



**CENTRO UNIVERSITÁRIO GOYAZES - UNIGOYAZES**  
**CURSO DE BIOMEDICINA**

**EFICÁCIA DE MÉTODOS DE IDENTIFICAÇÃO POR DNA EM AMOSTRAS  
DEGRADADAS DE SANGUE, SALIVA E OUTROS FLUIDOS CORPORAIS:**  
**Protocolos forenses modernos e desafios**

**Grazielly Cristiny Da Silva Souza**  
**Murielly Marques de Sousa Santos**

**Orientador (a): Profª. Esp. Cássia Vieira Cintra**

TRINDADE-GO  
2025  
**CENTRO UNIVERSITÁRIO GOYAZES - UNIGOYAZES**  
**CURSO DE BIOMEDICINA**

**EFICÁCIA DE MÉTODOS DE IDENTIFICAÇÃO POR DNA EM AMOSTRAS  
DEGRADADAS DE SANGUE, SALIVA E OUTROS FLUIDOS CORPORAIS:  
Protocolos forenses modernos e desafios**

**Grazielly Cristiny Da Silva Souza  
Murielly Marques de Sousa Santos**

**Artigo científico apresentado ao Centro  
Universitário Goyazes como requisito  
parcial à obtenção do título de bacharel em  
Biomedicina.**

**Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Esp. Cássia Vieira Cintra**

**TRINDADE-GO**

**2025**

**Grazielly Cristiny Da Silva Souza  
Murielly Marques de Sousa Santos**

**EFICÁCIA DE MÉTODOS DE IDENTIFICAÇÃO POR DNA EM AMOSTRAS  
DEGRADADAS DE SANGUE, SALIVA E OUTROS FLUIDOS CORPORAIS:  
Protocolos forenses modernos e desafios**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Centro Universitários  
Goyazes – UniGoyazes como requisito  
parcial à obtenção do título de Bacharel em  
Biomedicina, aprovada pela seguinte  
banca examinadora.

Prof<sup>a</sup>. Cássia Vieira Cintra  
Centro Universitário Goyazes - UniGoyazes

Prof. Esp. Luciano Gonçalves Nogueira  
Centro Universitário Goyazes - UniGoyazes

Prof<sup>a</sup>. Jennifer Silva Rosa

Membro Externo

**EFICÁCIA DE MÉTODOS DE IDENTIFICAÇÃO POR DNA EM AMOSTRAS  
DEGRADADAS DE SANGUE, SALIVA E OUTROS FLUIDOS CORPORAIS:  
PROTOCOLOS FORENSES MODERNOS E DESAFIOS**

Grazielly Cristiny da Silva Souza<sup>11</sup>; Murielly Marques de Sousa Santos<sup>1</sup>;  
Cássia  
Vieira  
Cintra<sup>2</sup>

## RESUMO

**Objetivo:** analisar os métodos de identificação por DNA aplicados a amostras de sangue, saliva e outros fluidos corporais degradados. **Metodologia:** revisão integrativa da literatura com abordagem qualitativa e descritiva, estruturada seguindo as diretrizes do PRISMA. **Resultados:** indicam que técnicas como mini STR e qPCR são mais eficazes na análise de amostras degradadas, superando o PCR convencional. A literatura evidencia avanços tecnológicos na recuperação e identificação do DNA, especialmente de amostras de sangue e saliva, considerando diferentes condições ambientais. **Conclusão:** técnicas como mini STR e qPCR demonstraram maior eficiência na análise de amostras degradadas, embora ainda haja lacunas relacionadas à degradação ambiental, que dificultam resultados conclusivos. A atuação do biomédico forense é fundamental na validação e padronização dos protocolos, além de futuras pesquisas voltadas à superação dos desafios ambientais, a fim de garantir maior precisão e confiabilidade nas investigações criminais.

**Palavras-chave:** Perícia Criminal. Genética. Biomedicina forense.

## EFFICACY OF DNA IDENTIFICATION METHODS IN DEGRADED SAMPLES OF BLOOD, SALIVA AND OTHER BODY FLUIDS: MODERN FORENSIC PROTOCOLS AND CHALLENGES

### ABSTRACT

**Objective:** to analyze DNA identification methods applied to samples of blood, saliva and other degraded body fluids. **Methodology:** integrative literature review with a qualitative and descriptive approach, structured following the PRISMA guidelines. **Results:** indicate that techniques such as mini STR and qPCR are more effective in analyzing degraded samples, surpassing conventional PCR. The literature highlights technological advances in the recovery and identification of DNA, especially from blood and saliva samples, considering different environmental conditions. **Conclusion:** techniques such as mini STR and qPCR demonstrated greater efficiency in the analysis of degraded samples, although there are still gaps related to environmental degradation, which make conclusive results difficult. The role of forensic biomedical experts is fundamental in the validation and standardization of protocols, in addition to future research aimed at overcoming environmental challenges, in order to ensure greater precision and reliability in criminal investigations.

<sup>1</sup> Acadêmico do Curso de Biomedicina do Centro Universitário Goyazes – UniGoyazes

<sup>2</sup> Orientador: Prof. Especialista do Centro Universitário Goyazes – UniGoyazes

**Keywords:** Criminal Forensics. Genetics. Forensic biomedicine

## INTRODUÇÃO

As amostras biológicas, como sangue, tecidos e DNA, desempenham um papel crucial na investigação de crimes e desastres. O biomédico é responsável pela coleta, análise e interpretação dessas evidências biológicas, oferecendo dados científicos precisos que são essenciais para identificar a autoria de um crime, determinar a causa da morte ou detectar a presença de substâncias tóxicas. A identificação forense permite associar evidências biológicas a indivíduos, seja por DNA, impressões digitais ou outros biomarcadores, promovendo justiça, como em casos de desastres em massa, onde a rápida identificação das vítimas é necessária (PADILHA, 2023).

O DNA é uma molécula fundamental para a identificação forense, e seu uso se baseia em características únicas dos indivíduos. O DNA nuclear, encontrado no núcleo das células, é mais comum para identificação forense, enquanto o DNA mitocondrial, presente nas mitocôndrias, é útil especialmente em amostras degradadas. Os perfis de DNA, obtidos por análise de loci específicos (como os STRs, *Short Tandem Repeats*), são amplamente utilizados para comparação entre amostras biológicas. Os STRs são sequências repetitivas no DNA que variam entre os indivíduos, permitindo uma identificação precisa (SILVA, 2022).

As amostras biológicas mais comuns em investigações forenses incluem sangue, saliva, sêmen e tecidos duros. O sangue, por exemplo, é uma amostra rica em DNA, enquanto a saliva e o sêmen são frequentemente encontrados em cenas de crimes de natureza sexual ou de agressão. Tecidos duros, como ossos e dentes, são úteis em casos de identificação de vítimas em estados avançados de decomposição ou em desastres, onde amostras mais frescas podem não estar disponíveis (OLIVEIRA, *et al.*, 2022).

A Perícia Criminal é uma atividade específica do Estado, estabelecida pelo Código de Processo Penal, com o objetivo de investigar vestígios essenciais para a resolução de crimes. Essa ação é realizada pelo perito oficial, que é responsável por todo o processo, desde a identificação e coleta das provas, passando pelo seu processamento e interpretação, até a elaboração do laudo pericial. O trabalho do perito é fundamental para fornecer evidências científicas que

auxiliem na elucidação dos fatos e na tomada de decisões no âmbito judicial

(GIOVANELLI, 2022).

A biomedicina forense é um campo interdisciplinar que aplica princípios e técnicas das ciências biomédicas para a resolução de questões legais e criminais. Essa área envolve a análise de evidências biológicas, como amostras de sangue, tecidos, fluídos corporais e DNA, para identificar vítimas e suspeitos, determinar causas de morte, detectar substâncias tóxicas e substâncias controladas, e fornecer provas científicas em processos judiciais (COLAVITE *et al.*, 2021).

A degradação do DNA é um dos maiores desafios em investigações forenses. Fatores como tempo, ambiente, calor, umidade e contaminação por microrganismos podem comprometer a integridade das amostras. A exposição a condições adversas pode resultar na quebra das cadeias de DNA, dificultando a extração e análise. A degradação é mais acentuada em ambientes quentes e úmidos, enquanto a contaminação por material biológico de outras fontes também pode interferir na análise (BARBOSA; ROMANO, 2018).

A análise de perfis de DNA através de STRs continua sendo a técnica padrão na identificação forense, mas métodos emergentes, como a análise de metilação do DNA e o uso de RNA, têm mostrado potencial para melhorar a resolução, especialmente em amostras degradadas. Além disso, técnicas rápidas de tipagem, como a amplificação em tempo real (qPCR) e tipagem em massa, oferecem alternativas para cenários de alta demanda, onde a rapidez na obtenção dos resultados é crítica (BITTAR, 2023).

Neste sentido, este estudo surge a partir da seguinte questão problema, responsável por nortear os questionamentos levantados ao longo do trabalho: *“Quais são os protocolos mais eficazes para identificação por DNA de amostras de sangue, saliva e outros fluidos corporais degradados, e quais são os principais desafios enfrentados em sua aplicabilidade forense?”*.

Diante do exposto, o objetivo deste estudo foi analisar, por meio de revisão bibliográfica, os métodos de identificação por DNA aplicados a amostras de sangue, saliva e outros fluidos corporais degradados, destacando protocolos, desempenho, limitações e desafios forenses.

## **METODOLOGIA**

A presente revisão integrativa da literatura, com abordagem qualitativa e descritiva, que teve como objetivo verificar quais são os protocolos mais eficazes para identificação por DNA de amostras de sangue, saliva e outros fluidos corporais degradados, e quais são os principais desafios enfrentados em sua aplicabilidade forense.

A pesquisa utiliza como critérios de inclusão a seleção de textos completos de acesso gratuito, publicados a partir de 2010 (últimos 15 anos), nos idiomas português, inglês e/ou espanhol, estudos dos tipos qualitativo e quantitativo. Os critérios definidos para exclusão são: textos duplicados, fora do escopo, textos de acesso privado e fora do período de publicação indicado anteriormente.

A pesquisa bibliográfica foi realizada na PudMed, Scopus, BVS, *Web of Science* e SciELO, bases de dados que armazenam artigos científicos. Utilizaram-se descritores (DeCS): Identificação de DNA; Amostras Degradadas; DNA; Sangue; Fluidos corporais; Biologia Forense, combinados com os operadores booleanos AND e OR.

A busca foi realizada entre os meses de agosto a outubro de 2025, sendo que o processo de seleção e triagem contou com a leitura de títulos e resumos, leitura na íntegra dos artigos selecionados.

Para a extração e análise dos dados, foi elaborada uma ficha padronizada contendo as seguintes variáveis: autor, ano de publicação, objetivo do estudo, metodologia utilizada, principais resultados e conclusões. Os dados foram analisados de forma descritiva e comparativa, permitindo identificar os principais achados e tendências acerca da temática proposta.

A qualidade metodológica dos estudos incluídos foi avaliada de forma criteriosa, considerando a clareza dos objetivos, a adequação do delineamento metodológico, a representatividade das amostras e a coerência entre os resultados e as conclusões apresentadas.

Por se tratar de uma revisão de literatura sistematizada, sem coleta de dados primários e sem envolvimento direto de seres humanos ou animais, o presente estudo dispensa aprovação por Comitê de Ética em Pesquisa, conforme estabelece a Resolução nº 510, de 7 de abril de 2016, do Conselho Nacional de

Saúde. Ainda assim, todas as etapas da pesquisa foram conduzidas de acordo com os princípios éticos da integridade científica, garantindo o devido reconhecimento das fontes utilizadas e o respeito aos direitos autorais dos autores consultados. O rigor na seleção e análise dos estudos visou assegurar a transparência, confiabilidade e reprodutibilidade dos resultados obtidos, contribuindo para a produção de conhecimento ético e relevante.

RESULTADOS

Após a busca nas bases de dados e aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, 21 artigos foram selecionados para compor esta revisão integrativa. Os estudos foram publicados entre 2010 e 2025, com predominância de publicações a partir de 2020, refletindo o avanço recente das tecnologias forenses. A maioria dos trabalhos analisados teve origem no Brasil, seguido por países da Europa e América do Norte, abrangendo diferentes tipos de amostras biológicas, principalmente saliva, sangue e tecidos degradados. A tabela 1 apresenta uma síntese dos estudos incluídos, destacando autores, ano de publicação, país, tipo de amostra, metodologia utilizada e principais achados.

Tabela 1 – Estudos selecionados sobre eficácia de técnicas de identificação de DNA em amostras degradadas

| Nº | Autor, ano                                                             | Título                | País                                                                                                                | Tipo de amostra                                                                       | Método                                                         | Principais achados |
|----|------------------------------------------------------------------------|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|--------------------|
| 1  | Alvarenga, 2023                                                        | 2002 a 2021           | identificação humana,                                                                                               | e cigarros, por ser facilmente depositada.                                            | desvantagens, como a facilidade de contaminação, degradação em |                    |
|    | Identificação humana utilizando o DNA na saliva: revisão de literatura | Revisão de literatura | humana, muitas vezes sendo a única fonte de DNA disponível. É comumente coletada em objetos como alimentos mordidos | Apresenta vantagens como ser um método rápido, indolor e não invasivo, mas também tem |                                                                |                    |

|                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                         | temperatura ambiente, dificuldade de visualização e a impossibilidade de extração de DNA após lavagem.                                                                                                                                                                                                                                           | sangue, sêmen e saliva; e estudo de sensibilidade e especificidade Brasil As amostras biológicas (semen, sangue e saliva) foram obtidas de doadores voluntários. Todos os participantes assinaram os termos de consentimento informado antes da coleta das amostras. Todas as amostras foram coletadas após a obtenção das aprovações apropriadas | dos Comitês de Ética em Pesquisa da Florida International University (IRB13-0555), da The University of Southern Mississippi Revisão bibliográfica Fluidos biológicos recuperados de cenas de crime são essenciais como provas, pois ajudam a conectar o crime às evidências. O desenvolvimento de marcadores epigenéticos para identificar o tipo de célula oferecerá uma ferramenta mais precisa para os investigadores. Além disso, a capacidade de estimar a idade do doador a partir do DNA é um método importante e útil para a investigação forense. |
| 2 Tozzo <i>et al.</i> , (2022)<br>Touch DNA Sampling Methods: Efficacy Evaluation and Systematic Review | A revisão destaca a importância de escolher métodos adequados para a coleta de DNA de contato, com o uso de um único cotonete sendo mais eficiente que o de dois. Técnicas menos comuns, como raspagem com papel FTA ou fita adesiva, exigem considerações pré-operatórias. O local e tipo de vestígios recuperados são cruciais para o sucesso. |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Itália 136 artigos Revisão Sistemática da literatura<br>9                                               | 3 Silva (2015) Padrão de metilação de DNA para fins forenses: análise de células de                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |

10

(protocolo #12010303) e da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (CONEP #723.619/CEP #845.747).

4 Ferreira, 2016

5 Monteiro *et al.*,  
2019

|                                                                                                           |                                                                                                                       |              |           |                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                           |                                                                                                                       |              |           | Levantamento bibliográfico em bancos de dados científicos                                                                                                                                                                                                            |
| 6 Coelho <i>et al.</i> , 2013                                                                             | Uma Perspectiva Bioética sobre a Criação de Banco de Dados de Perfis Genéticos para Investigações Criminais no Brasil | Brasil Não   | Egito Não | Revisão Bibliográfica exploratória                                                                                                                                                                                                                                   |
|                                                                                                           | Recent advancement<br>Brasil Não<br><br>especificada                                                                  |              |           |                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 7 Upadhyay, <i>et al.</i> , 2023                                                                          | A Odontologia Forense na análise do DNA salivar em mordeduras para identificação humana                               | Brasil 20    |           | Revisão bibliográfica                                                                                                                                                                                                                                                |
| Análise transdisciplinar do Banco Nacional de Perfis Genéticos: técnicas moleculares e aspectos jurídicos | publicações científicas                                                                                               | especificada |           | Revisão bibliográfica<br>A saliva, em muitas ocasiões, pode ser o único material biológico disponível para a obtenção de DNA e análise, sendo o resultado posteriormente comparado com os perfis dos suspeitos, sendo crucial na elucidação de um determinado crime. |
|                                                                                                           |                                                                                                                       | especificada |           | A identificação                                                                                                                                                                                                                                                      |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                       |                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| humana tem se expandido rapidamente nas análises forenses, especialmente com o uso do DNA em investigações criminais. A criação da Lei de Identificação Criminal por Perfil Genético e do banco de dados no Brasil reacendeu discussões. A conscientização sobre a funcionalidade dessa ferramenta pode despertar o interesse de especialistas das áreas biológica e jurídica, visando aperfeiçoá-la e desenvolver novas aplicações no futuro. | 8 Lima; Santana, 2020                                 | Criminal: Dna Como Ferramenta Fundamental Na Resolução De Cold Cases Brasil Não | Bibliográfica 11                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| A finalidade da coleta de material genético é a de servir de meio de prova, sendo mais uma informação para a identificação criminal, de forma a afastar incertezas. A possibilidade de valer-se da Genética Forense no auxílio à Justiça deve observar, portanto, aos limites de que trata a nova legislação.                                                                                                                                  | 9 Ramos,et al., 2022                                  | especificada                                                                    | coleta e detecção ao longo das últimas décadas. Foi feito um esforço para reunir os dados disponíveis, destacando os méritos e deméritos de diferentes técnicas de identificação. Os dados relevantes foram coletados de toda a literatura publicada e relatada (1987–2021).                 |
| Foi discutido o uso de diversos métodos de                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Aplicação da Biologia Forense para análises criminais | Brasil Não                                                                      | A importância da genética forense nas investigações criminais ressalta a necessidade de atualização constante das técnicas aplicadas, garantindo que os profissionais estejam preparados para enfrentar os desafios da área e alcançar melhores resultados na elucidação de crimes.          |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                       |                                                                                 | O uso do DNA para identificação criminal se torna muito relevante, uma vez que, pela sua característica singular, difere todos os seres humanos. Pode-se concluir que a sua implementação é de extrema importância no auxílio à justiça, e a credibilidade dos resultados são indiscutíveis. |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                       |                                                                                 | Revisão da literatura                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Perfil Genético                                       |                                                                                 | Revisão                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

|                                                                                  |                                                                                                          |                                                                                                                             |                                                                                                                                              |                                                                                       |                                                                                                                                             |
|----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 10 Alketbi, 2024                                                                 | Estados Unidos                                                                                           | tecnologias emergentes, como a análise espacial de DNA e plataformas de DNA                                                 | implantáveis em campo, oferece possibilidades promissoras para o avanço das investigações                                                    | forenses. No entanto, essas inovações introduzem novas complexidades, particularmente | na interpretação de dados, admissibilidade legal e proteção da privacidade.                                                                 |
| Tecnologias emergentes em análises forenses de DNA                               | Não especificada Revisão bibliográfica A integração de amostras forenses e restos mortais degradados     |                                                                                                                             |                                                                                                                                              |                                                                                       | para os laboratórios forenses, bem mais acessível do que as fitas industrializadas e comercializadas, foi solicitado o registro patentário. |
| 11 Silva, 2018                                                                   |                                                                                                          |                                                                                                                             | Experimento científico 12                                                                                                                    |                                                                                       |                                                                                                                                             |
| Desenvolvimento de Kit e Protocolo alternativos para coleta e extração de DNA de | Brasil Não especificada                                                                                  |                                                                                                                             | Devido a eficiência do Kit aliado ao custo/benefício                                                                                         |                                                                                       |                                                                                                                                             |
|                                                                                  | identification: state of the art Nova Zelândia Não especificada Revisão bibliográfica                    | Os métodos laboratoriais recentemente desenvolvidos têm se centrado em técnicas de biologia molecular, como                 | o perfilamento de abordagem mRNA e miRNA sensível e abordagens epigenéticas. Pesquisas recentes usando pontos quânticos como uma             | adicional de serem compatíveis com processos subsequentes de perfilagem de DNA.       |                                                                                                                                             |
| 12 Harbison; Fleming, 2016.                                                      | Forensic body fluid                                                                                      |                                                                                                                             |                                                                                                                                              |                                                                                       |                                                                                                                                             |
|                                                                                  | Brasil Não especificado Levantamento bibliográfico A análise do DNA é feita através dos polimorfismos de | DNA encontrados na amostra biológica de origem humana, resultando no perfil genético, que permite a investigação da amostra | questionada, com a amostra de referência. A identificação por meio do DNA, é que a amostra pode ser retirada de diversas fontes de tecidos e | líquidos, além de resistir a fatores ambientais, líquidos e detergentes.              |                                                                                                                                             |
| 13 Oliveira; Filho, 2018                                                         | Técnicas de Biologia Molecular utilizadas para desvendar crimes                                          |                                                                                                                             |                                                                                                                                              |                                                                                       |                                                                                                                                             |
|                                                                                  | Challenges of Swab-Based DNA Sampling?                                                                   | Holanda Não especificada Revisão da                                                                                         | literatura As conclusões deixam claro que, infelizmente,                                                                                     | nem os swabs nem suas alternativas são altamente                                      | eficazes na recuperação de DNA de um substrato.                                                                                             |
| 14 Bruijns, 2024                                                                 | What Are the Limitations and                                                                             |                                                                                                                             | viabilidade da saliva humana em meio externo para fins de extração e quantificação do DNA                                                    |                                                                                       |                                                                                                                                             |
| 15 Sousa; Queiroz, 2012                                                          |                                                                                                          |                                                                                                                             |                                                                                                                                              | Brasil 6 artigos e 10 voluntários                                                     |                                                                                                                                             |
| 16 Medeiros, 2025                                                                | 17 Carvalho <i>et al.</i> , 2021                                                                         | O impacto das técnicas de biologia molecular na resolução de crimes Brasil Não                                              |                                                                                                                                              |                                                                                       |                                                                                                                                             |
|                                                                                  | Coleta e preservação de vestígios biológicos para análises criminais por DNA                             | especificada                                                                                                                |                                                                                                                                              | Brasil Não                                                                            |                                                                                                                                             |
|                                                                                  | Tempo de                                                                                                 |                                                                                                                             |                                                                                                                                              |                                                                                       |                                                                                                                                             |

|                                                                                    |                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                               |
|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                    |                                                                                                              | integrativa<br>13                                                                                                                                                                                                      | identificação humana e na resolução de investigações criminais.                                                                                                                                                                                               |
|                                                                                    | Revisão bibliográfica                                                                                        | A adoção de algumas metodologias                                                                                                                                                                                       | A PCR é a técnica de sequenciamento genético mais utilizada por seu baixo custo, rápida execução e por possuir uma alta sensibilidade, sendo assim imprescindível para análises forenses pois é capaz de sequenciar amostras de DNA escassas e/ou degradadas. |
|                                                                                    | Revisão bibliográfica                                                                                        | Consolida a saliva como um material genético confiável para análises forenses, reforçando sua estabilidade e viabilidade mesmo após longos períodos de exposição ambiental, o que amplia seu potencial de aplicação na |                                                                                                                                                                                                                                                               |
| especificada                                                                       | Revisão                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 18 Araújo, 2017 Estudo das aplicações forenses do DNA na obtenção da identificação | humana<br>Brasil Não especificado<br>Revisão bibliográfica<br>É de suma importância investir-se em condições | ideais para realizar-se exames genéticos, na melhoria da preservação das amostras biológicas da cena de delito e no banco de dados nacional de perfis genéticos que é                                                  | de grande ajuda tanto na resolução de delitos graves quanto em casos de indivíduos desaparecidos.                                                                                                                                                             |
| 19 Carvalho, 2020 Perfil de MicroRNAs: potenciais                                  | biomarcadores de amostras de sangue<br>Brasil Não especificada                                               | Ensaio clínico O miRNA-25 e o miRNA 142 são potenciais biomarcadores para                                                                                                                                              | a identificação de amostras de sangue com aplicabilidade nas ciências forenses. No entanto, os resultados sugerem que o miRNA-16                                                                                                                              |
|                                                                                    |                                                                                                              | Utilização do Kit DNA IQtm System na extração de DNA por lise diferencial em amostras coletadas de vítimas de crime sexual                                                                                             | estes miRNAs são menos estáveis e consequentemente mais dificilmente recuperados.                                                                                                                                                                             |
|                                                                                    |                                                                                                              | 14                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                               |
|                                                                                    |                                                                                                              | e o miRNA-451b não são bons biomarcadores para identificação de amostras de sangue, uma vez que                                                                                                                        | Brasil 50 amostras Experimento A implementação do uso do Kit é indicada como método alternativo nos laboratórios forenses para análise de amostras de crime sexual.                                                                                           |
| 20 Bastos, 2018                                                                    |                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                               |
|                                                                                    | para identificação de agentes biológicos em violência sexual                                                 | PCR (cadeia de polimerase), Técnica de eletroforese e de extração de DNA e técnica de sequenciamento de DNA. Verificou-se que análise forense é importante para                                                        | buscar maior exatidão e precisão quantitativa e qualitativa para resultados que comprovem a origem da identificação da amostra analisada.                                                                                                                     |
| 21 Albuquerque, et al., 2022 Técnicas moleculares padronizadas                     | Brasil 10 artigos Revisão sistemática<br>As principais técnicas utilizadas são Técnicas de                   |                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                               |

A análise dos artigos listados na tabela 1 evidencia uma evolução contínua e complementar na área de métodos de análise de DNA em amostras degradadas, especialmente em contextos forenses, fazendo uso das técnicas de PCR e STRs. Observou-se que sangue e saliva são as amostras mais investigadas pelos

estudos analisados, aplicando metodologias voltadas para a otimização da amplificação genética em condições ambientais. Cada estudo contribui com perspectivas distintas, abordando desde a otimização dos processos até os desafios intrínsecos às amostras degradadas.

Entre os métodos avaliados, os estudos de Silva *et al.* (2018) e Bastos (2018) destacaram o uso de mini STRs como estratégia eficaz para amplificação de fragmentos curtos de DNA, enquanto Carvalho *et al.* (2020) propuseram a aplicação

15

de qPCR em amostras parcialmente degradadas, obtendo resultados com maior sensibilidade.

Apesar dos avanços tecnológicos, a maioria dos trabalhos aponta dificuldades relacionadas à degradação ambiental e à contaminação cruzada. Estudos como o de Lima; Santana (2020) ressaltam que o tempo de exposição e umidade são fatores determinantes na perda da integridade genética das amostras.

A aplicabilidade dos métodos modernos têm impacto direto na perícia biomédica, possibilitando a identificação humana em casos de difícil solução. O uso combinado de STRs e DNA mitocondrial mostrou-se particularmente eficaz em amostras ósseas e tecidos antigos, conforme relatado por Medeiros (2025).

Nota-se, contudo, a carência de estudos nacionais voltados à padronização dos protocolos de extração e amplificação em laboratórios forenses, evidenciando a necessidade de validações locais e formação especializada do biomédico forense. Neste sentido, observa-se que as tecnologias e metodologias utilizadas em sua maioria são a reprodução de técnicas desenvolvidas em outros países, que apresentam pesquisas mais evoluídas do que no Brasil.

## DISCUSSÃO

Ao realizar a comparação entre as metodologias identificadas, pode-se verificar que os estudos de Brujins (2024) e Ramos et al., (2022) destacaram o uso de mini STRs, como sendo uma estratégia eficaz para amplificação de fragmentos curtos de DNA. Por outro lado, observa-se que o trabalho de Carvalho *et al.* (2020) destaca a potencialidade do uso de microRNAs (miRNAs) como biomarcadores nas análises forenses de sangue, mostrando que determinados miRNAs, como o miRNA-25 e o miRNA-142, apresentam estabilidade suficiente para serem utilizados na identificação de amostras sanguíneas, apesar de alguns miRNAs, como o miRNA-16 e o miRNA

451b, demonstrarem maior instabilidade. Essa abordagem demonstra um avanço na busca por marcadores mais resistentes à degradação, complementando técnicas tradicionais de DNA, e ampliando o espectro de métodos viáveis em amostras altamente degradadas.

Já Bastos (2018) foca na utilização de kits comerciais, como o DNA IQ™, na extração de DNA de amostras de vítimas de crimes sexuais, sugerindo que

16

esses kits representam uma alternativa eficiente e acessível para laboratórios forenses na manipulação de amostras complexas. Seu estudo aponta para a importância da escolha de métodos de extração que possam maximizar a recuperação de DNA, mesmo em condições adversas, reafirmando a necessidade de protocolos específicos para amostras degradadas.

Por outro lado, Silva (2018) e Oliveira & Filho (2018) discutem o desenvolvimento de protocolos alternativos e técnicas de biologia molecular, como o uso de kits inovadores e a análise de polimorfismos, respectivamente. Silva (2018) relata a implementação de kits específicos que proporcionaram maior eficiência na coleta de DNA de amostras forenses de difícil manipulação, enquanto Oliveira e Filho reforçam o papel da análise de polimorfismos na investigação criminal, destacando a importância da sensibilidade e especificidade destes métodos.

Albuquerque et al. (2022) aponta também para o uso da Técnicas de PCR (cadeia de polimerase), mas também destaca o uso da Técnica de eletroforese e de extração de DNA e técnica de sequenciamento de DNA. Os métodos utilizados, como a amplificação de DNA por PCR e técnicas emergentes como a análise de

metilação, têm demonstrado avanços significativos na melhora da sensibilidade e na capacidade de recuperar perfis genéticos de amostras altamente degradadas.

Apesar de existirem diferentes técnicas de análise dos materiais degradados, os laboratórios brasileiros esbarram nas dificuldades com a tecnologia disponível, bem como a ausência de normatização e protocolos padronizados que podem até mesmo levar ao comprometimento e comparabilidade dos resultados, a depender de distintos centros onde as amostras foram periciadas.

Miller et al. (2018) e Lin et al. (2017) abordam avanços mais recentes em técnicas emergentes. Miller et al. discutem o uso de métodos como a análise de metilação do DNA e abordagens epigenéticas para superar as limitações na resolução de perfis de DNA degradados, potencializando a identificação forense. Lin et al. apresentam métodos rápidos como a qPCR e a tipagem em massa, que são essenciais em cenários de alta demanda onde a rapidez é crucial.

Por sua vez, os estudos de Sousa e Queiroz (2012), bem como de Bruijns (2024), enfatizam os desafios inerentes aos procedimentos de coleta e preservação de vestígios biológicos, destacando que a eficácia na recuperação do DNA depende não apenas dos protocolos laboratoriais, mas também da qualidade

17

da coleta e do armazenamento das amostras, além de enfrentarem as limitações relativas à resistência das amostras às condições ambientais adversas. Os estudos destacam diferentes metodologias para superar os desafios de amostras degradadas. Carvalho et al. (2020) enfatizam o uso de biomarcadores como microRNAs, que possuem maior estabilidade em condições adversas, proporcionando uma alternativa promissora às técnicas tradicionais de profiling de DNA por STRs. Essa abordagem é especialmente útil em amostras altamente degradadas, onde o DNA de alta qualidade é escasso.

Enquanto que Bastos (2018) apresenta a utilização de kits como o DNA IQ™, que oferecem eficiência na extração de DNA de amostras complexas, incluindo as de vítimas de crimes sexuais, mesmo em condições desfavoráveis. Já Silva (2018) e Oliveira & Filho (2018) reforçam a importância de protocolos adaptados e o uso de técnicas de polimorfismos, com ênfase na sensibilidade e na especificidade, aspectos essenciais para obtenção de perfis confiáveis em casos de amostras degradadas.

As técnicas emergentes, como a análise de metilação do DNA e abordagens epigenéticas, apresentadas por Miller et al. (2018), oferecem

possibilidades de identificação mesmo quando o DNA está altamente fragmentado. Além disso, métodos rápidos, como qPCR e tipagem em massa, são essenciais para cenários de alta demanda, garantindo maior velocidade na obtenção dos resultados.

No entanto, mesmo com esses progressos, há limitações consideráveis. A eficácia dos protocolos ainda pode ser comprometida por fatores como a deterioração do DNA devido a exposição prolongada a fatores ambientais, presença de contaminantes, e a quantidade limitada de material genético disponível. Além disso, a complexidade na análise de amostras compostas ou contaminadas pode diminuir a precisão dos resultados, dificultando uma identificação conclusiva.

A integração dos estudos revela uma trajetória de aprimoramento contínuo na tecnologia forense, onde estratégias inovadoras de biomarcadores, protocolos de extração, técnicas de análise rápida e cuidados na coleta se complementam para ampliar a eficácia na identificação de amostras degradadas. Contudo, ainda persistem desafios relacionados à degradação do DNA, variabilidade na qualidade das amostras, e necessidade de validação de protocolos específicos para diferentes contextos forenses, indicando um campo em constante evolução que demanda novas pesquisas e adaptações.

18

Outro ponto discutido refere-se à variabilidade na eficiência dos métodos de extração e preservação de DNA, que impacta diretamente nos resultados finais. Protocolos padrão podem não ser igualmente eficazes em diferentes contextos forenses, exigindo adaptações e validações específicas. Além disso, a quantidade de DNA recuperada pode não ser suficiente para análises secundárias ou confirmações, limitando a confiabilidade do procedimento.

A comparação entre as técnicas específicas de análise de DNA em amostras degradadas, bem como os aspectos éticos e legais relacionados, revela uma complexidade que requer atenção detalhada na prática forense.

Os estudos também abordam questões relacionadas à ética e à legislação no uso de DNA degradado. A degradação das amostras muitas vezes implica métodos que podem envolver manipulação genética ou uso de tecnologias sensíveis, o que levanta preocupações quanto à privacidade, consentimento e possíveis violações de direitos individuais.

Além disso, a validade e aceitação legal de métodos emergentes, como análise epigenética, ainda estão em desenvolvimento, necessitando de validações

rigorosas para serem utilizados em processos judiciais. A legislação vigente pode exigir que os protocolos utilizados sejam padronizados, certificados e homologados pelos órgãos reguladores, garantindo que as provas biológicas tenham validade jurídica.

Diante desses fatos, torna-se imprescindível que os profissionais de investigação e peritos forenses estejam atualizados quanto às inovações tecnológicas, ao mesmo tempo em que respeitem rigorosos padrões éticos e legais. O desenvolvimento de protocolos que integrem técnicas de biologia molecular e marcadores resistentes à degradação, aliado a rigorosas ações de controle na coleta, deve acompanhar a evolução jurídica para validar e regulamentar essas novas abordagens.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O objetivo de identificar os métodos de maior eficácia na análise de amostras degradadas foi alcançado, sendo observada a superioridade das técnicas de mini STR e qPCR em comparação ao uso do PCR convencional. A evolução

19

tecnológica que ocorreu nas últimas décadas, permitiu o surgimento de técnicas confiáveis, que permitem a recuperação e análise até mesmo de amostras degradadas.

Todavia, destaca-se uma limitação significativa, para a qual ainda não foram descritas metodologias que obtenham significativo sucesso: amostras degradadas pelo meio ambiente. A literatura aponta que neste cenário ainda existe uma lacuna significativa, que não conseguiu apresentar avanços expressivos.

Os achados deste artigo reforçam a relevância da atuação do biomédico forense na aplicação e validação dos protocolos de identificação genética, assegurando a qualidade técnica e ética das análises laboratoriais em investigações criminais.

Este estudo esbarrou na limitação temporal dos artigos, encontrando dificuldade em localizar maior quantidade de estudos e pesquisas, acerca da temática proposta, principalmente artigos de origem nacional. Recomenda-se a realização de estudos para aprofundar no tema e promover experimentos que

possam validar os protocolos existentes e padronizar os laboratórios brasileiros.

Em suma, a complementaridade entre avanços tecnológicos e cuidados ético-legais constitui o caminho mais promissor para aprimorar a eficácia e a credibilidade das análises forenses em amostras degradadas, contribuindo para a justiça e os direitos humanos.

20

## REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, E. G. S. et al. Técnicas moleculares padronizadas para identificação de agentes biológicos em violência sexual. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 16, e504111638712, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i16.38712>.

ALKETBI, S. K. Tecnologias emergentes na análise forense de DNA. *Perspectivas em Ciências Jurídicas e Forenses*, v. 1, p. 10007, 2024. DOI: <https://doi.org/10.70322/plfs.2024.10007>.

ALVARENGA, I. Q. de. *Identificação humana utilizando o DNA na saliva: revisão de literatura*. 2023. 25 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2023.

ANDRADE, R. D. et al. Tempo de viabilidade da saliva para obtenção de DNA. *Revista Brasileira de Odontologia Legal – RBOL*, v. 10, n. 2, p. 55–63, 2023.

ARAÚJO, S. K. de. *Estudo das aplicações forenses do DNA na obtenção da identificação humana*. Monografia (Graduação) – Centro Universitário de Brasília, Brasília, 2017.

BARBOSA, R. P.; ROMANO, L. H. História e importância da genética na área forense. *Revista Saúde em Foco*, v. 10, p. 300–307, 2018.

BASTOS, G. V. *Utilização do Kit DNA IQ™ System na extração de DNA por lise diferencial em amostras coletadas de vítimas de crime sexual*. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2018.

BITTAR, N. *Medicina legal e noções de criminalística*. São Paulo: Editora Foco, 2023.

BRUIJNS, B. What are the limitations and challenges of swab-based DNA sampling? *Forensic Sciences*, v. 4, n. 1, p. 76–95, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/forensicsci4010006>.

21

CARVALHO, A. S. A. *Perfil de microRNAs: potenciais biomarcadores de amostras de sangue*. Dissertação (Mestrado) – Universidade do Porto, Porto, 2020.

CARVALHO, M. L. A.; MIRANDA, D. C.; FREITAS, M. T. de S. O impacto das técnicas de biologia molecular na resolução de crimes / The impact of molecular biology techniques on crime resolution. *Brazilian Journal of Development*, v. 7, n. 12, p. 114750–114766, 2021. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv7n12-307>.

COELHO, R. de A. et al. Uma perspectiva bioética sobre a criação de banco de dados de perfis genéticos para investigações criminais no Brasil. *Brazilian Journal of Forensic Sciences, Medical Law and Bioethics*, v. 2, n. 3, p. 317–325, 2013. DOI: [https://doi.org/10.17063/bjfs2\(3\)y2013317](https://doi.org/10.17063/bjfs2(3)y2013317). Acesso em: 9 nov. 2025.

COLAVITE, N. L.; FRANCA, C. C. D. A.; FARJE, L. A. D. F. A Biomedicina e a perícia criminal. In: *X JORNACITEC – Jornada Científica e Tecnológica*, 2021.

FERREIRA, C. P. A Odontologia Forense na análise do DNA salivar em mordeduras para identificação humana. *Acta de Ciências e Saúde*, v. 1, n. 5, 2016.

GIOVANELLI, A. et al. *Coleta de DNA em locais de crime: procedimentos e aplicações*. São Paulo: Editora Dialética, 2022.

HARBISON, S.; FLEMING, R. Forensic body fluid identification: state of the art. *Research and Reports in Forensic Medical Science*, v. 6, p. 11–23, 2016. DOI: <https://doi.org/10.2147/RRFMS.S57994>.

LIMA, B. N.; SANTANA, A. P. S. *Aplicação da biologia forense para análises criminais*. Monografia (Graduação) – Centro Universitário de Jales, 2020.

MONTEIRO, S. L.; OLIVEIRA, Í. S. de; CARVALHO, T. A. A. de. Análise transdisciplinar do Banco Nacional de Perfis Genéticos: técnicas moleculares e aspectos jurídicos. *Revista Brasileira de Criminalística*, v. 8, n. 1, p. 48–53, 2019.

OLIVEIRA, E. G. G.; CAVALCANTI, D. da S. P.; MORAES FILHO, A. V. de. A importância dos vestígios biológicos na investigação de locais de crimes sexuais. *Saúde & Ciência em Ação*, v. 8, n. 1, p. 85–108, 2022.

22

OLIVEIRA, T. S.; MORAES FILHO, A. V. T. Técnicas de biologia molecular utilizadas para desvendar crimes. *Saúde & Ciência em Ação – Revista Acadêmica do Instituto de Ciências da Saúde*, v. 4, n. 1, jan./jul. 2018. ISSN 2447-9330.

PADILHA, T. M. de M. *A atuação do biomédico na perícia criminal*. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Biomedicina) – UniEvangélica, 2023.

PIMENTA, J.; FERREIRA, A. de S. A importância da formação do perito criminal: um destaque para o biomédico. 2019. Disponível em: [https://www.mastereditora.com.br/periodico/20190607\\_201125.pdf](https://www.mastereditora.com.br/periodico/20190607_201125.pdf). Acesso em: 9 nov. 2025.

RAMOS, M. G. da S.; PINHEIRO, P. N. C.; SILVA, R. F. da. Perfil genético criminal: DNA como ferramenta fundamental na resolução de *cold cases*. *Ensaio USF*, 2022.

SILVA, R. C. F. *Desenvolvimento de kit e protocolo alternativos para coleta e extração de DNA de amostras forenses e restos mortais degradados*. 2018. 98 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2018.

SILVA, M. F. et al. Atuação do biomédico no laboratório forense: aplicabilidade das técnicas laboratoriais para identificação de crimes. *Revista Brasileira de Criminalística*, v. 11, n. 2, p. 29–36, 2022.

SILVA, D. S. B. S. *Padrão de metilação de DNA para fins forenses: análise de células de sangue, sêmen e saliva; e estudo de sensibilidade e especificidade*. Dissertação (Mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

SOUSA, J. M.; QUEIROZ, P. R. M. Coleta e preservação de vestígios biológicos para análises criminais por DNA. *Ensaio e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde*, v. 16, n. 3, 2015. DOI: <https://doi.org/10.17921/1415-6938.2012v16n3p%p>.

Acesso em: 9 nov. 2025.

TOZZO, P. et al. Touch DNA sampling methods: efficacy evaluation and systematic review. *International Journal of Molecular Sciences*, v. 23, p. 15541, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms232415541>.

23

UPADHYAY, M.; SHRIVASTAVA, P.; VERMA, K. et al. Recent advancements in identification and detection of saliva as forensic evidence: a review. *Egyptian Journal of Forensic Sciences*, v. 13, p. 17, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1186/s41935-023-00336-3>