

# ALCATRÃO VEGETAL COMO AGENTE IMPERMEABILIZANTE PARA CONCRETO: UMA ABORDAGEM SUSTENTÁVEL PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL

JOÃO PEDRO ALMEIDA LOPES<sup>1</sup>;  
HEBERT LUIS ROSSETTO<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas – [lopes.a.joaopedro@gmail.com](mailto:lopes.a.joaopedro@gmail.com)

<sup>2</sup>Universidade Federal de Pelotas – [hlrossetto@ufpel.edu.br](mailto:hlrossetto@ufpel.edu.br)

## 1. INTRODUÇÃO

O concreto é amplamente reconhecido por sua versatilidade e durabilidade, sendo uma base essencial da indústria da construção. Sua prevalência na construção se deve à sua excelente resistência à compressão e à capacidade de se adaptar a várias formas e condições. No entanto, sua porosidade inerente o torna suscetível à infiltração de água, o que pode resultar em problemas como fissuras e corrosão das armaduras de aço embutidas (SHI, 2012). Esses desafios levaram ao desenvolvimento de várias técnicas de impermeabilização com o objetivo de prolongar a vida útil das estruturas de concreto. Contudo, tradicionalmente, a impermeabilização do concreto envolve o uso de materiais sintéticos derivados do petróleo, como alcatrão de hulha, vinil e diversos polímeros (MUHAMMAD, 2015).

Na busca por alternativas sustentáveis, materiais de origem vegetal têm atraído atenção. Um desses materiais é o alcatrão vegetal (AV), um subproduto da pirólise de biomassa lignocelulósica (LÓPEZ, 2010), particularmente a madeira de eucalipto. Normalmente, o AV contém uma mistura de hidrocarbonetos aromáticos (HPAs), fenóis e terpenos, que contribuem para suas propriedades hidrofóbicas. A literatura sobre o AV destaca seu potencial uso em aplicações que exigem resistência à água, mas seu uso como agente impermeabilizante para concreto é relativamente inexplorado. Portanto, este estudo investiga o potencial do AV como agente impermeabilizante para concreto, com o objetivo de fornecer uma solução mais ecológica para a indústria da construção.

Os métodos de impermeabilização na construção podem ser categorizados em tratamentos superficiais, sistemas de impermeabilização integrados e barreiras externas (JAHANDARI, 2023). Barreiras externas, como membranas, fornecem uma proteção física contra a infiltração de água. A eficácia desses métodos depende de vários fatores, incluindo as condições ambientais, a qualidade da aplicação e as propriedades dos materiais utilizados.

Este artigo se concentra na caracterização da composição química do AV e na avaliação de seu desempenho como agente impermeabilizante por meio de testes laboratoriais. O objetivo é determinar se o AV pode reduzir efetivamente a absorção de água no concreto.

## 2. METODOLOGIA

O alcatrão vegetal utilizado neste estudo foi obtido comercialmente a partir da pirólise de madeira de *Eucalyptus grandis* (Biocarbo, Brasil). Para avaliar sua adequação como agente impermeabilizante, o AV foi submetido a uma série de

testes de caracterização. Primeiramente, a análise visual do AV em água destilada revelou a presença de componentes hidrofóbicos.

A análise termogravimétrica (TGA) (DTG-60, Shimadzu, Japão) foi realizada para determinar a estabilidade térmica do AV e identificar as temperaturas nas quais ocorreram perdas de peso significativas, indicando a decomposição de seus componentes. Os resultados da TGA indicaram que o AV começa a perder massa significativamente em aproximadamente 250°C, com a decomposição principal ocorrendo entre 300°C e 450°C, em linha com outros autores (YANG, 2017).

A análise de cromatografia gasosa-espectrometria de massa (GC/MS) (CGMS-QP2010 Plus, Shimadzu, Japão) forneceu uma descrição dos compostos químicos presentes no AV, identificando compostos principais, incluindo fenóis, cresóis e benzenodiol, além de ácidos – com exceção do ácido acético, confirmando a ausência de extrato pirolenhoso no AV. Esses compostos estão associados à capacidade do alcatrão de repelir água. As amostras analisadas de AV são compostas principalmente por *2,6-dimethoxyphenol* (19,66%), *1,2,4-Trimethoxybenzene* (12,66%), *1,2,3-trimethoxy-5-methylbenzene* (10,41%) e *(2Z,4Z)-3,4-diethylhexa-2,4-dienedioic acid dimethyl ester* (5,09%). Um resultado importante é a ausência de HPAs, frequentemente relacionados a atividades carcinogênicas (MAHLER, 2012).

Como antecipado pelo teste GC/MS, o AV possui um pH ácido em torno de 3,5, o que sugere ser necessário neutralizá-lo antes da aplicação no concreto para evitar possível degradação da superfície do concreto. A neutralização do AV foi realizada pela adição de solução de NaOH a 50% p/p na proporção de 1 parte de NaOH para 6 partes do AV *in natura*. Os sais resultantes foram removidos do AV neutro para os seguintes testes de impermeabilização do concreto.

A eficácia do AV como agente impermeabilizante foi avaliada por meio de dois testes principais – medição do ângulo de contato e absorção de água por capilaridade – utilizando corpos de prova de concreto projetados para alcançar, pelo menos, 25 MPa de resistência à compressão aos 28 dias, preparados de acordo com a seguinte proporção de mistura: 1:1,81:2,70 (cimento Portland:areia:brita), com relação água/cimento de 0,55. Para a medição do ângulo de contato (TL100, Biolin Scientific, Suécia), foram preparados 5 prismas de concreto de cada amostra (referência e revestida com AV) com dimensões de 40x40x160 mm. Da mesma forma, foram preparados 3 corpos de prova cilíndricos de cada amostra, com dimensões 10x20 cm, para os testes de absorção de água por capilaridade, conforme a ABNT NBR 9779 (ABNT, 2012). O processo de revestimento das amostras de forma resumida contempla: (a) aplicação do líquido AV neutro nas superfícies; (b) secagem a 70°C por 96 horas antes dos testes.

A medição do ângulo de contato avalia o ângulo entre uma gota d'água, após estabilizar por 60 segundos, e a superfície das amostras de prismas, revestidas e não revestidas (referência). Um ângulo de contato maior indica melhor repelência à água. A absorção de água por capilaridade envolveu a imersão dos espécimes de concreto em água e a medição da quantidade absorvida ao longo do tempo. As amostras revestidas com AV foram comparadas às amostras de controle não revestidas para avaliar a redução na absorção de água.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teste de absorção de água revelou que as amostras de concreto revestidas com AV absorveram um quinto da quantidade de água em comparação com as

amostras de referência. Este resultado indica uma redução substancial na penetração de água devido à aplicação do AV. As amostras revestidas com AV apresentaram uma redução significativa na absorção de água, atribuída à formação de uma camada hidrofóbica na superfície do concreto. Essa camada impede que a água seja absorvida pela estrutura porosa do concreto, melhorando assim sua durabilidade.

Os resultados da absorção de água por capilaridade mostraram que as amostras de concreto revestidas com AV apresentaram uma absorção de água de  $0,30 \pm 0,04$  mm/h<sup>1/2</sup>, enquanto as amostras de referência tiveram uma absorção de água de  $1,62 \pm 0,08$  mm/h<sup>1/2</sup>. Esses dados indicam que o revestimento com AV reduz significativamente a absorção de água em comparação com o concreto não revestido.

Alguns autores sugerem que uma absorção de água inferior a  $0,30$  mm/h<sup>1/2</sup>, equivalente a uma absorção de água de até 5%, indica um concreto de boa qualidade (WILSON, 2021). Os resultados deste estudo fornecem evidências de que o AV derivado da pirólise de madeira de Eucalipto é um agente impermeabilizante viável para o concreto.

As medições do ângulo de contato confirmaram a eficácia do AV em melhorar a repelência à água das superfícies de concreto. Embora o ângulo de contato observado tenha sido moderado, cerca de 35° para as amostras revestidas em comparação com a absorção para as amostras de referência é suficiente para impedir a infiltração inicial de água. Essa propriedade é particularmente valiosa em ambientes onde o concreto está exposto a umidade intermitente, em vez de submersão contínua.

Uma das principais vantagens do AV é sua sustentabilidade, pois é derivado de fontes renováveis, ao contrário dos agentes impermeabilizantes convencionais produzidos a partir de carvão ou produtos baseados em petróleo. Essa distinção posiciona o AV como alinhado com a crescente ênfase nas práticas de construção sustentável. Além de reduzir a dependência de combustíveis fósseis, o AV oferece uma pegada de carbono menor ao longo de seu ciclo de produção, contribuindo para a mitigação das emissões de gases de efeito estufa (HEIDARI, 2019). Além disso, o menor teor de HPAs carcinogênicos do AV, em comparação com o alcatrão de hulha torna-o uma alternativa mais segura tanto para os trabalhadores quanto para o meio ambiente.

No entanto, o estudo também identificou desafios potenciais no uso do AV. A natureza ácida do AV sugere que pode ser necessária uma neutralização antes da aplicação em superfícies de concreto alcalinas. Pesquisas adicionais são necessárias para otimizar o processo de aplicação e avaliar o desempenho a longo prazo do concreto revestido com AV em diferentes condições ambientais.

#### 4. CONCLUSÕES

Este estudo demonstra que o AV, derivado da pirólise da madeira de Eucalipto, possui um potencial significativo como agente impermeabilizante sustentável para o concreto. A caracterização do AV confirmou a presença de compostos hidrofóbicos e os testes laboratoriais mostraram que o AV reduz efetivamente a absorção de água no concreto, melhorando assim sua durabilidade. Os resultados sugerem que o AV pode servir como uma alternativa viável aos materiais impermeabilizantes convencionais à base de minerais ou fósseis. Sua natureza renovável e menor toxicidade fazem dele uma opção atraente para práticas de construção ecológicas. No entanto, pesquisas adicionais são

necessárias para enfrentar os desafios relacionados à sua acidez e garantir sua eficácia a longo prazo em várias condições ambientais. A incorporação do AV em materiais de construção pode desempenhar um papel crucial no desenvolvimento de práticas de construção sustentáveis, contribuindo para a inovação e sustentabilidade da indústria da construção.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Argamassa e concreto endurecidos (NBR 9779) — Determinação da absorção de água por capilaridade**, 2012.

GUO X.-H. et al. Molecular characterization of a middle/low-temperature coal tar by multiple mass spectrometries. **Fuel**, v.306, 2021.

HEIDARI A. KHAKI E. YOUNESI H. LU H. Evaluation of fast and slow pyrolysis methods for bio-oil and activated carbon production from eucalyptus wastes using a life cycle assessment approach. **Journal of Cleaner Production**. 2019.

JAHANDARI S. TAO Z. ALIM M.A. e LI W. Integral waterproof concrete: a comprehensive review. **Journal of Building Engineering**, v. 78, 107718, 2023.

LÓPEZ D. ACELAS N. e MONDRAGÓN F. Average structural analysis of tar obtained from pyrolysis of wood. **Bioresource Technology**, v. 101, p. 2458-2465, 2010.

MAHLER B.J. VAN METRE P.C. CRANE J.L. WATTS A.W. SCOGGINS M. e WILLIAMS E.S. Coal-tar-based pavement sealcoat and PAHs: implications for the environment, human health, and stormwater management. **Environmental Science and Technology**, v. 46, p. 3039-3045, 2012.

MUHAMMAD N.Z. KEYVANFAR A. MAJID M.Z.A. SHAFAGHAT A. e MIRZA J. Waterproof performance of concrete: a critical review on implemented approaches. **Construction and Building Materials**, v. 101 (1), p. 80-90, 2015.

SHI X. XIE N. e GONG J. Durability of steel reinforced concrete in chloride environments: an overview. **Construction and Building Materials**, v. 30, p. 125-138, 2012.

WILSON W. B. et al. Qualitative characterization of SRM 1597a coal tar for polycyclic aromatic hydrocarbons and methyl-substituted derivatives via normal-phase liquid chromatography and gas chromatography/mass spectrometry. **Analytical and bioanalytical chemistry**, v.409, p.5171–5183, 2017.

WILLSON M.L. e TENNIS P. Design and control of concrete mixtures. **Portland Cement Association**, 17th Edition, 2021.

YANG B.S. YANG J. KIM D. KIM J. HWANG W. e KWON G. Characteristics of wood tar produced as byproduct from two types of the kiln in the manufacture of oak charcoal. **Journal of the Korean Wood Science and Technology**, v. 45 (6), p. 772-786, 2017.