

CURACTRL - DISPOSITIVO PARA DETERMINAÇÃO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DO CONCRETO

SOUZA CONCEIÇÃO, Udson¹;
NEVES DO AMORIM, Linda Bárbara²;

¹ Graduando, CESMAC, Maceió-AL (udsongs13@gmail.com).

² Mestranda, PUCRS, Maceió-AL (lindafranca.adv.jus@gmail.com).

Resumo. *Com o avanço das tecnologias construtivas surgiu a necessidade de aumentar a qualidade das estruturas, logo as exigências atuais se intensificaram tendo grande importância e relevância o desenvolvimento de alternativas que viabilizem avaliar a qualidade das estruturas de concreto de forma eficaz. O ensaio de Compressão-Uniaxial é o mais recorrido, embora seja amplamente estudado e preciso é considerado demorado e de alto custo, impactando no orçamento final de uma construção, além de ser passível de falha humana durante processo de moldagem, adensamento, transporte e cura. Todos estes aspectos podem ser melhorados quando aplicado o Método da Maturidade do Concreto (ASTM C1074) como Ensaio Não Destrutivo e complemento para determinação da resistência à compressão. Dessarte, o objetivo do projeto é desenvolver um protótipo que seja inserido na peça estrutural a qual será ensaiada durante a concretagem para realização, de maneira automatizada, a determinação da resistência à compressão da mesma de maneira contínua e instantânea, aplicando os conceitos do método da maturidade, onde são relacionadas temperatura e idade da peça, contribuindo para a redução do tempo da construção, antecipando tomadas de decisão relacionadas a resistência projetada, armazenamento dos dados de concretagem da obra e acompanhamento em tempo real das informações estruturais.*

Palavras-chave: CuraCtrl, Método da Maturidade, ASTM C1074 Ensaio-Não-Destrutivo, Concreto.

1 INTRODUÇÃO

O concreto é um material plástico, moldado para adquirir formas antes que este atinja estado de endurecimento, possuindo características para resistir a esforços solicitantes. Com o passar dos tempos novos estudos foram iniciados, novas estruturas surgiram, o concreto se desenvolveu e a partir disso surgiu a necessidade de estudar e conhecer o estado atual das estruturas de concreto. Aprimorar as técnicas e materiais utilizados para construção não é mais a única prioridade. Conhecer tecnicamente e cientificamente as novas estruturas de concreto e apurar sua estabilidade a longo prazo também tornou-se prioridade.

Para conhecer e comprovar se as propriedades do concreto estão em conformidade com as normas de controle de qualidade e parâmetros de aceitação, existem os ensaios. Os ensaios estão ligados à estabilidade e segurança da estrutura, indicando se há qualquer desconformidade, pois podem haver fatores, desde a preparação do aglomerante até a execução da concretagem, que causem riscos e danos à resistência do concreto. Dentre os ensaios mais comuns do concreto, está o Ensaio de Compressão Uniaxial, que segue a norma NBR 5739 - Ensaio de Compressão De Corpos-Prova Cilíndricos. Para realização dos ensaios tradicionais é necessário a preparação de corpos de prova, o que implica num gasto monetário extra considerável, de acordo com o tamanho do empreendimento, além da logística com o recolhimento das amostras concretadas.

De face a isto, foram desenvolvidos os Ensaio Não Destrutivos para determinação da resistência do concreto. Inúmeras pesquisas sobre métodos de ensaios não destrutivos do concreto têm sido publicadas, estes tendo execução mais rápida, custo menor e sem danos à estrutura. Dentre os ensaios mais disseminados estão: NBR 8802:2019 - Determinação da velocidade de propagação de onda ultrassônica; NBR 7584:1995 - Esclerômetro. O atual projeto é focado no Método da Maturidade. Ainda não tratado oficialmente pelas normas brasileiras, segue-se o padrão da norma americana ASTM C1074. O método da maturidade propõe que para determinar a resistência do concreto à compressão, deve-se analisar a temperatura média da peça estrutural durante o seu período de cura. Diante do exposto, o protótipo CuraCtrl tem como principal objetivo a diminuição dos custos elevados aplicados na utilização extra de concreto para moldagem de peças destinadas a ensaios destrutivos, além da ideia de substituir espaçadores de concreto por espaçadores inteligentes, que contém sensor de temperatura e central receptora, realizando assim o ensaio de forma simples e com diminuição de custos e equipamentos.

2 METODOLOGIA

O método da maturidade é utilizado para estimar a resistência à compressão de uma peça em tempo real, e é baseada na relação direta entre a resistência do concreto e seu histórico de hidratação.

O método da maturidade surgiu após publicação de inúmeros artigos tratando de métodos de cura acelerada na Inglaterra por volta dos anos de 1950, a partir disso, foi proposto que se unisse o produto da temperatura e do tempo dando criação à Função de Maturidade de Nurse-Saul, como mostrado na Eq. (1), onde: M = Índice de Maturidade; T = Temperatura média atual do concreto em C° ; T_0 = Temperatura de referência do concreto; Δt = Intervalo de tempo em dias ou horas. Anos depois foi padronizado na norma americana ASTM C1074. O dito método ainda não possui norma inteiramente dedicada à ela na ABNT.

$$M = \sum_0^t (T - T_0) \Delta t \quad (1)$$

A alta temperatura agiliza o processo de cura, e o método da maturidade utiliza a variação de temperatura dentro da peça estrutural para obter sua resistência. Em se tratando de corpos de prova, estes possuem massa e área menor porém espessura maior, o que significa que o calor dentro do corpo de prova se dissipa mais rapidamente, resultando numa diminuição do ganho de resistência quando comparado a peça estrutural in loco, fazendo com que o método da maturidade dê um resultado mais preciso sendo executado no local. O método tem inúmeras vantagens sobre o ensaio de compressão-uniaxial, dentre elas estão o registro dos dados obtidos da peça estrutural em tempo real transformando-o em um ensaio veloz, acompanhamento da resistência em diferentes pontos da estrutura gerando economia no custo final da construção diminuindo significativamente o número de corpos de prova moldados, além de que com os dados precisos pode-se conhecer quando a peça atingirá a resistência para qual foi calculada em projeto, propiciando o descimbramento antes mesmo dos 28 dias de cura mas de forma segura, dando prosseguimento à outras etapas construtivas.

A montagem do protótipo foi iniciada pelos aferidores de temperatura. Eles são sensores de temperatura de alta precisão NTC, que são repelentes à líquidos e podem ser imersos no concreto, medindo precisamente a temperatura do concreto no local. Estes sensores, são ligados diretamente numa ESP8266, um microcontrolador com hardware facilitador de acesso à internet, embutido num NodeMCU acoplado a um shield de expansão e bateria para alimentação do set-up por no mínimo 30 dias. Este set-up, conforme Fig. 1, tem como objetivo coletar os dados de temperatura e enviá-los via conexão LTE/Wi-Fi à central receptora de dados.

A 2ª etapa de montagem se dá pela central receptora dos resultados a partir dos sensores. A central é baseada em Raspberry Pi 4 com case impressa em plástico PLA, protótipo com baixo custo de manutenção e construção. A central é responsável por dar o comando de captura da temperatura a cada 15 minutos, tratá-las e enviá-las para central receptora com código executor dos cálculos, e sendo exibido numa interface web própria e com seus dados armazenados em nuvem, transformando a central receptora num “HD de concretagem da obra” com back-up.

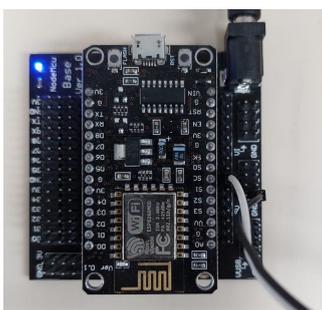


Figura 1. Set-Up Sensores. Fonte: Autores (2022).

Na 1ª fase de validação do protótipo foi realizado ensaio no Centro de Inovações Tecnológicas do CESMAC (CITEC), monitorando o desenvolvimento da resistência de uma peça estrutural reduzida, mostrada na Fig. 2, com a medida da maturidade do concreto.

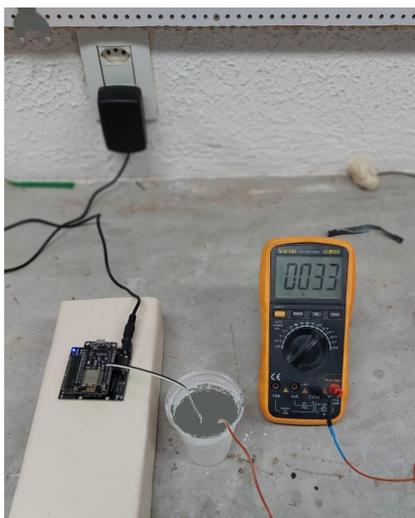


Figura 2. Primeiro uso funcional do sistema. Fonte: Autores (2022).

Na 2ª fase foram concretadas 2 amostras de corpo de prova de 15 x 30 centímetros de uma mesma mistura de concreto: uma para análise com CuraCtrl e com 2 sensores NTC inseridos, ao passo que a segunda foi guardada para data de agendamento do seu rompimento no laboratório de construção civil do Centro Universitário CESMAC, para validação dos resultados obtidos com o protótipo. Em posse da 1ª versão da interface web, foram visualizados na mesma resultados obtidos com o protótipo na primeira amostra acerca da temperatura, conforme Fig. 3, maturidade, conforme Fig. 4, e resistência aproximada, conforme Fig. 5.

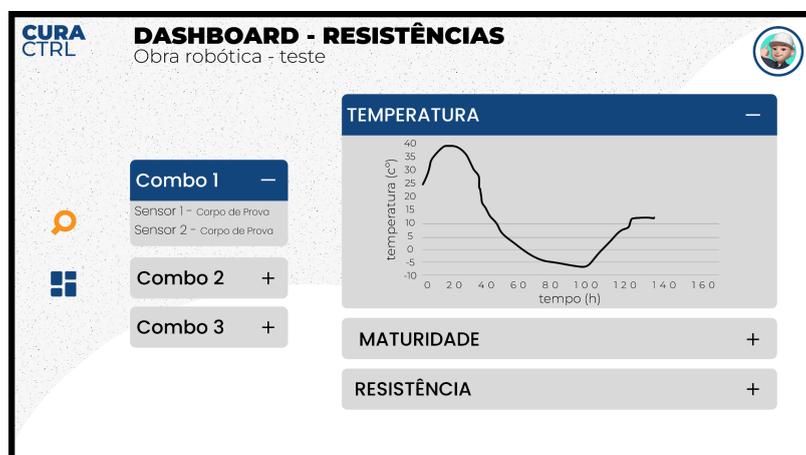


Figura 3. Dashboard com coleta de temperatura. Fonte: Autores (2022).

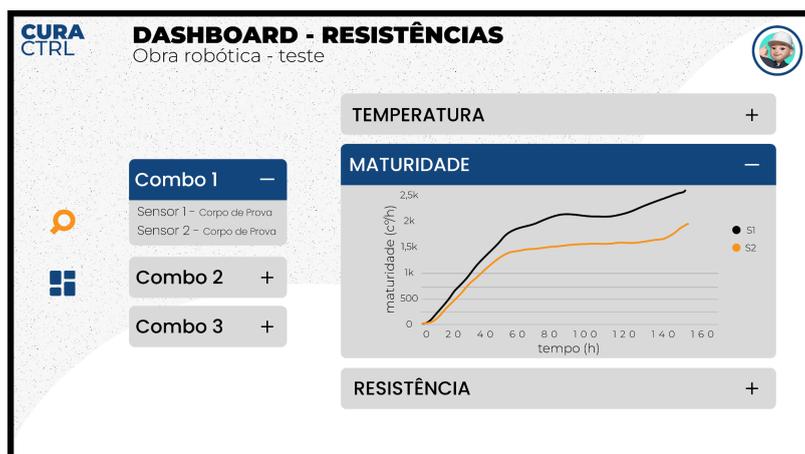


Figura 4. Dashboard com exibição da maturidade. Fonte: Autores (2022).

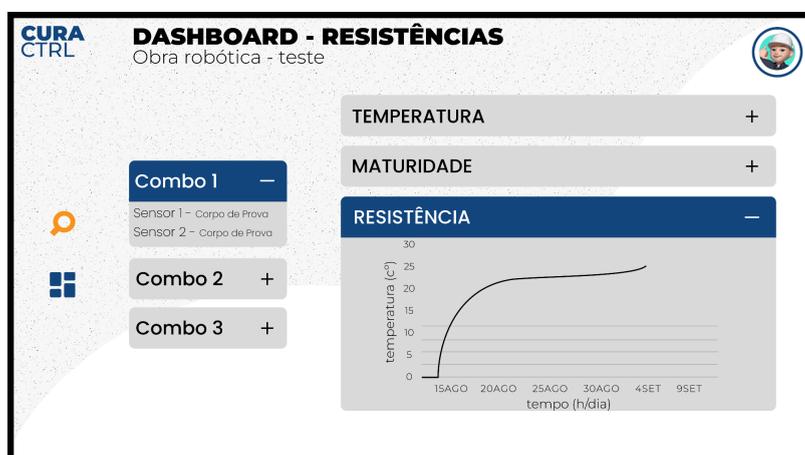


Figura 5. Dashboard com exibição da resistência à compressão aproximada. Fonte: Autores (2022).

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O CuraCtrl foi desenvolvido visando Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia civil, e seu primeiro protótipo mostrou-se funcional e operante, tendo sua finalidade cumprida com baixo custo de desenvolvimento, conforme Fig. 6.

ITEM	DESTINO	CUSTO
ESP8622 NODEMCU	ESPAÇADOR	R\$ 65,00
SENSOR NCT	ESPAÇADOR	R\$ 37,00
RASPERRY	CENTRAL	R\$ 650,00
TOTAL		R\$ 752,00

Figura 6. Estimativa de custos - orçamento. Fonte: Autores (2022).

Por ainda estar em fase de desenvolvimento, serão feitas melhorias como a exposição do protótipo em diferentes regiões do estado, a fim de conhecer resultados obtidos em diferentes

ambientes e aplicação do protótipo em peças estruturais de fundação. Assim como melhorias no hardware como o reaproveitamento das centrais receptoras em diferentes canteiros de obra, e melhorias no software como o desenvolvimento de API , para que o CuraCtrl possa ser utilizado em softwares e aplicativos de gestão de obras já existentes no mercado mas que não possuem suas funções, facilitando o uso do protótipo e a consulta dos seus resultados e disseminando as facilidades que o protótipo proporciona.

REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS - ASTM C1074, 2011. **Standard Practice for estimating Concrete Strength by the Maturity Method**. ASTM International, West Conshohocken, PA.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5739: **Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos**. Rio de Janeiro. 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5739: **Concreto endurecido - Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão - Método de ensaio**. Rio de Janeiro. 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8802: **Concreto endurecido - Determinação da velocidade de propagação de onda ultrassônica**. Rio de Janeiro. 2019.