

## MICROSCOPIA E SUAS APLICAÇÕES NA CIÊNCIA FORENSE: UM ESTUDO DE CASO

### *MICROSCOPY AND ITS APPLICATIONS IN FORENSIC SCIENCES: A CASE STUDY*

<sup>1,2</sup>Bárbara Simões de Oliveira Neves; <sup>1</sup>Eduarda Tannus Mendes Torres; <sup>1</sup>Júlia Karolina Baiense da Silva; <sup>1</sup>Lizandra Marques Sarmento; <sup>3</sup>Natã Carlos Lira Madeira; <sup>4</sup>Jandira Maria de Oliveira Bone Brandão; <sup>1\*</sup>Glória Maria de Farias Viégas Aquije.

<sup>1</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo/ Vila Velha; <sup>2</sup>Colégio Salesiano (barbara.neves03@gmail.com);

<sup>1</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo/ Vila Velha (eduardatmt2017@gmail.com);

<sup>1</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo/ Vila Velha (juliak.baiense@gmail.com);

<sup>1</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo/ Vila Velha (lizandrasarmento@gmail.com);

<sup>3</sup> Universidade Federal do Espírito Santo (nelira@gmail.com);

<sup>4</sup>Polícia Civil do Estado do Espírito Santo (jandira.pericia@gmail.com);

<sup>1</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo/ Vila Velha (gloriaviegas@ifes.edu.br)

\*Autor de correspondência

Artigo submetido em 28/06/2023, aceito em 06/09/2023 e publicado em 01/11/2023.

**Resumo:** Os primeiros vestígios da utilização de técnicas forenses datam do Séc. XVII, na China, onde Ti Chien Yen utilizou da lógica e evidências para investigar, elucidar e solucionar um caso criminal. Desde então, a atualização de ferramentas e tecnologias utilizadas pelas Ciências Forenses — com o mesmo intuito — vêm sendo aperfeiçoadas para obter maior precisão em menor tempo para o diagnóstico de amostras. A microscopia dispõe de variadas técnicas, sendo uma ferramenta forense de grande influência na criminalística devido a sua diversidade analítica para análise evidencial. Suas aplicações contribuem diretamente para a sociedade na resolução de crimes e aplicação da justiça civil e as suas análises cooperam para a criação de metodologias que podem ser utilizadas em diagnósticos forenses. O presente artigo, por meio de um estudo de caso, tem por objetivo acrescentar e contribuir para as Ciências Forenses, destacando as aplicações da microscopia para decifrar questões do âmbito criminal.

**Palavras-chave:** criminalística; ciências forenses; microscopia forense.

**Abstract:** The first traces of the use of forensic techniques were in China in the 17th century, when Ti Chien Yen employed logic and evidence to investigate, clarify and solve a criminal case. Since then, tools and technologies used in Forensic Sciences - have undergone significant advancements, aiming to achieve greater accuracy and efficiency in diagnosing samples. Microscopy encompasses various techniques, making it an influential forensic tool in criminalistics due to its analytical diversity for evidential analysis. It is by resolving crimes and facilitating civil justice, while its analyses aid in the development of methodologies for forensic diagnoses. This article, through a study of cases, aims to

enhance and contribute to forensic sciences by highlighting the applications of microscopy deciphering criminal issues, supported by a study of relevant cases.

**Keywords:** criminalistics; forensic science; forensic microscopy.

## 1 INTRODUÇÃO

Desde que o ser humano, por volta do século XVII, obteve contato com o mundo microscópico, permitiu-se a criação de novas tecnologias para maior interação e visualização do que era invisível a visão desarmada, mas que refletia diretamente em problemas e impactos antes não explicados pela sociedade da época e que no decorrer da história muitas dessas situações foram sanadas e atualmente utilizadas como ferramenta para diversas atividades como economia, medicina, entre outras (MANNHEIMER, 2002; KUHN, 1987).

Apesar dos estudos de microscopia existirem desde os primórdios, somente no século XX com o desenvolvimento no aumento do campo de visão por Boegehold, em 1938, para os microscópios ópticos, que a qualidade final foi atingida (MANNHEIMER, 2002). Abrem-se então, espaços para o desenvolvimento de novas técnicas, com os primeiros estudos realizados por Ruska (1933) e o primeiro Microscópio Eletrônico por Von Ardenne, em 1938, a partir de radiação por elétrons (MCMULLAN, 1995).

Desde então, os microscópios puderam ser classificados de acordo com a radiação utilizada e como ela é refratada, divididos em duas categorias, sendo o primeiro tipo denominado de luminoso, que dispõe da radiação eletromagnética, refratada a partir de lentes de vidro, promovendo um aumento útil de, aproximadamente 2000x, e o segundo tipo o eletrônico, na qual a radiação aplicada é a de feixe de elétrons, refratado por meio de lentes eletromagnéticas, associado ao curto comprimento de ondas fornecido pelos raios eletrônicos que servem para ampliar a amostra, obtendo maior abertura numérica

em função da distância focal (GALLETI, 2003).

O aperfeiçoamento das técnicas de microscopia contribuiu para o desenvolvimento das Ciências Forenses, na qual implica o uso de conhecimentos científicos no atendimento aos interesses judiciais a partir de investigações para a elucidação e prova das infrações penais, bem como a identidade de seus respectivos autores (SILVA, 2011). O que a partir dos diferentes procedimentos microscópicos possibilita a apresentação evidencial em diversos exames tais como impressão (impressão digital, marcas de sapato), balística e biológica (fibra capilar), apresentando grande influência na criminalística, (WHEELER e WILSON, 2008).

O desenvolvimento da sociedade no decorrer da história compreendeu a criação de leis para segurança e convívio de cada civilização, o não cumprimento dessas normas infere uma punição para o infrator. Alguns crimes, que não tem testemunhas, necessitam de investigações para acusar o suspeito; neste caso, a microscopia contribui para atestar tal suspeito como criminoso (GARRIDO e GIOVANELLI, 2006; DUARTE, 2009).

No Brasil, existem grandes índices de criminalidade, sendo a violência associada a um forte problema social que precisa ser solucionado (GULLO, 1998). Em 2020, o estado do Espírito Santo alcançou um número de 27,1 homicídios dolosos a cada 100 mil habitantes, verificando um aumento de 10,5% em relação ao ano de 2019 e um decréscimo de 33,25 % em relação ao ano de 2013 (FÓRUM BRASILEIRO DE SEGURANÇA PÚBLICA, 2022). Dessa forma, faz-se essencial a manutenção no controle da criminalidade estatal. Neste contexto, o uso de novas tecnologias, no

caso a microscopia, torna-se um excelente aliado às Ciências Forenses.

O uso da Microscopia Forense aborda em grande escala as áreas técnico-científicas, que abrangem a Biologia (análise de sangue, sêmen, saliva, cabelos, raspados subungueais e outros), a Química (análise da alteração da microestrutura da superfície de um metal, exames de balística) e a Física (análise da distância do tiro a partir dos resíduos deixados pela arma de fogo) (DUARTE, 2009). A associação de novas tecnologias a diferentes técnicas de microscopia, contribui para o estudo de diversas análises, permitindo melhor precisão e menor tempo no diagnóstico de materiais responsáveis para acusar ou inocentar pessoas em muitos tipos de crimes (NETTO, 2008). Este trabalho, por meio de um estudo de caso, teve por objetivo acrescentar e contribuir para as Ciências Forenses, destacando as aplicações da microscopia para decifrar questões do âmbito criminal.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

As Ciências Forenses, tal como conhecemos hoje, surgiu na China antiga. Documentos datados do Séc. XVII descreveram a utilização das técnicas investigativas para resolução de um caso criminal ocorrido no Séc. VII. Ti Chieh Yen e seus colaboradores realizaram o estudo da cena do crime, analisaram as pistas e entrevistaram testemunhas para conduzir um inquérito criminal e determinar os motivos e autores da transgressão (VAZ, 2008).

No século XVIII, havia fabricação em série de armas de fogo, o que, conseqüentemente aumentava a taxa de homicídios por esse tipo de arma. Entretanto, a partir dos sulcos ou linhas que existiam em cada arma, referente ao caráter artesanal de fabricação, as balas apresentavam aspectos particulares. Com isso, Henry Goddard iniciou as primeiras análises Balísticas (VAZ, 2008).

No século XIX, Hans Gross, considerado o pai da Criminalística e Criminologia, publicou o Manual para Juízes de Instrução, que defendia o uso de tecnologias e estudos científicos (dentre eles a microscopia) no lugar da tortura para resolução de crimes (INMAN e RUDIN, 2001; GRASSBERGUER, 1956).

Já em 1925, o norte americano Calvin Hooker Goddard criou, por meio da adaptação de uma ponte óptica a dois microscópios comuns, o primeiro microcomparador da história da Balística, permitindo a comparação simultânea de dois projéteis ou dois estojos disparados por armas de fogo (MUEHLBERGER, 1955; ANDRADE, 2005).

Assim, o século XX foi marcado por inúmeras descobertas científicas, com o uso de novas técnicas na microscopia óptica, a construção do primeiro microscópio eletrônico em 1938 e do microscópio de força atômica em 1986. Essas e outras descobertas permitiram o desenvolvimento das Ciências Forenses a nível mundial, ampliando a resolução de crimes e proporcionando grande influência nos tempos atuais. (MANNHEIMER, 2002; MCMULLAN, 1995; BINING, QUATE e GERBER, 1986; SILVA, 2011).

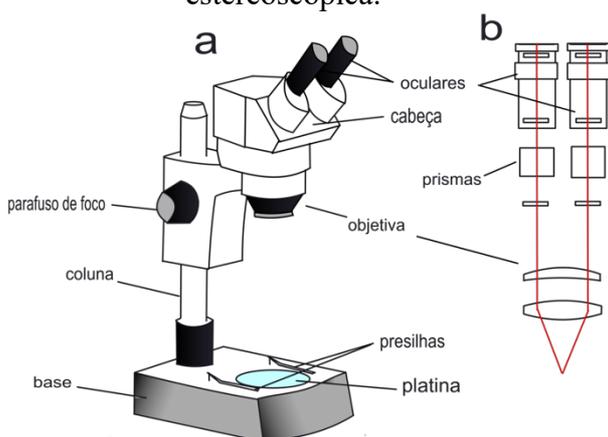
Os diferentes tipos de microscópios contribuem para um maior alcance de precisão quanto às análises necessárias na solução de um crime. O uso desses equipamentos proporciona uma gama de possibilidades, visto que, cada tipo é destinado a um detalhamento diferente e complementar, estando intrínsecos em diversas etapas de uma investigação, como na identificação de materiais e evidências (BRANDÃO et al., 2014).

Dentre as diferentes técnicas microscópicas, alguns se destacam quanto a sua aplicação direta nas Ciências Forenses. Entre eles, a microscopia óptica está relacionada ao uso de qualquer tipo de microscópio que necessita de luz para observação das amostras. Nesta área existe uma variedade de microscópios que

utilizam diferentes tipos de luz e sistemas de lentes, para cada análise adotada.

A exemplo, o microscópio estereoscópico (Figura 1-a), constituído por vários componentes que captam e redirecionam a luz para formar uma imagem ampliada do material em análise. Esse equipamento, onde a imagem é tornada direita pelas reflexões internas em dois prismas intercalados entre a objetiva e a ocular (Figura 1-b), fornece um aumento de algumas dezenas de vezes para visualização em maiores detalhes da macroestrutura da amostra (WHEELER e WILSON, 2008; MANHEIMER, 2002). Ele é utilizado na análise de materiais como fibras, fios de cabelo e resíduos balísticos, permitindo solucionar delitos, tais como atropelamentos, homicídios e violência sexual, a partir de vestígios deixados no local do crime que contribuem para provar a ação do suspeito (DUARTE, 2009; LEE; PALMBACH e MILLER, 2001; WHEELER e WILSON, 2008; RODRIGUES, SILVA e TRUZZI, 2010).

Figura 1- Microscópio estereoscópico, evidenciando em 1a os principais componentes e em 1b mecanismos que permitem a imagem estereoscópica.



Fonte: Mundo Microscópio, com modificações (2023).

Já o microscópio óptico possui três sistemas de lentes: as condensadoras que projetam um feixe luminoso sobre um espécime, a objetiva que recebe a luz que atravessou a amostra, projetando uma

imagem aumentada do objeto e as oculares que ampliam novamente a imagem, projetando na retina (Figura 2), em uma tela ou em uma câmara fotográfica (SOUZA, 2010). Esse, pode auxiliar na análise de materiais como vidros, tintas e fibras têxteis (DUARTE, 2009; SAAD, RODRIGUES e LINS, 2013) e também na Entomologia Forense (EF), como na análise de produtos estocados (contaminação de insetos em produtos comerciais) e no tempo de morte da vítima, com base no ciclo de insetos (PUJOL-LUZ et al., 2008). Além disso, pode ser utilizado na identificação da folha da maconha (Cannabis sativa) de acordo com os tricomas (UNITED NATIONS OFFICE ON DRUGS AND CRIME, 2009).

Figura 2- Mecanismo de formação de imagem ao microscópio óptico, onde:

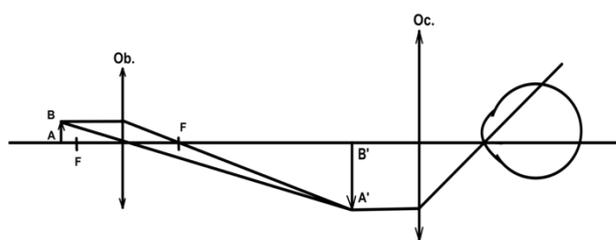
AB: Objeto

F: Ponto focal

A'B': Imagem formada (ampliada, real e invertida)

Ob.: Objetiva

Oc.: Ocular (aumenta a imagem fornecida pela objetiva)



Fonte: Os autores (2023).

Ainda na microscopia óptica é válido citar as técnicas da luz polarizada e de fluorescência. A primeira pode ser aplicada em análises de fibra capilar, drogas, venenos, munições, pintura, vidro, solo, tinta, moeda e outras evidências residuais especializadas (WHEELER e WILSON, 2008; WEAVER, 2003). A segunda é utilizada em exames de balística na análise de resíduos do disparo de arma de fogo, quanto às quantidades de Bário e Chumbo (BIRD, et. al., 2006), assim como na Papioscopia, que auxilia na

visualização da profundidade e forma das impressões digitais anexadas a um documento (ALMOG et. al., 2004).

Com o advento da microscopia eletrônica, novas técnicas são utilizadas, possuindo uma ampliação e um poder de resolução maiores que os microscópios ópticos, capaz de analisar amostras com medidas de 0,001 $\mu$ m (ESTRIDGE e REYNOLDS, 2011). A exemplo, a técnica de Varredura que possibilita detectar vestígios de projétil de arma de fogo e analisar a distância do disparo em exames de Balística (LOGRADO e LENHARO, 2008; LENHARO, SATO e SANTOS, 2008; ABEL, SANTOS e DICK, 2005; SCHWOEBLE e EXLINE, 2000; SILVA e SANTOS, 2004).

Já a técnica de transmissão, que utiliza como fonte um feixe de elétrons, possibilita um limite de observação de até 200.000 vezes maior que os microscópios de luz, alcançando escalas nanométricas (CHEN, 2011; STUART, 2013). Suas aplicações consistem no estudo de resíduos de tiro, pelo fato de alcançar extensões maiores que o microscópio eletrônico de varredura, podendo caracterizar partículas típicas de um disparo por arma de fogo com dimensões de até 2 nm (CARREIRO; SOLÓRZANNO e PINTO, 2005). Também é utilizada na caracterização e discriminação de certos tipos de tinta que não podem ser identificados por outras técnicas, devido ao tamanho das partículas dos pigmentos (STUART, 2013).

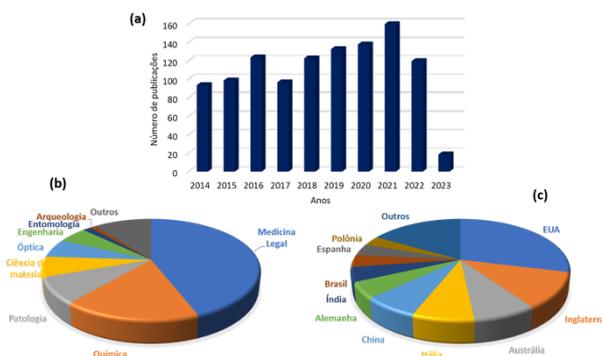
Uma das técnicas microscópicas mais recentes é a de Força Atômica que contribui para as Ciências Forenses na Documentoscopia, pela análise da autenticidade de papel moeda e de traços feitos com canetas esferográficas (BRANDÃO et al., 2014; KASAS, KHANMY-VITAL e DIETLER, 2001), além de estudos, que relatam a hora da morte a partir da observação de mudanças morfológicas em células sanguíneas (STRASSER et al., 2007; CHEN, 2011).

Por fim, a técnica de Microespectroscopia Raman também é

muito utilizada nas investigações criminais no campo da Documentoscopia, possibilitando a análise de informações que contribuem para comprovar a fraude de documentos como a Carteira Nacional Habilitação (CNH), papel moeda e acréscimo de traços em documentos já elaborados, além da confirmação da autenticidade de obras de arte e na descoberta da composição de diversas drogas de abuso (BRANDÃO et al., 2014; GOMES e SERCHELI, 2011; ROMÃO et al. 2011; BRAZ, LÓPEZ-LÓPEZ GARCIA-RUÍZ, 2013; FARIA, SANTOS e GONÇALVES, 1997; VANDENABEELE, 2010).

De acordo com a Web of Science (2023), ao se pesquisar com o termo “forensic microscopy”, são encontradas 2050 publicações. A Figura 1-a mostra o número de publicações que ocorreram nos últimos 10 anos, sendo que em 2021 ocorreu o maior número de publicações (total de 159) e uma média de 109,7 publicações por ano. Já a Figura 1-b apresenta as áreas de publicações, com destaque para a medicina legal, com 44,10 % do total de publicações e dentre os países que mais publicam, os EUA é o que possui um número maior, correspondendo a 28,88 % do total de publicações, enquanto o Brasil é o 8º país que tem mais publicações, contribuindo com 3,90 % do número total (Figura 3-c).

Figura 3 – Busca pelo termo “forensic microscopy”, indicando número e áreas de publicações.



Fonte: Os autores (2023).

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

É apresentado, mantendo em sigilo a identidade dos envolvidos, um estudo de caso, demonstrando a aplicabilidade da microscopia em uma análise forense realizada pela Perícia Oficial Criminal da Polícia Civil do Espírito Santo.

#### 3.1- Relato do caso

Foi encontrado, à beira de uma estrada de chão, em local ermo, um cadáver adulto do sexo feminino, com diversas lesões produzidas por instrumento perfurocortante na região mediana e superior do tórax, incluindo lesão na mão, típica de tentativa de defesa por parte da vítima, tendo uma corda de nylon com aproximadamente 5 m envolvida na região superior do tórax e pescoço.

No local onde o corpo foi encontrado, não foram identificados vestígios do homicídio, como escorrimento, projeção de sangue ou vestígios de luta corporal, o que indica uma localidade de abandono de cadáver (desova).

As investigações indicaram um suspeito, cujo veículo foi submetido a exames periciais específicos, onde foram encontrados fragmentos de nylon aderidos ao assoalho.

Além disso, foram coletadas, pelos Peritos Criminais, amostras da corda encontrada junto à vítima para posterior análise de comparação, sendo esses os materiais utilizados e descritos no estudo de caso legítimo do crime ocorrido.

#### 3.2- Preparo e análise da amostra

As análises foram realizadas em fragmentos de nylon coletados do assoalho do veículo suspeito e em amostras da corda encontrada junto à vítima, sem a necessidade de preparo prévio, mantendo a integridade das amostras utilizadas.

Os fragmentos de nylon e corda foram analisados, através de imagens, por microscópios óptico e estereoscópico,

ambos da marca Leica, com escalas de 20 a 200  $\mu\text{m}$  e 500 a 2000  $\mu\text{m}$ , respectivamente. O tratamento das imagens foi realizado no software LAZEZ.

A análise microscópica objetivou constatar a equivalência entre os materiais coletados pelos Peritos, visando vinculá-los, e assim estabelecer uma relação entre a vítima e o veículo suspeito, para auxiliar na elucidação do crime.

Todas as análises foram realizadas no laboratório de microscopia do IFES - Campus Vila Velha, juntamente com o Grupo de Estudo em Microscopia (GEM).

### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

SAAD, RODRIGUES e LINS (2013) afirmam que os exames das impressões de instrumentos de crime ou de instrumentos utilizados para a prática do delito podem ser ultimados por determinadas técnicas, dentre elas, destaca-se o exame por microscopia, apresentando uma descrição minuciosa, por fotomicrografias, do objeto.

Segundo U.S DEPARTMENT OF JUSTICE FEDERAL BUREAU OF INVESTIGATION (2007), análises de fibras questionadas contribuem na resolução de casos, a partir de comparações em exames de identificação quanto ao tipo de fibra, sua textura e composição, verificando a relação do suspeito em um crime.

As análises, por estereomicroscopia, dos fragmentos de fibra de nylon que foram encontrados no assoalho do veículo do suspeito indicaram uma coloração castanha avermelhada (Figura 4).

Além disso, com o uso da microscopia óptica, notou-se que nesses fragmentos havia uma fissura no meio das fibras analisadas, como mostrado na figura 5.

Quanto aos fragmentos da corda encontrada junto à vítima, as análises por estereomicroscopia indicaram uma cor avermelhada (Figura 6).

Ao analisar os fios por microscopia óptica, ambos apresentaram coloração púrpura com pequenos pontos de coloração

castanha e nenhuma marca (como fissura) ao longo dos fios foram observados, conforme mostrado na figura 7.

Por uma visão desarmada, sem o auxílio da microscopia, os fragmentos da corda encontrada com a vítima e os fragmentos encontrados no veículo do suspeito eram bem similares. Porém, as análises feitas com microscópio estereoscópico, mesmo sendo de característica preliminar devido ao fornecimento de um aumento considerado pequeno (WHEELER e WILSON, 2008), possibilitaram observar diferenças na coloração entre a corda encontrada na vítima e os fragmentos encontrados no assoalho do veículo do suspeito. Ademais, as imagens produzidas pelo microscópio óptico, usando uma melhor resolução da amostra (WHEELER e WILSON, 2008), permitiram uma caracterização morfológica e definitiva da corda. Pôde-se assim determinar a partir das microanálises realizadas, que a estrutura e as cores dos fragmentos de nylon, encontrados no veículo suspeito, e da corda, encontrada com a vítima são diferentes. Pôde-se constatar, também, que, embora as fibras fossem do mesmo tipo de material, estas possuem origens diferentes (fabricantes/marcas diferentes).

Os métodos de microscopia abordados para o estudo de caso compreendem técnicas de baixo custo e simples manuseio do equipamento, além de possuir uma grande importância na criação de um laudo conclusivo de um crime, como ocorreu na análise tratada.

Em relação a essa técnica, LARA e FARIA (2014) confirmam o baixo custo da microscopia fotônica e a capacidade desse método para diversos tipos de análise. HOUK (2004) afirma a importância da microscopia forense, para elucidação de crimes devido à qualidade de caracterização, identificação e comparação de vestígios de provas.

Neste trabalho, a microscopia permitiu uma análise prática, objetiva e sem alterar a estrutura do material observado, contribuindo para a conclusão do crime em questão.

Figura 4 - Imagem por estereomicroscopia. A e B: fragmentos encontrados no assoalho do veículo do suspeito, em anexo detalhe da imagem.

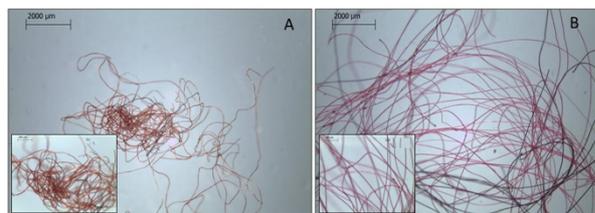


Figura 5 – Imagem por microscopia óptica. A e B: fragmentos de corda encontrados no assoalho do veículo do suspeito, em anexo detalhe da imagem.

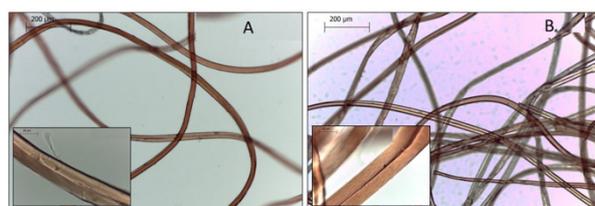


Figura 6 - Imagem por estereomicroscopia. A: fragmentos de corda encontrada com a vítima e B: fragmentos de corda encontrados no assoalho veículo do suspeito, em anexo detalhe da imagem.

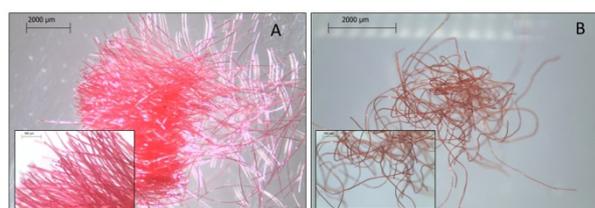


Figura 7 - Imagem por microscopia óptica. A e B: da corda encontrada na vítima. A: Aspecto geral da corda, em anexo detalhe da imagem anterior. B: Ponta da corda, em anexo detalhe da imagem.



## 5 CONCLUSÕES

Este trabalho permitiu ilustrar a importância e aplicabilidade das técnicas microscópicas no âmbito forense, como ferramenta para auxiliar na elucidação de crimes, punição de infratores e promoção da Justiça.

Com o advento da microscopia, muitas análises foram utilizadas para solucionar temáticas relacionadas à investigação criminal e com o surgimento de novas técnicas e metodologias houve um fornecimento de melhor precisão e tempo para a elucidação de diversos casos.

De acordo com as análises feitas por estereomicroscopia e microscopia óptica, para a comparação das fibras de nylon encontradas no assoalho do veículo do suspeito e na corda encontrada com a vítima, pôde-se inferir que estes não possuem a mesma origem, ou seja, apesar do material ser semelhante, apresentaram características morfológicas distintas, possivelmente por se tratar de fabricantes ou marcas diferentes. Apesar do resultado negativo do exame das fibras, essa avaliação individual não é suficiente para eximir o suspeito, pois existem outros fatores que o conectam ao local do crime. Portanto, o estudo de caso apresentado possibilitou compreender a relevância das análises microscópicas para a produção de um laudo conclusivo e a importância de sua utilização na rotina da Perícia Criminal.

## AGRADECIMENTOS

À Polícia Civil do Espírito Santo pelo fornecimento do estudo de caso e material para as análises; Ao Ifes/VV pelo apoio na realização deste trabalho.

## REFERÊNCIAS

ABEL, L.; SANTOS, M. S.; DICK, L. F. P. Análise da dispersão de resíduos de tiro de submetralhadora e fuzil automático leve coletados diretamente do corpo do atirador.

**Perícia Federal**. Distrito Federal, v. 6, n. 22, p. 15-17, 2005.

ALMOG, J.; AZOURY, M.; ELMALIAH, Y.; BERENSTEIN, L.; ZABAN, A. Fingerprints Third Dimension: The Depth and Shape of Fingerprint Penetration Into Paper--Cross Section Examination by Fluorescence Microscopy. **Journal of Forensic Sciences** v. 49 Issue: 5, P. 981-985. 2004

ANDRADE, A. B. A tecnologia digital na identificação Balística. **Prova Material**. v. 2 n. 4, p. 12-14, 2005.

BINING, G.; QUATE, C. F.; GERBER, C. Atomic Force Microscopy. **Physical Review Letters**. v. 56, n. 9, p. 930-934, 1986.

BIRD, D. K.; AGG, K. M.; BARNETT, N. W.; SMITH, T. A. Time-resolved fluorescence microscopy of gunshot residue: an application to forensic science. **Journal of Microscopy**, v. 226, n. 1, p. 18-15, 2006.

BRANDÃO, J. M. O. B; ALMDEIDA, N. S. M.; DIXINI, P. V. M.; BAIER, C. H. A.; MERLO, B. B.; AQUIJE, G. M. F. V.; ROMÃO, W. Aplicações da Microespectroscopia Raman e Microscopia de Força Atômica em Documentoscopia. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química. 37. 2014. Rio Grande do Norte. **Anais...** Rio Grande do Norte.

BRAZ, A.; LÓPEZ-LÓPEZ, M.; GARCÍA-RUIZ, C. Raman spectroscopy for forensic analysis of inks in questioned documents. **Forensic Science International**. v. 232, p. 206-212, 2013.

CARREIRO, A. P.; SOLÓRZANNO, I. G.; PINTO, A. L. Estudo de resíduos de tiro via microscopia eletrônica de transmissão (MET). **Perícia Federal**. v. 6, n. 22, p. 27-28, 2005.

- CHEN, Y. Forensic Applications of Nanotechnology. **Journal of the Chinese Chemical Society**, v.58 n.6, p. 828-835, 2011.
- DUARTE, G. L. **O papel da ciência forense na investigação dos crimes de homicídio**. 2009. 114 f. Dissertação (Mestrado em Medicina Legal e Ciências Forenses) - Faculdade de Medicina, Universidade de Coimbra, Portugal. 2009.
- ESTRIDGE, B. H.; REYNOLDS A. P. **Técnicas Básicas de Laboratório Clínico**. 5ª edição. Porto Alegre: Artmed. 800p. 2011.
- FARIA, D. L. A.; SANTOS, L. G. C.; GONÇALVES, N. S. Uma demonstração sobre o espalhamento inelástico de luz: repetindo o experimento de Raman. **Química Nova**. v. 20, n. 3, p. 319-323, 1997.
- FÓRUM BRASILEIRO DE SEGURANÇA PÚBLICA. **Anuário Brasileiro de Segurança Pública 2022**. São Paulo, 516 p. 2022.
- GARRIDO, R. G.; GIOVANELLI, A. Criminalística: origens, evolução e descaminhos. **Caderno de ciências sociais aplicadas**. UESB, Bahia, v. 4, n. 6, 2006.
- GALLETI, S. R. **Introdução a Microscopia Eletrônica**. Biológico. São Paulo, v. 65, n. 1/2, p. 33-35, 2003.
- GOMES, J. A.; SERCHELI, M. S. Espectroscopia Raman: um novo método analítico para investigação forense em cruzamento de traços. **Revista Brasileira de Criminalística. Distrito Federal**. v.1, n.1, p. 22 -30, 2011.
- GRASSBERGUER, R. Pioneers in Criminology XIII - Hans Gross (1847-1915). **Journal of Criminal Law and Criminology**. v. 47, n. 4, p. 397-405, 1956.
- GULLO, A. A. S. Violência urbana um problema social. **Rev. Sociol. USP**, São Paulo, 10(1): 105-119, 1998.
- INMAN, K.; RUDIN, N. **Principles and Practice of Criminalistics: The Profession of Forensic Science**. EUA: CRC Press, 373 p. 2001.
- KASAS, S.; KHANMY-VITAL, A.; DIETLER, G. Examination of line crossing by atomic force microscopy. **Forensic Science International**. v. 119, p. 290-298, 2001.
- KUHN, T. S. **As estruturas das revoluções científicas**. 5ª edição, São Paulo: Perspectiva, 257 p. 1987.
- LARA A. G.; FARIA, R. A.; Análise Forense de Microvestígios. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica. **Anais**. Minas Gerais. 2014.
- LEE, H. C.; PALMBACH, T.; MILLER, M. T. **Henry's Lee Crime Scene Handbook**. USA: Elsevier, 419 p. 2001.
- LENHARO, S.; SATO, E.; SANTOS, L. S. Microscopia Eletrônica de Varredura em prol da justiça. **Perícia Federal. Distrito Federal**, v. 11, n. 27, p.10-12, 2008.
- LOGRADO, A. L.; LENHARO, S. Após dois anos, a prova. **Perícia Federal. Distrito Federal**, v. 11, n. 27, p. 6-7, 2008.
- MCMULLAN, D. Scanning Electron Microscopy 1928-1965. **Scanning**. Cambridge, v. 17, p.175-185. 1995.
- MANNHEIMER, W. A. **Microscopia dos materiais**. Rio de Janeiro: E-papers, 222 p. 2002.
- MARCOS, Haroldo. Poliamidas, poliésteres e termoplásticos elastoméricos: uma perspectiva sustentável na indústria

moderna. **Polímeros**. v. 22, p. 107-110, 2012.

MUEHLBERGER, C. W. Col. Calvin Hooker Goddard 1891-1955. **Journal of Criminal Law and Criminology**. v. 46, n. 1, p. 103-104. 1955.

MUNDO MICROSCOPIO: Disponível em <<https://www.mundomicroscopio.com/part-es-del-microscopio-estereoscopico/>>. Acesso em: ago. 2023.

NETTO, O. B. C. O desenvolvimento da perícia. **Perícia Federal**. Distrito Federal, v. 11, n. 27, p. 3, 2008.

PUJOL-LUZ, J. R.; ARANTES, L. C.; CONSTANTINO, R.. Cem anos da Entomologia Forense no Brasil (1908-2008). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 52, n. 4, p. 485-492, 2008. Disponível em <<https://www.scielo.br/j/rbent/a/xkDDPftCsxjCjkkh7J5yChB/?lang=pt#>>. Acesso em 21 Abr, 2023.

RODRIGUES, C. V.; SILVA, M. T.; TRUZZI, O. M. S. Perícia criminal: uma abordagem de serviços. **Gest. Prod.** v. 17, n. 4, p. 843-857, 2010.

ROMÃO, W.; SCHWAB, N. B.; BUENO, M. I. M. S.; SPARRAPAN, R.; EBERLIN, M. N.; MARTINY, A.; SABINO, B. D.; MALDANER, A. O. Química forense: perspectivas sobre novos métodos analíticos aplicados à Documentoscopia, balística e drogas de abuso. **Quim. Nova**. v.34, n.10, p. 1717-1728, 2011.

SAAD, R. R. R.; RODRIGUES, M. G.; LINS, G. A. **Métodos para a Perícia Ambiental Forense**. Rio de Janeiro: Sirius, 242 p. 2013.

SCHWOEBLE, A. J.; EXLINE, D. L. **Current Methods in Forensic Gunshot**

**Residue Analysis**. EUA: CRC Press LLC, 171 p. 2000.

SILVA, A. L. M. S. Circunstâncias Juridicamente Relevantes em Perícias de Locais de Crimes contra a Vida e em Armas de Fogo. **Revista do IGP**, Rio Grande do Sul, v.1, n.4, p. 23-26, 2011.

SILVA, D.; SANTOS, J. B. Um estudo sobre a técnica de análise qualitativa de partículas de chumbo provenientes de resíduos de disparo com armas de fogo, em mãos de supostos atiradores. **Prova Material**. v. 1, n. 2, 2004.

SOUZA, W. **Microscopia óptica: fundamentos e aplicações às ciências biomédicas**. Rio de Janeiro. Sociedade Brasileira de Microscopia e Microanálise, 2010.

STRASSER, S.; ZINK, A.; KADA, G.; HINTERDORFER, P.; PESCHEL, O.; HECKL, W. M.; NERLICH, A. G.; THALHAMMER, S. Age determination of blood spots in forensic medicine by force spectroscopy. **Forensic Science International**. v. 170, 9. 8-14, 2007.

STUART, B. H. **Forensic Analytical Techniques**. United Kingdom: Wiley, 234 p. 2013.

UNITED NATIONS OFFICE ON DRUGS AND CRIME. Recommended methods for the identification and analysis of cannabis and cannabis products: **Manual for use by national drug analysis laboratories**. EUA: United Nations, 50 p. 2009.

U.S DEPARTMENT OF JUSTICE FEDERAL BUREAU OF INVESTIGATION. **Handbook of Forensic Services**. EUA: FBI Laboratory Publication, 202 p. 2007.

VANDENABEELE, P. Raman Spectroscopy. **Springer**. v. 397, p. 2629-2630, 2010.

VAZ, J. A. Metodologias de detecção de vestígios biológicos forenses. 2008. 135 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Molecular e Celular) – Departamento de Biologia, Universidade de Aveiro, Portugal. 2008.

WEB OF SCIENCE: Disponível em <[http://apps.webofknowledge.com/WOS\\_GeneralSearch\\_input.do?product=WOS&search\\_mode=GeneralSearch&SID=6DBzxZB13o24JJLt7qx&preferencesSaved](http://apps.webofknowledge.com/WOS_GeneralSearch_input.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&SID=6DBzxZB13o24JJLt7qx&preferencesSaved)>. Acesso em: mai. 2023.

WEAVER, R. Rediscovering Polarized Light Microscopy. **American Laboratory**, p. 55-61, 2003.

WHEELER, B. P.; WILSON, L.J. **Practical forensic microscopy: A laboratory manual**. EUA: Willey-Blackwell, 393 p. 2008.