

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

JÚLIA FERRONATO DALLA VECCHIA

**AVANÇOS TECNOLÓGICOS E MÉTODOS RECENTES NA CIÊNCIA FORENSE:
UMA ANÁLISE SISTEMÁTICA E REVISÃO BIBLIOMÉTRICA**

FRANCISCO BELTRÃO

2023

JÚLIA FERRONATO DALLA VECCHIA

**AVANÇOS TECNOLÓGICOS E MÉTODOS RECENTES NA CIÊNCIA FORENSE:
UMA ANÁLISE SISTEMÁTICA E REVISÃO BIBLIOMÉTRICA**

**Technological advances and recent methods in forensic science: a systematic
analysis and bibliometric review**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Química da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).
Orientador(a): Prof^a. Dr^a. Thalita Grando Rauhen
Coorientador(a): Prof. Dr. André Zuber

FRANCISCO BELTRÃO

2023



4.0 Internacional

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

JÚLIA FERRONATO DALLA VECCHIA

**AVANÇOS TECNOLÓGICOS E MÉTODOS RECENTES NA CIÊNCIA FORENSE:
UMA ANÁLISE SISTEMÁTICA E REVISÃO BIBLIOMÉTRICA**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Química da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 22/junho/2023

Thalita Grando Rauen
Doutorado em Química
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Francisco Beltrão

André Zuber
Doutorado em Engenharia Química
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Francisco Beltrão

Juliano Pádua de Oliveira
Mestrado em Engenharia Ambiental
Secretaria de Segurança Pública e Administração Penitenciária

“A folha de aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso”

FRANCISCO BELTRÃO

2023

Dedico este trabalho a toda minha rede de apoio,
que me incentivou e encorajou durante todo esse
caminho.

AGRADECIMENTOS

Reconheço que estas palavras não são suficientes para expressar minha gratidão a todas as pessoas envolvidas neste processo. Em virtude disso, aprecio verdadeiramente a minha rede de apoio, onde quer que estejam.

Agradeço à minha orientadora Prof^a. Dr.(a) Thalita Grandó Rauen, pela oportunidade de realizar este trabalho em um assunto que desperta tanto meu interesse.

Ao Prof. Dr. André Zuber pelo auxílio e encorajamento durante a elaboração deste projeto.

Expresso minha sincera gratidão à minha família, pelo acolhimento, paciência e ensinamentos nestes últimos anos.

A todos os meus amigos, pelos momentos de leveza e risadas compartilhadas.

Por fim, a todos os que, por alguma razão, acreditaram e contribuíram para a realização desta pesquisa.

“Quanto mais se nasce pronto, mais se é refém
do que já se sabe e, portanto, do passado;
aprender sempre é o que mais impede que nos
tornemos prisioneiros de situações que, por
serem inéditas, não saberíamos enfrentar.”
Mário Sérgio Cortella

RESUMO

Inovação, automação e o aperfeiçoamento são partes intrínsecas das ciências forenses. É devido a esses fatores que milhares de casos arquivados têm sido reabertos e solucionados com êxito. O desenvolvimento de técnicas nanométricas contribui mais ainda na identificação de vestígios e na prevenção contra o crime. A quantidade de pesquisas realizadas nos últimos anos vem crescendo de maneira significativa, determinando o futuro dessas novas áreas e no procedimento seguido pela equipe policial. A criação de dispositivos sem fio permite aos profissionais a capacidade de obter resultados muito precisos, evitando a contaminação de amostras devido a análise ser realizada no local de interesse, sem que haja mais distúrbios. Por esta razão, a tomada de decisão acontece ao reconhecer a importância de cada vestígio encontrado. Este trabalho busca reunir as principais categorias em desenvolvimento, suas técnicas e aplicações por meio de uma análise sistemática da literatura, utilizando o método Proknow-C. Quanto mais aprofundado o conhecimento acerca da natureza humana e do seu ambiente, maior é o sucesso na solução de casos criminais.

Palavras-chave: criminal; forense; evolução; engenharia.

ABSTRACT

Innovation, automation, and improvement are intrinsic parts of forensic science. It is because of these factors that thousands of cold cases have been reopened and successfully resolved. The development of nanometric techniques further contributes to the identification of traces and prevention against crime. The amount of research carried out in recent years has grown significantly, determining the future of these new areas and the procedure followed by the police team. The creation of wireless devices allows professionals the ability to obtain very accurate results, avoiding contamination of samples due to the analysis being performed at the site of interest, without further disturbance. For this reason, decision-making happens when recognizing the importance of each trace found. This work seeks to bring together the main categories in development, their techniques and applications through a systematic analysis of the literature, using the Proknow-C method. The deeper the knowledge about human nature and its environment, the greater the success in solving criminal cases.

Keywords: analysis; forensic; evolution; engineering.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Diagrama de rotulagem óssea	20
Figura 2 - Mapa dos locais de uma série de crimes com a localização da casa do infrator indicada	26
Figura 3 - Representação da dupla hélice espiralada do DNA (a) e molécula desenrolada (b)	28
Figura 4 - Representação do arco (a), verticilo (b) e presilha interna (c)	30
Figura 5 - Diferentes tipos de minúcias	30
Figura 6 - Comparação lado a lado de uma fibra de cabelo	31
Figura 7 - Fibra sob um filtro de luz polarizada (esquerda) e sob dois filtros apresentando cores de interferência (direita)	31
Figura 8 - Ilustração de uma gota de sangue indicando direção	32
Figura 9 - Software SoleMate e TreadMate, utilizados na comparação de impressões	35
Figura 10 - Classificação geral de armas de fogo	36
Figura 11 - Exemplo de projétil	36
Figura 12 - Comparação microscópica entre projéteis, apresentando correspondência (esquerda) e não correspondência (direita)	37
Figura 13 - Aparelho e esquema de um micro espectrofotômetro	38
Figura 14 - Representação visual das palavras-chave selecionadas	40
Figura 15 - Representação visual da junção das palavras para o termo final	41
Figura 16 - Recorrência de palavras-chave nos artigos pesquisados	42
Figura 17 - Relação entre os autores dos artigos selecionados	45
Figura 18 - Principais assuntos relacionados entre 2018 e 2021	46
Figura 19 - Representação do funcionamento de um biosensor	49
Figura 20 - Análise microscópica de impressões reveladas por nanopartículas de tinta de prata	51
Figura 21 - Visualização de impressões digitais com materiais fluorescentes	52
Figura 22 - Aplicação e análise de um material de marcação com base peptídica	53
Figura 23 - Reconstituição do caso Isabella Nardoni	54
Figura 24 - Aplicação de escaneamento 3D de uma cena de crime	55
Figura 25 - Visualização microscópica de pólen de diferentes plantas	56

Fotografia 1 - Um cartucho de espingarda disparado: (a) sem tratamento, e (b) tratado com vapores de cianoacrilato (super cola), revelando marcas de dedos

16

Fotografia 2 - Resíduo de um disparo de uma arma de fogo, demonstrando a nuvem de fumaça e partículas de pólvora

17

Fotografia 3 - Mancha de sangue em um tênis, indicando a direção das gotas de sangue no momento do impacto

17

Fotografia 4 - Marca de mordida fotografada ao lado de uma escala

21

Fotografia 5 - Larvas encontradas em um corpo em decomposição

22

Fotografia 6 - Cristais de oxalato de cálcio encontrados nos rins em um caso de envenenamento por etilenoglicol

23

Fotografia 7 - Comparação de amostras de urina em luz ultravioleta, uma amostra normal (esquerda) e uma amostra retirada de um cadáver cuja morte foi causada pelos efeitos do etilenoglicol (direita)	24
Fotografia 8 - Procedimento de aplicação e remoção do molde de uma pegada na neve	34
Gráfico 1 - Número de artigos publicados por ano	43
Planilha 1 - Artigos selecionados para a revisão bibliográfica	44

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	CAPÍTULO 1 — FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	13
2.1	Ciências Forenses	13
2.1.1	Áreas de Estudo	15
<u>2.1.1.1</u>	<u>Criminalística</u>	<u>16</u>
<u>2.1.1.2</u>	<u>Patologia Forense</u>	<u>18</u>
<u>2.1.1.3</u>	<u>Antropologia Forense</u>	<u>18</u>
<u>2.1.1.4</u>	<u>Odontologia Forense</u>	<u>20</u>
<u>2.1.1.5</u>	<u>Entomologia Forense</u>	<u>21</u>
<u>2.1.1.6</u>	<u>Toxicologia Forense</u>	<u>22</u>
<u>2.1.1.7</u>	<u>Computação Forense e Perícia Digital</u>	<u>24</u>
<u>2.1.1.8</u>	<u>Psicologia Forense</u>	<u>25</u>
<u>2.1.1.9</u>	<u>Engenharia Forense</u>	<u>26</u>
2.2	Técnicas e Avanços Tecnológicos	27
2.2.1	Técnicas Tradicionais	27
<u>2.2.1.1</u>	<u>DNA</u>	<u>27</u>
<u>2.2.1.2</u>	<u>Impressões Digitais</u>	<u>29</u>
<u>2.2.1.3</u>	<u>Fibras e Tecidos</u>	<u>30</u>
<u>2.2.1.4</u>	<u>Manchas de Sangue</u>	<u>32</u>
<u>2.2.1.5</u>	<u>Impressões de Calçados e Pneus</u>	<u>33</u>
<u>2.2.1.6</u>	<u>Armas de Fogo</u>	<u>35</u>
<u>2.2.1.7</u>	<u>Substâncias Químicas</u>	<u>37</u>
2.2.2	Tecnologias Modernas	38
3	CAPÍTULO 2 — METODOLOGIA	40
3.1	Método Proknow-C	40
3.1.1	Determinação das Palavras-Chave (PC)	40
3.1.2	Pesquisa em Sites de Periódicos	41
3.1.3	Filtragem do Banco de Artigos Brutos	42
4	CAPÍTULO 3 — RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
4.1	Microbiologia Forense	48
4.2	Biossensores	49
4.3	Nanotecnologia	51

4.4	Aplicativos 3D	53
4.5	Palinologia Forense	55
4.6	Automatização de Sistemas e Banco de Dados	56
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	58
	REFERÊNCIAS	59
	ANEXO A - LEI N. 9.610, DE 19 DE FEVEREIRO DE 1998	64

1 INTRODUÇÃO

Os casos criminais que foram arquivados devido à eventual escassez de recursos e evidências, de investigações mal conduzidas e pela inefetividade dos equipamentos da época, foram resgatados graças aos avanços tecnológicos e à modernidade.

A busca por solucionar essas causas vem da tentativa de aumentar a taxa de casos resolvidos e trazer um desfecho às famílias afetadas. Em alguns países, há uma partição da operação policial onde trabalham exclusivamente para resolver esses casos.

As técnicas atualmente empregadas já acarretaram inúmeras mudanças dentro da esfera judicial, na criação de novas padronizações, leis, no parecer imparcial e na declaração de inocência de pessoas acusadas injustamente, possuindo um compromisso ético e científico.

O aperfeiçoamento de equipamentos impulsiona a criação de métodos mais rápidos, eficazes, estáveis, confiáveis e fáceis de aplicar, diminuindo o tempo necessário para análises de evidências e obtendo resultados indubitáveis em um júri. A elaboração de instrumentos mais portáteis propicia a redução dos riscos de contaminação, onde as amostras recolhidas poderiam ser testadas no local exato do crime, exibindo uma resposta imediata.

Essas melhorias geram um impacto não somente em crimes violentos, uma vez que restabelecem a segurança da população e atuam como medida de prevenção contra o crime organizado e antiterrorista, bem como na detecção de drogas, armas, explosivos e fraudes.

Novas áreas surgem a todo momento, onde as mais recentes pertencem ao ramo de tecnologias de informação e comunicação. Fazem parte as bases de dados, correlacionando evidências como DNA e impressões digitais, análise de dados em 3D para reconstituições e dados em nuvem.

Esta revisão bibliométrica tem como propósito sintetizar os avanços realizados em um período de 10 anos, destacando as áreas mais inovadoras e os resultados obtidos. O método utilizado, *ProKnow-C (Knowledge Development Process – Constructivist)*, auxilia na filtragem dos artigos selecionados, alinhando-os ao tema em discussão.

2 CAPÍTULO 1 — FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

As ciências forenses são parte fundamental na investigação criminal. A coleta, análise e interpretação de evidências são competências essenciais de um perito, esses vestígios encontram-se de forma digital, em dispositivos eletrônicos e de forma física, colhidas diretamente na cena do crime e locais de interesse.

O desenvolvimento da tecnologia tornou-se indispensável principalmente pela eficiência e precisão dos resultados que já foram capazes de exonerar inocentes que possivelmente foram presos por uma falha nos procedimentos da justiça através da análise de DNA.

Outra área beneficiada por esses avanços é a computação forense, a qual lida com crimes cibernéticos, manejando registros de telefonemas, localização de celulares, mensagens de texto, atividade em aplicativos e demais meios de comunicação.

Neste contexto, a presente fundamentação teórica visa apresentar alguns marcos históricos, as áreas pertencentes à ciência forense, seus métodos mais tradicionais e suas respectivas aplicações.

2.1 Ciências Forenses

Considerada inicialmente por Houck e Siegel (2010, p. 3) como uma ciência “mista” pela sua interdisciplinaridade, é a aplicação de conhecimento científico no desenvolvimento de uma investigação criminal, análise e interpretação de evidências com o intuito de correlacionar mais elementos significativos, auxiliando o sistema judiciário a obter uma comprovação mais eficaz, lógica e precisa, além de assegurar a proteção da população.

A criminalística, termo usado similarmente às ciências forenses, refere-se a uma vertente dedicada às análises e conjuntos de evidências físicas deixadas em uma cena de crime como DNA, armas de fogo, impressões digitais, drogas, sangue e outros fluidos corporais (HOUCK; SIEGEL, 2010).

A análise forense começa desde a cena de crime, essa sendo qualquer espaço, pessoa ou lugar onde serão recolhidas as evidências. É de extrema importância que o material a ser coletado seja colhido, armazenado e rotulado adequadamente, dada a facilidade de contaminação e de deterioração, podendo causar o descarte da mesma, prejudicando a investigação.

Esse processo, até o momento do transporte para um laboratório, é um conceito chamado de cadeia de custódia, se essa procedência não for comprovada na corte, o vestígio pode ser considerado inadmissível pela falta de integridade (JACKSON, 2017). Depois de colhidas, as amostras são avaliadas pelo seu valor potencial de evidência, isto é, a capacidade de fornecer informações pertinentes para a investigação.

Vale ressaltar que nem todas as amostras colhidas serão analisadas, elas necessitam apresentar a habilidade de sustentar as hipóteses sugeridas para a futura reconstrução do crime, estarem relacionadas com o incidente ou apresentar contato direto com a vítima ou criminoso (SMIT, MORGAN, LAGNADO, 2018). As evidências são relevantes tanto para afunilar a investigação quanto para descartar possíveis suspeitos, reduzindo o tempo necessário para a realização das buscas.

Outro conceito empregado nas ciências forenses, postulada por Edmond Locard (Teoria de Locard), refere-se ao contato entre dois elementos, onde ocorre a transferência de matéria, deixando vestígios um no outro. Essas marcas podem identificar a natureza dos componentes em questão, constituindo evidências valiosas para a investigação.

A técnica mais popular difundida nas ciências forenses para a identificação de um criminoso em uma infração é, sem dúvida, o perfilamento de DNA. Esse método é capaz de identificar (com exceção de gêmeos idênticos) e afunilar as buscas sem o auxílio de demais evidências. A análise da fisiologia de fios de cabelo, tipo sanguíneo, impressões digitais e outros vestígios podem conectar um indivíduo ao crime cometido ou eliminar suspeitos, todavia são incapazes de indubitavelmente identificar o indivíduo de origem.

Deve-se levar em consideração que os métodos utilizados na investigação, além da análise de DNA, devem sempre encontrar-se em contexto, trabalhando em conjunto, onde convergem a um objetivo em comum. Outras técnicas, sem essa colaboração mútua, não são capazes de deduzir o responsável pelo crime.

O surgimento da ciência forense em nível global é difícil de definir, mas a aplicação de disciplinas hoje relacionadas às ciências forenses é datada de épocas remotas. Os egípcios, há aproximadamente 4000 a.C., já possuíam conhecimento anatômico, onde realizavam a remoção dos órgãos internos dos cadáveres no processo de mumificação. Uma das primeiras práticas oficialmente registradas foi a

autópsia de Júlio César, líder militar romano, realizada pelo médico Antistius no ano 44 a.C.

Gradualmente houve o aprimoramento de outras áreas, como o uso de impressões digitais no ano 700 na China na identificação de documentos. O primeiro livro de ciência forense foi publicado em 1248 por Song Ci, conhecido por ser o primeiro entomologista forense, intitulado de “Washing Away of Wrongs” ou em tradução livre “Lavando as Injustiças”, referindo-se aos erros cometidos pela justiça no sentenciamento criminal.

A inclusão da ciência forense no ramo legal aconteceu aos poucos, sendo alguns dos principais avanços a análise de munições e identificação de resíduos deixados em disparos por arma de fogo, o desenvolvimento de testes na detecção de substâncias tóxicas e o estudo de fibras como cabelos, tecidos, entre outros.

2.1.1 Áreas de Estudo

A interação das ciências forenses com outras áreas é muito forte, abrangendo uma imensidão de disciplinas desde as mais difundidas como medicina, química, biologia e física até a área de artes para o desenvolvimento de retratos falados e outros profissionais capazes de fazer análises de vídeos, áudio e outras mídias.

Essa conexão é essencial para a correlação de provas, devido a vários tipos de evidências serem circunstanciais, como por exemplo um padrão de marcas de pneu encontrado numa cena de crime. Comparar este padrão a um carro em específico não necessariamente comprova a autoria do crime, no entanto se esse mesmo veículo foi avistado em câmeras de segurança seguindo em direção ao local e retornando, torna-se mais fácil desenvolver uma linha do tempo, afinando os suspeitos e potencialmente diminuindo o tempo para a conclusão da investigação.

Segundo a Academia Americana de Ciências Forenses (AAFS), as principais áreas estudadas consistem em Patologia e Biologia, Antropologia, Odontologia, Criminalística, Ciências da Engenharia, Ciências Digitais e Multimídia, Geral, Jurisprudência, Documentos Questionados, Toxicologia, Psiquiatria e Ciências Comportamentais.

As disciplinas forenses interagem entre si, compartilhando o conhecimento em mais de uma área, como a patologia, antropologia e toxicologia. Nesse sentido, é fundamental que a análise seja feita levando em consideração as observações

contempladas pelos outros profissionais. Por este motivo, o trabalho dos legistas deve ser complementar, evitando assim que evidências relevantes sejam descartadas, preenchendo eventuais lacunas de conhecimento.

As civilizações antigas careceram de inovação para lidar com os problemas gerados pela convivência social. Com o grau de prevalência do crime, o desenvolvimento da medicina legal e patologia forense tornou-se essencial para o reconhecimento de vítimas e na determinação das causas de morte.

2.1.1.1 Criminalística

A criminalística é conhecida como a principal disciplina nas ciências forenses, envolvendo a análise de todos os tipos de evidência física, incluindo fluidos corporais como sangue, sêmen, saliva, materiais sintéticos ou naturais, como fibras e fios de cabelos, impressões digitais, marcas de pneu, de calçados e balística, que estuda projéteis e armas de fogo.

Da mesma forma que as áreas da ciência forense interagem entre si, o mesmo acontece com os tópicos englobados pela criminalística. Na Fotografia 1, observa-se um cartucho de espingarda que pode ser analisado pela unidade de armas de fogo dentro da força policial, mas também apresenta marcas de impressões digitais que exigem a examinação pela equipe de peritos em impressões digitais latentes.

Fotografia 1 - Um cartucho de espingarda disparado: (a) sem tratamento, e (b) tratado com vapores de cianoacrilato (super cola), revelando marcas de dedos



Fonte: PAYNE-JAMES et al. (2011, p. 228)

A balística, por sua vez, é capaz de determinar a direção e posição do portador da arma na hora do disparo, a distância, trajetória e velocidade do projétil e identificar

os possíveis autores dos disparos através da análise da composição química do pó residual deixado na pele (Fotografia 2).

Fotografia 2 - Resíduo de um disparo de uma arma de fogo, demonstrando a nuvem de fumaça e partículas de pólvora



Fonte: WALLACE (2008, p. 104)

A análise de padrões de manchas de sangue pode revelar os movimentos feitos pelo autor do crime e pela vítima (Fotografia 3). Em casos de homicídio, é possível identificar a direção em que a arma utilizada acertou a vítima, a natureza da lesão no sistema vascular e se o ferimento foi causado diretamente na pele ou se havia vestimenta envolvida (PAYNE-JAMES et al., 2011).

Fotografia 3 - Mancha de sangue em um tênis, indicando a direção das gotas de sangue no momento do impacto



Fonte: PRAHLOW; BYARD (2012, p. 24)

2.1.1.2 Patologia Forense

A patologia forense é um dos ramos da medicina que se preocupa com o estudo de doenças e lesões em um contexto jurídico. O legista comumente atua em mortes súbitas e violentas, realizando autópsias e descrevendo em um relatório completo as características e anormalidades encontradas no cadáver, a fim de determinar a causa, modo e hora da morte e de identificar a vítima (PRAHLOW; BYARD, 2012).

Durante a autópsia, o profissional é capaz de resgatar amostras relevantes, como conteúdos do estômago, intestino e urina, tendo como exemplo casos de suspeita de ingestão de veneno e outras substâncias tóxicas. Os conteúdos coletados posteriormente seguem para o laboratório para uma análise toxicológica.

O médico legista deve possuir a capacidade de interpretar as lesões, identificando a relevância das marcas encontradas, podendo determinar em caso de múltiplas lesões qual foi o ferimento fatal.

O conhecimento do patologista estende-se ao local de crime, avaliando a situação do ambiente antes do corpo ser removido. Aspectos como a temperatura ajudam a compreender o estado do corpo, visto que climas mais frios são capazes de preservar os restos mortais, contrariamente ambientes mais quentes que aceleram a decomposição.

Alguns dos acessórios portados pelos legistas forenses incluem sacolas plásticas, cotonetes estéreis, envelopes e recipientes para sangue e outros fluidos corporais, avental à prova d'água, termômetro, diagramas anatômicos impressos para a anotação de feridas externas, kit de dissecação e câmera para o registro do estado da cena.

Dentro da traumatologia forense, área pertencente à patologia forense, estuda-se as marcas deixadas pelos agentes lesivos em uma vítima, determinando a possível arma utilizada e os movimentos feitos no ato do crime, todavia não é capaz de comprovar o exato objeto manipulado, visto que itens produzidos no mesmo lote podem conter o mesmo padrão de marcas e materiais.

2.1.1.3 Antropologia Forense

Os antropologistas forenses são responsáveis pela reconstrução de uma vida, onde são capazes de identificar várias características em ossadas, como a idade,

altura e sexo, além de poder estimar o tempo desde a morte e também a sua possível causa (HOUCK; SIEGEL, 2010).

O gênero da vítima pode ser determinado através do formato dos ossos da bacia e a idade pelo estágio de desenvolvimento em que os ossos do corpo e a arcada dentária se encontram. Outras características como doenças são obtidas pela observação da densidade e formato dos ossos, assim como cortes e fraturas também conseguem revelar a causa da morte.

Dentro da antropologia, existem diferentes áreas de especialização como a arqueologia, linguística forense, antropologia sociocultural e a antropologia física e biológica (TERSIGNI-TARRANT; SHIRLEY, 2013). A antropologia forense pertence a esta última categoria, aplicando os conhecimentos dessa área no contexto jurídico.

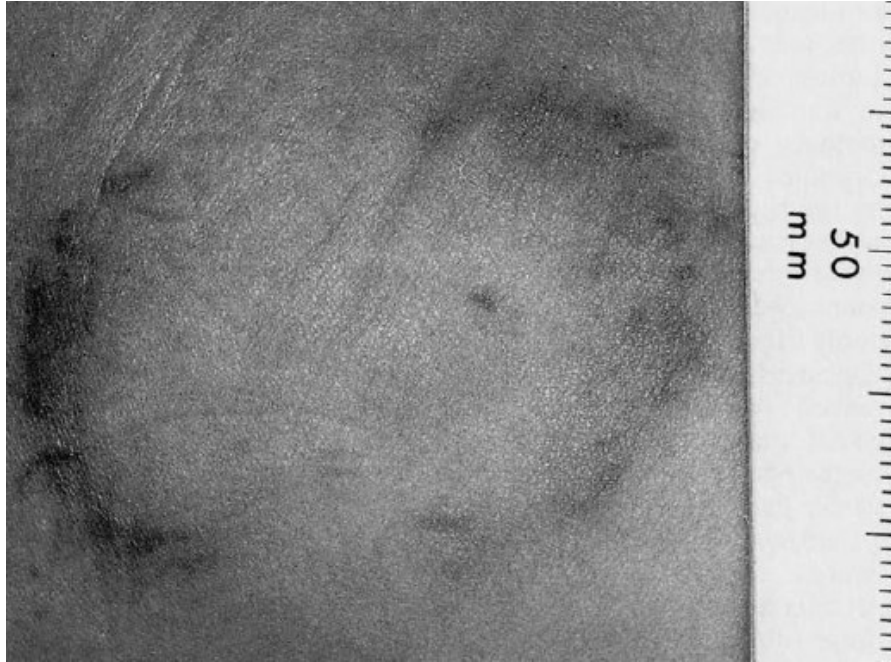
A arcada dentária e os materiais utilizados para reconstruções são muito resistentes, sendo capazes de permanecer intactos em diferentes perturbações como altas temperaturas e submersão em água, que são comumente encontradas em desastres como naufrágios e acidentes aéreos. Por este mesmo motivo, ossos humanos podem ser facilmente encontrados por civis em construções, relevos montanhosos ou em buscas policiais.

Os profissionais dessa área trabalham com fatalidades que deixaram muitos corpos como bombardeamentos e acidentes de avião e normalmente atuam em conjunto ao odontologista forense. Com os restos mortais esses profissionais são capazes de reconstruir relações evolutivas (chamada também de filogênese ou filogenia), reconhecer adaptações a fatores ambientais e capacidade de sobrevivência (TERSIGNI-TARRANT; SHIRLEY, 2013).

Para estimar o momento da morte, as características que o corpo apresenta no local de crime podem ajudar a estreitar a linha do tempo. A decomposição ocorre em ordem e geralmente é acompanhada da putrefação, onde após o coração parar de bater, o corpo humano permanece realizando as trocas de oxigênio até que ele se esgote, dando lugar a bactérias e enzimas que iniciam esses processos. A literatura apresenta quadros detalhados com o intervalo de tempo, o estágio em que o corpo se encontra e as características de cada etapa. Além disso, são utilizados diagramas para documentar os vestígios ósseos encontrados (Figura 4), neles os antropologistas forenses expõem as condições dos restos mortais, informações como sexo, idade, altura, estatura, realizando uma análise completa.

fotografadas de vários ângulos e principalmente na perpendicular com uma escala próxima para futuras referências (Fotografia 1). Em seguida, se as amostras não forem encaminhadas para o laboratório de sorologia elas são congeladas para que sejam preservadas integralmente (SAUKKO; KNIGHT, 2004).

Fotografia 4 - Marca de mordida fotografada ao lado de uma escala



Fonte: SAUKKO; KNIGHT (2004, p. 528)

Em casos de desastres em massa, como acidentes aéreos e marítimos, realiza-se a tentativa de recuperação de todas as arcadas dentárias que serão analisadas ao lado de registros pré-existentes, visto que as companhias dispõem dos nomes dos tripulantes, facilitando o reconhecimento e tornando-o mais rápido.

2.1.1.5 Entomologia Forense

Enquadrando-se dentro da biologia, a entomologia abrange o estudo de insetos, seus ciclos de vida e comportamento. O trabalho de um entomologista forense é examinar e identificar os insetos situados em uma cena de crime. Encontram-se em corpos em decomposição e geralmente são larvas, moscas, ácaros e besouros (Fotografia 5). Essa análise é capaz de prever a possível causa da morte ou em casos de negligência nos cuidados de higiene básica por quanto tempo a vítima sofreu abuso.

Fotografia 5 - Larvas encontradas em um corpo em decomposição



Fonte: PRAHLOW; BYARD (2012, p. 19)

As moscas são os primeiros insetos a chegarem no cadáver, por possuírem a capacidade de detectá-los, por esse motivo são consideradas mais apropriadas para a estimativa do PMI (*post-mortem interval* ou intervalo pós-morte). É preferível que essa análise seja feita quando as moscas se encontram em seu estágio de desenvolvimento, o qual ocorre aproximadamente entre 15 a 20 dias após o depósito dos ovos.

No caso das moscas, normalmente seus ovos são encontrados depositados dentro dos orifícios mais próximos, como narinas, olhos e boca, dependendo da posição e vestimenta do corpo (SAUKKO; KNIGHT, 2004).

Em alguns casos, outros artrópodes como aranhas e camarões de água doce, podem ser úteis na hora de determinar a presença de drogas ou venenos, principalmente em casos onde não é possível a extração de fluidos corporais. A área que relaciona esses dois tópicos denomina-se entomotoxicologia.

2.1.1.6 Toxicologia Forense

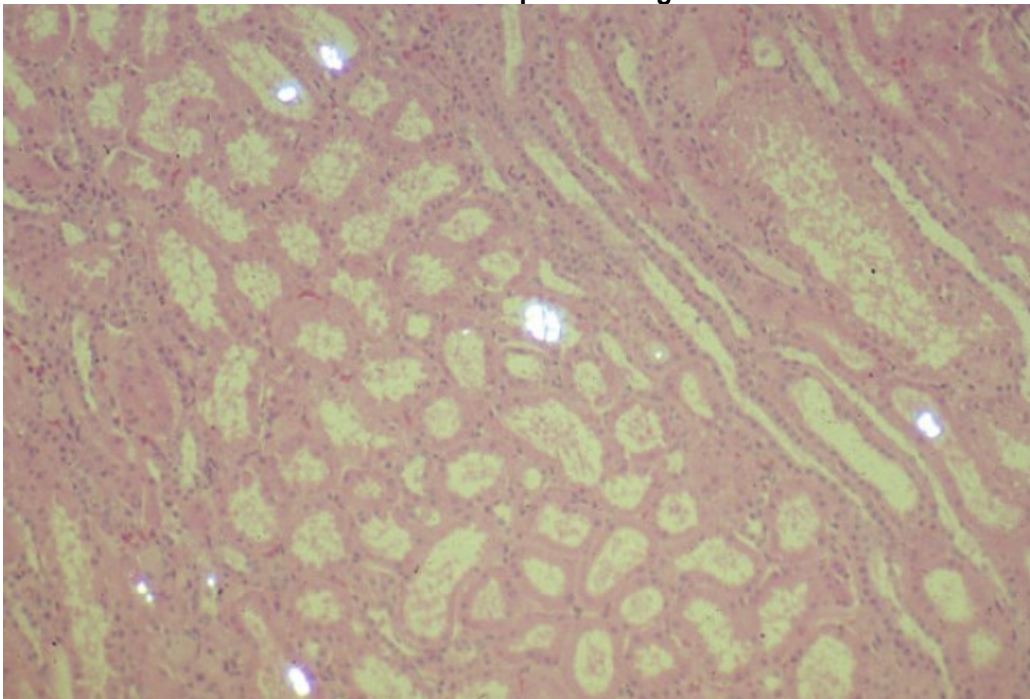
A toxicologia é o campo que estuda as características de toxinas como seus efeitos e doses letais. Identificam, mensuram e interpretam através de análises a quantidade presente dessas substâncias no corpo (NARAYAN REDDY; MURTY, 2014). Substâncias tóxicas ou venenosas, referem-se a compostos que quando

ingeridos causam problemas sérios de saúde, podendo levar a morte (PAYNE-JAMES et al., 2011).

Um dos primeiros casos a utilizar os princípios da toxicologia ocorreu na França em 1840. O teste de Marsh, técnica desenvolvida pelo químico britânico James Marsh em 1836, foi aplicado por Mathieu-Joseph Bonaventura-Orfila, conhecido como pai da toxicologia, em um caso de suspeita de envenenamento por arsênico (MADEA, 2014).

O etilenoglicol, usado como solvente em indústrias e como líquido de arrefecimento em veículos para manter a temperatura ideal para o funcionamento do motor, foi utilizado em alguns casos criminais em tentativas de envenenamento que, ao ser metabolizado, produz uma série de compostos tóxicos. Um desses elementos, o ácido oxálico, forma o sal oxalato de cálcio que é encontrado como cristais no tecido humano (SAUKKO; KNIGHT, 2004). É através de análises por microscópios que a intoxicação por etilenoglicol pode ser validada (Fotografia 6).

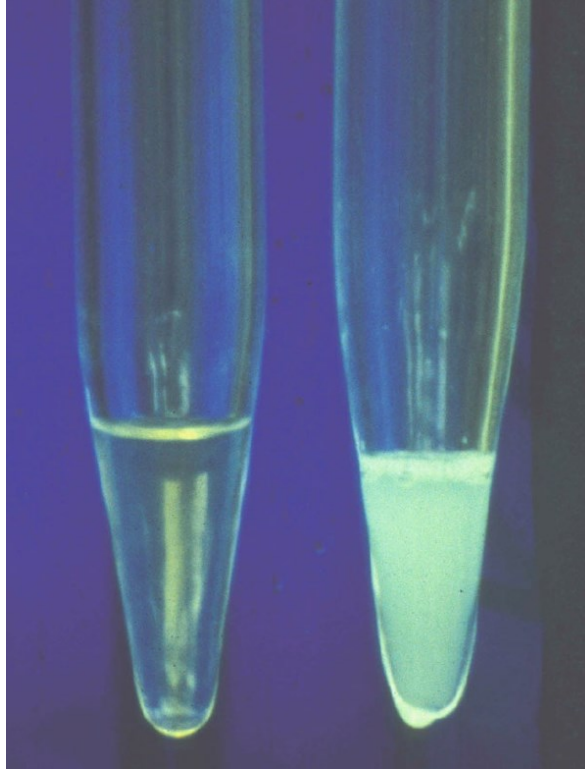
Fotografia 6 - Cristais de oxalato de cálcio encontrados nos rins em um caso de envenenamento por etilenoglicol



Fonte: PRAHLOW; BYARD (2012, p. 368)

A presença desses cristais também pode ser observada na urina, onde sob luz ultravioleta, apresenta fluorescência e opacidade (Fotografia 7).

Fotografia 7 - Comparação de amostras de urina em luz ultravioleta, uma amostra normal (esquerda) e uma amostra retirada de um cadáver cuja morte foi causada pelos efeitos do etilenoglicol (direita)



Fonte: PRAHLOW; BYARD (2012, p. 369)

2.1.1.7 Computação Forense e Perícia Digital

Todos os aparelhos capazes de armazenar informações como computadores, celulares, tablets, câmeras e dispositivos de rastreamento como GPS, além de ferramentas como pesquisas na *World Wide Web*, armazenamento em nuvem, e-mails e mensagens de texto são alvos da investigação de peritos digitais (SAMMONS, 2012).

Isso se dá pelo rastro digital, ou chamado de pegada digital, onde é possível recuperar e extrair informações desconhecidas ao usuário comum, como metadados de imagens e documentos. É possível acessar arquivos deletados, rastrear a origem de e-mails, assim como a localização do computador utilizado, o nome da conta que estava logada e outras informações técnicas do dispositivo.

A computação forense pode ser aplicada em casos de pornografia de vingança e infantil, em roubos, analisando dados de caixas eletrônicos, no combate de grupos terroristas que utilizam redes sociais para recrutar pessoas e planejar ataques e em qualquer outra área, auxiliando a correlacionar provas e na criação de uma linha do tempo (SAMMONS, 2012).

A perícia digital é uma das áreas mais recentes dentro da ciência forense, tendo surgido no final da década de 90 com a criação da *World Wide Web*. Os avanços feitos nos últimos 30 anos deram uma nova perspectiva aos crimes cibernéticos. Com a infinidade de possibilidades que a internet proporcionou à sociedade, atividades maliciosas como fraudes tornaram-se mais comuns, pois o acesso às informações agora possui caráter mundial.

As redes sociais também facilitaram o trabalho de agentes criminosos, com os dados dos usuários expostos, crimes como falsidade ideológica, clonagem de cartões de crédito acontecem com mais frequência. A cada nova tecnologia que surge, novos métodos são criados para perpetuar malwares e outras técnicas maliciosas e essa constante evolução exige inovação no trabalho dos peritos digitais que precisam estar sempre atualizados dessas novas ameaças.

2.1.1.8 Psicologia Forense

Os psicólogos forenses são considerados cientistas de comportamento, onde estudam os padrões de conduta que influenciam os processos de tomada de decisão (CANTER, 2010). Em sua especialização, realizam avaliações do estado mental de criminosos, auxiliam na explicação do motivo pelo qual uma pessoa cometeu ou idealiza cometer um crime, determinam a capacidade do criminoso de diferenciar o certo do errado e compreendem o papel que outros distúrbios mentais desempenham dentro do contexto de uma infração.

Trabalham em conjunto com entidades públicas com a finalidade de reabilitar criminosos, compreendendo sua capacidade de reincidir e criando estratégias para a aplicação das medidas necessárias.

Na psicologia investigativa, esses profissionais auxiliam detetives em interrogatórios, observando a linguagem corporal e a forma como respondem às questões levantadas. Nesse mesmo ramo, atuam na comunicação com vítimas e testemunhas, demonstrando solidariedade e empatia e registrando o acontecimento da forma mais fidedigna possível.

Ao compreender as particularidades de um criminoso, os psicólogos forenses são capazes de traçar possíveis características físicas e intelectuais do indivíduo, assim melhorando na filtração dos suspeitos. Dessa mesma forma, os peritos têm qualificação para criar perfis geográficos, onde analisam a localização de vestígios e

cadáveres em uma visão mais ampla, traçando em um mapa e investigando as áreas dentro do raio estabelecido (Figura 2).

Figura 2 - Mapa dos locais de uma série de crimes com a localização da casa do infrator indicada



Fonte: CANTER (2010, p. 121)

2.1.1.9 Engenharia Forense

Consiste na análise sistêmica de falhas e reconstrução de acidentes, determinando a origem ou causa de explosões e incêndios (SAFERSTEIN, 2011). Está relacionada com danos de propriedade, acidentes de trabalho e qualquer tipo de prejuízo econômico.

Na corte, a engenharia forense pode comprovar se um determinado acidente foi causado por erro humano ou de construção, design ou projeto, por meio de uma reconstrução, como por exemplo um acidente automobilístico onde a causa foi o mau funcionamento do freio do automóvel e não um erro de execução do motorista. São capazes de determinar outras características do acidente como direção, velocidade e caminho percorrido pelos motoristas envolvidos (HOUCK; SIEGEL, 2010).

Em falhas de produtos, a engenharia forense certifica-se de que o mesmo funcione como projetado, examinando e testando seus componentes. Podem ser

investigados desastres naturais, falhas em redes elétricas e em estruturas como prédios e pontes.

São conhecidos como especialistas em reconstruções, realizando operações similares à engenharia reversa, onde o produto inicial encontra-se após a falha ter acontecido, em seguida são analisados os fatos e então são criadas hipóteses plausíveis que sugerem o motivo do defeito para que as buscas realizadas validem ou não essas suposições.

2.2 Técnicas e Avanços Tecnológicos

No momento em que dois objetos entram em contato, as superfícies transferem suas matérias, gerando divisões com características específicas, esses são os dois princípios que descrevem a origem de evidências. No local de crime, identificar e armazenar esses rastros são as razões que definirão os passos a serem seguidos.

Dessa forma, as análises que sucedem o delito devem verificar os vestígios mais relevantes e apresentar resultados significativos, que tenham impacto na decisão, seja excluindo suspeitos ou individualizando-os.

É necessária a descoberta e criação de novas tecnologias para o aumento da precisão e diminuição do intervalo de tempo necessário para os resultados, considerando o aumento da criminalidade e a urgência de garantir a segurança dos cidadãos.

Serão descritas as técnicas mais relevantes e que relacionam as disciplinas de química, física, biologia e suas extensões, uma vez que todas as áreas possuem métodos específicos dentro de suas especializações.

2.2.1 Técnicas Tradicionais

Entende-se como técnica tradicional os métodos mais convencionais, que possuam suas práticas já consolidadas e sejam reconhecidos dentro de sua respectiva área.

2.2.1.1 DNA

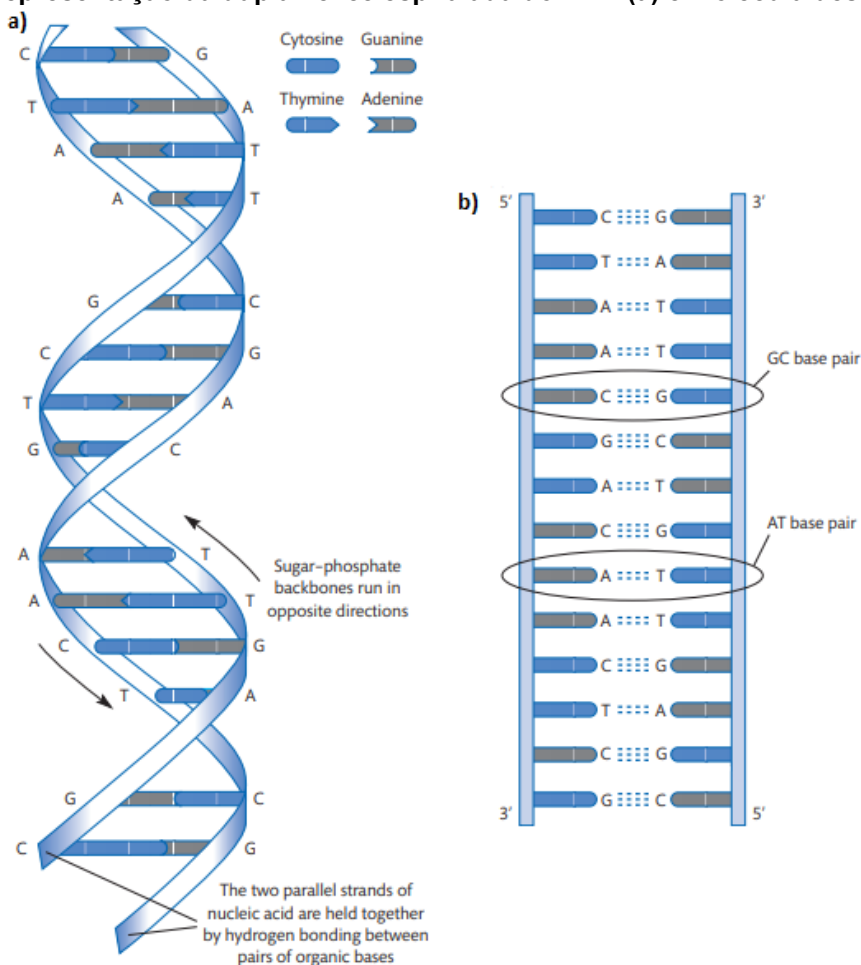
Considerada uma das ferramentas mais importantes e revolucionárias dentro da ciência forense, o ácido desoxirribonucleico ou DNA, é uma evidência biológica e

pode ser encontrado em vários formatos além do sangue, como na saliva, sêmen, ossos, impressões digitais e labiais e fios de cabelo. Por conta dessa variedade, são facilmente encontradas em cenas de crime e não necessitam de amostras muito grandes, além de ter capacidade de preservação por muitos anos quando armazenada de forma adequada (JACKSON, 2017).

Desta maneira, essa técnica é extensivamente utilizada no resgate de casos arquivados, onde as evidências armazenadas são muito prováveis de conter amostras que podem finalmente ser analisadas por conta da modernização dessa análise.

O perfilamento é realizado analisando os padrões que se formam nessas conexões e se repetem nas fitas do DNA, esses padrões são na verdade a sequência que os nucleotídeos que pertencem a molécula aparecem, esses nucleotídeos são a guanina, adenina, timina e citosina (respectivamente G, A, T, C), os pares bases são compostos exclusivamente de A com T e G com C, não podendo ocorrer conexões com as outras letras.

Figura 3 - Representação da dupla hélice espiralada do DNA (a) e molécula desenrolada (b)



Fonte: Adaptado de Jackson (2017, p. 175)

A exatidão torna-se incontestável em um júri pela especificação e comprimento do DNA, sendo que o tamanho da estrutura é medido através dos pares de base e em humanos ele representa $3,2 \times 10^9$ pares (JACKSON, 2017).

Quando a amostra analisada é comparada a uma evidência suspeita, a chance de apresentar erro é muito pequena e deve ser considerada apenas quando é aplicada em gêmeos idênticos, por possuírem o mesmo perfil de DNA (JACKSON, 2017).

Assim como outras técnicas, a análise de DNA é utilizada sempre dentro de um contexto, trabalhando em conjunto com outros métodos para embasar as hipóteses sugeridas pelos profissionais.

2.2.1.2 Impressões Digitais

Consideradas únicas para cada indivíduo, as impressões digitais são utilizadas na identificação de cadáveres e de criminosos e não alteram com o tempo. Na China, há aproximadamente dois mil anos, as impressões papilares latentes (IPLs) serviam como confirmação de identidade em documentos assinados por pessoas analfabetas. Os artesãos egípcios registravam suas criações aplicando suas digitais em materiais como a argila (SEDDON; PASS, 2008).

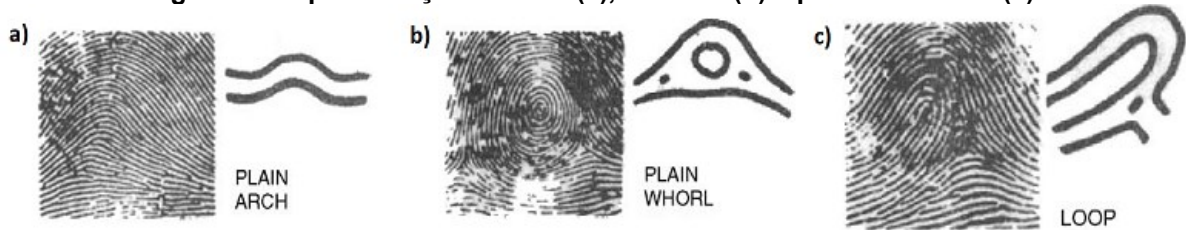
As IPLs constituem-se de uma pele mais rígida, os chamados cristas de fricção, do inglês *friction ridge skin*, ao entrarem em contato com uma superfície deixam sua marca gravada (JACKSON, 2017).

Essa marca pode ser revelada com pós e vapores como o pó de grafite, vapor de iodo e de cianoacrilato, reação com nitrato de prata e ninidrina, e extraída com fitas apropriadas para o levantamento de impressões digitais que aderem nas secreções como suor, sebo e demais substâncias oleosas (HOUCK; SIEGEL, 2010).

A área de impressões digitais exigiu o desenvolvimento de mais portabilidade, onde o ambiente e a temperatura desempenham um papel decisivo na integridade do vestígio. É essencial que sejam retiradas com prontidão para que não sejam desperdiçadas pistas importantes.

A análise é feita através da identificação de características específicas, classificam-se quatro tipos de padrões: arcos, verticilos, presilha externa e interna (HOUCK; SIEGEL, 2010).

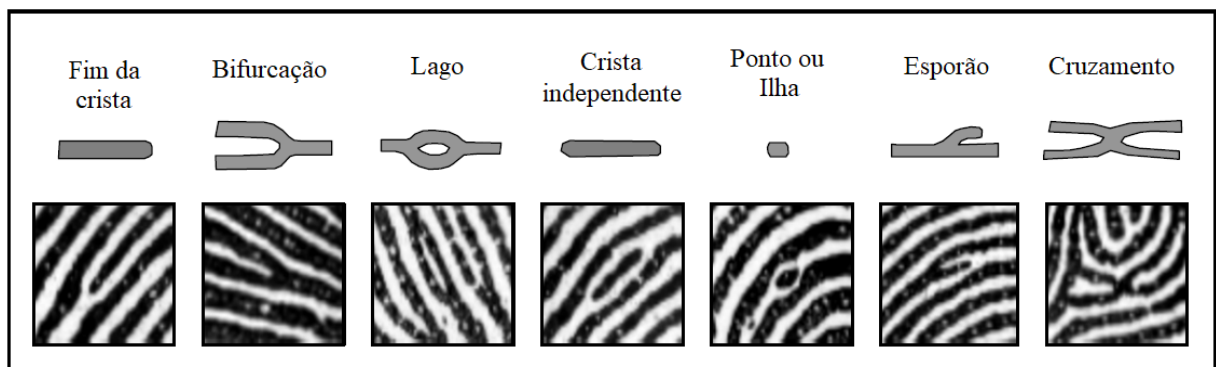
Figura 4 - Representação do arco (a), verticilo (b) e presilha interna (c)



Fonte: Adaptado de Houck e Siegel (2010, p. 489-490)

Em uma segunda análise, as minúcias que são marcas como bifurcações, pontos e conexões, ajudam a calcular as chances de as amostras serem idênticas.

Figura 5 - Diferentes tipos de minúcias



Fonte: Traduzido de Maltoni et al. (2009, p. 99)

Outra forma de aplicação é a exclusão de suspeitos e a probabilidade de uma impressão digital ser igual a outra encontra-se entre $9,5 \times 10^{-7}$ e $1,2 \times 10^{-80}$ (HOUCK; SIEGEL, 2010).

A comparação pode ocorrer manualmente, onde o especialista identifica duas amostras físicas, ou a impressão é inserida em um banco de dados nacional. O desenvolvimento de integrações entre bases também auxilia no combate de crimes internacionais.

2.2.1.3 Fibras e Tecidos

As fibras são objetos sólidos que apresentam aspectos físicos como flexibilidade, diâmetro entre 11 a 50 micrômetros (μm) e comprimento cem vezes maior que sua espessura (HOUCK; SIEGEL, 2010).

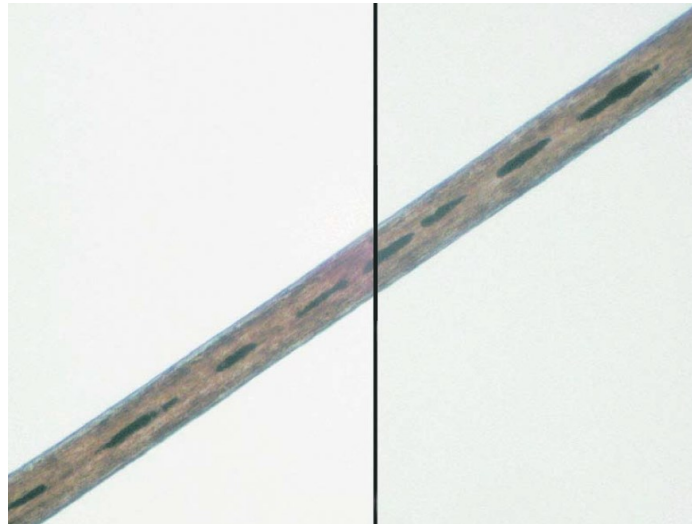
Classificam-se em naturais e artificiais. As fibras naturais podem ser de origem animal (cabelos e sedas), vegetal (sisal, algodão e linho) e mineral (amianto). No caso de fibras artificiais, elas podem ser orgânicas como em polímeros sintéticos (poliéster e poliuretano) e de polímeros naturais (celulose e borracha), podem ainda se

caracterizar como inorgânicas, como fibras de carbono, vidro e metal (JACKSON, 2017).

Algumas das fibras mais comuns demonstram resistência em condições ambientais, suportando alterações na temperatura e umidade e dessa forma são facilmente recuperadas sem grandes mudanças físicas (JACKSON, 2017).

Na cena de crime, o objetivo do perito é retirar as fibras transferidas em um determinado objeto sem que sejam removidas fibras originadas desse mesmo objeto em questão. Nesse processo podem ser utilizadas pinças e fitas específicas para o levantamento das amostras. Nessa etapa também são extraídas amostras de controle, as quais são obtidas em áreas com menos chance de contaminação e posteriormente serão comparadas lado a lado com as amostras da cena do crime.

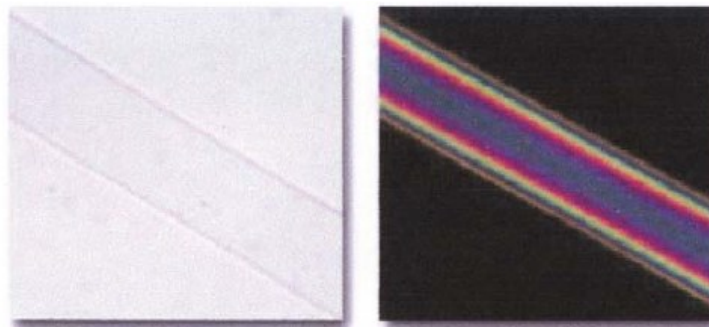
Figura 6 - Comparação lado a lado de uma fibra de cabelo



Fonte: SAFERSTEIN (2011, p. 62)

A análise ocorre em um microscópio de luz polarizada, onde o perito é capaz de determinar a classificação e as características da fibra.

Figura 7 - Fibra sob um filtro de luz polarizada (esquerda) e sob dois filtros apresentando cores de interferência (direita)



Fonte: HOUCK; SIEGEL (2010, p. 381)

Os resultados dessa análise, quando positivos, indicam que houve troca de fibras entre a amostra estudada e a amostra de controle, sendo que a chance de duas fibras retiradas aleatoriamente possuírem as mesmas características é muito pequena.

2.2.1.4 Manchas de Sangue

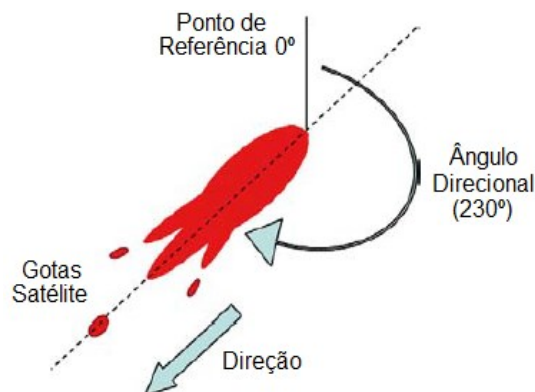
A presença de sangue e outros fluidos corporais é parte integral em casos de crimes violentos. O sangue, em particular, é capaz de estabelecer uma linha do tempo e explicar a sucessão de eventos através de seus padrões e coloração.

É considerada uma evidência fácil de ser identificada, por poder contar com o auxílio de substâncias como luminol na sua detecção. Por ser uma substância viscosa, este fluido possui facilidade de manchar e impregnar superfícies que entraram em contato.

Os padrões são classificados como ativos, passivos e de transferência. Manchas ativas são causadas diretamente pelo impacto da força aplicada, podendo em alguns casos causar a projeção do sangue pressurizado. Enquadram-se nessa categoria padrões formados pelo movimento de um objeto encharcado de sangue, como em casos onde foram utilizadas armas contundentes, isto é, armas que não possuem ponta ou gume, como tacos de baseball e cassetetes.

Esse tipo de impacto produz manchas de movimento, essas marcas apresentam formato de gota e produzem gotas satélites, que representam manchas menores que se desprendem da mancha principal. A cauda da mancha indica a direção, dessa forma, traçando esses respingos, o perito especialista em manchas de sangue é capaz de identificar o local onde houve o confronto.

Figura 8 - Ilustração de uma gota de sangue indicando direção



Fonte: Adaptado de Houck e Siegel (2010, p. 248)

Manchas passivas ocorrem apenas com a influência da gravidade, como poças de sangue que se formam ao redor da vítima. Esse padrão auxilia a determinar se o corpo foi movido e a estimar o tempo desde o ocorrido através da análise da coloração das manchas.

As manchas de transferência como o próprio nome diz, são quaisquer manchas feitas através do contato direto com um objeto ou ser ensanguentado. A análise desses padrões e a interpretação de suas características contribuem no encaixe dos eventos em uma linha do tempo.

2.2.1.5 Impressões de Calçados e Pneus

As impressões de calçados possuem dois tipos de classificação: bidimensional e tridimensional. Incluem-se em bidimensionais, marcas positivas, ou seja, feitas em superfícies rígidas ou formadas pelo depósito de substâncias líquidas presentes na cena do crime como sangue e lama. Tridimensionais são impressões encontradas em materiais macios como areia, terra e neve e são consideradas como impressões negativas (JACKSON, 2017).

Para a extração desse tipo de evidência, o primeiro passo realizado é a identificação, onde são utilizadas luzes de alta intensidade em um ângulo oblíquo, capazes de revelar impressões não visíveis a olho nu. Se necessário, produtos químicos podem ser aplicados para evidenciar melhor a impressão. Em seguida as marcas são registradas através de fotografias e diagramas, eternizando o momento exato de encontro sem que haja mais alterações.

O processo ideal na hora da extração é a remoção e transporte da superfície onde a pegada foi encontrada até o laboratório responsável pela análise, no entanto em muitos casos isso é inviável. Nesse caso, os peritos utilizarão as ferramentas necessárias para o realçamento das impressões.

No caso de impressões bidimensionais, o procedimento é similar ao de extração de digitais, onde são utilizados pós para o levantamento. Para impressões tridimensionais o processo é um pouco diferente por apresentar comportamento negativo, sendo assim, primeiramente é garantida a integridade da impressão com a aplicação de spray para cabelo para que em seguida sejam aplicados produtos como gesso para moldar a marca (Fotografia 8). Esse molde deve ser deixado secando de

1 a 2 dias sem distúrbios, dessa forma no momento de remover resíduos que ficaram grudados, a marca não perderá traços finos importantes.

Fotografia 8 - Procedimento de aplicação e remoção do molde de uma pegada na neve



Fonte: Adaptado de Fisher, Tilstone e Woytowicz (2009, p. 23)

Na comparação de amostras, podem ser utilizados softwares para encontrar o modelo e tamanho do sapato ou comparação manual, das duas formas é necessário ter em posse o sapato suspeito e em casos de pegadas tridimensionais, também é retirado o molde desse calçado.

Essa análise apresenta informações importantes como tamanho do sapato, modelo, padrões de desgaste e demais danos relacionados ao uso.

Para impressões de pneus, suas categorias dividem-se em latentes, ou seja, não são visíveis a olho nu, impressões visíveis que podem ser positivas ou negativas e impressões plásticas, similares a categoria tridimensional de marcas de calçados.

O padrão da banda do pneu, a parte mais externa que apresenta ranhuras, pode ser encontrado pela sobreposição das fotografias tiradas na cena do crime e a extração segue quase o mesmo formato de calçados, sendo apenas os moldes considerados como técnicas secundárias que somente são utilizados em casos de

impressões negativas com até 60 centímetros de rastro que apresentam traços não detectáveis através de fotografias.

Banco de dados dedicados a reunir modelos e marcas são aplicados nas marcas da cena do crime como o *SoleMate* e *TreadMate*, associando a amostra aos exemplares registrados.

Figura 9 - Software SoleMate e TreadMate, utilizados na comparação de impressões



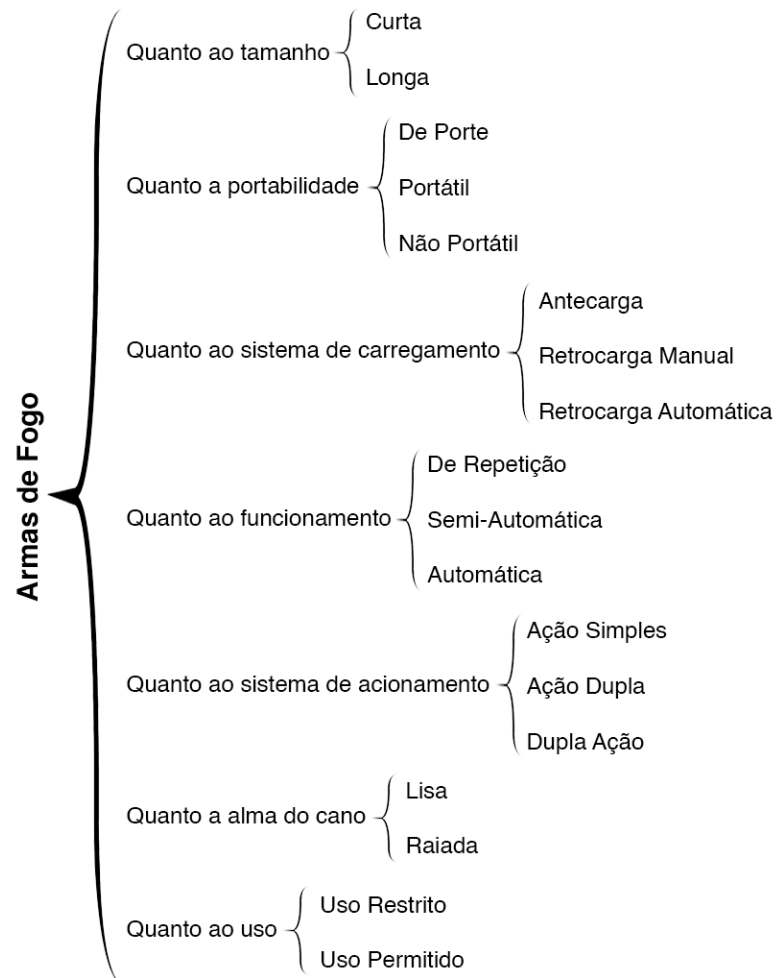
Fonte: FISHER, TILSTONE, WOYTOWICZ (2011, p. 26)

2.2.1.6 Armas de Fogo

Os especialistas nessa área são equipados com o conhecimento sobre todos os assuntos relacionados a armas de fogo. Além de identificar os modelos e calibre de armamentos presentes em cenas de crime, possuem capacidade de determinar a distância e ângulo no momento do disparo, da mesma forma que compreendem seu funcionamento e operação.

Segundo a Cartilha de Armamento e Tiro desenvolvida pelo Serviço de Armamento e Tiro – SAT da Academia Nacional de Polícia – ANP, as armas de fogo podem ser divididas em sete categorias diferentes: quanto ao tamanho, portabilidade, sistema de carregamento, funcionamento, sistema de acionamento, alma do cano e uso.

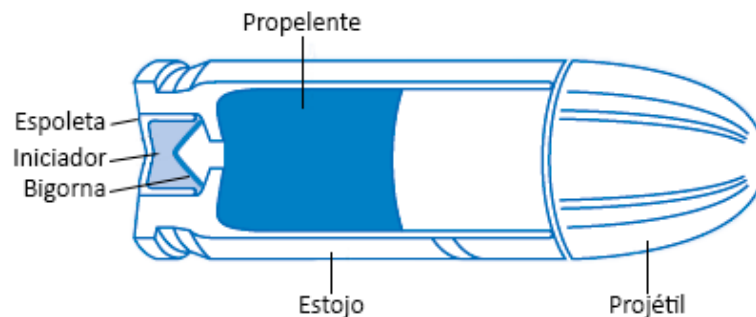
Figura 10 – Classificação geral de armas de fogo



Fonte: Autoria própria (2023)

Um projétil comum constitui-se de várias partes, a Figura XXX é um exemplo formado de seis partes. A espoleta, que é acionada pela arma, faz com que a mistura química presente no iniciador projete a bigorna para frente, ativando o propelente pela combustão e arremessando o projétil para fora.

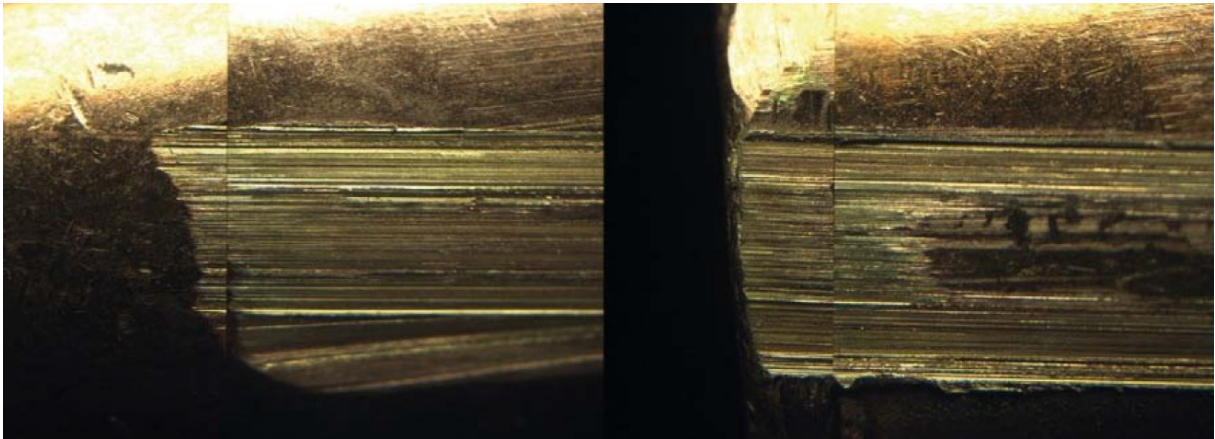
Figura 11 – Exemplo de projétil



Fonte: Adaptado de Jackson (2017, p. 297)

Ao ser disparado, o projétil percorre o cano da arma que internamente possui raias. Os padrões do estriamento são transferidos para o corpo do projétil e através da análise realizada em um microscópio, o perito é capaz de descobrir suas especificações como quantidade de elevações e depressões e direção do espiral.

Figura 12 - Comparação microscópica entre projéteis, apresentando correspondência (esquerda) e não correspondência (direita)



Fonte: FISHER, TILSTONE, WOYTOWICZ (2009, p. 40)

A distância e ângulo em que houve o disparo pode ser estimada através da análise dos orifícios pelo qual o projétil entrou e saiu. Quanto mais próximo da vítima, mais definidas são suas margens. No caso de espingardas o comportamento é bastante distinto por possuírem pequenas esferas chamadas de bagos e por não apresentarem raias no interior do cano, a explosão que surge quando disparadas em uma curta distância é muito intensa, de longe o dano é menos explosivo por conta da dispersão de boa parte das esferas.

A análise busca identificar a provável arma correspondente aos projéteis encontrados na cena do crime, caso encontrada o perito deve verificar sua funcionalidade e capacidade de disparo acidental, além de detectar o número de série que auxiliará a chegar na origem do objeto e do portador.

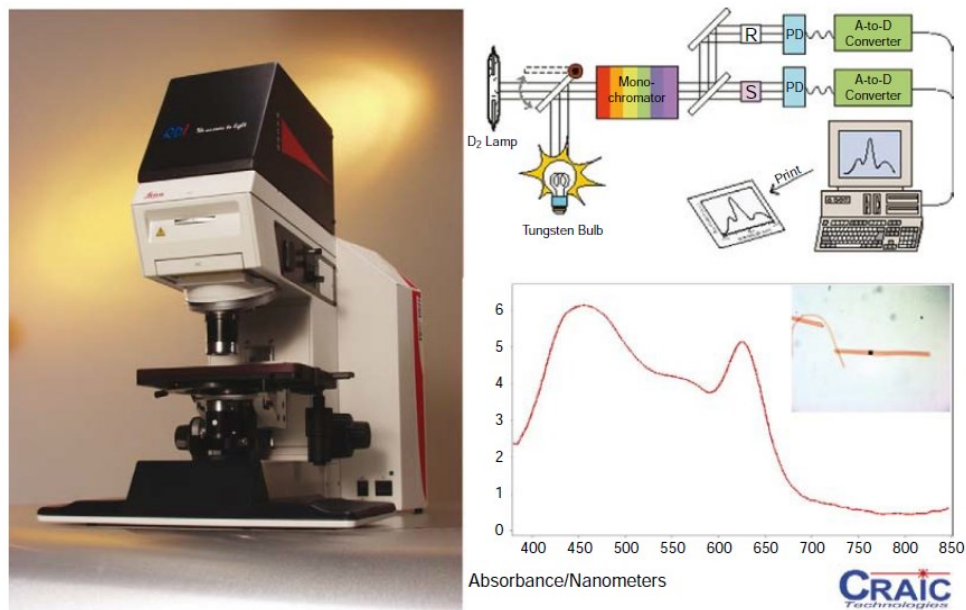
2.2.1.7 Substâncias Químicas

Relacionando conteúdos da química forense, a análise de substâncias químicas busca no corpo humano quantificar produtos como drogas, medicamentos e venenos em casos de suspeita de homicídio e suicídio. Em acidentes automotivos, é necessária a coleta de amostras de sangue para determinar a presença de álcool.

Atentados terroristas que envolvem explosivos, ataques incendiários e análise de solos também fazem parte do trabalho de um perito nessa área.

As técnicas associadas a esse tópico envolvem testes mais simples como os colorimétricos e mais complexos como reações químicas, comprimento de ondas de radiação unidas a absorção de radiação eletromagnética (fluorescência), pontos de fusão, absorção de radiação ultravioleta e infravermelho, migração de íons em um campo elétrico (eletroforese), dentre muitos outros.

Figura 13 - Aparelho e esquema de um micro espectrofotômetro



Fonte: HOUCK; SIEGEL (2010, p. 386)

Todos os métodos necessitam do controle de qualidade para que sejam admissíveis na corte, por este motivo os relatórios devem ser preenchidos com cuidado, além de assegurar a cronologia da cadeia de custódia de cada amostra analisada.

2.2.2 Tecnologias Modernas

Consideradas tecnologias mais sofisticadas e avançadas, serão reunidas na revisão bibliográfica os métodos mais recentes e suas aplicações, assim como o desenvolvimento de técnicas mais precisas e sensíveis na detecção de amostras.

Deve-se levar em consideração o enorme salto que áreas relacionadas a tecnologias de informação, como armazenamento em nuvem, reconhecimento facial, análise de sistemas de rastreamento por GPS, de redes sociais e demais meios de comunicação e a necessidade de automação e da criação de softwares e banco de

dados internacionais que documentam informações como DNA. Essas ferramentas auxiliam no combate ao crime entre nações, como o tráfico humano e de animais.

A necessidade de desenvolver métodos mais ecologicamente corretos também faz parte das pesquisas, visto que o meio ambiente é ainda uma grande questão que gera preocupações para as futuras gerações. Deve-se levar em consideração que boa parte das evidências possuem risco biológico, logo, a conscientização por métodos sustentáveis, prevenção de poluição, redução de danos e utilização de energias renováveis são tópicos indispensáveis para novas pesquisas.

Outras questões como a padronização de técnicas a serem seguidas mundialmente, aprimoração no armazenamento de amostras e implementação de equipamentos como câmeras corporais que asseguram a procedência das evidências também serão abordadas.

3 CAPÍTULO 2 — METODOLOGIA

A análise da literatura permite embasamento científico através de uma cuidadosa seleção de artigos em bancos de dados confiáveis, auxiliando o pesquisador a restringir suas buscas, alinhando os artigos procurados aos termos escolhidos. São utilizadas métricas como números de citações para incluir trabalhos com reconhecimento e relevantes na área de pesquisa.

3.1 Método *Proknow-C*

A metodologia *ProKnow-C* (*Knowledge Development Process– Constructivist*) consiste em uma revisão bibliográfica de artigos meticulosamente selecionados, a fim de filtrar os trabalhos mais relevantes. Constitui-se de 4 partes, onde os artigos passam por um afunilamento a cada etapa.

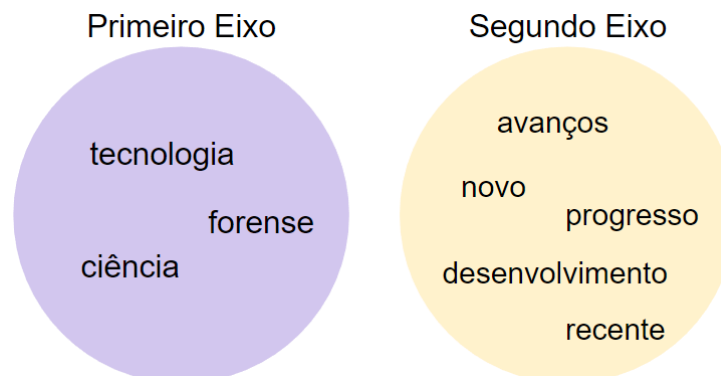
Serão considerados somente artigos na língua inglesa publicados em periódicos qualificados.

3.1.1 Determinação das Palavras-Chave (PC)

É o primeiro passo do procedimento e corresponde à determinação das palavras chaves utilizando dois eixos de pesquisa. O primeiro eixo consiste na ideia principal, as palavras que melhor descrevem o objetivo da revisão são: *technology* e *technologies*, *forensic* e *forensics*, *science* e *sciences*. Para compreender os termos no plural, utiliza-se termos coringa que tornam a busca mais abrangente.

O segundo eixo abrange palavras relacionadas ao tema, se o propósito da busca são novas tecnologias, as palavras selecionadas foram: *new*, *recent*, *advancement* e *advancements*, *development* e *developments* e *progress*.

Figura 14 – Representação visual das palavras-chave selecionadas



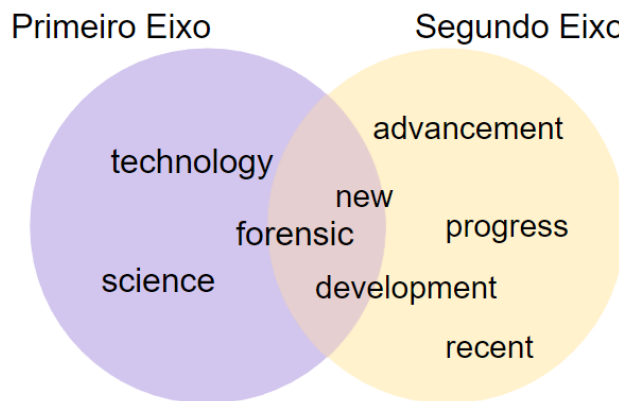
Fonte: Autoria própria (2023)

Algumas plataformas de periódicos permitem a utilização de termos coringa, as *wildcards*. Esses caracteres substituem algumas letras nas palavras selecionadas, auxiliando o pesquisador a ampliar sua busca sem que o assunto saia de contexto.

Nesta revisão, foram utilizados apenas dois termos coringa: o asterisco (*) que é capaz de alterar vários caracteres em casos de palavras com muitas variações e o cifrão (\$) que pode alterar um ou nenhum caractere e é comumente utilizado na busca de palavras no plural e singular.

O termo final utilizando os caracteres coringa foi “*technolog* AND forensic\$ AND science\$ AND (new OR recent OR advancement\$ OR development\$ OR progress*)*”. No caso da plataforma *ScienceDirect*, não foi possível utilizar os caracteres especiais, dessa forma eles foram removidos e substituídos pelas palavras no singular.

Figura 15 – Representação visual da junção das palavras para o termo final



Fonte: Autoria própria (2023)

3.1.2 Pesquisa em Sites de Periódicos

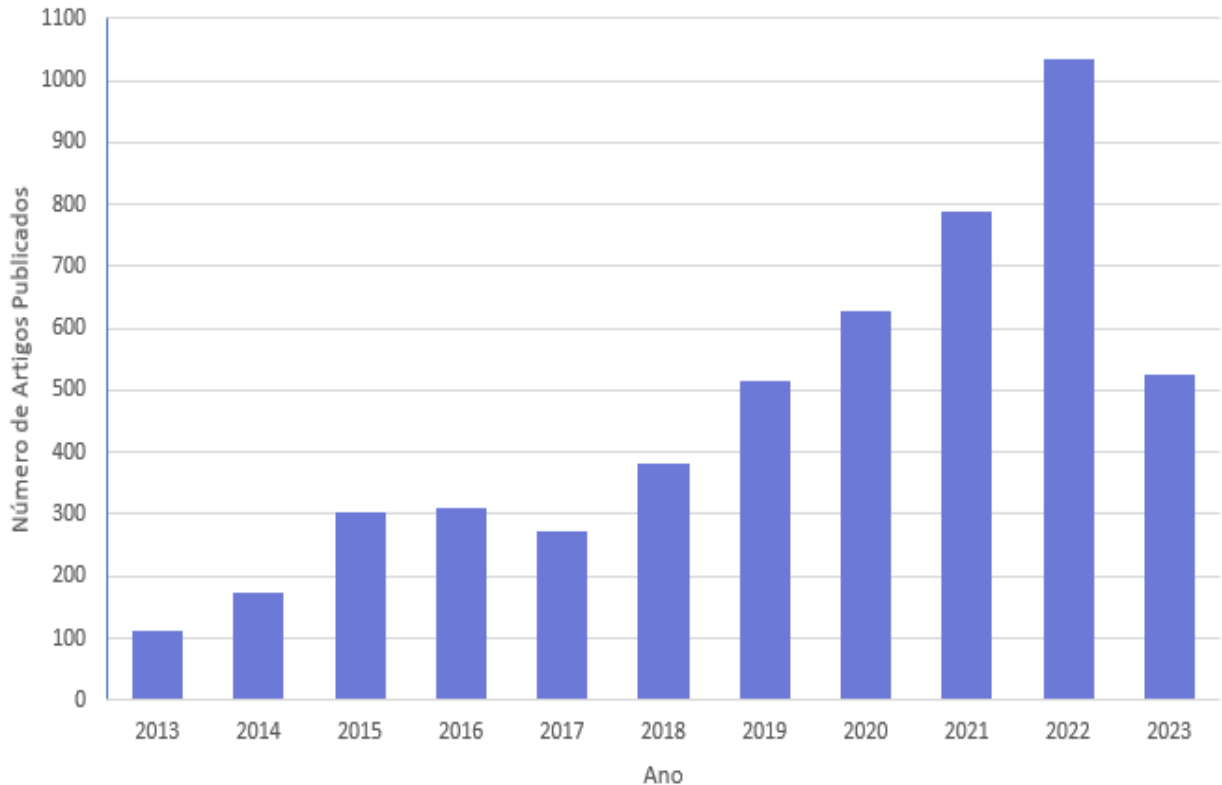
Por meio da plataforma de periódicos CAPES, com acesso à *Web of Science* e *ScienceDirect* (*Elsevier*), a busca resultou em 1.566 e 3.888 artigos respectivamente, totalizando 5.454 artigos. Foram considerados apenas trabalhos publicados entre 2013 e 2023, com acesso aberto e na íntegra.

Para o *Web of Science*, a exportação foi feita diretamente em planilhas do *Excel* e pelo *ScienceDirect* foi utilizado o software *Zotero* para reunir todos os artigos que em seguida foram exportados para uma única planilha do *Excel*.

Foi utilizado o software *VoSViewer* que possibilitou a criação de uma nuvem de palavras através da inserção dos artigos na plataforma, a Figura 13 demonstra os termos com mais pesquisa em determinado ano, como mostra a legenda.

Com essas informações foi viável a criação de um gráfico que demonstrasse a quantidade de artigos publicados entre 2013 e 2023. Pode-se observar que o ano de 2022 possui a maior quantidade de trabalhos divulgados, passando de mil unidades e que o número de publicações vem crescendo na última década.

Gráfico 1 - Número de artigos publicados por ano



Fonte: A autoria própria (2023)

Em seguida, os títulos de todas as obras foram lidos, alinhando-as com o assunto da pesquisa e resultando em 165 trabalhos.

Na sequência, os artigos foram ordenados por número de citações e então um filtro foi aplicado para evidenciar a porcentagem de citações e citações acumuladas, os trabalhos até 80% tiveram seus autores identificados e separados em um banco de dados de autores.

Os artigos acima desse valor foram considerados como sem reconhecimento científico, por este motivo, foram analisadas as datas de publicação, dando prioridade às mais recentes, se o conteúdo era inovador e seu respectivo potencial. Os autores foram comparados com o banco de dados e dessa forma foi realizada uma repescagem, dessa forma restaram 29 artigos que farão parte da revisão e que estão presentes no quadro abaixo.

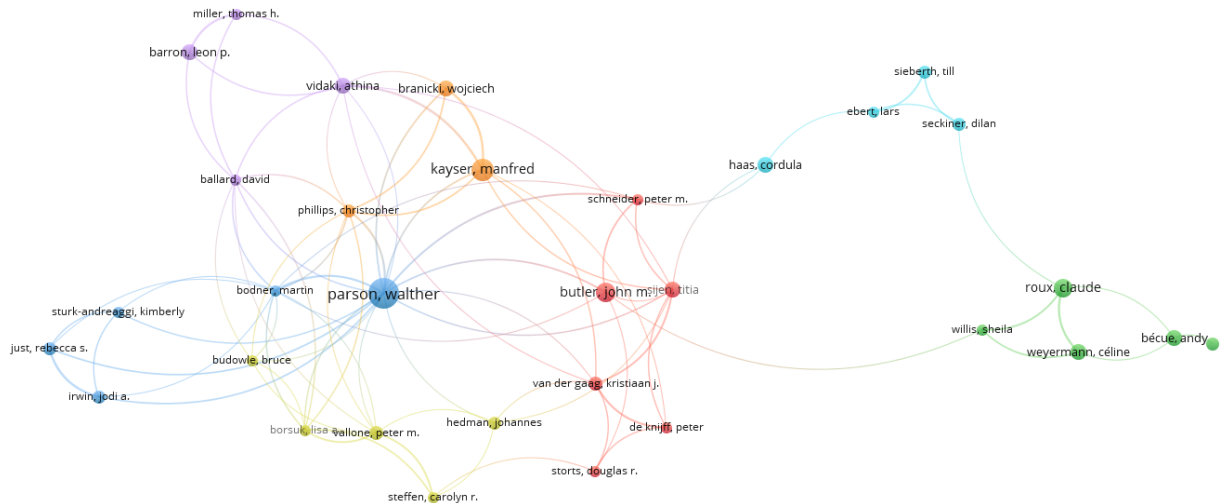
Planilha 1 – Artigos selecionados para a revisão bibliográfica

Nome dos Autores	Título do Artigo	Título da Fonte	Número de Citações	Ano de Publicação	DOI
Maneli, Mifundo A., Isafiade, Omo	3D Forensic Crime Scene Reconstruction Involving Immersive Technology: A Systematic Literature Review	IEEE ACCESS	260	2022	10.1109/ACCESS.2022.3199437
Carew, Rachael M., French, Jamie	3D forensic science: A new field integrating 3D imaging and 3D printing in crime reconstruction	Forensic Science International: Synergy	4	2021	10.1016/j.fsisy.2021.100205
Celikbas, Eda; Balaban, Simge; He, Qing; Niu, Xueli; Qi, Rui-Qu; Zhang, Jun; Liu, Weni; Simayijia; Srinivasan, Balaji; Tung, Steve Becue, Andy	A Bottom-Up Approach for Developing Aptasensors for Abused Drugs Biosensors in Forensics Advances in microbial metagenomics and artificial intelligence analysis in forensic identification Application of Microbiome in Forensics Development and Applications of Portable Biosensors Emerging fields in fingerprint (meta) detection - a critical review Forensic Applications of Microbiomics: A Review	BIOSENSORS-BASEL FRONTIERS IN MICROBIOLOGY Genomics, Proteomics & Bioinformatics Special Issue: New Developments in Biosensors ANALYTICAL METHODS FRONTIERS IN MICROBIOLOGY	207 26 3 137 226 132	2019 2022 2022 2015 2016 2021	10.3390/bios9040118 10.3389/fmicb.2022.1046733 10.1016/j.gpb.2022.07.007 10.1177/2211068215581349 10.1039/c6ay02496c 10.3389/fmicb.2020.608101
Robinson, Jake M.; Pasternak, Z; Arenas, Migue; Pereira, Filipe; O Assis, Alexandro M. L.; Costa, C	Forensic genetics and genomics: Much more than just a human affair From nanomaterials to macromolecules: Innovative technologies for latent fingerprint development Integrating the human microbiome in the forensic toolkit: Current bottlenecks and future solutions	WILEY INTERDISCIPLINARY REVIEWS: FOC FORENSIC SCIENCE INTERNATIONAL-GEN	274 155 137	2017 2023 2022	10.1371/journal.pgen.1006960 10.1002/wfs2.1475 10.1016/j.fsigen.2021.102627
Lopez, Celia Diez; Vidaki, Athina	Microbial forensics: A potential tool for investigation and response to bioterrorism	Health Sciences Review	0	2022	10.1016/j.hsr.2022.100068
Mir, Tahir ul Gani; Wani, Atif Khul	Nanobiosensors for detection of opioids: A review of latest advancements	European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics	1	2022	10.1016/j.ejpb.2022.08.017
Razlansari, Mahtab; Uluçan-Kam	Nanomaterials for latent fingerprint detection: a review	Journal of Materials Research and Technology	45	2021	10.1016/j.jmrt.2021.03.110
Prabakaran, Eswaran; Pillay, Kin	Nanomaterials for optical biosensors in forensic analysis	Talanta	4	2023	10.1016/j.talanta.2022.123945
Costanzo, Hayley; Gooch, James	Nanotechnology in Forensic Science: Extensive Applications and New Perspective	INDIAN JOURNAL OF BIOCHEMISTRY & BIOPHYSICS	21	2022	10.56042/ijbb.v59i12.67319
Dahiya, Keshika; Sharma, Hrishikesh; Pandya, Alok; Shukla, Ritesh K.	New perspective of nanotechnology: role in preventive forensic pollen molecular biology; Applications in the forensic palynology and future prospects: A review	EGYPTIAN JOURNAL OF FORENSIC SCIENCES	46	2018	10.1186/s41935-018-0088-0
Alotabi, Saqer S.; Sayed, Samy	Portable testing techniques for the analysis of drug materials	Saudi Journal of Biological Sciences	19	2020	10.1016/j.sbs.2020.02.019
Alonzo, Morgan; Alder, Rhiannon	Promising Applications of Additive-Manufactured (3D-printed) Electrochemical Sensors for Forensic Chemistry	WILEY INTERDISCIPLINARY REVIEWS: FOC	119	2022	10.1002/wfs2.1461
Castro, Silvia V. F.; Rocha, Raquel	Recent advances in forensic biology and forensic DNA typing: INTERPOL review 2019–2022	BRAZILIAN JOURNAL OF ANALYTICAL CHEMISTRY	128	2022	10.30744/bjrac.2179-3425.RV-50-2021
Butler, John M.	Recent developments in forensic chemistry and forensic DNA typing: INTERPOL review 2019–2022	Forensic Science International: Synergy	7	2023	10.1016/j.fsisy.2022.100311
Lian, Jie; Xu, Qiang; Wang, Yipei	Recent Developments in Fluorescent Materials for Heavy Metal Ions Analysis From the Perspective of Forensic Chemistry	FRONTIERS IN CHEMISTRY	73	2020	10.3389/fchem.2020.593291
Soni, Shringika; Jain, Uttkarsh; Bhatnagar, Anshu	Recent trends and emerging strategies for aptasensing technologies for illicit drugs detection	JOURNAL OF ELECTROANALYTICAL CHEMISTRY	118	2022	10.1016/j.jelechem.2022.116128
Low, YuanTing; Tyrrell, Eadaoin; Gooch, James; Daniel, Barbara;	Review: Recent advancements and moving trends in chemical analysis of fire debris Taggant materials in forensic science: A review	FORENSIC SCIENCE INTERNATIONAL	45	2023	10.1016/j.fsicint.2023.111623
Kloosterman, Ate; Mapes, Anna;	The interface between forensic science and technology: how institutes in the criminal justice system	TRAC-TRENDS IN ANALYTICAL CHEMISTRY	37	2016	10.1016/j.trac.2016.08.003
Biteen, Julie S.; Blamney, Paul C.	Tools for the Microbiome: Nano and Beyond	PHILOSOPHICAL TRANSACTIONS OF THE ROYAL SOCIETY OPEN SCIENCE	51	2015	10.1098/rstb.2014.0264
Yuan, Huiya; Wang, Zwei; Wang	Trends in forensic microbiology: From classical methods to deep learning	ACS NANO	338	2016	10.1021/acsnano.5b07826
Rabelo Alves, Thais Maria; Deroc	Wireless Wearable Electrochemical Sensors	FRONTIERS IN MICROBIOLOGY	105	2023	10.3389/fmicb.2023.1163741
		BRAZILIAN JOURNAL OF ANALYTICAL CHEMISTRY	165	2021	10.30744/bjrac.2179-3425.RV-62-2020

Fonte: Autoria própria (2023)

As obras selecionadas foram inseridas novamente no software *VosViewer* para gerar dois novos mapas, o primeiro foi feito de forma a apresentar a relação entre os autores, representando a cocitação visualmente.

Figura 17 - Relação entre os autores dos artigos selecionados



Fonte: Autoria própria (2023)

Um dado muito interessante que este primeiro mapa oferece, é a conexão entre os autores. Isso mostra tanto a interdisciplinaridade, como o embasamento científico, dando mais credibilidade para os artigos selecionados.

Na última década, houve um grande crescimento por conta do desenvolvimento de algoritmos e de linguagens de programação. Em casos criminais mais recentes, vários tipos de softwares dedicados a áreas específicas estão cada vez mais presentes, isso acontece principalmente por conta do aumento de crimes cibernéticos e pelos inúmeros benefícios que esses programas proporcionam à equipe policial.

Dessa forma, o objetivo do segundo mapa foi demonstrar a evolução nas pesquisas e suas principais áreas, onde termos relacionados à área de tecnologia de informação tiveram destaque, a inteligência artificial e automação mostraram-se mais relevantes, revelando o interesse na inovação de processamento de evidências e desenvolvimento de bases de dados interligadas e sistemas otimizados.

A região em vermelho deste mapa mostra inúmeras ligações entre outras palavras relacionadas as ciências forenses, ilustrando a conexão que a tecnologia possui com todas as especialidades pertencentes à área criminal. O monitoramento, detecção e avaliação de risco fazem parte do desenvolvimento de algoritmos capazes de fiscalizar, em tempo real, amostras e lugares de interesse da perícia.

4 CAPÍTULO 3 — RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante a pesquisa, observou-se uma enorme quantidade de artigos envolvendo a tecnologia de informação. Com o recente desenvolvimento da inteligência artificial e aprendizado profundo (do inglês *deep learning*, são redes neurais artificiais, ou seja, tem o objetivo de imitar o comportamento do cérebro humano, processando vários dados simultaneamente), algoritmos estão sendo criados para a detecção e armazenamento de dados e no combate contra o crime cibernético.

Categorias como *fake news* (notícias falsas), fraudes online e *deepfakes* (vídeos manipulados através da inteligência artificial) são de grande interesse judicial, pelo poder que possuem em enganar a população. É certamente o tipo de crime mais difundido pela facilidade no compartilhamento dessas informações. Áudios que simulam vozes de autoridades e de pessoas com cargos de alta hierarquia já circulam pela internet, assim como vídeos falsos apresentando nudez de figuras públicas.

Apesar da aplicação maliciosa desses recursos, a inteligência artificial é capaz de auxiliar no processo criminal. Softwares com essa tecnologia conseguem identificar comportamento predatório online, prever o envelhecimento de pessoas desaparecidas, assim como realizar o reconhecimento facial e de voz.

A tecnologia é parte integral dos crimes contemporâneos. Informações como localização, registro de ligações e mensagens excluídas são extraídas de dispositivos por especialistas e podem tanto descartar suspeitos como inseri-los exatamente no local do crime.

Unindo a tecnologia aos processos forenses, é possível ver a aplicação de softwares 3D na reconstrução de acidentes, banco de dados que reconhecem impressões e representam em seus resultados as estatísticas necessárias para sua comprovação e o recente desenvolvimento de biossensores portáteis capazes de identificar rastros e demonstrar resultados no período mais crucial da investigação, ou seja, dentro das primeiras 72 horas após o crime ter acontecido.

Pesquisadores têm se dedicado na criação de aplicativos que reduzem o viés cognitivo e que auxiliam os profissionais a tomarem decisões através dessas redes neurais, assim como na portabilidade de técnicas e de métodos mais sustentáveis.

A engenharia por sua vez, é capaz de unir seus ramos específicos no desenvolvimento de novas técnicas e equipamentos. Por conta de sua

interdisciplinaridade como o conhecimento amplo em áreas como química, física, biologia e matemática, torna a implementação de inovações mais rica, realizando conexões e intensificando suas aplicações.

A seguir, os conteúdos dos 29 artigos selecionados serão discutidos, evidenciando o desenvolvimento de suas técnicas e demais aplicações dentro da ciência forense.

4.1 Microbiologia Forense

Microrganismos como bactérias, vírus e fungos desempenham um papel muito importante no processo de decomposição e são considerados como biomarcadores. Eles são aplicados no cálculo do intervalo pós-morte (PMI), na determinação do sexo biológico, na identificação de fluidos e tecidos corporais e na causa de morte (YUAN, et al. 2023).

Estudos realizados demonstraram que cada uma dessas substâncias apresenta uma “assinatura microbial dominante”, isso significa que analisando sua composição um desses biomarcadores será prevalente. A saliva, por exemplo, apresenta a bactéria *Prevotella* como assinatura e cada indivíduo exibe especificidades diferentes. É possível também identificar a origem desses fluidos, como o sangue, se é menstrual, venoso ou de cavidades como o nariz (HE, et al. 2022).

A reação em cadeia de polimerase, técnica utilizada na microbiologia forense, é capaz de produzir várias cópias de uma amostra pequena, resgatando evidências que provavelmente seriam descartadas sem o auxílio dessa tecnologia.

A inteligência artificial demonstrou-se de grande potencial nessa área. Esse método foi aplicado em um estudo na comparação de 12 sequenciamentos completos da microbiota de diferentes países, comparando-as com a proveniência geográfica aprendida pelo sistema, que classificou corretamente 90% das amostras (YUAN, et al. 2023).

Os microbiomas também fazem parte do estudo dentro da microbiologia forense. Referem-se a conjuntos de microrganismos que fazem parte de um ecossistema e aparecem em várias partes dentro de uma cena de crime como no corpo da vítima, dentro de órgãos, no solo e em corpos d'água. Um organismo grande possui inúmeros microbiomas que desempenham funções importantes na

manutenção do equilíbrio ecológico, além de apresentarem composições muito diferentes em cada região que habitam.

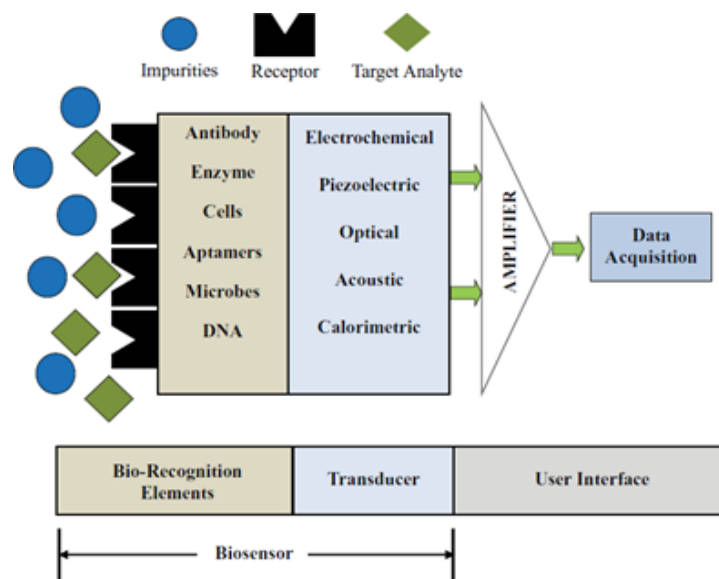
As técnicas da microbiologia forense também são utilizadas no combate ao bioterrorismo, realizando a detecção de agentes de guerra biológica. Define-se como bioterrorismo a disseminação deliberada de agentes biológicos com intenção de espalhar doenças e causar a morte de seres vivos. Esses elementos são os mais usados por terroristas e são comumente manipulados para aumentar sua letalidade, visto que sua propagação ocorre rapidamente, podendo ser inseridos em correntes de água, no ar e no solo na alimentação de animais (MIR, et al. 2022).

Alguns métodos que envolvem microrganismos na detecção desses agentes são: imunoenaios baseados em anticorpos que fazem a medição da presença da substância desejada, espectrometria bioquímica (método analítico capaz de quantificar a matéria), cultura microbiológica, análise genômica baseadas em reações em cadeia da polimerase e espectrometria de massa.

4.2 Biossensores

Os biossensores são capazes de reconhecer elementos como DNA, enzimas, microorganismos e outros tipos de material e transduzir, ou seja, converter um tipo de energia em outra. São classificados com base nos elementos detectáveis ou no seu tipo de transdução, sendo piezoelétrico, óptico ou eletroquímico por exemplo (SRINIVASAN; TUNG, 2015).

Figura 19 – Representação do funcionamento de um biosensor



Fonte: SRINIVASAN; TUNG (2015, p. 367)

Apresentam alta sensibilidade e formato portátil, identificam com precisão armas biológicas utilizadas em ataques bioterroristas, mesmo que modificadas. Alguns biossensores possuem tecnologia sem fio que por sua vez reduzem a possibilidade de contaminação e erros, auxiliando os peritos presentes a tomarem decisões mais adequadas (SRINIVASAN; TUNG, 2015).

Os sensores eletroquímicos *wireless* são capazes de monitorar informações e suas aplicações não se limitam a área forense, controlando a porcentagem de gases tóxicos no ambiente, pesticidas, metais pesados e fluidos corporais. Apesar da comunicação desses equipamentos possuírem desafios como a privacidade das informações compartilhadas, o seu desenvolvimento é muito promissor por apresentar maior sensibilidade na detecção de amostras, estabilização de resultados e aplicações na área ambiental, em esportes e medicina.

Um detector por fotoionização (PID, do inglês *photo ionisation detector*), por exemplo, é utilizado em casos de incêndio criminoso, detectando compostos orgânicos voláteis e enquadra-se em sensores eletroquímicos. A fonte de energia utilizada são luzes ultravioletas que irradiam as moléculas de gás e apesar de suas limitações, seus resultados são muito satisfatórios, representando as quantidades em partícula por milhão (ppm) ou por bilhão (ppb) (LOW, et al. 2023).

Alguns estudos sugeriram a utilização desses equipamentos em vestimentas, assegurando aos profissionais que os dispositivos estarão disponíveis o tempo todo, ou seja, possuem qualidade e precisão de fácil acesso.

Outra categoria de sensor bastante pertinente são os aptasensores, onde são utilizados aptâmeros, ou seja, fragmentos de DNA ou RNA, na identificação de narcóticos. São semelhantes aos anticorpos, porém possuem uma seletividade significativamente maior, têm mais estabilidade e reprodutibilidade efetiva, isso os torna ideal na sua aplicação em biossensores eletroquímicos (SONI, et al. 2022).

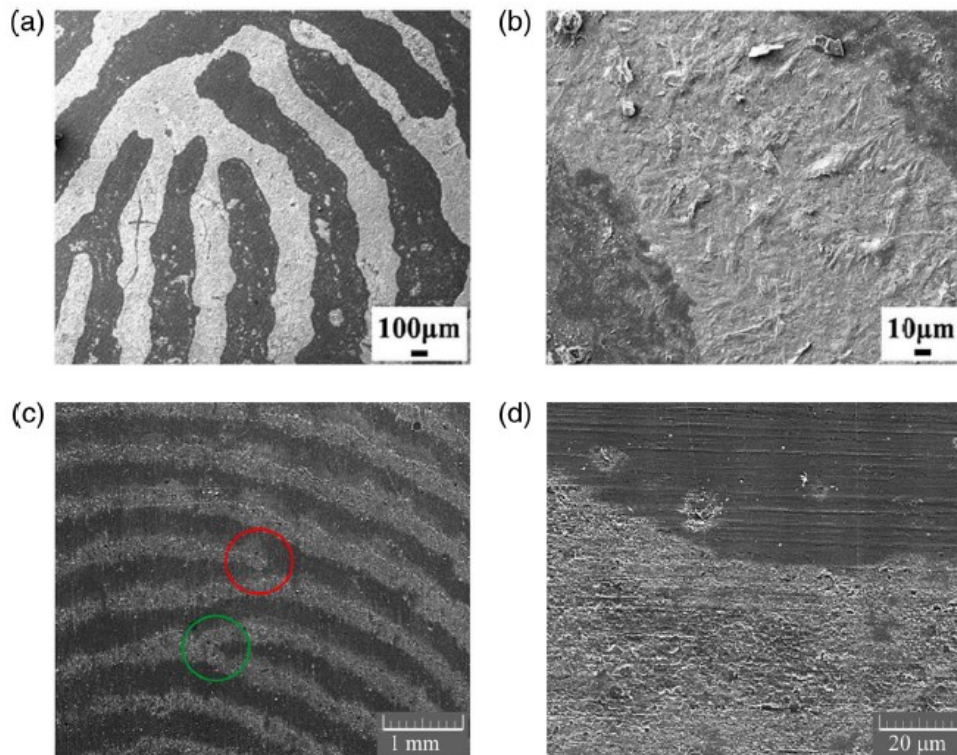
O desenvolvimento de aptasensores combinados a nanotecnologia já é realidade, porém possuem muitas limitações devido a sua recenticidade. Sua aplicação pode ser combinada com materiais fluorescentes, assim como técnicas colorimétricas (SONI, et al. 2022). Os materiais de marcação que serão discutidos no tópico abaixo também estão sendo desenvolvidos na implementação desses sensores.

4.3 Nanotecnologia

É uma área muito versátil, podendo ser utilizada na extração de evidências forenses bem como na sua visualização como é o caso de impressões digitais latentes. Determinados pós convencionais podem acarretar na contaminação de vestígios adjacentes, dessa forma são aplicados pós em escala nanométrica (na faixa de 1 bilionésimo de metro) para que não haja essa interferência (DAHIYA, et al. 2022). Esse material pode apresentar aparência fluorescente, facilitando mais ainda o trabalho dos investigadores.

Algumas nanopartículas, como a de ouro e de prata, possuem excelentes resultados na análise de digitais pelo contraste que exibem, além da capacidade de revelar impressões em superfícies umedecidas (ASSIS, et al. 2022). Na figura abaixo é possível observar a qualidade na resolução que as nanopartículas de prata apresentam, dessa forma a análise realizada apresenta muito mais detalhes, facilitando a futura comparação entre digitais.

Figura 20 - Análise microscópica de impressões reveladas por nanopartículas de tinta de prata



Fonte: ASSIS et al. (2022, p. 25)

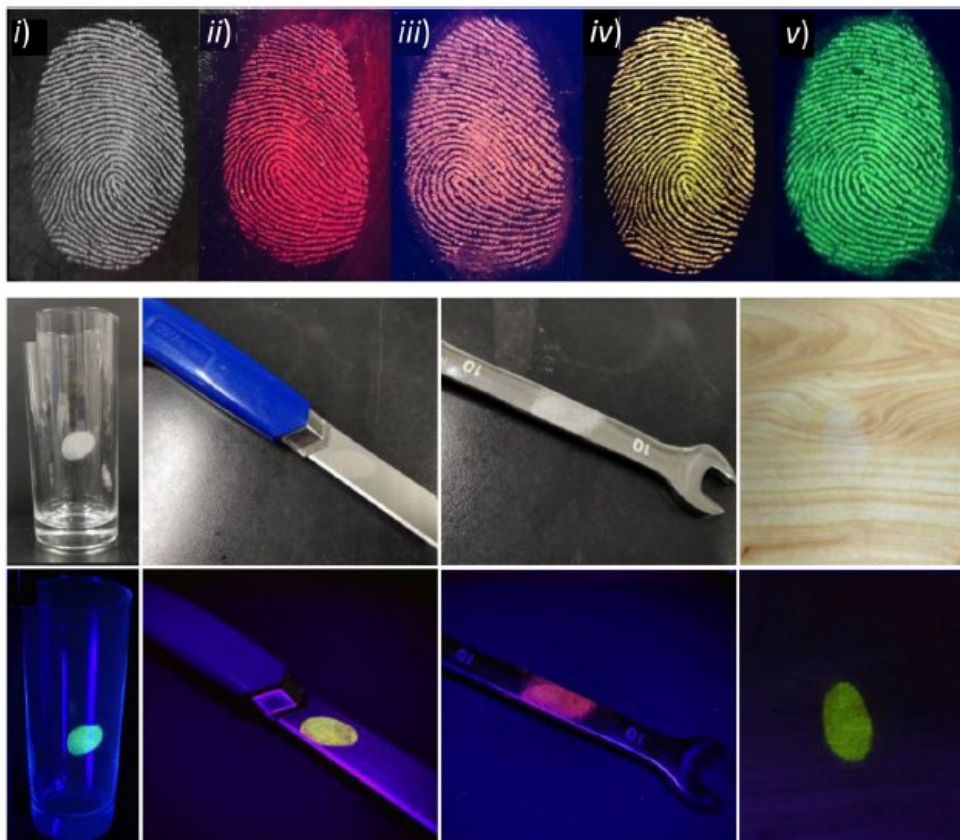
Sensores nanotecnológicos são colocados em prática na detecção de explosivos, em análises toxicológicas e de resíduos de pólvora, por exemplo, e apresentam estabilidade, rapidez e praticidade. A microfluorescência de raios X já é

empregada em locais de crime através de dispositivos portáteis que encontram evidências ainda ocultas sem que haja o distúrbio dos demais vestígios (PANDYA; SHULKLA, 2018).

A criação de nanossensores fluorescentes permitem a detecção mais precisa de íons de metais pesados. No geral, as pessoas entram em contato com substâncias que contêm esses metais pesados regularmente, esses metais são de grande interesse da toxicologia forense pelo dano que podem causar aos seres vivos e seu ambiente. Aparecem também na análise de resíduos de disparos, visto que as substâncias que compõem uma munição são majoritariamente metais pesados (LIAN, et al. 2020).

Esses nanomateriais fluorescentes possuem características únicas como alta sensibilidade, forte capacidade de adsorção e reatividade de superfície. O desenvolvimento dessa área requer a combinação de outros materiais, visto que sua aplicação ainda possui limitações, como a análise de múltiplos metais simultaneamente.

Figura 21– Visualização de impressões digitais com materiais fluorescentes



Fonte: ASSIS et al. (2022, p. 13)

Outra área que se utiliza da tecnologia em escala nanométrica são materiais de marcação (do inglês *taggant materials*). Possuem quatro propósitos diferentes: marcação de propriedade, antifalsificação, rastreamento e monitoramento. Esses materiais são anexados ao produto de interesse, dessa forma comprovando sua procedência, confirmando sua originalidade. Podem apresentar aparência visível ou latente, onde alguns desses materiais só são observados através de uma análise minuciosa e microscópica. São aplicados em produtos transportados internacionalmente, veículos, eletrônicos, mercadorias potencialmente ilegais, narcóticos e anexadas em propriedades suspeitas de ação criminosa (GOOCH, et al. 2016).

Figura 22 - Aplicação e análise de um material de marcação com base peptídica



Fonte: Traduzido de Gooch et al. (2016, p. 53)

Nos Países Baixos, há pesquisas sobre uma possível pré-análise dos materiais encontrados, chamado de “*lab-on-a-chip*”, ou seja, uma espécie de laboratório ao alcance de um dispositivo. Podem apresentar uma precisão melhor que métodos realizados em ambientes mais apropriados, além da capacidade de operar sem treinamentos complexos (KLOOSTERMAN, et al. 2015). Essa prévia ajudaria os profissionais a buscarem imediatamente pistas mais significativas, além de indicar a relevância das amostras antes mesmo que cheguem ao analista.

Outros dispositivos como microchips e nano-manipuladores podem ser aperfeiçoados para atuar na prevenção contra o crime. A nanotecnologia é uma área muito abrangente e pode ser empregada em todas as ramificações da ciência forense e em qualquer momento da investigação.

4.4 Aplicativos 3D

A impressão em três dimensões de sensores já é uma realidade. Isso tornou-se possível devido a aplicação de softwares de modelagem 3D na área forense. O

método de extração de pegadas tridimensionais citado nas técnicas tradicionais pode ser transferido para esses programas para uma melhor visualização se necessário.

Outra aplicação ocorre na reconstrução de cenas de crime, realizando simulações dos movimentos feitos no momento do ocorrido. Em acidentes de trânsito ao representar o local como o tamanho da pista, dos veículos envolvidos e a distância de onde foram encontrados em relação ao trajeto, é possível prever o ponto exato do impacto. Essa tecnologia pode ser apresentada aos componentes do júri para que a visualização do acontecimento seja facilitada e os fatos validados (CAREW; FRENCH; MORGAN, 2021).

Em casos de homicídio e com o auxílio do laudo de uma autópsia, os profissionais simulam o ambiente e os passos feitos pelo criminoso. Uma aplicação mais palpável aconteceu com o caso brasileiro da Isabella Nardoni, onde foi apresentado ao júri o vídeo que representava o trajeto desde o confronto no interior do veículo do casal até a subida ao apartamento. Os ferimentos que o corpo de Isabella apresentava foram corroborados pelas sugestões feitas pelos peritos, onde não somente houve conflito antes do acesso ao prédio, como os abusos continuaram dentro do recinto.

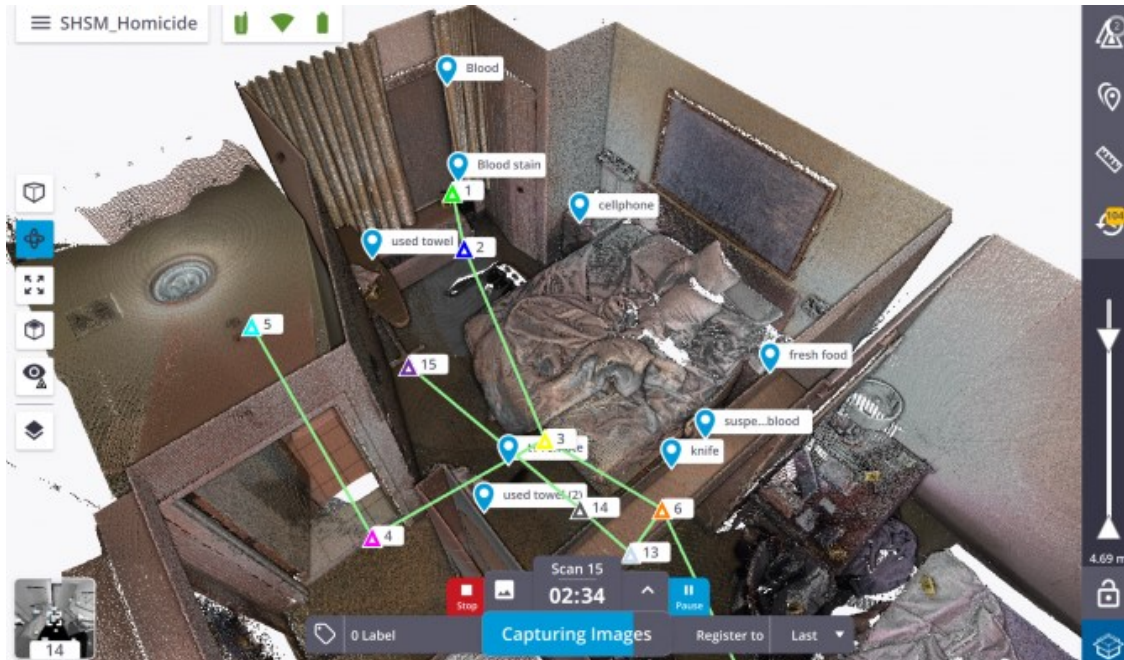
Figura 23 – Reconstituição do caso Isabella Nardoni



Fonte: Fantástico (2008)

Essa tecnologia pode ser usada em conjunto com a realidade aumentada e aplicada no treinamento de futuros peritos, trazendo uma experiência mais imersiva e fiel ao dia a dia de um profissional.

Figura 24 – Aplicação de escaneamento 3D de uma cena de crime



Fonte: KOWBUZ, GIM International (2008)

4.5 Palinologia Forense

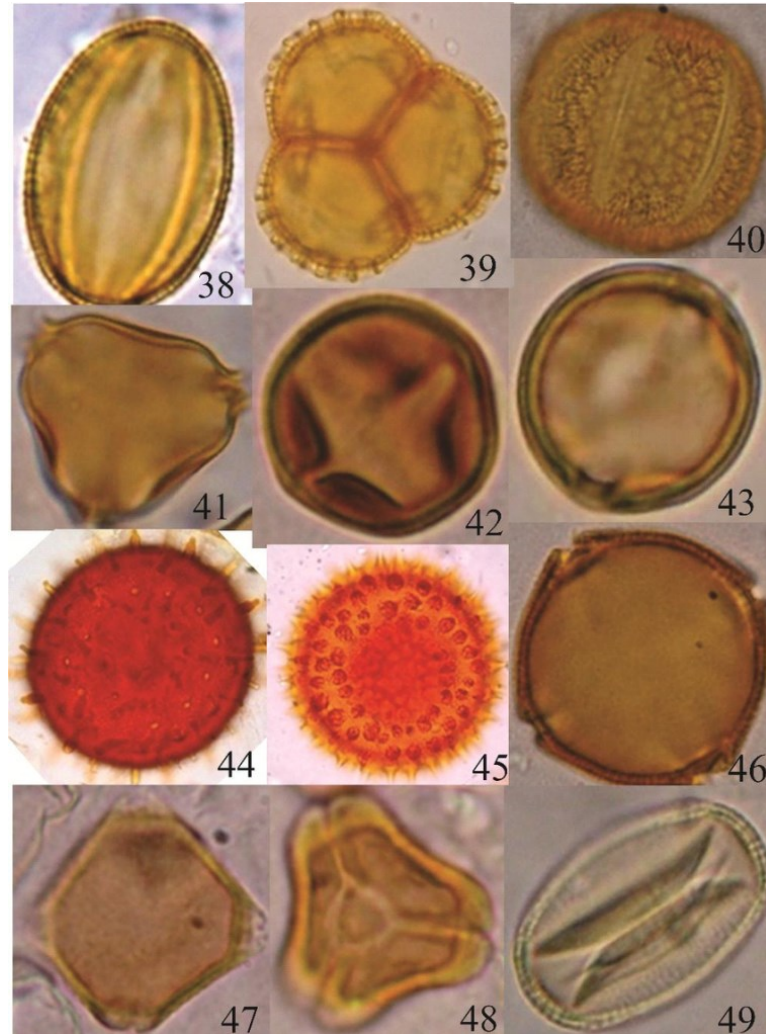
É o estudo de pólen e esporos, são substâncias imunes a ataques químicos e muito resistentes a alterações no ambiente. Além de serem facilmente espalhadas, sua fixação é duradoura, no intestino são capazes de permanecer por 3 semanas. Por estes motivos tornam-se evidências muito pertinentes aos investigadores, podendo ser encontradas em várias superfícies na cena do crime como em tecidos, no solo, em material animal e humano, além da extração de DNA ser possível em apenas um pequeno grão de pólen (ALOTAIBI, et al. 2020).

O pólen é normalmente utilizado em reconstruções forenses, através da análise é possível conectar o objeto ou pessoa em questão a cena de crime e identificar seus movimentos e determinar a posse ou troca ilegal de animais. Essa investigação pode conceder ao profissional o entendimento de se a cena do crime é primária ou secundária (ALOTAIBI, et al. 2020).

Na figura abaixo é possível visualizar as diferenças entre esporos de algumas plantas, onde a sua estrutura interna fica visível por meio da visualização com

microscópio. É dessa forma que os peritos forenses conseguem identificar e correlacionar cenas de crime, comparando as amostras retiradas.

Figura 25 – Visualização microscópica de pólen de diferentes plantas



Fonte: MATOS et al. (2014, p. 33)

4.6 Automatização de Sistemas e Banco de Dados

Apesar da capacidade dos peritos forenses em analisar e extrair informações, a qualidade de seu trabalho deve ser mantida em perfeitas condições, de forma a assegurar que o processo jurídico seja objetivo e consistente. Por outro lado, o aumento no volume de casos sem que haja comprometimento no desempenho só é atingido através da automação do processo.

O aprimoramento de dispositivos que considerem as possíveis alterações como mudança na temperatura e umidade do ambiente é parte integral das pesquisas recentes, visando a minimização de erros e padronização dos métodos. Dessa forma,

existe o desejo em relação ao desenvolvimento de profissionais competentes na criação de sistemas e automatização que apresentem segurança na sua privacidade.

Dispositivos portáteis e conectados à rede de internet são alvo dessa criação pela necessidade da transmissão imediata dos achados no local de crime, visando a eficiência e eficácia da coleta de amostras, onde a contaminação e o tempo seriam menores pela remoção do seu deslocamento até um laboratório (ALVES, et al. 2021).

Com a recente exposição às redes neurais artificiais, pesquisadores têm pensado em algoritmos capazes de prever e entender melhor os movimentos feitos por criminosos, auxiliando assim na tomada de decisão.

A criação de bases de dados que armazenam grandes volumes de informações e que se comunicam entre si também são de muito interesse, visto que os dados inseridos são comparados dentro da própria plataforma. A aplicação dessa tecnologia aparece com frequência em crimes recorrentes, cometidos pela mesma pessoa, é dessa forma que seu DNA é adicionado pela primeira vez e avaliados em um segundo momento. São utilizados de forma semelhante na identificação de cadáveres, onde o DNA da família ou da própria vítima são comparados dentro do sistema (BUTLER, 2023).

A maior limitação que essas plataformas possuem é a necessidade de possuir dados prévios, sendo inviável a comparação de um criminoso que nunca passou pelo sistema judicial. Outra preocupação proveniente dessa tecnologia é a segurança e privacidade desses dados, dado que invasões a sistemas têm se tornado cada vez mais frequentes. A melhor saída para essa questão é o desenvolvimento de técnicas de segurança mais eficientes, trabalhando com criptografias sofisticadas e monitorando as ações feitas dentro da plataforma.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento de novas tecnologias relacionadas às ciências forenses cresce a cada momento devido a necessidade de técnicas mais sofisticadas, que demonstram alta sensibilidade, embasamento científico, rapidez e reprodutibilidade.

Os gráficos foram capazes de representar o aumento constante das pesquisas na última década, mostrando o interesse de pesquisadores em aprimorar seus métodos e comprovar sua eficácia. Com o crescimento das tecnologias de informação, a unificação de disciplinas para o combate ao crime organizado tornou-se crucial para que a justiça seja efetiva e traga segurança à população.

A partir dos mapas criados pelo *VosViewer* de palavras-chave e coautoria, constata-se a interdisciplinaridade entre essas áreas, as quais devem ser utilizadas em conjunto, potencializando suas práticas e maximizando seus benefícios.

São áreas que estão em constante evolução e exigem cada vez mais inovação. Técnicas antigas precisam ser padronizadas para que seja possível a replicação em outros países, consolidando suas aplicações e os métodos mais recentes demandam repetição que explicitam suas estatísticas, assim como o aprimoramento na velocidade de produção de seus resultados.

Devido à crescente preocupação mundial com o meio ambiente, torna-se necessário o desenvolvimento de técnicas verdes, ou seja, mais sustentáveis e ecologicamente corretas, assim como o aperfeiçoamento de estratégias de prevenção contra o crime.

REFERÊNCIAS

- ALONZO, M.; et al. **Portable testing techniques for the analysis of drug materials**. 29 abr. 2022. Disponível em: <https://wires.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/wfs2.1461>. Acesso em: 2 jun. 2023.
- ALOTAIBI, S. S.; et al. **Pollen molecular biology: Applications in the forensic palynology and future prospects: A review**. 4 mar. 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1319562X20300723>. Acesso em: 2 jun. 2023.
- ALVES, T. M. R.; et al. **Wireless Wearable Electrochemical Sensors: A Review**. 26 mar. 2021. Disponível em: <https://brjac.com.br/artigos/2021-V8-10Years/brjac-62-2020.pdf>. Acesso em: 2 jun. 2023.
- ARENAS, M.; et al. **Forensic genetics and genomics: Much more than just a human affair**. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosgenetics/article?id=10.1371/journal.pgen.1006960>. Acesso em: 2 jun. 2023.
- ASSIS, A. M. L.; et al. **From nanomaterials to macromolecules: Innovative technologies for latent fingerprint development**. 27 nov. 2022. Disponível em: <https://wires.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/wfs2.1475>. Acesso em: 2 jun. 2023.
- BÉCUE, A. **Emerging fields in fingermark (meta)detection - a critical review**. 12 out. 2016. Disponível em: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2016/AY/C6AY02496C>. Acesso em: 2 jun. 2023.
- BITTEN, J. S.; et al. **Tools for the Microbiome: Nano and Beyond**. 22 dez. 2015. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acsnano.5b07826>. Acesso em: 2 jun. 2023.
- BRASIL. Ministério da Justiça e Segurança Pública. **Cartilha de Armamento e Tiro**. 22 abr. 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/pf/pt-br/assuntos/armas/cartilha-de-armamento-e-tiro.pdf/view>. Acesso em: 27 jun. 2023.
- BUTLER, J. M. **Recent advances in forensic biology and forensic DNA typing: INTERPOL review 2019-2022**. 27 dez. 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2589871X22000961>. Acesso em: 2 jun. 2023.
- CANTER, D. **Forensic Psychology: A Very Short Introduction**. Nova York: Oxford University Press Inc., 2010.
- CAREW, R. M.; FRENCH, J.; MORGAN, R. M. **3D forensic science: A new field integrating 3D imaging and 3D printing in crime reconstruction**. 21 out. 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2589871X21000759>. Acesso em: 2 jun. 2023.

CASTRO, S. V. F.; et al. **Promising Applications of Additive-Manufactured (3D-printed) Electrochemical Sensors for Forensic Chemistry.** 31 ago. 2021. Disponível em: <https://brjac.com.br/artigos/2021-V8-NX2/brjac-50-2021.pdf>. Acesso em: 2 jun. 2023.

CELIKBAS, E.; et al. **A Bottom-Up Approach for Developing Aptasensors for Abused Drugs: Biosensors in Forensics.** 1 out. 2019. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2079-6374/9/4/118>. Acesso em: 2 jun. 2023.

COSTANZO, H.; GOOCH, J.; FRASCIONE, N. **Nanomaterials for optical biosensors in forensic analysis.** 23 set. 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S003991402200741X>. Acesso em: 2 jun. 2023.

DAVIS, R. C.; JENSEN, C. J.; KITCHENS, K. **Cold Case Investigations: An Analysis of Current Practices and Factors Associated with Successful Outcomes.** 19 out. 2011. Disponível em: <https://www.ojp.gov/pdffiles1/nij/grants/237971.pdf>. Acesso em: 21 abr. 2023.

EMBAR-SEDDON, A.; PASS, A. D.; **Forensic Science.** Vol 1-3. Hackensack: Salem Press, 2008.

FIORENTINI, L; MARMO, L. **Principles of Forensic Engineering Applied to Industrial Accidents.** 1. ed. Chichester: John Wiley & Sons, 2019.

FISHER, B. A. J.; TILSTONE, W. J.; WOYTOWICZ, C. **Introduction to Criminalistics: The Foundation of Forensic Science.** Oxford: Elsevier, 2009.

GENNARD, D. **Forensic Entomology: An Introduction.** 2. ed. Chichester: John Wiley & Sons, 2012.

GOOCH, J.; et al. **Taggant materials in forensic science: A review.** 11 ago. 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S016599361630173X>. Acesso em: 2 jun. 2023.

HE, Q.; et al. **Advances in microbial metagenomics and artificial intelligence analysis in forensic identification.** 15 nov. 2022. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmicb.2022.1046733/full>. Acesso em: 2 jun. 2023.

HOUCK, M. M.; SIEGEL, J. A. **Fundamentals of Forensic Science.** 2. ed. Oxford: Elsevier, 2010.

INMAN, K.; RUDIN, N. **The origin of evidence.** Forensic Science International, Berkeley, v. 126, n. 1, p 11-16, 2002. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0379073802000312>. Acesso em: 23 abr. 2023.

JACKSON, A. R. W.; JACKSON, J. M. **Forensic Science.** 4. ed. Harlow: Pearson Education Limited, 2017.

KESHIKA, D.; et al. **Nanotechnology in Forensic Science: Extensive Applications and New Perspective**. 10 out. 2022. Disponível em: <http://op.niscpr.res.in/index.php/IJBB/article/view/67319>. Acesso em: 2 jun. 2023.

KLOOSTERMAN, A.; et al. **The interface between forensic science and technology: how technology could cause a paradigm shift in the role of forensic institutes in the criminal justice system**. 5 ago. 2015. Disponível em: <https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rstb.2014.0264>. Acesso em: 2 jun. 2023.

KOWBUZ, D. How 3D Scanning Rebuilds Crime Scenes for Courtrooms: Capturing Crucial Evidence to Aid Justice. **GIM International**, 15 mai. 2020. Disponível em: <https://www.gim-international.com/content/article/how-3d-scanning-rebuilds-crime-scenes-for-courtrooms>. Acesso em: 28 jun. 2023.

LACERDA, R. T. O.; ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S. R. **Uma análise bibliométrica da literatura sobre estratégia e avaliação de desempenho**. *Gestão e Produção*, São Carlos, v. 19, p. 59-78, 28 mar. 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/gp/a/sKh5wfCCGv68fdRP8GStLXC/>. Acesso em: 17 de mai. 2023.

LANGLEY, N. R.; TERSIGNI-TARRANT, M. A. **Forensic Anthropology: A Comprehensive Introduction**. 2. ed. Boca Raton: Taylor & Francis Group, 2017.

LIAN, J.; et al. **Recent Developments in Fluorescent Materials for Heavy Metal Ions Analysis From the Perspective of Forensic Chemistry**. 10 nov. 2020. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fchem.2020.593291/full>. Acesso em: 2 jun. 2023.

LÓPEZ, C. D.; VIDAHI, A.; KAYSER, M. **Integrating the human microbiome in the forensic toolkit: Current bottlenecks and future solutions**. 1 nov. 2021. Disponível em: [https://www.fsigenetics.com/article/S1872-4973\(21\)00163-0/fulltext](https://www.fsigenetics.com/article/S1872-4973(21)00163-0/fulltext). Acesso em: 2 jun. 2023.

LOW, Y.; et al. **Review: Recent advancements and moving trends in chemical analysis of fire debris**. 28 fev. 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0379073823000737>. Acesso em: 2 jun. 2023.

MADEA, B. **Handbook of Forensic Medicine**. Chichester: John Wiley & Sons, 2014.

MALTONI, D.; et al. **Handbook of Fingerprint Recognition**. 2. ed. Londres: Springer, 2009.

MANELI, M. A.; ISAFIADE, O. E. **3D Forensic Crime Scene Reconstruction Involving Immersive Technology: A Systematic Literature Review**. 17 ago. 2022. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9858116>. Acesso em: 2 jun. 2023.

MARAS, M. H. **Computer Forensics: Cybercriminals, Laws, and Evidence**. 2. ed. Burlington: Jones & Bartlett Learning, 2015.

MATOS, M. N. F.; et al. **Caracterização polínica das plantas lenhosas do Bosque dos Papagaios, Boa Vista, Roraima, norte do Brasil.** 22 ago. 2014. Disponível em: <https://periodicos.uerr.edu.br/index.php/bolmirr/article/download/765/433/1741>. Acesso em: 28 jun. 2023.

MIR, T. U. G.; et al. **Microbial forensics: A potential tool for investigation and response to bioterrorism.** 11 nov. 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772632022000563>. Acesso em: 2 jun. 2023.

MOZAYANI, A.; NOZIGLIA, C. **The Forensic Laboratory Handbook: Procedures and Practice.** Nova Jérsei: Humana Press, 2006.

NARAYAN REDDY, K. S.; MURTY, O. P. **The Essentials of Forensic Medicine And Toxicology.** 33. ed. Nova Delhi: Jaypee Brothers Medical Publishers, 2014.

NOON, R. K. **Forensic Engineering Investigation.** Boca Raton: CRC Press LLC, 2001.

PANDYA, A.; SHUKLA, R. K. **New perspective of nanotechnology: role in preventive forensic.** 28 set. 2018. Disponível em: <https://ejfs.springeropen.com/articles/10.1186/s41935-018-0088-0>. Acesso em: 2 jun. 2023.

PAYNE-JAMES, J.; et al. **Simpson's Forensic Medicine.** 13. ed. Londres: Hodder & Stoughton, 2011.

PRABAKARAN, E.; PILLAY, K. **Nanomaterials for latent fingerprint detection: a review.** 8 abr. 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2238785421003379>. Acesso em: 2 jun. 2023.

PRAHLOW, J. A.; BYARD, R. W. **Atlas of Forensic Pathology.** Nova York: Springer, 2012.

RAZLANSARI, M.; et al. **Nanobiosensors for detection of opioids: A review of latest advancements.** 5 set. 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0939641122001825>. Acesso em: 2 jun. 2023.

ROBINSON, J.; et al. **Forensic Application of Microbiomics: A Review.** 13 jan. 2021. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmicb.2020.608101/full>. Acesso em: 2 jun. 2023.

SAFERSTEIN, R. **Criminalistics: An Introduction to Forensic Science.** 10. ed. Nova Jersey: Pearson Education, 2011.

SAMMONS, J. **The Basics of Digital Forensics: The Primer for Getting Started in Digital Forensics.** Massachusetts: Elsevier, 2012.

SAUKKO, P.; KNIGHT, B. **Knight's Forensic Pathology.** 3. ed. Londres, Edward Arnold Publishers, 2004.

SIEGEL, J. A. **Forensic Chemistry: Fundamentals and Applications**. Chichester: John Wiley & Sons, 2016.

SMIT, N. M.; MORGAN, R. M.; LAGNADO, D. A. **A systematic analysis of misleading evidence in unsafe rulings in England and Wales**. 8 mar. 2018.

Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1355030617301144>. Acesso em: 29 abr. 2023.

SONI, S.; et al. **Recent trends and emerging strategies for aptasensing technologies for illicit drugs detection**. 9 fev. 2022. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1572665722001205>. Acesso em: 2 jun. 2023.

SRINIVASAN, B.; TUNG, S. **Development and Applications of Portable Biosensors**. 7 abr. 2022. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2472630322014935>. Acesso em: 2 jun. 2023.

TERSIGNI-TARRANT, M. A.; SHIRLEY, N. R. **Forensic Anthropology: An Introduction**. Boca Raton: Taylor & Francis Group, 2013.

UBELAKER, D. H. **The Global Practice of Forensic Science**. Chichester: John Wiley & Sons, 2015.

Vídeo reconstitui a morte de Isabella Nardoni. **Fantástico**. 20 jul. 2008. Disponível em: <https://globoplay.globo.com/v/858124/>. Acesso em: 28 de jun. de 2023.

WALLACE, J. S. **Chemical Analysis of Firearms, Ammunition, and Gunshot Residue**. Flórida: Taylor & Francis Group, 2008.

YUAN, H.; et al. **Trends in forensic microbiology: From classical methods to deep learning**. 30 mar. 2023. Disponível em:

<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmicb.2023.1163741/full>. Acesso em: 2 jun. 2023.

ZHANG, J.; et al. **Application of Microbiome in Forensics**. 27 ago. 2022.

Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1672022922000961>. Acesso em: 2 jun. 2023.

Anexo A - Lei n. 9.610, de 19 de fevereiro de 1998



Presidência da República
Casa Civil
Subchefia para Assuntos Jurídicos

LEI Nº 9.610, DE 19 DE FEVEREIRO DE 1998¹.

Altera, atualiza e consolida a legislação sobre direitos autorais e dá outras providências.

O PRESIDENTE DA REPÚBLICA Faço saber que o Congresso Nacional decreta e eu sanciono a seguinte Lei:

Título I - Disposições Preliminares

Art. 1º Esta Lei regula os direitos autorais, entendendo-se sob esta denominação os direitos de autor e os que lhes são conexos.

Art. 2º Os estrangeiros domiciliados no exterior gozarão da proteção assegurada nos acordos, convenções e tratados em vigor no Brasil.

Parágrafo único. Aplica-se o disposto nesta Lei aos nacionais ou pessoas domiciliadas em país que assegure aos brasileiros ou pessoas domiciliadas no Brasil a reciprocidade na proteção aos direitos autorais ou equivalentes.

Art. 3º Os direitos autorais reputam-se, para os efeitos legais, bens móveis.

Art. 4º Interpretam-se restritivamente os negócios jurídicos sobre os direitos autorais.

Art. 5º Para os efeitos desta Lei, considera-se:

I - publicação - o oferecimento de obra literária, artística ou científica ao conhecimento do público, com o consentimento do autor, ou de qualquer outro titular de direito de autor, por qualquer forma ou processo;

II - transmissão ou emissão - a difusão de sons ou de sons e imagens, por meio de ondas radioelétricas; sinais de satélite; fio, cabo ou outro condutor; meios óticos ou qualquer outro processo eletromagnético;

III - retransmissão - a emissão simultânea da transmissão de uma empresa por outra;

IV - distribuição - a colocação à disposição do público do original ou cópia de obras literárias, artísticas ou científicas, interpretações ou execuções fixadas e fonogramas, mediante a venda, locação ou qualquer outra forma de transferência de propriedade ou posse;

V - comunicação ao público - ato mediante o qual a obra é colocada ao alcance do público, por qualquer meio ou procedimento e que não consista na distribuição de exemplares;

VI - reprodução - a cópia de um ou vários exemplares de uma obra literária, artística ou científica ou de um fonograma, de qualquer forma tangível, incluindo qualquer armazenamento permanente ou temporário por meios eletrônicos ou qualquer outro meio de fixação que venha a ser desenvolvido;

VII - contrafação - a reprodução não autorizada;

VIII - obra:

a) em co-autoria - quando é criada em comum, por dois ou mais autores;

b) anônima - quando não se indica o nome do autor, por sua vontade ou por ser desconhecido;

c) pseudônima - quando o autor se oculta sob nome suposto;

d) inédita - a que não haja sido objeto de publicação;

e) póstuma - a que se publique após a morte do autor;

f) originária - a criação primígena;

g) derivada - a que, constituindo criação intelectual nova, resulta da transformação de obra originária;

h) coletiva - a criada por iniciativa, organização e responsabilidade de uma pessoa física ou jurídica, que a publica sob seu nome ou marca e que é constituída pela participação de diferentes autores, cujas contribuições se fundem numa criação autônoma;

i) audiovisual - a que resulta da fixação de imagens com ou sem som, que tenha a finalidade de criar, por meio de sua reprodução, a impressão de movimento, independentemente dos processos de sua captação, do suporte usado inicial ou posteriormente para fixá-lo, bem como dos meios utilizados para sua veiculação;

IX - fonograma - toda fixação de sons de uma execução ou interpretação ou de outros sons, ou de uma representação de sons que não seja uma fixação incluída em uma obra audiovisual;

X - editor - a pessoa física ou jurídica à qual se atribui o direito exclusivo de reprodução da obra e o dever de divulgá-la, nos limites previstos no contrato de edição;

XI - produtor - a pessoa física ou jurídica que toma a iniciativa e tem a responsabilidade econômica da primeira fixação do fonograma ou da obra audiovisual, qualquer que seja a natureza do suporte utilizado;

XII - radiodifusão - a transmissão sem fio, inclusive por satélites, de sons ou imagens e sons ou das representações desses, para recepção ao público e a transmissão de sinais codificados, quando os meios de decodificação sejam oferecidos ao público pelo organismo de radiodifusão ou com seu consentimento;

XIII - artistas intérpretes ou executantes - todos os atores, cantores, músicos, bailarinos ou outras pessoas que representem um papel, cantem, recitem, declamem, interpretem ou executem em qualquer forma obras literárias ou artísticas ou expressões do folclore.

Art. 6º Não serão de domínio da União, dos Estados, do Distrito Federal ou dos Municípios as obras por eles simplesmente subvencionadas.

¹ Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19610.htm.