

## CO-PRODUTO DA INDÚSTRIA DE TANINOS APLICADO NA PAPILOSCOPIA: UMA PROPOSTA SUTENTÁVEL DE MATERIAIS FORENSES

**BÁRBARA C. B. SAMPAIO**<sup>1</sup>; **DANIELLE TAPIA BUENO**<sup>2</sup>; **LUCAS MORAES BERNEIRA**<sup>2</sup>; **JULIANA PORCIUNCULA DA SILVA**<sup>2</sup>; **LUCAS MINGHINI GONÇALVES**<sup>2</sup>; **CLAUDIO MARTIN PEREIRA DE PEREIRA**<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Universidade Federal de Pelotas – carolbilhalva0022@gmail.com*

<sup>2</sup>*Universidade Federal de Pelotas – lahbbio@ufpel.com*

<sup>3</sup>*Universidade Federal de Pelotas – claudiochemistry@gmail.com*

### 1. INTRODUÇÃO

A papiloscopia, ciência que estuda as impressões digitais (LEITZKE *et al.*, 2022), baseia-se na singularidade e permanência dos padrões de cristas e sulcos das papilas dérmicas para identificar indivíduos (ALVAREZ, *et al.*, 2023). No contexto forense, a presença de impressões digitais em uma cena de crime é explicada pelo princípio de troca de Locard, onde há transferência de material das cristas papilares para superfícies (SILVA *et al.*, 2018). Muitas vezes, essas impressões digitais são encontradas de forma latente, ou seja, invisíveis a olho nu, e precisam ser reveladas por técnicas como a de empoamento (BALSAN, *et al.*, 2019). No entanto, o uso de pós comerciais apresentam riscos à saúde com a exposição prolongada (LEITZKE *et al.*, 2022), o que tem impulsionado a pesquisa por reveladores mais seguros, à base de produtos naturais (BUENO *et al.*, 2024).

Nesse cenário, os taninos apresentam-se como uma alternativa promissora, por se tratarem de uma biomassa natural, econômica e renovável, além de possuírem intensa pigmentação, característica relevante para o desenvolvimento de pós forenses (Sun; Zhang; You, 2021). Considerados a segunda fonte mais abundante de polifenóis após a lignina, podem ser extraídos de diferentes cascas de espécies florestais (OLIVEIRA, 2023). Contudo, essas indústrias geram grandes volumes de resíduos, conhecidos como casca exaurida, os quais estão associados a impactos ambientais significativos, associado ao descarte inadequado (Rodrigues *et al.*, 2023).

Dito isso, o presente estudo investigou, pela primeira vez, o uso de taninos extraídos das cascas de Acácia-negra como reveladores de impressões digitais latentes, bem como o desenvolvimento de um compósito a partir das cinzas da casca exaurida, com o objetivo de avaliar sua eficiência e, simultaneamente, agregar valor a esse resíduo lignocelulósico.

## 2. METODOLOGIA

O tanino aplicado foi extraído de *Acacia mearnsii* De Wild., fornecido pela Tanac S.A. (Montenegro, RS, Brasil), registrado sob o CAS 68911-60-4 e comercializado como MT. Também foram utilizados resíduos secos de cascas esgotadas. As cascas foram carbonizadas em chama de bico de Bunsen e posteriormente calcinadas em forno mufla a 550 °C por 4 h, até obtenção de cinzas brancas. O compósito MT/cinzas (50:50, p/p) foi preparado por homogeneização dos pós em almofariz de vidro até formar mistura uniforme. As análises de Espectroscopia de Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR) foram realizadas usando um equipamento Shimadzu (modelo SPIRIT) no modo ATR. Para Espectroscopia de Raios X por Dispersão de Energia (EDS), a amostra sólida foi analisada utilizando um equipamento EDS-720 (Shimadzu). Por fim, para determinar metais na amostra de cinza, alíquotas foram pesadas e subsequentemente solubilizadas em ácido nítrico diluído na proporção de 1:4 e foram analisados usando um Espectrômetro de emissão atômica de chama (FAES) modelo Analyst 200 (Perkin Elmer, Shelton, CT, EUA).

Para simular impressões digitais naturais, os doadores lavaram as mãos com água e sabão neutro e realizaram atividades rotineiras por 30 min. Para as impressões sebáceas, o polegar foi friccionado em áreas faciais (testa e nariz) e friccionado nas pontas dos dedos para aumentar os componentes sebáceos. A deposição foi feita com pressão moderada, em contato de 3 a 5s. As impressões foram reveladas após 24 h através da técnica de empoamento e avaliadas segundo a classificação de Sears *et al.* (**Tabela**). Cinco analistas independentes, todos Bacharéis em Química Forense pela UFPel, realizaram a avaliação, sendo atribuída como pontuação final aquela mais frequente entre eles.

**Tabela.** Esquema de classificação utilizado para avaliação de impressões digitais desenvolvidas segundo Sears *et al.*

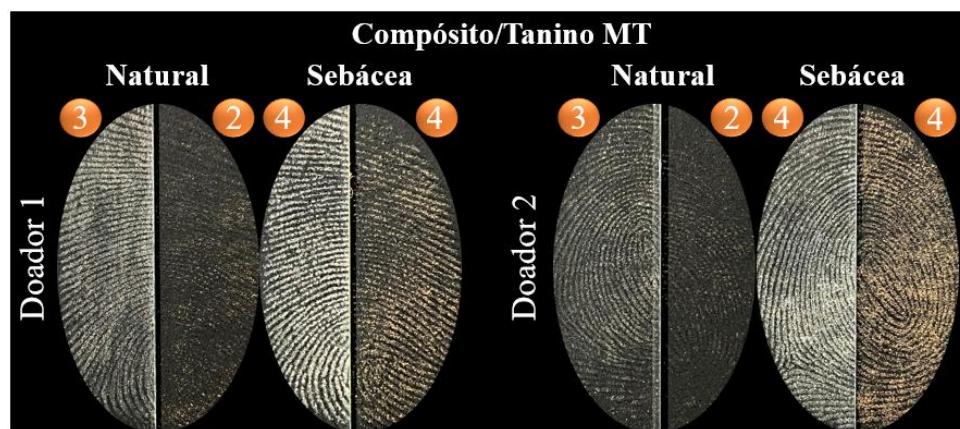
Pontuação	Nível de detalhe
0	Nenhuma evidência de uma marca
1	Desenvolvimento fraco, evidência de contato, mas sem detalhes de crista
2	Desenvolvimento limitado, cerca de 1/3 dos detalhes da crista são apresentados, mas provavelmente não podem ser usados para fins de identificação
3	Forte desenvolvimento, entre 1/3 e 2/3 dos detalhes da crista, marca digital identificável
4	Desenvolvimento muito forte, detalhes de crista completos, marca de dedo identificável

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No espectro de FT-IR, o tanino MT apresentou uma banda larga na região de 2800 a 3600  $\text{cm}^{-1}$ , atribuída ao estiramento O–H, além de bandas em 1725  $\text{cm}^{-1}$  (C=O), 1608 e 1465  $\text{cm}^{-1}$  (C=C), entre 1200 e 1000  $\text{cm}^{-1}$  (O–H e C–O) e de 850 a 600  $\text{cm}^{-1}$  (C–H). Para o compósito MT/cinzas, observaram-se as bandas características do tanino, embora com menor intensidade em função do elevado teor inorgânico. As cinzas, por sua vez, exibiram espectros típicos de óxidos metálicos e silicatos, com destaque para as bandas em 1441 e 710  $\text{cm}^{-1}$ . Para avaliação da composição inorgânica, a análise de EDS revelou que o tanino MT é constituído predominantemente por Cl, K e Ca, além de menores concentrações de S, Fe, Ag, Mn e Cu. Já a análise da composição inorgânica das cinzas realizada por FAES, foi observada uma maior concentração de Na, K, Fe, Zn e Cu.

O pigmento resultante no tanino teve sua performance mostrada na **Figura**, que apresentou aderência irregular às cristas, resultando em contraste baixo a moderado e visibilidade parcial das minúcias, especialmente nas digitais sebáceas, que mostraram deposição heterogênea e menor definição. Já o compósito evidenciou melhor aderência ao resíduo da impressão, proporcionando contraste superior entre cristas e cumes e maior visibilidade das minúcias em ambas as condições natural e sebácea. Esse desempenho indica maior potencial de aplicação forense, visto que a clareza e a definição dos detalhes foram mais consistentes entre os diferentes doadores.

Figura 1. Impressões digitais naturais e sebáceas desenvolvidas com o compósito a esquerda e com o Tanino MT a direita, acompanhadas de suas respectivas pontuações segundo os critérios de Sears *et al.*



O aprimoramento obtido é atribuído à combinação sinérgica de componentes orgânicos e inorgânicos presentes no compósito. Enquanto o material orgânico, devido à sua coloração intensa, contribui para o aumento do contraste e da clareza visual, as cinzas inorgânicas favorecem uma maior adesão das impressões digitais.

#### 4. CONCLUSÕES

Este estudo propõe uma abordagem inovadora para o desenvolvimento de impressões digitais latentes (LFP) a partir do uso de taninos, ao mesmo tempo em que oferece uma alternativa sustentável para o aproveitamento da casca exaurida de acácia-negra (*Acacia mearnsii*), resíduo da indústria de extração de taninos. O compósito obtido com tanino MT e cinzas da casca mostrou-se um material forense compreendendo também uma proposta sustentável.

#### 5. AGRADECIMENTOS

Agradecemos o apoio financeiro concedido pela UFPel, FAPERGS, CAPES e CNPq, que possibilitou a realização deste trabalho.

#### 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVAREZ-QUISPE, Albert Nestor *et al.* Estudio Piloto Comparativo entre la Identificación Dactiloscópica y Poroscópica con Fines de Identificación Humana en el Perú. *Int. J. Morphol.*, v. 41, n. 5, 2023.
- BALSAN, Jaqueline D. *et al.* Desenvolvimento de metodologia de revelação de impressão digital latente com chalconas. *Química Nova*, São Paulo, v. 42, n. 8, p. 845–850, 2019.
- BUENO, Danielle Tapia *et al.* Tannins from *Acacia mearnsii* De Wild as a Sustainable Alternative for the Development of Latent Fingerprints. *Organics*, Basel, v. 6, n. 2, p. 27, 18 jun. 2025.
- BUENO, D. T., *et al.* Characterization of Bixin by UV-Visible Spectroscopy and HPLC, and Its Application as Latent Fingermark Developer. *Analytica*, v. 5, p. 107–118, 2024.
- LEITZKE, A. F. *et al.* A Química de Produtos Naturais aplicadas a reveladores de rendas digitais latentes. *Química Nova*, v. 45, p. 424–434, 2022.
- OLIVEIRA, A. L. *et al.* Aumento da proteção contra radiação UV-C de matrizes de poliestireno por aditivação de tanino (*Acacia mearnsii* De Wild): Ensaio de envelhecimento acelerado. *J. Mater. Res.*, v. 38, p. 1593–1608, 2023.
- SILVA, Juan *et al.* Relación entre el Patrón Dactiloscópico Epidérmico y Dérmico. *Int. J. Morphol.*, v. 36, n. 4, 2018.
- Sun, X.; Zhang, J.; You, Y. Aumento da remoção de Cu(II) por gel de tanino de acácia negra modificado com dissulfeto de carbono. *Colloids Surf. A Physicochem. Eng. Asp.* 2021, 608, 125594.
- Rodrigues, T. L. *et al.* Obtenção de material rico em celulose a partir de resíduos de casca de acácia negra ( *Acacia mearnsii* De Wild.). *Meio Ambiente. Ciência. Poluição. Res.* 2023, 30, 113055–113067.