

ANÁLISE DE ENSAIOS MECÂNICOS EM VIGAS DE CONCRETO PÓS-CURA ASSISTIDA POR PROCESSOS AUTOMATIZADOS

Julio Cesar Pereira Rodrigues (IFPB, Campus Cajazeiras), Jonathan Duarte da Silva (IFPB, Campus Cajazeiras), José Matias Neto (IFPB, Campus Cajazeiras), Cristóvão Jonas de Farias Maciel (IFPB, Campus Cajazeiras), Fábio Araújo de Lima (IFPB, Campus Cajazeiras), Daniel Torres Filhos (IFPB, Campus Cajazeiras).

E-mails: cesar.rodrigues@academico.ifpb.edu.br, jonathan.duarte@academico.ifpb.edu.br, crisovao.maciell@academico.ifpb.edu.br, matias.jose@academico.ifpb.edu.br, fabio.lima@ifpb.edu.br, danieleng.civil@yahoo.com.br

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 3.00.00.00-9 Engenharias

Palavras-chave: automação; microcontroladores; estruturas, sensores, atuadores.

1. Introdução

O concreto é um material de construção amplamente utilizado devido à sua versatilidade, durabilidade e capacidade de assumir várias formas. Para Carminatti et al. (2013) o concreto é definido como um material composto por uma mistura de cimento, água, agregados (como areia e brita) e aditivos, que após misturados, entram em um processo de hidratação, onde o cimento reage com a água, formando um gel que gradualmente endurece e ganha resistência mecânica.

A cura do concreto é uma etapa crucial no processo de construção civil, influenciando diretamente a durabilidade e resistência mecânica das estruturas de concreto. Segundo Freitas (2015), os métodos tradicionais de cura, como a aplicação de água sobre a superfície do concreto, tendem a ser intensivos em mão-de-obra e recursos, além de serem menos eficazes em controlar variáveis críticas como a temperatura e umidade. Com o avanço da tecnologia, surgem oportunidades para melhorar a eficiência e a qualidade do processo de cura por meio de sistemas automatizados (Cavalcanti et al, 2018).

Atualmente, já estão sendo desenvolvidos avanços tecnológicos onde a obtenção de dados de variáveis críticas, como a umidade, em vigas durante o processo de secagem acontece através de um processo de automação que faz o acompanhamento instantâneo mediante a captação de dados de temperatura em um dado intervalo programável, contribuindo para uma melhor eficiência acerca do acompanhamento da cura do concreto.

Portanto, estabelecer a união entre essas duas áreas é de suma importância para que haja um desenvolvimento eficiente das atividades nessa área para à humanidade. Este projeto tem como foco investigar os efeitos de um sistema automatizado de cura no desempenho mecânico de vigas de concreto. A automatização permite um controle mais preciso das condições ambientais durante o período de cura, potencialmente resultando em um concreto de melhor qualidade com menor variabilidade nas propriedades mecânicas. Além disso, a redução da intervenção manual pode levar a uma diminuição dos custos operacionais e aumentar a sustentabilidade dos projetos de construção civil.

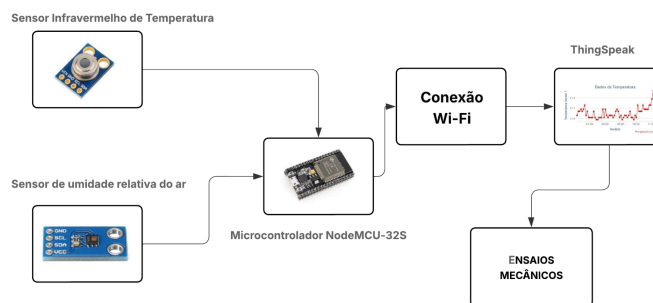
Com os resultados, espera-se contribuir significativamente para a tecnologia do concreto, propondo diretrizes práticas para o uso de sistemas automatizados de cura em projetos de construção. Esta pesquisa visa, assim, abrir caminho para um construção civil mais eficiente, sustentável e de alta qualidade, alinhando-se com as demandas contemporâneas por inovação e otimização de processos.

2. Materiais e métodos

Este estudo foi conduzido com o objetivo de monitorar e analisar as condições ambientais durante o processo de cura do concreto por meio de um sistema automatizado de aquisição e transmissão de dados e em seguida analisar a resistência dos corpos de prova. O enfoque principal está no acompanhamento da temperatura e da umidade relativa do ar ou seja os fatores fundamentais para garantir a hidratação adequada do cimento e o desenvolvimento das propriedades mecânicas do concreto.

Para a montagem do sistema de monitoramento, foram empregados diversos componentes eletrônicos integrados. O microcontrolador ESP-32 foi o elemento central do sistema, sendo responsável pela leitura dos sensores, processamento local dos dados e transmissão das informações via conexão Wi-Fi. O sensor MLX90614, um sensor de temperatura por infravermelho, foi utilizado para medir a temperatura da superfície do concreto sem necessidade de contato físico, o que evita interferências no processo de cura e também a temperatura ambiente. Já o sensor HDC1080 foi utilizado para aferir a umidade relativa do ar, apresentando alta precisão e confiabilidade nas leituras. Para o armazenamento, visualização em tempo real e exportação dos dados, utilizou-se a plataforma web ThingSpeak, que permite o acompanhamento remoto por meio de gráficos e registros organizados automaticamente. A Figura 1 mostra o fluxograma desses passos.

Figura 1 - Fluxograma de execução do projeto prático



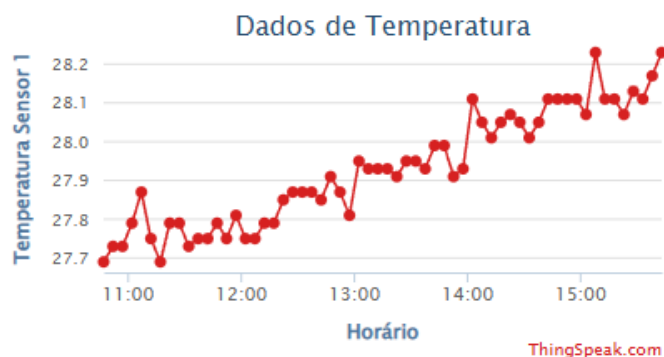
Fonte: Autoria própria (2025)

Portanto, o sistema de monitoramento apresentado na Figura 1 foi desenvolvido em laboratório com o objetivo de adquirir e processar dados de forma automatizada. A principal vantagem desse acompanhamento automatizado do processo de cura é a facilidade de implementação e realocação dos componentes em novos experimentos laboratoriais. Isso se deve à robustez, confiabilidade e durabilidade dos componentes utilizados, garantindo um sistema eficaz e de longa vida útil.

3. Resultados e discussão

O processo de cura de uma viga de concreto pode sofrer impactos por diferentes fatores como a velocidade do vento, a umidade relativa do ar, a temperatura ambiente, entre outros. O nosso trabalho buscou analisar o processo de cura de uma viga de concreto coletando dados de temperatura do corpo de prova e da umidade relativa do ar como mostra a Figura 1 e Figura 2, respectivamente.

Figura 1: Dados de Temperatura do corpo de prova



Fonte: ThingSpeak (2025)

Os dados foram coletados, preliminarmente, tanto de temperatura do corpo de prova como dados de umidade relativa do ar para analisar como ocorreu o processo de secagem do corpo de prova. Logo em seguida, foi realizado o ensaio mecânico de compressão no corpo de prova em uma prensa hidráulica para conferir a carga suportada pelo corpo de prova. Essa análise é importante para compreender se o processo de secagem foi eficiente.

Os resultados apresentados nas Figuras 1 e 2 foram obtidos após a finalização do processo de cura do concreto em laboratório. Para a realização do experimento, dois corpos de prova de concreto foram produzidos e ambos foram monitorados ao longo do processo de cura pelo sistema automatizado. Posteriormente, o ensaio de compressão foi realizado em ambos os corpos de prova para comprovar a importância do monitoramento em tempo real do processo de cura.

Figura 2: Dados de Umidade do Ar



Fonte: ThingSpeak (2025)

Durante o período de cura, a temperatura elevada (27,7 °C a 28,3 °C) e a queda na umidade relativa do ar (79% para 75%) comprometeram a hidratação adequada do cimento. Essas condições aceleraram a reação inicial, mas prejudicaram sua continuidade. A perda de água por evaporação limitou a formação dos produtos de hidratação. Portanto, o ambiente de cura foi inadequado para o pleno desenvolvimento da resistência do concreto, resultando em uma resistência abaixo do esperado para o período de 3 dias de cura, o que pode ser observado na Figura 3.

Figura 3: Máxima força a compressão suportada pelo corpo de prova



Fonte: Autoria própria (2025)

5. Considerações finais

Os resultados obtidos mostram que a automação pode contribuir de maneira significativa para a construção civil, possibilitando uma melhor gestão do tempo, economia de materiais e também garantindo que a aquisição de dados do processo de cura do concreto seja realizada de forma mais precisa e confiável. Portanto, o trabalho apresenta como a automação pode auxiliar de forma eficiente os profissionais da construção civil, não só nesse processo, mas também em inúmeras outras aplicações dessa área que tem crescido cada vez mais.

Agradecimentos

Agradecemos ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, por disponibilizar as dependências de seus laboratórios para a realização dos experimentos e devidos ensaios e também ao CNPq que por meio do edital do PIBITI que contribuiu para o financiamento do projeto.

Referências

- CARMINATTI, R.L.; COUTO, J.A.S.; MOURA, R.C.A., NUNES, R.R.A. O concreto como material de construção. Cadernos de Graduação - Ciências Exatas e Tecnológicas. Sergipe, outubro de 2013.
- CAVALCANTI, Vladyr Yuri Soares de Lima et al. INDÚSTRIA 4.0: DESAFIOS E PERSPECTIVAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL. Revista Campo do Saber, Cabedelo/Pb, v. 4, p. 146-158, set. 2018.
- FREITAS, J. T. Automação na Construção Civil. Trabalho de conclusão de curso, Publicação ENC., Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, Go, 2015.