

ESTABELECIMENTO DE PADRÕES PARA A REALIZAÇÃO DE EXPERIMENTOS COM SENSOR DE IMPEDÂNCIA ELÉTRICA PARA MEDIÇÃO DO TRAÇO DE CONCRETO

Alexandre Nunes Reinaldi

Orientador: Prof. Oscar M. H. Rodriguez

Escola de Engenharia de São Carlos/Universidade de São Paulo

ale.reinaldi@usp.br

Objetivos

Os objetivos primários deste trabalho estão em esforços para resolver lacunas identificadas no desenvolvimento de um sensor de impedância elétrica para a medição do traço do concreto utilizado na construção civil, com enfoque na porcentagem de água por cimento da mistura. Dentre as lacunas identificadas, estão contempladas tanto necessidades tecnológicas do equipamento quanto estabelecimento de padrões e metodologias para a realização dos experimentos, de modo a serem solucionadas para o envio desse projeto ao mercado.

De maneira secundária, mas dentro dos escopos do projeto, também é objetivo do trabalho o de buscar e implementar métodos de profissionalização dentro do laboratório de pesquisa, tais como novos meios de divulgação dos projetos já existentes e melhores ferramentas para o controle interno das atividades, de forma a modernizá-lo para atingir o mercado ativamente.

Métodos e Procedimentos

O sensor de impedância elétrica, desenvolvido anteriormente no laboratório, está em evidência na Figura 1. As principais lacunas do projeto envolvem as melhorias na geometria de sua sonda e a consolidação da bibliografia para realçar o potencial mercadológico do mesmo, tais como realizar o levantamento na literatura das metodologias existentes para a medição do

traço do concreto, principalmente as que utilizam de impedância elétrica. Toda a pesquisa voltada ao sensor baseou-se no campo teórico, com a consolidação bibliográfica servindo para futuras melhorias do projeto.

Para a profissionalização do laboratório, três aplicativos foram propostos para auxiliar na divulgação das pesquisas desse ambiente e dois para o controle interno de tarefas.

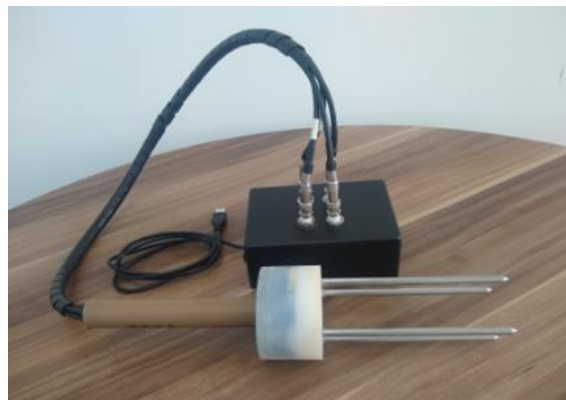


Figura 1: Sonda estudada durante o projeto.

Resultados

A Tabela 1 apresenta, de maneira resumida, a comparação entre as metodologias empregadas para a medição do traço do concreto, em que se nota a preferência pelo uso da impedância elétrica para a situação de campo da construção civil ao ter que sua aplicação resolve os problemas das outras metodologias.

Tabela 1: Comparação entre as metodologias para a medição do traço do concreto.

Metodologia	Tempo para resultados	Aplicação prática em construção civil
Forno de micro-ondas	Longo	Não (Destrutivo)
Microscópios	Longo	Não (Difícil manuseio)
Medidor nuclear	Rápido	Não (Restrições de leis nucleares)
Ondas ultrassônicas	Rápido	Não (Difícil manuseio)
Resistência elétrica	Rápido	Não (Conflito com medições de agregados)
Impedância elétrica	Rápido	Sim

Quanto às metodologias existentes que empregam a impedância elétrica, o produto demonstrou inovação por trabalhar em faixas de frequências maiores, de 40 Hz a 80 MHz, pico esse muito acima do que os vistos na literatura, além de uma gama maior de testagem de razões de água por cimento, que variaram de 0.45 a 0.95, com o valor máximo, também, acima do que os encontrados na literatura. Por fim, os erros interfaciais da sonda podem ser evitados, ao se trabalhar em frequências altas, pelo emprego da técnica de “*air gap*”, que consiste em um espaçamento entre as hastes da sonda e o eletrodo, e que pode ser somada ao polimento e à pressurização dos eletrodos durante as medições para diminuir os desvios de resultados por capacitâncias parasitas. Finalmente, os aplicativos propostos para a divulgação do laboratório foram o LinkedIn, consolidando um perfil final para o LEMI nessa rede social para a exposição de seus projetos, e o uso do Matterport e Google Street View para a criação de ambientes interativos do laboratório em forma 3D, contribuindo com a dinâmica de inovação da pesquisa. E, para o controle e padronização das atividades internas, o Trello e ClickUp foram recomendados aos pesquisadores devidos terem base de suas funcionalidades no método *Kanban*, com os

aplicativos servindo para lembretes, rápidas documentações ou automatização de tarefas, além da criação de mapas mentais para padronizar os experimentos.

Conclusões

A partir deste trabalho, as lacunas existentes no projeto do sensor de impedância elétrica foram devidamente resolvidas, inclusive, com propostas de melhorias na geometria da sonda para diminuir os erros interfaciais da mesma. Ademais, nota-se o potencial inovativo do produto, atingindo intervalos maiores de frequências e de razões de água por cimento não encontrados na literatura, contribuindo para sua calibração, além de ser algo novo para o mercado brasileiro, em que não foi achado estudos consolidados no país relacionados ao propósito desse sensor.

Por fim, os aplicativos propostos para a profissionalização do laboratório foram devidamente aceitos pelos responsáveis do mesmo, e que contribuirão ativamente para levar as pesquisas desse ambiente para o mercado.

Referências

- ANDRADE, C.; BLANCO, V. M.; COLLAZO, A.; KEDDAM, M.; NÓVOA, X. R.; TAKENOUTI, H. Cement paste hardening process studied by impedance spectroscopy. **Electrochimica Acta**, Reino Unido, v. 44, ed. 24, p. 4313-4318, 1999, ISSN 0013-4686. [https://doi.org/10.1016/S0013-4686\(99\)00147-4](https://doi.org/10.1016/S0013-4686(99)00147-4).
- PARK, J.; SONG, H.; CHOI, H. Estimation of water-to-cement ratio in cementitious materials using electrochemical impedance spectroscopy and artificial neural networks. **Construction and Building Materials**, Reino Unido, v. 350, 2022, ISSN 0950-0618. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.128843>.
- WANG, R.; HE, F.; SHI, C.; ZHANG, D.; CHEN, C.; DAI, L. AC impedance spectroscopy of cement - based materials: measurement and interpretation. **Cement and Concrete Composites**, Reino Unido, v. 131, 2022, ISSN 0958-9465.