BOCA
BOLETIM DE CONJUNTURA

A CONTRIBUIÇÃO DA BIOMEDICINA FORENSE NA PRODUÇÃO DA PROVA MATERIAL: RIGOR LABORATORIAL E A PRESERVAÇÃO DA FASE INTERNA DA CADEIA DE CUSTÓDIA

THE CONTRIBUTION OF FORENSIC BIOMEDICINE IN THE PRODUCTION OF MATERIAL EVIDENCE: LABORATORY RIGOR AND PRESERVATION OF THE INTERNAL PHASE OF THE CHAIN OF CUSTODY

LA CONTRIBUCIÓN DE LA BIOMEDICINA FORENSE EN LA PRODUCCIÓN DE LA PRUEBA MATERIAL: RIGOR LABORATORIAL Y LA PRESERVACIÓN DE LA FASE INTERNA DE LA CADENA DE CUSTODIA

https://doi.org/10.56238/bocav25n84-030

Data de submissão: 16/10/2026 **Data de publicação:** 16/11/2026

Kallyandra Kethellen Brum de Oliveira
E-mail: kally.oliveira13@gmail.com

Mariana Lopes Grassi Pestana
Professora Mestra

RESUMO

A evolução contemporânea das ciências forenses impôs uma profunda mudança de paradigma na persecução penal brasileira, consolidando a centralidade e a exatidão da prova material em detrimento da prova testemunhal. Nesse cenário de alta sofisticação biotecnológica, a Biomedicina Forense emerge como um campo estratégico fundamental, respaldado pelo Conselho Federal de Biomedicina (CFBM) e pela Lei nº 12.030/2009. No entanto, a eficácia das análises de bancada depende intrinsecamente da preservação histórica e cronológica dos vestígios (Cadeia de Custódia), conforme estipulado pela Lei nº 13.964/2019. O presente estudo investigou, com base na literatura científica contemporânea (2016–2026), a contribuição do profissional biomédico no âmbito da Perícia Criminal Oficial, correlacionando o rigor de suas práticas laboratoriais com a robustez e a validade jurídica da prova material. Metodologicamente, caracteriza-se como uma pesquisa de revisão bibliográfica da literatura, de natureza descritiva e abordagem qualitativa, com buscas retrospectivas nas bases SciELO, LILACS e PubMed. Os resultados demonstram que o domínio técnico-científico do biomédico em genética molecular (qPCR, STRs, NGS/MPS, aisSNPs/hisSNPs), toxicologia (CLAE-EM, CG-EM, HRMS, IA) e hematologia/sorologia (ATR-FTIR, UV-Vis, marcadores de RNA e CRISPR/Cas) eleva a exatidão diagnóstica. Ao mesmo tempo, sua observância rigorosa aos Procedimentos Operacionais Padrão (POPs) na fase interna da cadeia de custódia atua como uma blindagem epistemológica e jurídica contra contaminações cruzadas e nulidades processuais, legitimando o provimento jurisdicional.

Palavras-chave: Biomedicina Forense. Cadeia de Custódia. Prova Material. Fase Interna. Rigor Laboratorial.

ABSTRACT
The contemporary evolution of forensic sciences has imposed a profound paradigm shift in Brazilian criminal prosecution, consolidating the centrality and accuracy of physical evidence over testimonial evidence. In this scenario of high biotechnological sophistication, Forensic Biomedicine emerges as a fundamental strategic field, supported by the Federal Council of Biomedicine (CFBM) and Law No. 12,030/2009. However, the effectiveness of bench analyses intrinsically depends on the historical and chronological preservation of traces (Chain of Custody), as stipulated by Law No. 13,964/2019. This study investigated, based on contemporary scientific literature (2016–2026), the contribution of the biomedical professional within the scope of Official Criminal Expertise, correlating the rigor of their laboratory practices with the robustness and legal validity of physical evidence. Methodologically, it is characterized as a descriptive literature review with a qualitative approach, using retrospective searches in SciELO, LILACS, and PubMed databases. The results demonstrate that the technical-scientific domain of biomedicine in molecular genetics (qPCR, STRs, NGS/MPS, aisSNPs/hisSNPs), toxicology (HPLC-MS, GC-MS, HRMS, AI), and hematology/serology (ATR-FTIR, UV-Vis, RNA markers, and CRISPR/Cas) increases diagnostic accuracy. Simultaneously, strict adherence to Standard Operating Procedures (SOPs) in the internal phase of the chain of custody acts as an epistemological and legal shield against cross-contamination and procedural nullities, legitimizing judicial enforcement.

Keywords: Forensic Biomedicine. Chain of Custody. Physical Evidence. Internal Phase. Laboratory Rigor.

RESUMEN
La evolución contemporánea de las ciencias forenses ha impuesto un profundo cambio de paradigma en la persecución penal brasileña, consolidando la centralidad y la exactitud de la prueba material en detrimento de la prueba testimonial. En este escenario de alta sofisticación biotecnológica, la Biomedicina Forense emerge como un campo estratégico fundamental, respaldado por el Consejo Federal de Biomedicina (CFBM) y por la Ley nº 12.030/2009. Sin embargo, la eficacia de los análisis de laboratorio depende intrínsecamente de la preservación histórica y cronológica de los vestigios (Cadena de Custodia), conforme lo estipulado por la Ley nº 13.964/2019. El presente estudio investigó, sobre la base de la literatura científica contemporánea (2016–2026), la contribución del profesional biomédico en el ámbito de la Pericia Criminal Oficial, correlacionando el rigor de sus prácticas laboratoriales con la robustez y la validez jurídica de la prueba material. Metodológicamente, se caracteriza como una investigación de revisión bibliográfica de la literatura, de naturaleza descriptiva y enfoque cualitativo, con búsquedas retrospectivas en las bases SciELO, LILACS y PubMed. Los resultados demuestran que el dominio técnico-científico del biomédico en genética molecular (qPCR, STRs, NGS/MPS, aisSNPs/hisSNPs), toxicología (CLAE-EM, CG-EM, HRMS, IA) y hematología/serología (ATR-FTIR, UV-Vis, marcadores de ARN y CRISPR/Cas) eleva la exactitud diagnóstica. Al mismo tiempo, su cumplimiento riguroso de los Procedimientos Operacionales Estándar (POPs) en la fase interna de la cadena de custodia actúa como un blindaje epistemológico y jurídico contra contaminaciones cruzadas y nulidades procesales, legitimando la providencia jurisdiccional.

Palabras clave: Biomedicina Forense. Cadena de Custodia. Prueba Material. Fase Interna. Rigor Laboratorial.

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, as ciências forenses passaram por transformações importantes no Brasil, substituindo gradualmente a dependência dos depoimentos testemunhais pela precisão da prova material (Batista *et al.*, 2024; Piovezani, 2020). Essa evolução exige métodos periciais cada vez mais sensíveis, capazes de isolar vestígios biológicos mínimos, identificar marcadores genéticos e detectar substâncias químicas complexas que chegam aos laboratórios criminais (Santos & Pacheco, 2023).

Com o aumento da exigência por rigor técnico, a Biomedicina Forense se consolidou como uma área essencial. Amparado pelas resoluções do Conselho Federal de Biomedicina (CFBM) e pela legislação vigente, o biomédico aplica conhecimentos de genética molecular, hematologia e toxicologia analítica diretamente na investigação e elucidação de crimes (Calixto, 2025; Gutierrez *et al.*, 2025).

No entanto, o sucesso das análises laboratoriais depende do controle rigoroso da história do vestígio, processo conhecido como Cadeia de Custódia e regulamentado pela Lei nº 13.964/2019 (Pacote Anticrime) (Lobão Sobrinho, 2021). Esse procedimento divide-se em duas etapas principais: a fase externa, realizada no local do crime com a coleta do material, e a fase interna, que abrange desde a recepção e o processamento até a análise e o armazenamento da amostra no laboratório.

Na fase interna, o trabalho do biomédico é determinante. O manuseio incorreto, falhas na triagem ou a não observância das normas de biossegurança podem degradar a amostra ou provocar contaminação cruzada (Pereira, 2025). Qualquer quebra nesse fluxo compromete a idoneidade da prova material, podendo gerar nulidades no processo e colocar em risco a segurança das decisões judiciais (Barbosa, 2023).

Diante desse contexto, o presente estudo busca responder ao seguinte problema de pesquisa: de que maneira a literatura científica recente caracteriza as contribuições analíticas e os desafios práticos do profissional biomédico na produção da prova pericial e na preservação da fase interna da cadeia de custódia?

O objetivo geral desta pesquisa é investigar, com base na literatura científica contemporânea (2016–2026), a contribuição do profissional biomédico no âmbito da Perícia Criminal Oficial, correlacionando o rigor de suas práticas laboratoriais com a validade jurídica da prova material. Como objetivos específicos, busca-se: a) sistematizar as normas, legislações federais e resoluções do CFBM que fundamentam a atuação forense do biomédico; b) mapear as principais ferramentas e metodologias

analíticas utilizadas em genética, toxicologia e hematologia pericial; e c) discutir como a atuação biomédica laboratorial assegura a integridade dos vestígios na fase interna da cadeia de custódia.

A justificativa deste trabalho fundamenta-se na sua relevância acadêmica, social e jurídica. Diante do surgimento constante de novas drogas sintéticas e da necessidade de métodos avançados para identificar perfis genéticos em amostras complexas, o rigor biomédico reduz a chance de falhas analíticas (Batista *et al.*, 2024). Além disso, ao demonstrar a importância da preservação dos vestígios no ambiente laboratorial, o estudo contribui para a garantia de julgamentos mais justos e oferece uma reflexão atualizada para estudantes, profissionais e pesquisadores da área.

Para melhor compreensão, este artigo está estruturado em quatro seções principais: após esta Introdução, apresentam-se os Materiais e Métodos utilizados na pesquisa; em seguida, os Resultados e Discussão fundamentados na literatura; e, por fim, as Considerações Finais e Referências.

2 METODOLOGIA

Este estudo caracteriza-se como uma pesquisa de revisão de literatura, de natureza descritiva e com abordagem qualitativa. Essa escolha metodológica permitiu reunir, organizar e analisar o conhecimento científico já publicado sobre o tema, facilitando a compreensão sobre o papel do biomédico e a segurança jurídica da prova material (Cavalcante & Oliveira, 2020).

O levantamento e a coleta de dados secundários foram executados de forma retrospectiva, abrangendo publicações editadas no recorte temporal de 2016 a 2026. Para a seleção do material analítico, realizaram-se buscas em três bases de dados de relevante cobertura na área da saúde e ciências biomédicas: Scientific Electronic Library Online (SciELO), PubMed e Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde (LILACS).

Para encontrar os trabalhos adequados, utilizaram-se descritores cadastrados nas plataformas DeCS e MeSH, além de termos livres e operadores booleanos (AND e OR). A combinação das palavras-chave variou de acordo com a base consultada, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Estratégia de busca e descritores utilizados

Base de Dados	Idiomas	Categoria de busca e descritores
SciELO	Português e Espanhol	“Cadeia de Custódia” OR “Biomedicina Forense” AND “Prova Material”
LILACS	Português e Espanhol	“Perícia Criminal” OR “Prova Material” AND “Fase Interna”
PubMed	Inglês	"Forensic Biology" OR "Biomedical Science") AND ("chain of custody" OR "Forensic Chemistry"

Fonte: Autora (2026)

Os critérios de inclusão definidos para a escolha dos materiais foram: artigos científicos originais e completos, dissertações, teses e resoluções normativas do Conselho Federal de Biomedicina (CFBM) e órgãos federais; publicados no período de 2016 a 2026; nos idiomas português, inglês e espanhol; que tratassem diretamente das rotinas laboratoriais do biomédico forense e, ainda da preservação da fase interna da cadeia de custódia.

Como critérios de exclusão, foram descartados: artigos duplicados entre as bases, textos sem fundamentação metodológica (como editoriais, cartas e notas informativas), resumos publicados em anais de congressos e trabalhos que não tinham relação com a atuação legal do biomédico na área criminal.

Por fim, o material selecionado passou por leitura atenta e os dados foram organizados em três eixos principais de discussão: a regulamentação profissional, as técnicas de análise laboratorial e a importância do rigor na fase interna da cadeia de custódia.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise da literatura selecionada permitiu organizar os resultados em três eixos principais, mostrando como a regulamentação profissional, as tecnologias laboratoriais e o rigor com os procedimentos se unem para consolidar a importância do biomédico na Perícia Criminal Oficial.

3.1 REGULAMENTAÇÃO E AMPARO LEGAL DA BIOMEDICINA FORENSE NO BRASIL

A atuação do biomédico na área forense no Brasil é fruto de um processo contínuo de regulamentação, motivado pela busca crescente do sistema de justiça por exames científicos mais precisos (Der Lann, 2026). O ponto de partida ocorreu com as resoluções do Conselho Federal de

Biomedicina (CFBM), que reconheceram a Biologia Forense como uma habilitação legal da profissão, autorizando o biomédico a emitir laudos e realizar exames periciais (Der Lann, 2026).

Essa atuação do conselho foi fundamental para definir os limites do exercício profissional. Com isso, garantiu-se que o biomédico pudesse aplicar na investigação criminal o conhecimento adquirido em áreas como patologia clínica, imunologia, biologia molecular e toxicologia, sempre dentro de normas éticas e técnicas rigorosas (Calixto, 2025; Der Lann, 2026).

No âmbito da legislação federal, a atuação do biomédico em órgãos de Segurança Pública e na Polícia Científica é garantida pela Lei nº 12.030/2009, que regulamentou as perícias oficiais no país (Brasil, 2009). Essa lei passou a exigir ensino superior específico para o cargo de Perito Oficial Criminal, permitindo que os biomédicos disputem vagas em concursos públicos em igualdade de condições com outros profissionais (Brasil, 2009; Gutierrez *et al.*, 2025).

A literatura destaca que a inserção do biomédico na perícia atendeu à necessidade de substituir impressões empíricas por métodos científicos modernos, auditáveis e com resultados seguros (Pinheiro & Cerqueira, 2025). Assim, o amparo legal garante ao biomédico, legitimidade para atuar como perito, produzindo laudos imparciais e com grande valor para o processo penal.

3.2 APLICAÇÕES PRÁTICAS DA BIOMEDICINA: GENÉTICA, TOXICOLOGIA E HEMATOLOGIA FORENSE

Na rotina dos laboratórios criminais, o biomédico destaca-se pelo uso de tecnologias avançadas para identificar e analisar vestígios biológicos e químicos com alta precisão (Gutierrez *et al.*, 2025). Os estudos analisados apontam três grandes áreas de atuação:

3.2.1 Genética Forense

A genética forense consolidou-se como uma das ferramentas mais resolutivas no processo de identificação humana e na elucidação de crimes violentos. O fluxo analítico tradicional baseia-se na extração de ácido desoxirribonucleico (DNA), quantificação por Reação em Cadeia da Polimerase em Tempo Real (qPCR) e amplificação de regiões de Repetições Curtas em Tândem (STRs), seguidas por eletroforese capilar (Santos & Pacheco, 2023).

Contudo, o avanço tecnológico expandiu substancialmente as fronteiras da biologia molecular de bancada. Essas inovações analíticas permitem hoje o processamento bem-sucedido de amostras

altamente degradadas, vestigiais ou com baixa quantidade de molde, conhecidas como DNA *touch* (Santos & Pacheco, 2023).

O advento do Sequenciamento de Nova Geração (NGS) ou Sequenciamento Massivo em Paralelo (MPS) revolucionou a genética forense. A técnica viabiliza a análise simultânea de múltiplos marcadores, como STRs autossômicos, marcadores de linhagem (cromossomo Y e DNA mitocondrial), Polimorfismos de Nucleotídeo Único de Ancestralidade (aisSNPs) e de Fenótipo (hisSNPs) (Sunganani *et al.*, 2025).

A aplicação do NGS permite o perfilamento de amostras degradadas e a predição de traços fenotípicos visíveis, tais como cor dos olhos, cabelo e pele, além da origem biogeográfica do indivíduo (Sunganani *et al.*, 2021). Essa abordagem fornece pistas investigativas decisivas nos casos em que não há correspondência prévia nos bancos de dados genéticos (Sunganani *et al.*, 2021).

Paralelamente, abordagens ômicas promissoras vêm redefinindo a estimativa do Intervalo Pós-Morte (PMI). A análise do transcriptoma e a metabolômica analítica no PMI permitem mapear a degradação temporal de RNA e metabólitos em tecidos cadavéricos, estabelecendo marcadores moleculares com elevada precisão cronológica (Szeremeta *et al.*, 2021).

Adicionalmente, a validação de biomarcadores salivares e a integração da botânica forense ampliam a capacidade do laboratório pericial (Szeremeta *et al.*, 2021). A identificação molecular de micro-vestígios vegetais e grãos de pólen aderidos a evidências viabiliza a associação direta entre suspeitos, vítimas e o local do crime com máxima segurança probatória (Szeremeta *et al.*, 2021).

Por fim, a manutenção da dinâmica dos vestígios na cadeia de custódia e a padronização dos protocolos de extração continuam sendo a espinha dorsal da área. A garantia de que o perfil genético obtido na bancada seja isento de contaminações e rastreável desde a cena do crime até a fase judicial assegura a higidez do laudo pericial (Santos & Pacheco, 2023).

3.2.2 Toxicologia Forense

A rotina da toxicologia forense destaca-se pela realização de exames em etapas, divididos em testes rápidos de triagem (como ensaios imunoenzimáticos - ELISA) e exames confirmatórios de alta precisão (Santos & Pacheco, 2023).

O uso de equipamentos como Cromatografia Gasosa (CG) e Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE), ambas ligadas à Espectrometria de Massas (EM), permite identificar e quantificar

drogas, venenos, medicamentos e Novas Substâncias Psicoativas (NSP) em amostras biológicas como sangue, urina, cabelo e humor vítreo (Santos & Pacheco, 2023).

A consolidação da espectrometria de massas acoplada à cromatografia gasosa ou líquida (GC-MS e LC-MS) revolucionou a toxicologia analítica ao superar as limitações de sensibilidade dos exames de triagem tradicionais (Peters & Wissenbach, 2023). O emprego dessas plataformas analíticas permite o rastreio amplo e a confirmação segura de compostos e seus metabólitos, fundamentando a interpretação do laudo pericial (Peters & Wissenbach, 2023).

Nesse contexto analítico, a cromatografia líquida acoplada à espectrometria de massas em tândem (LC-MS/MS) consolidou-se como o padrão-ouro na toxicologia forense para a detecção de substâncias controladas e seus derivados (Boscolo-Berto, 2024).

Paralelamente, a identificação dos metabólitos resultantes da biotransformação biológica de substâncias ilícitas atua como um marcador forense fundamental na bancada (Mandal *et al.*, 2026). A detecção desses metabólitos específicos por meio de LC-MS/MS e Espectrometria de Massas de Alta Resolução (HRMS) permite ao perito comprovar a exposição recente, diferenciar a ingestão do contato externo e interpretar a toxicidade nas diversas matrizes biológicas (Mandal *et al.*, 2026).

O surgimento contínuo de Novas Substâncias Psicoativas (NSP) e drogas de síntese (*designer drugs*) impõe desafios constantes à rotina do laboratório pericial (Krotulski *et al.*, 2025). Embora os imunoensaios mantenham relevância na triagem rápida, a incorporação da HRMS aliada à cromatografia e à estruturação de fluxos analíticos otimizados garante a identificação e quantificação precisa dessas drogas emergentes e de seus metabólitos (Krotulski *et al.*, 2025; Sreesahithi, Revu & Neduri, 2026).

Essa necessidade de aprimoramento contínuo nos laboratórios é confirmada por dados epidemiológicos globais, que mostram um aumento expressivo na detecção de NSPs em casos de mortes suspeitas (Tyagi *et al.*, 2025). A ampliação da capacidade analítica dos laboratórios e a padronização de painéis por LC-MS/MS foram fundamentais para identificar a presença de opioides sintéticos e outras drogas emergentes em amostras cadavéricas (Tyagi *et al.*, 2025).

Diante da rápida mutação química dessas substâncias, a aplicação da Inteligência Artificial (IA) e do aprendizado de máquina emergiu como uma solução tecnológica decisiva (Wishart, Kovur & López-Hernández, 2026). A integração de algoritmos de IA na rotina analítica permite prever estruturas moleculares, identificar substâncias não cadastradas e antecipar perfis metabólicos em tempo recorde (Wishart, Kovur & López-Hernández, 2026).

Em paralelo, pesquisas apontam a aplicação da metabolômica analítica e de abordagens multi-ômicas como ferramentas promissoras para a consolidação da toxicologia forense de precisão (Szeremeta *et al.*, 2021; Nurkolis *et al.*, 2026). Essa sinergia entre toxicogenômica e inteligência artificial permite ao laboratório elucidar envenenamentos e intoxicações graves ao identificar respostas biológicas individuais com elevada sensibilidade (Nurkolis *et al.*, 2026).

Adicionalmente, a rotina do laboratório pericial enfrenta o desafio da análise de matrizes não biológicas complexas, como alimentos e bebidas adulterados em crimes facilitados por drogas (Woo, Park & Han, 2026). A aplicação de protocolos específicos de extração (como o QuEChERS) combinados à LC-MS e GC-MS viabiliza a quantificação precisa de canabinoides, benzodiazepínicos e opioides em amostras apreendidas, garantindo solidez técnica ao laudo pericial (Woo, Park & Han, 2026).

3.2.3 Hematologia e Sorologia Forense

A prática da hematologia e sorologia forense envolve testes para identificar e caracterizar manchas de sangue e outros fluidos em superfícies e objetos. A rotina utiliza reações colorimétricas ou o luminol para quimioluminescência como exames de triagem, além do diagnóstico do formato e da espécie do sangue, informações essenciais para a reconstituição da dinâmica delituosa (Santos & Pacheco, 2023).

Para além do diagnóstico de presença e do padrão de respingos, avanços no campo da hematologia forense viabilizam a estimativa do tempo de deposição ou idade da mancha de sangue (Bergmann *et al.*, 2025). O emprego da espectroscopia Ultravioleta-Visível (UV-Vis) permite monitorar as alterações cromáticas e a degradação química da hemoglobina ao longo do tempo de forma não destrutiva, fornecendo elementos temporais cruciais para o processo penal (Bergmann *et al.*, 2025).

Do mesmo modo, a literatura científica recente reforça que a análise do envelhecimento de manchas de sangue combinando propriedades bioquímicas, cromatográficas e processamento de imagem permite estimar o momento de ocorrência do fato com maior precisão (Han *et al.*, 2024). Essa abordagem temporal no laboratório pericial é decisiva para confirmar ou afastar o vínculo de suspeitos e objetos com a cena do crime (Han *et al.*, 2024).

Paralelamente, o estudo da cinética de degradação temporal do DNA e do RNA em manchas de sangue estabelece um cronômetro biomolecular de bancada (Bukhari *et al.*, 2025). O foco na

estabilidade diferencial de alvos gênicos específicos, como *HBA* e *ALAS2*, fornece estimativas temporais precisas e orienta o aproveitamento otimizado do material genético degradado para a reconstrução pericial (Bukhari *et al.*, 2025).

Somando-se às abordagens temporais, a introdução de técnicas não destrutivas de bancada expandiu a capacidade analítica da área (Alkhuder, 2022). O emprego da espectroscopia no infravermelho por transformada de Fourier com refletância total atenuada (ATR-FTIR) permite identificar, caracterizar e diferenciar fluidos biológicos como a distinção entre sangue periférico e menstrual com consumo mínimo de amostra, preservando a integridade do vestígio para subsequentes exames (Alkhuder, 2022).

Na mesma linha de inovação, o emprego de marcadores moleculares baseados na expressão de microRNAs (miRNAs), mRNAs (cSNPs) e no perfil de expressão gênica (*RNA profiling*) consolidou-se como uma estratégia de alta especificidade no laboratório (Wang *et al.*, 2022; Hamza *et al.*, 2024; Liu *et al.*, 2025). A análise dessas moléculas de RNA supera as limitações dos métodos imunológicos e enzimáticos tradicionais perante amostras escassas, mistas ou severamente degradadas, permitindo confirmar o tipo de fluido biológico (Wang *et al.*, 2022; Hamza *et al.*, 2024).

Complementarmente, a recente incorporação de tecnologias baseadas no sistema CRISPR/Cas (como a plataforma SHERLOCK) representa um marco de extrema sensibilidade na biologia molecular forense (Wang *et al.*, 2025). A detecção rápida de alvos de mRNA específicos (*MMP10* e *STC1*) via CRISPR viabiliza a identificação precisa de fluidos como o sangue menstrual, mesmo em amostras altamente degradadas, envelhecidas ou mistas (Wang *et al.*, 2025).

Por fim, pesquisas atuais destacam que as propriedades de especificidade, estabilidade e polimorfismo das moléculas de RNA permitem atribuir o vestígio diretamente ao seu respectivo doador (*contributor assignment*) (Liu *et al.*, 2026). Essa abordagem molecular avançada conecta a análise de sorologia de bancada à individualização genético-forense, garantindo suporte científico robusto e máxima segurança probatória ao laudo pericial (Liu *et al.*, 2025; Liu *et al.*, 2026).

3.3 A ATUAÇÃO DO BIOMÉDICO NA FASE INTERNA DA CADEIA DE CUSTÓDIA

Mesmo com equipamentos modernos, a validade de uma prova no tribunal depende de comprovar que ela foi bem cuidada e preservada desde a coleta até o seu descarte (Lobão Sobrinho, 2021). Esse controle foi transformado em exigência legal pela Lei nº 13.964/2019 (Pacote Anticrime),

tornando a Cadeia de Custódia obrigatória para que uma evidência seja aceita em um processo judicial (Lobão Sobrinho, 2021).

Na divisão desse processo, o biomédico assume papel central na chamada fase interna da cadeia de custódia, que vai desde o momento em que a amostra chega ao laboratório até a conclusão das análises e o correto armazenamento do material (Pereira, 2025). Ao receber o vestígio no laboratório, o biomédico deve seguir procedimentos rígidos: verificar o estado dos lacres, conferir a documentação e os números de identificação, armazenar a amostra na temperatura adequada e registrar cada movimento em livros ou sistemas digitais (Pereira, 2025; Pinheiro & Cerqueira, 2025).

O cumprimento dos Procedimentos Operacionais Padrão (POPs) e das regras de biossegurança evita trocas de amostras, degradação do material ou contaminação cruzada, seja entre vestígios ou pelo próprio profissional (Pereira, 2025).

Conforme apontado pelos pesquisadores, a quebra da cadeia de custódia por falhas ou falta de registros na fase laboratorial invalida a prova material, impedindo seu uso no processo criminal (Barbosa, 2023; Lobão Sobrinho, 2021). Assim, o cuidado e a responsabilidade do biomédico na bancada servem como uma garantia legal de que a Justiça tomará decisões baseadas em provas reais, seguras e imparciais.

A integridade no processamento dos vestígios no laboratório é reforçada por estudos internacionais que abordam a dinâmica de transferência, persistência e recuperação do DNA (Kokshoorn & Luijsterburg, 2023). A documentação rigorosa da fase interna e a correta interpretação da origem dos vestígios biológicos garantem o suporte científico necessário para a valoração da prova no processo penal (Kokshoorn & Luijsterburg, 2023).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo evidenciou que a atuação do biomédico perito na ciência forense consolida-se como um pilar essencial para a garantia da segurança probatória e para a fundamentação científica do processo penal. A multidisciplinaridade intrínseca à Biomedicina permite ao profissional transitar com rigor técnico entre a rotina de bancada, o controle de qualidade analítico e a interpretação de dados científicos complexos, assegurando que o vestígio biológico seja transformado em prova idônea e alinhada à cadeia de custódia.

A evolução observada nas subseções analíticas demonstra que a perícia biomédica vivencia uma transição marcante dos métodos qualitativos tradicionais para plataformas moleculares e físico-

químicas de alta resolução. Na genética forense, a introdução do sequenciamento de nova geração (NGS) e das abordagens ômicas expandiu a capacidade de identificação individual e estimativa do intervalo pós-morte, permitindo o aproveitamento de amostras escassas e degradadas.

De forma equivalente, a toxicologia forense estabeleceu novos parâmetros de precisão analítica ao consolidar a cromatografia acoplada à espectrometria de massas (LC-MS/MS e HRMS), a inteligência artificial e a metabolômica no rastreio de novas substâncias psicoativas e na análise de matrizes não biológicas complexas. Por sua vez, a hematologia e sorologia forense incorporou tecnologias ópticas não destrutivas (ATR-FTIR, UV-Vis), cronômetros biomoleculares de degradação temporal e marcadores de RNA (miRNAs, mRNAs e sistema CRISPR/Cas), viabilizando o diagnóstico específico de fluidos e a determinação exata da idade da mancha de sangue.

Conclui-se que o aprimoramento contínuo dos protocolos operacionais e a constante atualização científica dos peritos biomédicos são indispensáveis para responder aos desafios impostos pelas novas dinâmicas criminais. A integração entre a inovação tecnológica de bancada e o respeito estrito aos preceitos éticos e legais reafirma a Biomedicina Forense como um instrumento indispensável à busca da verdade material e à promoção da justiça.

REFERÊNCIAS

ALKHUDER, K. Espectroscopia de infravermelho por transformada de Fourier com reflexão total atenuada: uma técnica analítica universal com aplicações promissoras em análises forenses. **Revista Internacional de Medicina Legal** .2022 Nov;136(6):1717-1736. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36050421/. Acesso em: 05 nov. 2026.

BARBOSA, A. G. **A inovação da cadeia de custódia como instrumento de segurança juridica processoal penal brasileira**. 2023. 60f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Direito). Universidade Presbiteriana Mackenzi. São Paulo, 2023. Disponível em: https://dspace.mackenzie.br/items/3ae32ff1-963d-4877-8134-7d77b3101d99. Acesso em: 21 jun. 2026

BATISTA, F. S.; SILVA, L. M. S; BATISTA, R. S.; SOUZA, N. R. O papel do biomédico na perícia criminal através da análise forense de amostras biológicas. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, *[S. l.]*, v. 10, n. 10, p. 1628–1644, 2024. Disponível em: https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/16019. Acesso em: 13 jun. 2026.

BERGMANN, T. *et al.* Chronology of forensic bloodstain age estimation using UV-Vis spectroscopy-A comprehensive review. **Forensic Sci Int.** 2025 Sep:374:112530. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40592126/. Acesso em: 05 nov, 2026

BOSCOLO-BERTO, R. Desafios e tendências futuras da toxicologia forense para se manter na vanguarda. **Adv Clin Exp Med.**2024 maio;33(5):423-425. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38515257/. Acesso em: 05 nov. 2026.

BRASIL. Lei nº 12.030 de 17 de setembro de 2009. **Dispõe sobre as perícias oficiais e dá outras providências**. Planalto. Disponivel em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/l12030.htm. Acesso em: 13 jun. 2026.

BRASIL. Lei nº 13.964 de 24 de dezembro de 2019. **Aperfeiçoa a legislação penal e processo penal. Planalto**. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2019/lei/l13964.htm. Acesso em: 13 jun, 2026.

BUKHARI, R. *et al.* Análise molecular da degradação de DNA e RNA dependente do tempo em manchas de sangue: estabilidade diferencial dos alvos dos genes HBA e ALAS2 e suas implicações forenses. **Relatórios de Biologia Molecular**, v. 53, n. 1, p. 210, 2025. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/41410823/. Acesso em: 05 nov. 2026.

CALIXTO, P. H. M. A Expansão dos Cursos de Biomedicina no Brasil: Análise do Crescimento, do Advento do Ensino a Distância (EaD) e suas Implicações para a Formação Profissional e o Mercado de Trabalho**. UNISANTA Bioscience.** v. 14, n. 1 (2025). p. 194-202. Disponível em: https://periodicos.unisanta.br/BIO/article/view/2913. Acesso em: 12 jun. 2026.

CAVALCANTE, L. T. C.; OLIVEIRA, A. A. S. Métodos de revisão bibliográficas nos estudos científicos. **Psicol. rev.** (Belo Horizonte) vol.26 no.1 Belo Horizonte jan./abr. 2020. Disponível em: https://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1677-11682020000100006. Acesso em: 13 jun. 2026.

DER LAAN, J. L. V. A relevância da biomedicina forense para elucidar crimes. **Ciências da Saúde**, V. 30 - Edição 154/jan 2026. Disponível em: https://revistaft.com.br/a-relevancia-da-biomedicina-forense-para-elucidar-crimes/. Acesso em: 12 jun. 2026.

GUTIERREZ, A. G. A. *et al.* Atuação do biomédico em investigações laboratoriais como perido criminal. **Revista Foco** (Interdisciplinary Studies Journal), 2025, v. 18, n. 11, p. 1, doi. 10.54751/revistafoco.v18n11-294. Disponivel em: https://openurl.ebsco.com/EPDB%3Agcd%3A2%3A23091282/detailv2?sid=ebsco%3Aplink%3Ascholar&id=ebsco%3Agcd%3A190292727&crl=c&link_origin=scholar.google.com. Acesso em: 12 jun. 2026.

HAMZA, M. *et al.* Avanços na identificação de fluidos corporais: marcadores de MiRNA como ferramenta poderosa. **International Journal of Legal Medicine**, v. 138, n. 4, p. 1223-1232, 2024. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38467753. Acesso em: 05 nov. 2026.

HAN, Q. *et al.* Current Status and Prospects of Bloodstain Age Estimation Technology. **Fa Yi Xue Za Zhi.** 2024 Oct 25;40(5):468-475. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39992339/. Acesso em: 05 nov, 2026.

KOKSHOORN, B.; LUIJSTERBURG, M. Reporting on forensic biology findings given activity level issues in the Netherlands. **Forensic Science International**, v. 343, p. 111545, 2023. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36634430/. Acesso em: 05 nov. 2026.

KROTULSKI, Alex J. e outros. Avanços na metodologia analítica para a detecção de novas substâncias psicoativas: uma revisão. **Journal of Analytical Toxicology**, 10 de março de 2025;49(3):152-169. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39786399/. Acesso em: 05 nov. 2026.

LIU, Z. *et al.* mRNA for Body Fluid and Individual Identification. **Electrophoresis**. 2025 Jan;46(1-2):44-55. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39498727/. Acesso em: 05 nov. 2026.

LIU, Z. *et al.* **Application of RNA markers in forensic body fluid analysis: from specificity and stability to polymorphism.** Int J Legal Med. 2026 Mar;140(2):587-604. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/41249520/. Acesso em: 05 nov. 2026.

LOBÃO SOBRINHO, M. Q. **Cadeia de custódia das provas digitais : a perícia técnica como instrumento das garantias**. São Cristóvão, 2021. Monografia (graduação em Direito) – Departamento em Direito, Centro de Ciências Sociais Aplicadas, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, 2021. Disponivel em: https://ri.ufs.br/handle/riufs/14545. Acesso em: 12 jun. 2026.

MANDAL, P. *et al.* Revisão de Literatura sobre as implicações forenses do metabilismo de drogas ilícitas: uma perspectiva da química medicinal. **J Forensic Leg Med** 2026 May:120:103158. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/41598210/. Acesso em: 05 nov. 2026.

NURKOLIS, F. *et al* Precision forensic toxicology: Leveraging Toxicogenomics, multi-omics, and artificial intelligence for next-generation poisoning investigations. **Acta Clínica Chim**. 2027 Feb 15:593:121239. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/42476280/. Acesso em: 05 nov. 2026.

PACHECO, L. C.; VARGAS, E. G. Utilização de técnicas moleculares em técnicas forenses na identificação de cadáveres: uma revisão bibliográfica. **Revista Ciência e Saúde**. v. 9, n1 (2025). Disponivel em: http://revistas.uceff.edu.br/reviva/article/view/495. Acesso em: 12 jun. 2026.

PEREIRA, A. C. O. **Aspectos técnicos, bioéticos e regulatórios na prevenção de erros em laboratórios de análises clínicas**. 2025. 55 f. Trabalho de Conclusão de Curso. (Licenciatura em Ciências Biológicas) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Águas Lindas de Goiás, 2025. Disponível em: https://repositorio.ifg.edu.br/handle/prefix/2398. Acesso em: 12 jun. 2026.

PETERS, F. T.; WISSENBACH, D. K. Current state-of-the-art approaches for mass spectrometry in clinical toxicology: an overview. **Expert Opin Drug Metab Toxicol** 2023 Jul-Dec;19(8):487-500. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37615282/. Acesso em: 05 nov. 2026.

PINHEIRO, J. N. L.; CERQUEIRA, G. R. O biomédico na perícia criminal: contribuições da aplicação de técnicas de biologia molecular. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, *[S. l.]*, v. 11, n. 10, p. 4957–4973, 2025. Disponível em: https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/21748. Acesso em: 13 jun. 2026.

PIOVEZANI, L. B. S. **Confiabilidade da prova testemunhal no processo penal brasileiro: a presunção de legitimidade da palavra dos agentes policiais**. 2020. 65 f. Monografia (Bacharel em Ciências Jurídicas e Sociais). Curso de Direito. Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, RS, 2020. Disponivel em: https://repositorio.upf.br/items/37e58b99-2b57-44c1-aac6-6034524e606f. Acesso em: 12 jun. 2026.

SANTOS, A. A. B.; PACHECO, C. S. V.. Atuação do biomédico na toxicologia forense. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, *[S. l.]*, v. 9, n. 10, p. 3940–3952, 2023. Disponível em: https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/11875. Acesso em: 13 jun. 2026.

SREESAHITHI, D.; REVU, N.; NEDURI, K. Psychoactive Substances: Analytical Strategies for the Identification of Designer Drugs in Forensic and Clinical Contexts**. Addict Health**. 2026 Jan:18:1707. Disponível em https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/42898482/. Acesso em: 05 nov. 2026.

SUNGANANI, N. *et al.* Aplicações forenses de marcadores Y-STR em rápida mutação: status atual e perspectivas futuras. Medicina **Forense Pothol**. Março de 2026.; 22(1): 372-387. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/41148463/. Acesso em: 05 nov, 2026.

SZEREMETA, M. *et al.* Applications of Metabolomics in Forensic Toxicology and Forensic **Medicine**. **Int J Mol Sci.** 2021 Mar 16;22(6):3010. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33809459/. Acesso em: 05 nov. 2026.

TYAGI, S. *et al.* Global Patterns of Fatalities With Toxicological Detection of Novel Psychoactive Substances: A Systematic Review and Meta-analysis. **Cureus**. 2025 Dec 18;17(12):e99586. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/41573470/. Acesso em: 05 nov. 2026.

WANG, S.Y. *et al.* Application and Prospect of RNA Profiling Analysis in Forensic Body Fluid Identification. **Fa Yi Xue Za Zhi.** 2022 Dec 25;38(6):763-773.Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36914393/. Acesso em: 05 nov. 2026.

WANG, Z. *et al.* mRNA for Body Fluid and Individual **Identification Electrophoresis.** 2025 Jan;46(1-2):44-55. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36914393/. Acesso em: 05 nov. 2026.

WISHART, D. nurkS.; KOVUR, R.; LÓPEZ-HERNÁNDEZ, A. Novel Psychoactive Substances: Slaying the Dragon With Artificial Intelligence. **Ther Drug Monit.** 2026 Apr 1;48(2):149-159. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/41413933/. Acesso em: 05 nov. 2026.

WOO, H. PARK, J. U. HAN, E. Matrix-dependent analytical strategies for the detection of drug-infused foods: A comprehensive review. **Forensic Sci Int.** 2026 Sep:386:112982. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/42068667/. Acesso em: 05, nov. 2026.