RCML
REVISTA CRIMINALÍSTICA
E MEDICINA LEGAL

REVISTA CRIMINALÍSTICA E MEDICINA LEGAL
V.4 | N.1 | 2019 | P. 9 - 15 | ISSN 2526-0596

DNA FORENSE - O USO DA BIOLOGIA MOLECULAR NA RESOLUÇÃO DE CASOS CRIMINAIS

Sordaini Maria Caligiorne*
Superintendência de Polícia Técnico-Científica – Polícia Civil de Minas Gerais

Aline Torres de Azevedo Chagas
Superintendência de Polícia Técnico-Científica – Polícia Civil de Minas Gerais

FORENSIC DNA - THE USE OF MOLECULAR BIOLOGY IN CRIMINAL CASES RESOLUTION

RESUMO

O avanço da ciência e tecnologia forense teve destaque em meados dos anos 1980, quando as técnicas de identificação fundamentadas na análise direta do DNA tornaram-se uma das mais poderosas ferramentas para a identificação humana em investigações criminais. A molécula do ácido desoxirribonucleico (DNA) constitui instrumento adicional importante na produção de provas, sendo extremamente relevante para ação dos poderes judiciário e executivo. Antes do advento das técnicas envolvendo DNA, as análises forenses se limitavam apenas à possibilidade de se realizar a exclusão de paternidade. Atualmente, a investigação de vínculos genéticos de filiação permite uma resposta definitiva que exclui a suposta paternidade ou comprova a mesma (inclusão de paternidade). A determinação de vínculos genéticos pelo DNA, que se baseia nos polimorfismos, ou seja, diferenças genéticas, encontrados entre indivíduos, pode ser usada para demonstrar a culpabilidade dos criminosos, identificar os inocentes, corpos e restos humanos em desastres em massa, além de permitir a confirmação de autoria em casos de crimes sexuais. O avanço da ciência e da tecnologia forense e a disponibilidade de várias ferramentas biotecnológicas que proporcionam sensibilidade, eficiência e rapidez nas análises, aumentam a possibilidade de sucesso na resolução de casos envolvendo amostras muito degradadas, contaminadas ou com mínima quantidade de DNA.

PALAVRAS CHAVE: Biologia Molecular. DNA forense. Perícia Criminal.

ABSTRACT

The advancement of science and forensic technology was highlighted in the mid-80s, when the identification techniques based on direct analysis of DNA, became one of the most powerful tools for human identification and criminal investigations. Investigations by the deoxyribonucleic acid (DNA) molecule are an important additional tool in the production of evidence, being extremely relevant to the action of the judiciary and the executive. In the past, it was only possible to determine paternity exclusion, currently with DNA testing, investigating genetic links DNA for membership, allows a definitive answer that excludes the supposed paternity or proving it (including parenting). The determination of genetic links the DNA, which is based on genetic differences between individuals, can be used to demonstrate the culpability of criminals, identify the innocent, and identify bodies and human remains in mass disasters and enables confirmation of authorship in cases of sexual crimes. The advancement of science and forensic technology and the availability of various biotechnology tools that provide sensitivity, efficiency and speed in the analysis increases the possibility of success in solving cases involving very degraded samples, contaminated or minimal amount of DNA.

KEYWORDS: Molecular Biology, Forensic DNA, Criminal Science

* sordaini@gmail.com

FUNDAMENTOS DE BIOLOGIA MOLECULAR

No corpo humano existem trilhões de células, a maioria delas do tipo diploide, ou seja, possui pelo menos duas cópias de cada cromossomo, sendo um de origem paterna e outro materna. São estes 46 cromossomos que contêm toda informação necessária para a construção e funcionamento do corpo. O genoma humano é composto por mais de 3 bilhões de pares de bases (pb) individuais (adenina - A, citosina - C, guanina - G e timina - T), contidas nos 23 pares de cromossomos e no genoma mitocondrial. Basicamente, genoma humano é dividido em regiões codantes e não codantes. As regiões codantes representam cerca de 2% do genoma e contêm a informação dos cerca de 20 a 25 mil genes expressos pelo genoma humano [1]. As regiões gênicas estão sujeitas à pressão seletiva, de modo que mutações nessas regiões podem representar modificações em estrutura e função do produto gênico e, sendo tais modificações deletérias, tendem a desaparecer por seleção natural. Em contraste, a porção não codante do genoma está sujeita a menor pressão seletiva e, assim, a maioria das mutações nessas regiões são normalmente mantidas e transmitidas à descendência, levando a um aumento na variabilidade genética nessas regiões. Por essa razão, essas regiões são amplamente informativas para individualização genética [2].

O DNA é uma molécula helicoidal, formada por duas fitas complementares, composta por um grupo fosfato ligado a um carboidrato desoxirribose, que pode se ligar a uma base nitrogenada de dois anéis denominada purina (A ou G) ou a uma base nitrogenada de apenas um anel, denominada pirimidina (T ou C). A complementaridade das duas fitas de DNA ocorre devido a ligações de hidrogênio, que são específicas entre essas quatro bases nitrogenadas. Assim, A sempre está pareada com T, o mesmo ocorrendo entre C e G. A ordem destas quatro bases na molécula de DNA determina o conteúdo da informação nos genes. Longos filamentos delgados das moléculas do DNA vão se dobrando e enovelando, formando os cromossomos; alguns cromossomos humanos possuem cerca de 0,5 bilhão de pares de bases [3].

A uma determinada região genômica é dado o nome de *locus* gênico (plural *loci*). Nos testes para determinação de vínculos genéticos são estudadas *loci* em que há variação entre os indivíduos de uma população [4]. Tais regiões também podem ser chamadas de marcadores moleculares. Esses marcadores foram descritos pela primeira vez como ferramenta útil para a identificação humana no início dos anos 1990 [5] e podem ser agrupados em dois tipos: polimorfismos de sequências e polimorfismos de comprimento. Os polimorfismos de sequência são caracterizados por variações na sequência do DNA que podem ser substituições, adições ou deleções de pares de bases. Já os polimorfismos de comprimento são sequências de nucleotídeos que se repetem uma após outra, no genoma, conhecidas como VNTRs (*variable number repeats* ou repetições em tandem de número variável) [6].

A maioria dos sistemas de tipagem forense é baseada em polimorfismos de comprimento, classificados em minissatélites e microssatélites. A variação genética entre indivíduos nesses sistemas não está baseada somente nas suas sequências de DNA, mas no número de repetições, gerando diferentes comprimentos de sequência, e na frequência com que essas sequências de repetições randomicamente arranjadas em múltiplas cópias (repetições em tandem) aparecem em uma população. Isso determinará os diferentes alelos dos diferentes *loci* de DNA encontrados nos indivíduos, possibilitando diferenciá-los [6].

Os minissatélites humanos possuem sequências de repetição em tandem que variam de 6 a mais de 100 pb, podendo apresentar alelos com mais de 4000 pb de comprimento [6], o que impede que sejam determinados utilizando PCR (*polymerase chain reaction* ou reação em cadeia da polimerase), a qual é adequada para fragmentos menores que 1000 pb. Entretanto, o principal fator limitante para o uso desse tipo de marcador em análises forenses é o fato de que o fragmento analisado deve estar em uma quantidade suficiente e não degradado, situações bastante comuns em amostras forenses [7].

Os microssatélites são conhecidos como STRs (*short tandem repeats* ou sequências simples de repetição) e consistem de sequências genômicas de 1 a 5 pb de comprimento, repetidas tipicamente de 5 a 30 vezes, sendo as repetições tetra e pentanucleotídicas, ou seja, com motivos de repetição contendo quatro e cinco nucleotídeos, respectivamente, sendo as mais usuais para análises criminais. São os mais utilizados principalmente por proporcionarem a tipagem de amostras que apresentam pouquíssimas quantidades de DNA-molde (fragmentos de DNA que serão utilizados como moldes para a PCR) ou que estão muito degradadas, conhecidas como amostras LCN (*low copy number*) ou, recentemente, amostras LTD (*low template DNA*) [8].

O AVANÇO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA FORENSE

A identidade pode ser descrita como a soma de caracteres que individualizam uma pessoa, distinguindo-a das demais, enquanto o emprego de meios adequados para determinar a identidade ou não identidade das pessoas é o processo de identificação [9].

As técnicas genéticas vêm ganhando importância na identificação humana. Iniciaram com a análise do sistema ABO e Rh do sangue [10] que, apesar de rápida e de baixo custo, não é muito informativa, uma vez que existem apenas oito possíveis grupos (A, B, AB e O; Rh positivo ou negativo). Além disso, pelo menos 40% da população pertencem ao tipo O. Assim, embora este método seja útil para excluir uma pessoa de ser a fonte de uma amostra criminal, o teste não é muito útil quando uma inclusão é feita, especialmente se a amostra é do tipo O [11].

A identificação humana tem se beneficiado do avanço das técnicas da biologia molecular para a análise de DNA. O avan-

ço da ciência e tecnologia forense teve destaque em meados dos anos 1980, quando as técnicas de identificação fundamentadas na análise direta do DNA, tornaram-se uma das mais poderosas ferramentas para a identificação humana e investigações criminais [12].

Em 1980, Ray White descreveu o primeiro marcador polimórfico de tamanho de fragmentos de restrição (RFLP). Com o advento da técnica da PCR, a partir de 1985, abriu-se caminho para a aplicação mais ampla dos testes de DNA na identificação humana [13].

Em abril de 1985, houve o primeiro caso judicial satisfatoriamente resolvido com provas advindas da análise de DNA, solucionando uma disputa sobre imigração na Inglaterra [14]. Mas somente em outubro de 1996 é que a análise de DNA ocupou definitivamente espaço na criminalística, quando foram coletadas amostras de sêmen e sangue de duas adolescentes estupradas e assassinadas no condado de Leicester, Inglaterra. Sir Alec Jeffreys, professor da Universidade de Leicester, após tipagem de grupos sanguíneos de cerca de dez mil homens residentes nos dois vilarejos do condado e análise de DNA dos homens que não puderam ser excluídos como produtores das referidas amostras, pôde inocentar, através do DNA, o principal suspeito [15].

Em 1988, nos Estados Unidos da América, o FBI (*Federal Bureau of Investigation*) investigava casos forenses utilizando ferramentas baseadas em análise de DNA. Com descoberta e utilização dos microssatélites, foi possível incrementar a análise do material genético com intuito forense [10].

Os marcadores do tipo SNPs (*single nucleotide polymorfhism*) também podem ser utilizados para fins de identificação humana, uma vez que são fragmentos menores e que permitem a identificação em amostras com DNA degradado, que são comuns na rotina de laboratórios de criminalística [16]. A genotipagem de microssatélites utilizando plataformas NGS (*next generation sequencing* ou sequenciamento de nova geração) já é uma realidade para identificação humana [17] e permite a inferência de genótipos em nível de sequência, através da qual uma quantidade muito maior de variação pode ser predita. Por exemplo, uma análise do *locus* D12S391, um marcador STR utilizado para identificação humana, feita por NGS revelou a presença de 53 alelos diferentes, enquanto apenas 15 alelos foram detectados através de abordagens clássicas envolvendo eletroforese capilar, mostrando que muitos alelos têm o mesmo comprimento, mas composição nucleotídica diferente [18]. Tais características do NGS têm levado a revisões das nomenclaturas de alelos microssatélites para identificação humana [19].

A instituição policial pioneira no Brasil a realizar, rotineiramente, exames forenses utilizando análise de material genético foi Divisão de Pesquisa de DNA Forense (DPDNA) da Polícia Civil do Distrito Federal [20], que iniciou suas atividades em 1994. Mais tarde, laboratórios especificamente equipados para análises forenses foram montados no Rio Grande do Sul, Paraná, São Paulo, Minas Gerais e Mato Grosso do Sul, respectivamente. Atualmente, a RIBPG (Rede Integrada de Bancos de Perfis Genéticos) conta com 19 laboratórios estaduais e 1 laboratório da Polícia Federal [21].

Dentre os casos de repercussão envolvendo a identificação humana por DNA no Brasil, destaca-se a identificação dos corpos das vítimas do acidente aéreo entre o avião Boeing 737-800 da companhia aérea Gol Transportes Aéreos e um jato executivo Embraer Legacy 600, em 29 de setembro de 2006. O Boeing 737-800 citado acima, caiu na Floresta Amazônica, na Serra do Cachimbo, matando todas as 154 pessoas a bordo. Outro acidente aéreo envolveu o Airbus A320 da TAM Linhas Aéreas, em 17 de julho de 2007, que incendiou próximo a pista do aeroporto de Congonhas em São Paulo, matando todas as 187 pessoas a bordo e 12 pessoas em terra. Também, em 01 de junho 2009, o Airbus A330-200 da Air France, partindo do Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro, caiu no oceano, matando 228 pessoas, das quais apenas 50 corpos foram localizados e identificados [22].

A utilização de novas tecnologias pela Perícia Criminal conta com a colaboração e parceria de Universidades, onde notadamente surge conhecimento científico amplamente aplicado nas ciências forenses. Em relação à genética e identificação humana, foram fundamentais os trabalhos que desvendaram o modelo da dupla hélice do DNA, apresentado à comunidade científica em abril de 1953 por James Dewey Watson e Francis Crick (1916-2004) e as contribuições de Sir Alec Jeffreys , autor do primeiro artigo descrevendo o uso do DNA *fingerprint* (impressão digital de DNA) [14].

O USO DE TÉCNICAS BASEADAS EM DNA NA ROTINA DE UM LABORATÓRIO FORENSE: O CASO DO ESTADO DE MINAS GERAIS

A ciência forense é uma ferramenta utilizada pela perícia criminal que trata do uso do conhecimento e da tecnologia da ciência no cumprimento da legislação [21-18]. Constituem objetos de estudo, no âmbito da genética forense, dos peritos criminais os fios de cabelos, manchas de sangue, sêmen, saliva, tecidos biológicos, entre outros [23].

A atividade pericial é regulada pelo Código de Processo Penal (CPP). Os Peritos Criminais atuam auxiliando a justiça [24], com conhecimento especializado em determinada área, sujeitos à disciplina judiciária e aos mesmos impedimentos dos juízes. O CPP insere a perícia entre os tipos de prova, juntamente com interrogatório do acusado; confissão; depoimento de vítima; testemunhas reconhecimento de pessoas ou coisas; acareação; documental; indiciária; e busca e apreensão [25]. A prova pericial é construída através do exame de corpo de delito, onde o Perito Criminal realiza a verificação da prova da existência do crime [26].

A perícia criminal é obrigatória nas infrações penais que deixarem vestígios, sob pena de nulidade do processo [23], não sendo suprida pela confissão do acusado, e deve ser realizada por perito criminal , que ao final dos exames emite um laudo pericial. Vestígio é o rastro, a pista ou o indício deixado por algo ou

alguém [26], que, ao final dos exames periciais, poderá se constituir em uma prova.

Em Minas Gerais, a Superintendência de Polícia Técnico-Científica é integrante do Conselho Superior da Polícia Civil e subordinada diretamente à Chefia de Polícia Civil, que por sua vez compõe a Secretaria de Estado de Defesa Social. A SPTC coordena e supervisiona os serviços de medicina legal e da perícia criminal. A medicina-legal é composta essencialmente por médicos-legistas, que procedem às necropsias em cadáveres em situações de morte violenta, realizam também exames de corpo delito em pessoas vivas que foram alvo de alguma violência como, por exemplo, violência sexual. A perícia criminal mineira é composta por 64 Seções Técnicas de Criminalística, distribuídas pelo interior do Estado, e pelo Instituto de Criminalística, que possui, dentre as seções técnicas especializadas, uma divisão de laboratório onde está localizada a Seção Técnica de Biologia e Bacteriologia Legal (STBBL) [27] .

A STBBL além se ser responsável pela realização de testes para determinação de sangue de natureza humana e de sêmen, realiza análises de DNA. As amostras biológicas impregnadas a suportes de tecidos, papel, plástico, madeira, metais e outros, que são encontrados em cenas de crimes, são submetidas a criterioso protocolo de manipulação até a obtenção dos perfis genéticos contidos nesses materiais. Da mesma forma, são analisadas as amostras coletadas em vítimas de crimes sexuais, os fragmentos de tecidos biológicos, de tecidos ósseos e elementos dentários de ossadas e de cadáveres desconhecidos. Os exames de DNA são realizados pela STBBL à medida que a investigação policial encontra suspeitos, investigados ou novas amostras relacionadas ao crime, para comparação entre os perfis de investigados com os perfis de amostras já encaminhadas. Assim, muitos dos vestígios encaminhados a STBBL são arquivados, por tempo indeterminado, até que a investigação policial se desenvolva.

A utilidade do serviço de perícia criminal é produzir a prova da materialidade do crime e vincular o autor à cena do crime e, assim, contribuir para a elucidação do delito [27]. O primeiro caso em que foi solicitada a análise de DNA para a divisão de laboratório do Instituto de Criminalística de Minas Gerais (ICMG) foi em 1997, quando durante uma manifestação em frente à sede do comando geral da Polícia Militar de Minas Gerais, em Belo Horizonte, foi assassinado por disparo de arma de fogo um dos líderes do movimento grevista dos policiais militares [22]. Uma vez que vários atiradores estavam posicionados no local da manifestação, mais de um projétil foi encontrado. A análise pericial mostrou que a vítima possuía ferimentos de entrada e saída compatíveis com ferimentos provocados por projétil de arma de fogo. Para a identificação da arma que propeliu o disparo fatal e consequentemente do atirador responsável pelo disparo, análises de DNA nas amostras biológicas recolhidas nos projeteis, foram requisitadas como complemento às demais evidências, trabalho realizado em parceria com o laboratório do *Body Technology Group* nos EUA [28].

Em 1998 foi realizada a primeira tentativa para identificação de ossada na STBBL. Peritos Criminais foram encaminhados à Divisão de pesquisa de DNA forense da Polícia Civil de Brasília/DF para em uma tentativa conjunta, solucionar o caso, porém não foi obtido sucesso nas análises, ficando as amostras armazenadas para posterior análise [22]. Somente em julho de 2005, análises de fragmentos ósseos e elementos dentários para identificação de ossadas foram efetivamente padronizadas na STBBL. Novas análises foram realizadas nas amostras datadas de 1998 e finalmente em junho de 2006, foram concluídas [22].

Já o primeiro caso de crime sexual de repercussão foi recebido em julho de 1998. Uma adolescente, paciente de um hospital de emergência da capital mineira foi vítima de estupro, cujo principal suspeito era um funcionário, auxiliar de enfermagem, do próprio hospital. Foi solicitado apoio dos técnicos do centro de investigação de crimes sexuais da Universidade de Moji das Cruzes/SP. A análise revelou coincidências entre o perfil genético do suspeito e o material biológico coletado na vítima [29].

Em 2005, o Departamento de Políticas, Programas e Projetos da Secretaria Nacional de Segurança Pública (SENASP) investiu na implantação de laboratórios regionais de DNA com o objetivo de apoiar diretamente as polícias em sua atividade de persecução penal centrada na atuação dos laboratórios de DNA. A SENASP investiu na modernização de laboratórios já existentes e na estruturação de novos laboratórios em estados que ainda não realizavam análises de DNA Forense. Além disso, foram instituídos, nas regiões do Brasil, laboratórios de referência que atuavam como centro de formação e apoio aos laboratórios recém-estruturados. Estados como Amapá, Amazonas, Bahia, Espírito Santo, Mato Grosso, Pará, Paraíba, Pernambuco, Rio de Janeiro, Santa Catarina, e a Polícia Federal realizam, atualmente, análises de DNA em laboratórios estruturados por iniciativa da SENASP [30].

As possibilidades legais e éticas da construção de bancos de dados com informações genéticas de criminosos, a fim de auxiliar a investigação na busca de suspeitos de crimes, especialmente a partir de evidências de crimes sexuais, são amplamente discutidas. Este tipo de banco de dados já vem sendo utilizado no Reino Unido desde 1995 e pelo FBI nos Estados Unidos, desde 1998, com a denominação NDIS (*National DNA Index System*), que utiliza o software CODIS (*Combined DNA Index System*) [31].

Assim, no dia 18 de maio de 2009 o FBI e a Polícia Federal Brasileira assinaram um Termo de Compromisso para uso do CODIS no Brasil. Referido Termo levou a criação da Rede Integrada de Bancos de Perfis Genéticos (RIBPG) que permitiu que as Secretarias Estaduais de Defesa Social e o Departamento de Polícia Federal, através de suas respectivas Instituições de Perícia Oficial, compartilhassem e comparassem perfis genéticos de DNA. A RIBPG, que compartilha dados genéticos de diversas Unidades da Federação por meio de Acordos de Cooperação Técnica, foi formalizada por meio do Decreto nº 7.950,

de 12 de março de 2013 e tem como objetivo principal subsidiar a apuração criminal e a identificação de pessoas desaparecidas [26]. Além disso, prevê ações conjuntas para a padronização de procedimentos e técnicas de análise de DNA, captação de recursos de infraestrutura e adoção de medidas de segurança para garantir a confiabilidade dos dados genéticos que serão armazenados no CODIS [31].

A RIBPG surgiu da iniciativa conjunta do Ministério da Justiça e das Secretarias de Segurança Pública Estaduais tendo por objetivo propiciar o intercâmbio de perfis genéticos de interesse da Justiça, obtidos em laboratórios de perícia oficial. Para ser efetiva, a RIBPG depende da devida inserção de perfis genéticos das amostras biológicas deixadas pelos infratores nos locais de crime (ou no corpo das vítimas), oriundos de casos com ou sem suspeitos. Esses vestígios, além de serem confrontados entre si, o que já permite a detecção de crimes seriais, podem ser identificados por meio do confronto com os perfis genéticos dos indivíduos cadastrados no banco, nos termos da Lei nº 12.654, de 28 de maio de 2012, sendo os condenados e os identificados criminalmente. O cumprimento da Lei nº 12.654, com o efetivo cadastramento destas pessoas, é fundamental para que os vestígios sejam identificados e a RIBPG possa auxiliar na elucidação de crimes, bem como a evitar condenações equivocadas [32].

O CODIS, um dos maiores bancos de dados de DNA do mundo, foi desenvolvido pelo FBI e permitiu que as polícias do Brasil criassem bancos de dados com amostras de DNA de criminosos, suspeitos e vítimas; e estabelecessem vínculos entre amostras biológicas forenses tipadas através de microssatélites de DNA autossômico, DNA do cromossomo Y e também do DNA mitocondrial, em casos de crimes sexuais, evidências encontradas em locais de crimes e também identificação de ossadas e pessoas desaparecidas. O CODIS permite o cruzamento de milhares de dados armazenados, facilitando a elucidação de muitas infrações penais e combatendo o crime organizado [33].

O último relatório emitido pela RIBPG, que traz dados coletados até 28 de novembro de 2019, mostra que, atualmente, a rede é composta 18 laboratórios estaduais, 1 laboratório distrital e 1 laboratório da Polícia Federal. O mesmo relatório mostra a existências de 66.242 perfis genéticos oriundos de vestígios e indivíduos cadastrados criminalmente. Esses indivíduos englobam: condenados, identificados criminalmente, restos mortais identificados e indivíduos cadastrados por decisões judiciais. Os perfis inseridos em cumprimento à Lei 12.654/2012 são de perfazem 84 % do total de amostras inseridas. Em relação ao banco de dados de pessoas desaparecidas, existem 4.038 perfis genéticos depositados no banco de DNA. Apesar de ainda estar em processo de consolidação, a evolução do número de perfis depositados ao longo dos anos, desde a criação da RIBPG, está em franco crescimento [21].

Em termos de contribuição absoluta de cada laboratório participante da RIBPG, destacam-se a Polícia Federal e os Estados de São Paulo, Rio Grande do Sul e Minas Gerais. Os vestígios oriundos de crimes sexuais representam 56% das amostras incluídas no banco de dados relacionados a vestígios. Quanto aos perfis oriundos de indivíduos condenados, prevalecem os perfis relacionados a crimes sexuais, seguido de crimes contra a vida e crimes contra o patrimônio. Até a conclusão do último relatório, o banco de dados brasileiro havia produzido 1.418 coincidências confirmadas, auxiliando 1.060 investigações [21].

A análise de DNA, tem se constituído em uma poderosa ferramenta para relacionar evidências biológicas a pessoas envolvidas em crimes ou para determinar vínculos biológicos entre indivíduos. As metodologias utilizadas atualmente são o resultado de importantes mudanças tecnológicas impulsionadas, em parte, pela demanda, mas também pelo grande progresso científico na exploração da variação genética nos cromossomos autossômicos, cromossomos sexuais e do DNA mitocondrial [34]. Novas pesquisas genômicas em andamento poderão fornecer novas ferramentas no futuro que servirão para auxiliar o trabalho da perícia criminal através do uso da tecnologia do DNA forense.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Desde 1985 a identificação humana por meio da análise de DNA tem sido usada como ferramenta em casos de paternidade e em casos de investigação criminal. A análise de DNA pode ser realizada em diversas amostras biológicas como sangue, músculos, dentes, ossos, *swab* bucal, sêmen, amostras coletadas na cena do crime ou coletadas por médicos legistas em casos de crimes sexuais, dentre outras. A análise de DNA é sem dúvida, um progresso técnico-científico que possibilita a investigação criminal embasada no uso de tecnologia molecular e, devido ao alto poder de discriminação e a alta sensibilidade, tornou-se uma importante ferramenta para elucidação de diversos crimes. As tecnologias empregadas nos laboratórios de biologia forense possibilitam a materialização da prova e assim a comprovação da autoria. O trabalho de perícia criminal que se desempenha na STBBL apresenta valor essencial de serviço prestado e um papel relevante para a ciência e a justiça. A identificação individual se dá por meio da comparação de perfis genéticos obtidos de regiões polimórficas presentes no DNA. Assim, regiões polimórficas presentes em cada um dos 23 pares de cromossomos herdadas dos parentais, são utilizadas para determinar se existe vínculo genético ou identidade genética entre amostras biológicas coletadas na cena do crime e suspeitos/agressores ou seus parentes.

A tecnologia presente na utilização da análise de DNA em amostras obtidas de cena de crime trouxe eficiência para a elucidação de vários crimes. Essa eficiência, reportada nos laudos, é resultado de um trabalho conjunto das ações dos policiais, seja na cena de crime ou no laboratório, já que o cuidado e tratamento

das amostras são essenciais para que seja alcançado o principal objetivo do serviço policial: o atendimento à vítima.

REFERÊNCIAS

1- LITTLE, P.F. Structure and function of the human genome. *Genome Research,* v.15, p.1759-66, 2005.

2- SCHNEIDER, P.M. Basic issues in forensic DNA typing. *Forensic Science International,* v.88, p.17-22, 1997.

3- WATSON, J.D. BAKER, T.A.; BELL S.P.; GANN, A.; LEVINE, M.; LOSICK, R.; CHIES, J.A.B.; Trad: Vargas, A.E.; Passaglia, L.M.; Fisher, R. *Biologia molecular do gene*. 7.ed. São Paulo: Artmed, 2015.

4- DUARTE, F.A.M.; PEREZ, A.M.; PENA, S.D.; DE BARROS, M. P.M.; ROSSI, E.O. A avaliação do DNA como prova forense. *Fundação de Pesquisas Cientificas de Ribeirão Preto*, 2001.

5- EDWARDS, A. Genetic variation at five trimeric and tetrameric tandem repeat loci to four human population groups. *Genomics*, v.12, p.241-253,1992.

6- WEEDN, V.W; SWARNEN, S.L. Exames forenses de identificação por análises do DNA. In: HENRY, J.B. (Org.) *Diagnósticos clínicos e tratamento por métodos laboratoriais.* 19.ed. São Paulo: Manole, 1998.

7- XIAO, J.; XIN, X.; LUAN, X.; WEI, D.; YANG, S. A modified simple RFLP-PCR method for single nucleotide polymorfhism (SNP) typing. *Genetics and Molecular Biology*, v.3, p.562–565, 2004.

8- SNUSTAD, D.P.; SIMMONS, M.J. Aplicações de genética molecular. In: *Fundamentos de genética*. 4.ed. Rio de Janeiro:-Guanabara Koogan, 2008.

9- SIEGEL, J.; KNUPFER, G.; SUUKKO, P. *Encyclopedia of forensic sciences*, v.1-3, Elsevier, 2000.

10- CABETTE, E.L.S. *Criminologia genética. Perspectivas e perigos*. Curitiba:Editora Juruá, 2008

11- GARRIDO, R.G. Evolução dos processos de identificação humana: das características antropométricas ao DNA. *Genética na Escola*, v.4, p.38-40, 2009.

12- BENECKE, M. DNA typing in forensic medicine and in criminal investigations: a current survey. *Naturwissenschaften*, v.84, p.181-188, 1997.

13- GALANTE FILHO, H.; FIGINI, A.D.; REIS, A.B.; JOBIM, L.F.; SILVA, M. *Identificação humana*. Porto Alegre: Sagra Luzzatto, 1999.

14- JEFFREYS, A.J.; BROOKFIELD, J.F.Y.; SEMEONOFF, R. Positive identification of an immigration test-case using human DNA fingerprints. *Nature*, v.317, p.818-819, 1985.

15- MOURA NETO, R.S.A. A investigação de crimes sexuais através do estudo do DNA. *Revista Panorama da Justiça*, n.10, 1998.

16- BUTLER, J.M. Forensic DNA typing. Biology, technology, and genetics of STR markers. Burlington:Elsevier Academic Press, 2005.

17- BORNMAN, D.M., HESTER, M.E.; SCHUETTER, J.M.; KASOJI, D.M.; MINARD-SMITH, A.; BARDEN, C.A; NELSON, S.C.; GODBOLD, G.B.; BAKER, C.H.; YANG, B.; FAITH, S.A. Short-read, high-throughput sequencing technology for STR genotyping. *Biotechnology Rapid Dispatches* p.1–6, 2012.

18- BORSTING, C.; MORLING, N. Genetics Next generation sequencing and its applications in forensic genetics. *Forensic Science International: Genetics*, n.18, p.78–89, 2015.

19- PARSON, W.; BALLAR, D.; BUDOWLE, B.; BUTLER, J.M.; GETTINGS, K.B.; GILL, P.; GUSMÃO, L.; HARES, D.; IRWIN, J.A.; KING, J.L.; KNIJFF, P.; MORLIN, N.; PRINZ, M.; SCHNEIDER, P.M.; NESTE, C.V.; WILLUWEIT, S.; PHILLIPS, C. Massively parallel sequencing of forensic STRs: Considerations of the DNA commission of the International Society for Forensic Genetics (ISFG) on minimal nomenclature requirements. *Forensic Science International: Genetics*, n.22, p.54–63, 2016.

20- MALAGHINI, M.; ALONSO, C.; DALL'STELLA, R.; SCHNEIDER, V. Análises de material genético na investigação criminal - um relato sobre a evolução dos processos de padronização. *Revista Laes & Haes*, v.125, p.5-7, 2000.

21- BRASIL. Ministério da Justiça e Segurança Pública. *XI Relatório da Rede Integrada de Bancos de Perfis Genéticos (RIBPG)*, 2019. Disponível em: <https://www.novo.justica.gov.br/sua-seguranca/seguranca-publica/ribpg/relatorio/ix-relatorio-da-rede-integrada-de-bancos-de-perfis-geneticos-ribpg-1.pdf/view> Acesso em: 08 de março de 2020.

22- SANTOS, V.R.D. Utilização de amplicons STR diferenciados para auxiliar na analise de DNA forense. 2009. Dissertação – Universidade Federal de Minas Gerais, Mestrado em Genética, Belo Horizonte.

23- FACHONE, P.; VELHO, L. Ciência forense: interseção justiça, ciência e tecnologia. *Revista Tecnologia e Sociedade*, n.4, p.139-161, 2007.

24-BRASIL. *Código de Processo Penal.* São Paulo: Saraiva, 2005.

25- CAPEZ, F. *Curso de Processo Penal.* 10.ed. São Paulo: Saraiva, 2003.

26- NUCCI, G.S. Código de Processo Penal comentado. 5.ed. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2006

27- RODRIGUES, C.V.; SILVA, M.T; TRUZZI, O.M.S. Perícia criminal: uma abordagem de serviços. *Gestão e Produção*, v.17, p.843-857, 2010.

28- PASSAGLI, M. DNA Analysis in a Forensic Investigation: Belo Horizonte, Brazil, 1997. Case Report. *Profiles in DNA*. *Promega Corporation*, v.3, p.8, 1997.

29- TEIXEIRA, W.R.G.; PACCA, G.J.P.; LIMA, L.; TEIXEIRA, C.M.P.; OLIVEIRA, P.M.A. Técnica de coloração christmas tree para o achado em amostras de vítimas de estupro. *Laes & Haes*, v.113, p.120-128, 1998.

30- BRASIL. Secretaria Nacional de Segurança Pública. *Relatório de gestão estruturação e modernização da perícia: implantação de laboratórios regionais de DNA.* Brasília, 2015. Disponível em: <http://www.justica.gov.br/Acesso/auditorias/arquivos_auditoria/secretaria-nacional-de-seguranca-publica_senasp/relatorio-de-gestao-2005.pdf.acesso 05/10/2016>. Acesso em: 10 de março de 2018.

31- BRASIL. *Projeto - Rede Integrada de Banco de Perfis Genéticos. A implantação do CODIS (Combined DNA Index System) no Brasil*. Brasília, 2009. Disponível em: <https://www.justica.gov.br/.../banco-de-perfis-geneticos...brasil/relatorio_ribpg_nov_2. *28 de nov de 2014*>. Acesso em: 05 de outubro de 2016.

32- CHAGAS, A.T.A.; SANTOS, V.R.D. A lei 12.654/12 e os novos desafios para a perícia criminal na área de biologia forense em Minas Gerais. *Revista Criminalística e Medicina Legal*, v.1, p.6-11, 2016.

33- GODINHO, N.M.O. Banco de dados de DNA: uma ferramenta a serviço da justiça. *Revista Brasileira de Estudos de Segurança Pública,* v.7, p. 20-30, 2014.

34- DECORTE, R. Genetic identification in the 21st century - current status and future developments. *Forensic Science International*, v.201, p.160-164, 2010.