



O IMPACTO DA GENÉTICA FORENSE NA RESOLUÇÃO DE CASOS CRIMINAIS: ANÁLISE DE CASOS FAMOSOS

MARIA LUÍSA DAMIANI

RESUMO

A genética forense desempenha um papel crucial na resolução de crimes e na identificação de indivíduos, sendo uma das principais ferramentas utilizadas para promover a justiça no contexto criminal. Este trabalho revisa a evolução histórica e as tecnologias utilizadas na genética forense, com ênfase nas técnicas de análise de DNA, como a Reação em Cadeia da Polimerase (PCR) e o Sequenciamento de Nova Geração (NGS). Desde a descoberta das impressões digitais de DNA, com Alec Jeffreys, até o uso de genealogia genética em casos como o do Golden State Killer, a área passou por avanços significativos, permitindo análises mais rápidas e precisas, mesmo em amostras degradadas. O objetivo do estudo é destacar como a genética forense tem sido aplicada com sucesso em investigações criminais, além de discutir os desafios éticos e técnicos envolvidos, como a privacidade dos dados genéticos e o uso de bancos de dados. O artigo também aborda a importância da genética forense em situações além da criminalidade, como a identificação de vítimas de desastres naturais e o auxílio na resolução de casos de desaparecimento. A metodologia utilizada incluiu uma revisão da literatura atual sobre os principais avanços tecnológicos e a aplicação de técnicas forenses em casos reais. Os resultados mostram que, apesar dos desafios, a genética forense tem contribuído significativamente para a resolução de casos complexos e para a promoção de justiça. A conclusão aponta que a área continuará a evoluir com o avanço das tecnologias, como a inteligência artificial e a edição de genes, mas ressalta a necessidade de um equilíbrio ético para garantir o uso responsável dessas inovações.

Palavras-chave: Análise de DNA; Biologia molecular; Criminologia.

1 INTRODUÇÃO

A genética forense desempenha um papel crucial na justiça moderna, sendo uma ferramenta indispensável para a resolução de crimes e identificação de indivíduos. Desde a sua origem, na década de 1980, com a descoberta das técnicas de impressão digital de DNA por Alec Jeffreys, a genética forense evoluiu significativamente. Um marco importante foi o caso de Colin Pitchfork, em 1986, que se tornou o primeiro criminoso condenado com base em evidências de DNA, estabelecendo um precedente para o uso dessa tecnologia em investigações criminais.

Segundo Chengtao Li, após a descoberta dos grupos sanguíneos ABO por Landsteiner em 1900, o tipo sanguíneo humano foi usado na identificação, e a genética forense entrou na era científica. Em 1910, o criminologista francês Edmond Locard propôs o princípio da troca de Locard e afirmou que “cada contato deixa um rastro”, o que lançou as bases para a ciência forense moderna. Em 1926, Thomas Hunt Morgan propôs uma teoria dos genes, que forneceu a base para o desenvolvimento da genética forense. Em 1953, a descoberta da estrutura de dupla hélice do DNA permitiu o início da pesquisa em genética forense no nível molecular.

Além disso, casos notórios como o do Assassino de Green River, Gary Ridgway, e o do Golden State Killer, Joseph James DeAngelo, demonstraram a eficácia da genética forense na identificação e condenação de criminosos em série. Inicialmente utilizada para resolver casos de paternidade e identificar criminosos em casos específicos, a tecnologia avançou para incluir bancos de perfis genéticos e métodos de análise cada vez mais precisos e rápidos.

Segundo o *National Research Council*, a análise de DNA é uma das maiores conquistas técnicas para investigação criminal desde a descoberta das impressões digitais. Os métodos de criação de perfil de DNA são firmemente fundamentados na tecnologia molecular. Quando a criação de perfil é feita com o cuidado apropriado, os resultados são altamente reprodutíveis. Em particular, os métodos quase certamente excluem um suspeito inocente.

Hoje, a genética forense não só auxilia na elucidação de crimes complexos, mas também na identificação de vítimas de desastres naturais e na resolução de casos de pessoas desaparecidas. A evolução das técnicas de biologia molecular permitiu que a análise de vestígios biológicos se tornasse uma prática comum e altamente confiável nos laboratórios forenses ao redor do mundo. Este avanço contínuo reflete a importância crescente da genética forense na sociedade contemporânea, destacando seu papel vital na promoção da justiça e na segurança pública.

Este artigo apresenta uma revisão da literatura sobre a evolução e a aplicação da genética forense, destacando casos emblemáticos e avanços tecnológicos que moldaram essa área.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização desta revisão de literatura, foram adotados critérios rigorosos de seleção das fontes e métodos de pesquisa. As fontes foram selecionadas com base na relevância, atualidade e credibilidade, priorizando artigos científicos, livros especializados e algumas reportagens de casos que foram solucionados com o auxílio da genética forense. O recorte temporal de 20 anos foi escolhido para garantir a inclusão de estudos e avanços relevantes à prática atual da genética forense, ao mesmo tempo em que se evitava a obsolescência de informações. Este período reflete as mudanças tecnológicas e metodológicas mais significativas no campo, como a disseminação do sequenciamento de nova geração e a utilização de bancos de dados genéticos.

Os métodos de pesquisa incluíram buscas sistemáticas em bases de dados acadêmicas como National Center for Biotechnology Information (NCBI) e Google Scholar. Foram utilizados termos de busca específicos como “genética forense”, “análise de DNA”, “casos notórios de DNA forense” e “avanços tecnológicos em genética forense”. Além disso, foram aplicados filtros para restringir os resultados a publicações dos últimos 20 anos, garantindo a inclusão de estudos recentes e relevantes. Os critérios de inclusão englobaram publicações científicas, revisões e estudos de caso que abordassem avanços tecnológicos, aplicação prática da genética forense e casos notórios solucionados com auxílio do DNA. Foram excluídos artigos cuja metodologia fosse considerada desatualizada ou que não apresentassem dados relevantes para o contexto criminal ou humanitário. Reportagens jornalísticas foram consideradas apenas em situações de ampla repercussão e com base em fontes confiáveis.

Uma exceção foi feita para o livro *The Evaluation of Forensic DNA Evidence*, publicado em 1996, devido ao seu caráter pioneiro e fundacional no campo da genética forense. Apesar de sua data de publicação, o livro é amplamente reconhecido por oferecer conceitos e metodologias que lançaram as bases para as práticas modernas de análise de DNA. Além disso, ele fornece uma visão histórica detalhada sobre os primeiros desafios e avanços na área, o que é essencial para compreender o progresso das tecnologias forenses ao longo do tempo. Sua relevância e validação pela comunidade científica justificam sua inclusão nesta revisão.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A genética forense teve suas origens marcadas pela descoberta revolucionária de Alec Jeffreys em 1984, que desenvolveu a técnica de impressão digital de DNA. Este avanço permitiu a identificação única de indivíduos com base em seu material genético. Durante o levantamento bibliográfico, foram identificadas 25 publicações relevantes que atendiam aos critérios estabelecidos. Após análise detalhada, 11 fontes foram selecionadas para compor a revisão, priorizando aquelas que apresentavam maior relevância e rigor metodológico em relação ao tema abordado.

Um dos casos pioneiros que utilizou essa tecnologia foi o de Colin Pitchfork, em 1986, onde a análise de DNA foi crucial para resolver um caso de assassinato e estupro, estabelecendo um precedente importante para o uso da genética forense em investigações criminais. Desde então, a genética forense evoluiu significativamente, incorporando novas tecnologias e metodologias que aumentaram sua precisão e aplicabilidade.

As principais técnicas utilizadas na análise forense de DNA incluem a Reação em Cadeira da Polimerase (PCR), que amplifica pequenas quantidades de DNA, e os Polimorfismos de Repetição Curta (STR), que analisam regiões específicas do DNA para criar perfis genéticos. Além disso, os Polimorfismos de Nucleotídeo Único (SNP) são utilizados para identificar variações genéticas. As amostras biológicas comumente analisadas incluem sangue, saliva, cabelo e tecidos. Ademais, o sequenciamento de nova geração (NGS) tem emergido como uma tecnologia promissora, permitindo a análise detalhada de grandes quantidades de dados genéticos com maior precisão e rapidez. O NGS possibilita a identificação de múltiplos marcadores genéticos simultaneamente, o que é particularmente útil em casos complexos ou onde as amostras estão degradadas.

A genética forense tem sido fundamental em diversos casos notórios. Por exemplo, o caso do Golden State Killer, onde a análise de DNA levou à identificação e prisão do criminoso décadas após seus crimes. Outro exemplo é a identificação de vítimas de desastres, como os ataques de 11 de setembro, onde a genética forense foi essencial para identificar restos mortais e proporcionar encerramento do caso às famílias. Além disso, a genética forense desempenha um papel crucial na resolução de casos de desaparecimento, ajudando a identificar indivíduos e reunificar famílias. Em casos de crimes de guerra e genocídios, a genética forense tem sido utilizada para identificar vítimas e documentar violações de direitos humanos, contribuindo para processos judiciais e históricos.

No caso do Golden State Killer, Joseph James DeAngelo, a polícia utilizou uma técnica inovadora chamada genealogia genética. Investigadores coletaram amostras de DNA de cenas de crime e as compararam com perfis genéticos disponíveis em bancos de dados públicos de genealogia, como o GEDmatch. Eles conseguiram identificar parentes distantes de DeAngelo e, a partir daí, construíram uma árvore genealógica que os levou até ele. Após identificar DeAngelo como suspeito, a polícia coletou uma amostra de DNA dele de um objeto descartado, como um copo ou guardanapo, e confirmou a correspondência com o DNA das cenas dos crimes. Esse método permitiu resolver uma série de crimes que haviam permanecido sem solução por décadas.

A identificação das vítimas dos ataques de 11 de setembro foi um dos maiores desafios enfrentados pela genética forense devido à fragmentação e degradação dos restos mortais. A equipe do Escritório do Médico Legista Chefe de Nova York (OCME) utilizou técnicas avançadas de análise de DNA para identificar as vítimas. Eles coletaram amostras de DNA de restos mortais e as compararam com amostras de referência fornecidas por familiares, como escovas de dente ou cabelos. Além disso, utilizaram técnicas de extração e amplificação de DNA para lidar com amostras altamente degradadas. A análise de DNA permitiu identificar milhares de vítimas, proporcionando um fechamento para muitas famílias. O uso de tecnologias avançadas, como o sequenciamento de nova geração (NGS), também foi fundamental para melhorar a precisão e a eficiência das identificações.

Esses casos exemplificam como a genética forense pode ser uma ferramenta poderosa na resolução de crimes e na identificação de vítimas, mesmo em situações extremamente desafiadoras. Ainda assim, apesar dos avanços, a análise forense de DNA enfrenta desafios significativos. A contaminação das amostras e a degradação do DNA são problemas comuns que podem comprometer os resultados. Além disso, falhas metodológicas podem levar a conclusões errôneas. Do ponto de vista legal e ético, o uso de dados genéticos em bancos de dados levanta questões sobre privacidade e consentimento. A manutenção e atualização desses bancos de dados são essenciais para garantir a precisão e a confiabilidade das análises. A ética na genética forense também envolve a consideração de questões como a discriminação genética e o uso de perfis genéticos para fins não relacionados à justiça criminal, como seguros e emprego.

O futuro da genética forense promete avanços tecnológicos significativos, como o uso de inteligência artificial para analisar grandes volumes de dados genéticos e a criação de perfis fenotípicos preditivos, que podem prever características físicas a partir do DNA. Além disso, a utilização de grandes bancos de dados de DNA, como aqueles utilizados recentemente para ajudar no caso dos estudantes de Idaho, demonstra o potencial desses recursos para resolver casos complexos e trazer justiça. No entanto, esses avanços trazem consigo considerações éticas importantes, como a necessidade de regulamentação para proteger a privacidade dos indivíduos e garantir o uso responsável das novas tecnologias. A integração de tecnologias emergentes, como a edição de genes e a biologia sintética, também pode abrir novas fronteiras para a genética forense, mas requer uma abordagem cuidadosa para equilibrar a inovação e ética.

4 CONCLUSÃO

A genética forense, ao longo de sua evolução, não apenas revolucionou a investigação criminal, mas também redefiniu os limites da ciência aplicada à justiça. A precisão e a confiabilidade das técnicas de análise de DNA trouxeram uma nova era de resolução de crimes, onde a verdade científica pode prevalecer sobre incertezas e suposições. Este campo se tornou um pilar na correção de erros judiciais, proporcionando uma segunda chance para aqueles injustamente condenados e assegurando que os verdadeiros culpados sejam responsabilizados. Além do impacto direto na justiça criminal, a genética forense desempenha um papel humanitário vital. Em desastres naturais, conflitos e crises humanitárias, a identificação de vítimas por meio do DNA oferece consolo às famílias, permitindo-lhes encontrar paz e um encerramento do caso. Este aspecto humanitário sublinha a importância da genética forense como uma ferramenta de compaixão e justiça.

O avanço contínuo da genética forense é promissor, com tecnologias como o sequenciamento de nova geração (NGS) e a inteligência artificial expandindo ainda mais suas capacidades. No entanto, com esses avanços vêm desafios éticos e legais que devem ser cuidadosamente considerados. A privacidade dos dados genéticos e o consentimento informado são questões cruciais que precisam ser abordadas, garantindo que o uso dessas tecnologias respeite os direitos individuais e a privacidade.

Em última análise, a genética forense continuará a ser uma força transformadora na sociedade, promovendo uma justiça mais precisa e humana. O equilíbrio entre inovação tecnológica e considerações éticas será fundamental para que os benefícios dessa ciência sejam plenamente realizados, contribuindo para um mundo mais justo e igualitário.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, Marina Abrantes de; ROVERSI, Fernanda Marconi. *Técnicas de biologia molecular na genética forense*. s.d. Disponível em: <https://www.usf.edu.br/galeria/getImage/768/1732233111609902.pdf>. Acesso em: 6 nov.

2024.

BUTLER, John M. The future of forensic DNA analysis. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, v. 370, n. 1674, p. 1-10, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1098/rstb.2014.0252>. Acesso em: 6 nov. 2024.

LEMOS, Mayara Cristina; GASPARIN, Caroline Cardozo. *O impacto do banco de dados de dna na elucidação de crimes no brasil – uma revisão de literatura*. BJIHSS Journal, v. 6, n. 1, p. 805-828, 2024. Disponível em: <https://bjihss.emnuvens.com.br/bjihss/article/view/1220/1409>. Acesso em: 6 nov. 2024.

LI, Chengtao. Forensic genetics. *Forensic Sciences Research*, v. 3, n. 2, p. 103-104, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/20961790.2018.1489445>. Acesso em: 6 nov. 2024.

MOREIRA, Ana Luísa Vilas Boas Guimarães. *Fatores pré-analíticos que influenciam a sequenciação de nova geração (NGS): experiência IPO Coimbra*. Repositório Científico do Instituto Politécnico do Porto, 2023. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10400.22/24711>. Acesso em: 6 nov. 2024.

NATIONAL CENTER FOR BIOTECHNOLOGY INFORMATION. *The Evaluation of Forensic DNA Evidence*. 2. ed. Bethesda, MD: National Institutes of Health, 1996. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK232600/>. Acesso em: 6 nov. 2024.

NOVROSKI, Nicole M.M. *The Idaho Student Homicides and the Future of Forensic Genetic Genealogy*. Forensic Genomics, v. 3, n. 1, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1089/forensic.2023.0004>. Acesso em: 6 nov. 2024.

NUÑEZ DEL PRADO, Cintia Corteccioni; REIS, Marcela Funaki dos. *Vestígios biológicos e técnicas moleculares aplicadas na investigação criminal*. s.d. Disponível em: <https://dspace.mj.gov.br/bitstream/1/4918/1/Vest%C3%ADgios%20Biol%C3%B3gicos%20e%20T%C3%A9cnicas%20Moleculares%20Aplicadas%20na%20Investiga%C3%A7%C3%A3o%20Criminal.pdf>. Acesso em: 6 nov. 2024.

ORTIZ, Erik. *Idaho college student killings: A summary and timeline*. NBC News, 2022. Disponível em: <https://www.nbcnews.com/news/amp/rcna63818>. Acesso em: 6 nov. 2024.

RITTER, Nancy. Identifying Remains: Lessons Learned From 9/11. *NIJ Journal*, n. 256, p. 20-26, 2007. Disponível em: <https://www.ojp.gov/pdffiles1/nij/jr000256.pdf>. Acesso em: 6 nov. 2024.

SAEY, Tina Hesman. *New genetic sleuthing tools helped track down the Golden State Killer suspect*. Science News, 2018. Disponível em: <https://www.sciencenews.org/article/golden-state-killer-suspect-dna-genetics-genealogy>. Acesso em: 6 nov. 2024.