maturidade visa analisar a evolução da temperatura do concreto ao longo do tempo. Esse método baseia-se na reação de hidratação do cimento, a qual gera calor à medida que a resistência do concreto se desenvolve. Em outras palavras, quanto mais avançado for o processo de maturação do concreto, mais completa será a hidratação do cimento, resultando em um material mais resistente.

A primeira fase do estudo consiste na elaboração da curva de calibração. Esta curva é obtida através da simulação do traço de concreto que será aplicado na obra, permitindo assim calcular a resistência adquirida ao longo do tempo em conjunto com o monitoramento da temperatura desse traço específico. Dessa forma, é possível correlacionar a maturidade do concreto com a sua resistência, por meio das curvas de maturidade e de tempo versus resistência.

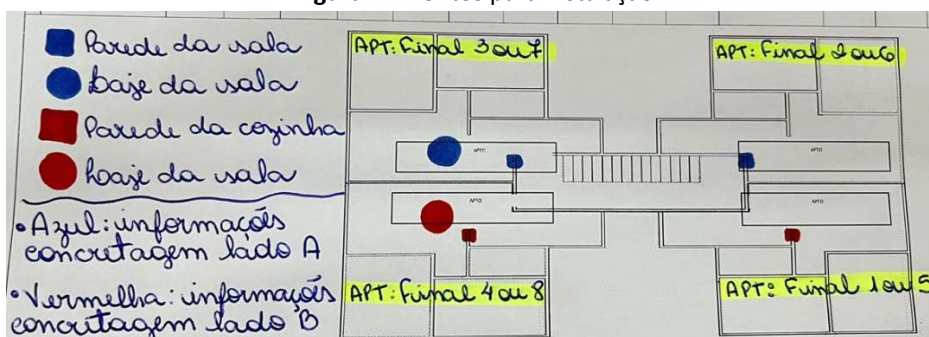
Para a obtenção da curva de calibração, foram coletadas amostras dos insumos utilizados na usina fornecedora do concreto para a obra. O traço de concreto foi preparado em laboratório para a caracterização completa do material. Com a curva de calibração devidamente estabelecida, iniciou-se a segunda etapa do processo, que envolve a instalação dos dispositivos de monitoramento. A empresa estudada desenvolveu internamente uma

solução que permite o monitoramento remoto e em tempo real das propriedades do concreto. Esta solução possibilita o acesso às informações da obra a partir de qualquer lugar do mundo com acesso à internet, visto que o próprio dispositivo de monitoramento possui conectividade e envia os dados diretamente para uma plataforma online, onde as curvas podem ser analisadas.

A instalação do sistema de monitoramento geralmente requer apenas um dispositivo medidor e os cabos de captação de temperatura. No entanto, na obra em questão, o sinal de internet disponível para o dispositivo era insuficiente, o que demandou a adição de equipamentos suplementares para garantir a transmissão dos dados. Esses equipamentos incluíam um telefone móvel com capacidade de roteamento de internet e um carregador portátil para evitar a interrupção do monitoramento em caso de descarregamento da bateria do dispositivo móvel.

Com todos os materiais em obra, procedeu-se à instalação do dispositivo de monitoramento. Inicialmente, realizou-se um estudo para determinar os locais adequados para a instalação dos pontos de monitoramento. Recomenda-se que o ponto de medição seja posicionado no local onde será depositado o último volume de concreto, uma vez que este ponto tende a demorar mais para iniciar o processo de maturação. Contudo, devido a variações na padronização dos caminhões betoneira, optou-se por definir três pontos de monitoramento, comparados a um volume total de 27,5m³ de concreto. Esses pontos foram: uma parede do primeiro apartamento concretado, uma parede do segundo apartamento concretado e um ponto na laje que captasse o último caminhão descarregado.

Figura 4 – Pontos para instalação



Fonte: Autora, (2024)

Após a definição dos pontos de monitoramento, procedeu-se à instalação dos equipamentos. Neste estudo, visando garantir a segurança dos dispositivos, foram utilizadas caixas equipadas com cadeados para o armazenamento dos equipamentos durante a captação dos dados do concreto. Além disso, essas caixas proporcionaram proteção contra intempéries, assegurando que o funcionamento dos dispositivos não fosse comprometido por fatores externos.

Figura 5 – Instalação dos equipamentos de maturidade



Fonte: Autora, (2024)

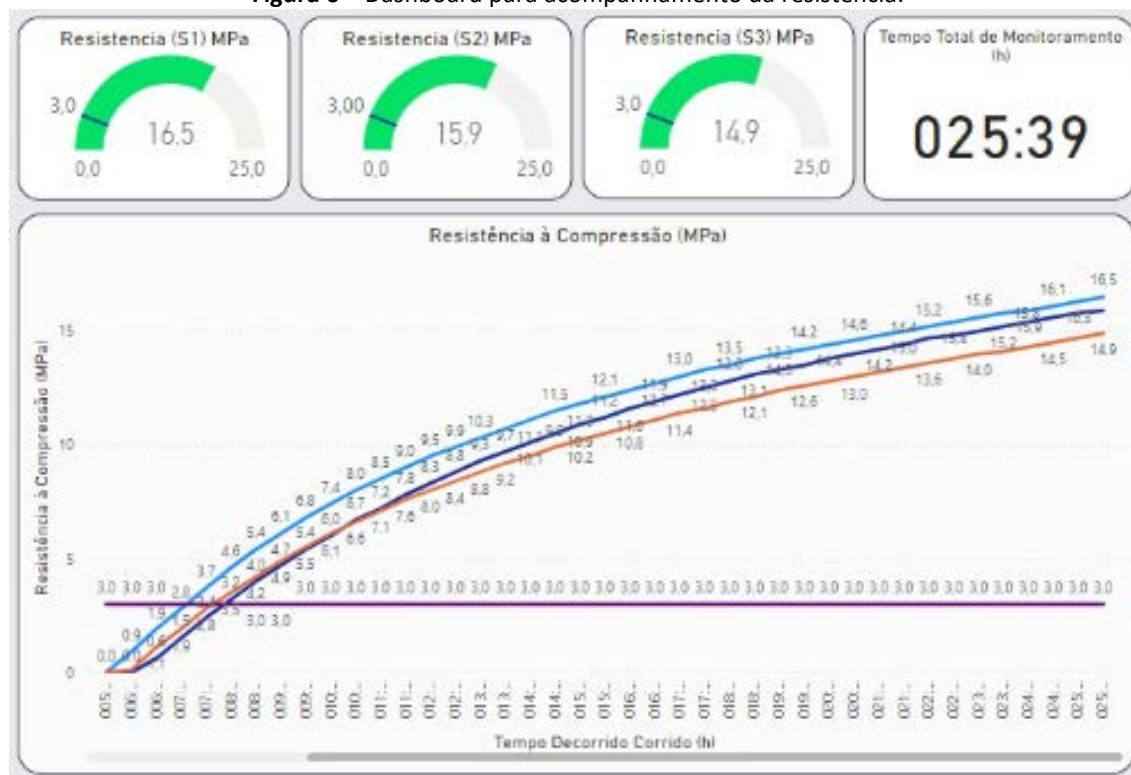
Após a finalização da instalação, o dispositivo de monitoramento deve ser ativado e colocado em modo de espera, de forma que, ao iniciar a concretagem, ele possa registrar a evolução da temperatura e, consequentemente, identificar a resistência associada a essa variação térmica. No presente estudo, o dispositivo foi instalado no final do expediente do dia anterior à concretagem, aproximadamente às 16h. No início da concretagem, às 7h, o responsável pela configuração do dispositivo naquele dia era informado sobre o número do aparelho e o horário de conclusão da concretagem. Essas informações eram essenciais para iniciar a captação dos dados de temperatura, permitindo assim o acompanhamento em tempo real da evolução da resistência através do gráfico gerado.

Além dos benefícios oferecidos pelo método, o dispositivo de monitoramento é reutilizável, não sendo descartado após cada concretagem. Apenas uma parte do cabo é perdida, mas essa substituição é simples. Com a concretagem finalizada por volta das 9h, o acompanhamento da evolução da resistência do concreto foi realizado através de um *dashboard* online, ou seja, um painel digital que reúne e resume os resultados atingidos com interface amigável. Após meses de testes, verificou-se que a resistência inicialmente prevista para ser atingida em cinco dias era alcançada em aproximadamente 26 horas. Isso permitiu a remoção do escoramento das lajes em menos de dois dias, o que resultou em um aumento significativo na produtividade da obra.

Adicionalmente, foi considerada a possibilidade de ajuste do traço de concreto, o que poderia resultar em reduções significativas no custo, devido ao menor uso de aditivos e cimento Portland de alta resistência inicial (CPV). Além disso, o monitoramento permitiu a

identificação precoce de possíveis falhas no traço, como a ausência de evolução da temperatura ou fissuras por retração térmica, logo nas primeiras horas após a concretagem.

Figura 6 – Dashboard para acompanhamento da resistência.



Fonte: Autora, (2024)

É relevante destacar que o método de maturidade é eficaz até o sétimo dia, pois a reação de hidratação do concreto continua a liberar calor, o que promove a evolução do gráfico de resistência. No entanto, após esse período, a aplicação do método se torna menos vantajosa, pois a taxa de hidratação e, conseqüentemente, a liberação de calor diminui com o tempo com isso, o ritmo de evolução da resistência torna-se mais lento e menos uniforme, o que pode tornar as estimativas menos precisas, sendo necessário recorrer ao método convencional de compressão para garantir a obtenção precisa da resistência do concreto. Durante o estudo de caso, foram coletados dois corpos de prova de cada caminhão betoneira, os quais foram submetidos a ensaios de compressão aos 28 dias, no intuito de verificar se a resistência especificada no projeto foi atingida.

O método de maturidade foi aplicado em mais de 50 concretagens, e em todas elas os resultados obtidos estiveram dentro das expectativas, tanto durante o acompanhamento dos primeiros sete dias quanto nos ensaios de compressão realizados ao final dos 28 dias de cura. Assim, mesmo considerando que o método ainda está em fase de implementação no Brasil, já se constata benefícios significativos para as obras que adotarem essa tecnologia. Além disso, é relevante notar que, mesmo em projetos com menor nível de tecnologia, como o abordado neste estudo, é possível a utilização eficaz deste método.

5 Consideração Final

Este estudo destacou a aplicação e os benefícios do método da maturidade no monitoramento da resistência do concreto, comparando-o com o método tradicional de compressão. O método da maturidade demonstrou ser uma ferramenta eficaz para otimizar o processo de desforma das paredes de concreto, possibilitando a remoção do escoramento em menos de dois dias, o que antes era realizado em 5 dias com o método convencional, conseguindo obter uma aceleração na atividade de 5 para 2 dias. Além disto através do monitoramento em tempo real da evolução da temperatura e da resistência do concreto, foi possível acelerar o cronograma da obra e reduzir custos, principalmente com o uso de aditivos e cimento Portland de alta resistência inicial (CPV).

Entretanto, é crucial reconhecer as limitações do método da maturidade. Sua eficácia é predominante até o sétimo dia, período em que a reação de hidratação ainda libera calor suficiente para influenciar positivamente a resistência do concreto. Após esse período, o método perde sua precisão, tornando necessário o recurso ao método convencional de compressão para garantir a continuidade do controle de qualidade.

Por outro lado, o método de compressão permanece como a técnica padrão e mais amplamente aceita para a avaliação da resistência do concreto ao longo de toda a vida útil do material. Ele é essencial em fases mais avançadas, onde o método da maturidade já não é aplicável.

Em síntese, a escolha entre o método da maturidade e o método de compressão deve ser cuidadosamente avaliada com base nas características específicas de cada obra. Para projetos que exigem rapidez na desforma e têm ciclos curtos de execução, como é o caso do estudo de caso deste artigo, o método da maturidade pode proporcionar ganhos significativos em termos de produtividade e economia. No entanto, para obras com prazos mais longos ou que demandam um controle rigoroso da resistência ao longo do tempo, o método de compressão tradicional continua sendo a opção mais segura e confiável.

Essa análise comparativa evidencia que ambos os métodos têm seus pontos fortes e limitações, e a decisão sobre qual técnica utilizar deve considerar as especificidades de cada projeto, o cronograma, os custos envolvidos e a necessidade de precisão no monitoramento da resistência do concreto.

Referências

- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 16055: Parede de Concreto Moldada no Local para a Construção de Edificações - Requisitos e Procedimentos**. Rio de Janeiro. 2012.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7215:2019 – Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos**. Rio de Janeiro. 2019.
- ACI. American Concrete Institute. **Maturity Methods for concrete**. [S.l.], 2020. Disponível em: <https://www.concrete.org/standards/maturity>. Acesso em: 14 setembro 2024.
- ACI. American Concrete Institute. **ACI 318-19(22): Building Code Requirements for Structural Concrete (Reapproved 2022)**. Disponível em:

https://www.concrete.org/store/productdetail.aspx?ItemID=318U19&Language=English&Units=US_Units. Acesso em: 10 setembro 2024.

CASTRO, Elisângela de. **Estudo da resistência à compressão do concreto por meio de testemunhos de pequeno diâmetro e esclerometria**. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2009. 122 f. Cap. 8. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/14137>. Acesso em: 12 abril 2024.

CAVALCANTE, Luis Henrique Nascimento. **Estudo sobre a resistência à compressão do concreto com agregado reciclado**. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Alagoas. Maceió. 2022.

DELOITTE. **Engineering and Construction Industry Outlook**. Deloitte, 2023. Disponível em: <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/industry/construction/engineering-and-construction-industry-outlook.html>. Acesso em: 06 setembro 2024.

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

MARTINS, Adriel Shumacher Fernandes da Silveira; MAIA FILHO, Hercilio Macena. **Verificação da resistência do concreto “in loco”**: métodos de ensaios mais usuais. Vetur, Rio Grande, v. 25, n. 2, p.25-40, jun. 2015. Disponível em: <https://periodicos.furg.br/vetur/article/view/4794>. Acesso em: 17 abril 2024.

MAZEPA, Romualdo Chaiben; RODRIGUES, Tissiane de Castro. **Estudo comparativo entre corpos de prova cilíndrico e cúbico para o ensaio de resistência a compressão axial**. 50 f. TCC (Graduação) - Curso Superior de Tecnologia em Concreto, Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2011. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/9322>. Acesso em: 17 abril 2024.

MCKINSEY, COMPANY. **Building the future: Construction industry trends**. McKinsey & Company, 2023. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/building-the-future-construction-industry-trends>. Acesso em: 14 setembro 2024.

MISURELLI, Hugo; MASSUDA, Clovis. **Como Construir: paredes de concreto**. Revista Técnica, São Paulo, n.147, p.74-80, jun. 2009.

PADILHA, Eduardo Felipe Ferreira. **Análise comparativa de custos de sistemas construtivos de alvenaria estrutural e parede de concreto**. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – Campus Aparecida de Goiânia. 2018.

PINHO, Dino de Tarso Pinheiro. **Sistema construtivo parede de concreto – Um estudo de caso**. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Ceará. Fortaleza. 2010.

SANTOS, Daniele Moreira; PIACENTE, Fabrício José; NEVES, José Manoel Souza das; AZEVEDO, Marília Macorin de. **Estudo comparativo da implementação da Modelagem da Informação da construção em obras públicas no Brasil e no Reino Unido**. Artigo (Research, Society and

Development). 2021. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/348428116_Estudo_comparativo_da_implementacao_da_Modelagem_da_Informacao_da_construcao_em_obras_publicas_no_Brasil_e_no_Reino_Unido. Acesso em: 13 de junho de 2024.

SOUZA, Angelo Parrini Pereira; FERNANDES, Tharley Silva. **Paredes de concreto: utilização, características, viabilidade e execução**. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade Doctum Minas Gerais. Caratinga. 2015.

TECNOSIL. **Paredes de concreto moldadas in loco**: o que são e por que usá-las na sua obra? 2017. Disponível em: <https://www.tecnosilbr.com.br/paredes/>. Acesso em: 01 de abril de 2024.