

A aplicação de técnicas moleculares de DNA na investigação forense

The Application of Molecular DNA Techniques in the Forensic Investigation

Tiago Aparecido Silva¹
Paulo César Frangiosa²

Resumo: O desenvolvimento de técnicas de análise de DNA foi responsável por um grande avanço na investigação forense. Devido a sua alta sensibilidade, especificidade e poder discriminatório, a biologia molecular tornou-se uma arma poderosa para identificação humana em investigações criminais. O exame de DNA, hoje, é capaz de confirmar com inigualável garantia a autoria de diversos crimes, gerando um meio de prova eficaz no descobrimento da verdade no processo penal. Neste estudo são abordados alguns aspectos referentes às principais técnicas disponíveis na análise de DNA e sua utilização, como a PCR, a Eletroforese e a Southern Blotting, a legislação que regulamenta o uso do DNA, sua evolução no âmbito jurídico brasileiro e casos criminais nos quais o uso do DNA tornou-se decisivo no processo penal.

Palavras-chave: DNA; Investigação Forense; PCR; Código Penal.

Abstract: The development of DNA analysis techniques was responsible for a breakthrough in forensic investigation. Due to its high sensibility, specificity and discriminatory power, molecular biology has become a powerful weapon for human identification in criminal investigations. The DNA test, today, can confirm with unsurpassable assurance the authorship of several crimes, generating effective means of proof in the discovery of the truth in the criminal proceedings. This study addresses some aspects related to the main techniques available in DNA analysis, such as PCR, Electrophoresis and Southern Blotting, the legislation that regulates the use of DNA, its evolution in the Brazilian legal environment and criminal cases where the use of DNA became decisive in criminal proceedings.

Keywords: DNA; Forensic Investigation; PCR; Criminal Code.

Introdução

Nos últimos 30 anos uma ferramenta particular da Biologia tem revolucionado as investigações forenses: a análise de DNA. O cientista Alec Jeffreys, em meados da década de 1980, sugeriu que todos os indivíduos poderiam ser identificados a partir de um padrão específico em seu DNA (BERNATH, 2008).

Segundo Bernath (2008) ao estudar o gene da mioglobina, Jeffreys foi surpreendido ao descobrir que, ao longo deste gene, existiam regiões que diferiam

¹ Universidade de Mogi das Cruzes (UMC). Rua Dr. Cândido Xavier de Almeida e Souza, 200 , CEP 08780-911, Mogi das Cruzes, SP. E-mail: tiagoaps84@gmail.com.

² Universidade de Mogi das Cruzes (UMC). Rua Dr. Cândido Xavier de Almeida e Souza, 200 , CEP 08780-911, Mogi das Cruzes, SP. E-mail: pcfrangiosa@uol.com.br.

entre as pessoas. Impressionado com a descoberta, utilizou amostras de sangue de vários membros de sua equipe e percebeu que essas regiões variáveis entre indivíduos espalhavam-se por todo o genoma. Com base nesses achados, definiu o que chamou de “DNA Fingerprinting” (Impressão Digital do DNA).

A partir daí a análise de DNA evoluiu ao ponto de se tornar indispensável para a rotina de estudos de casos forenses (PENA, 2005). Segundo Jobling e Gill (2004), com o uso de técnicas de DNA, cenas de crimes podem ser ligadas umas as outras, ou mesmo a algum suspeito, utilizando-se poucos vestígios, como saliva em pontas de cigarro, células de pele no volante do carro ou pelos em roupas.

Casos de crimes não solucionados, parados há décadas, envolvendo violência sexual podem ser resolvidos. Vítimas de desastres em massa, como acidentes aéreos ou em campos de batalha, nos quais identificar corpos ou restos humanos parece ser tarefa impossível, podem ser identificados em poucos dias. Além disso, determinação de paternidade com confiabilidade ou elucidação de casos em que ocorreu a troca de recém-nascidos em berçários podem ser analisados e resolvidos (PENA, 2005).

O uso de Biologia Molecular no laboratório criminal baseia-se, em grande parte, no potencial que a análise de DNA tem em identificar indivíduos através de pequenos vestígios deixados na cena do crime. Essas técnicas são denominadas como datiloscopia genética, contudo o termo melhor empregado para sua descrição seja Perfil de DNA (JEFFREYS; BROOKFIELD; SEMEONOFF, 1985, BROWN, 2001).

Levantamento realizado no banco de dados PUBMED sobre “uso de técnicas de DNA para genética forense”, realizado em março de 2017, demonstrou que, durante a década de 1980, foram publicados apenas 25 artigos sobre o tema, enquanto que, no ano de 2016, foram publicados quase quatro mil trabalhos. Esses dados comprovam a importância que as técnicas de DNA têm adquirido a cada dia na ciência forense.

Com base nesse contexto, busca-se apresentar neste trabalho um levantamento das principais técnicas de biologia molecular utilizadas na investigação forense, considerando-se os benefícios e as limitações dessas técnicas, elucidando alguns casos em que a análise de DNA foi decisiva em processos penais.

O objetivo proposto para o presente trabalho é o de apresentar um levantamento das principais técnicas de Biologia Molecular utilizadas na investigação forense, considerando seus benefícios e limitações, assim como

demonstrar a importância da análise de DNA nesse campo da ciência e entender as normas que regem o uso de tais técnicas.

Metodologia

O presente trabalho é uma pesquisa qualitativa, de modalidade teórica, baseado em análise bibliográfica. O método utilizado para elaboração textual foi o de levantamento de publicações com base em banco de dados nacionais e internacionais, com o objetivo de identificar as principais técnicas moleculares utilizadas na investigação forense, casos em que a análise de DNA teve importância, bem como sua legislação. Para tanto, foram utilizados artigos, periódicos, monografias, livros e manuais disponíveis em na internet, em bibliotecas virtuais e na biblioteca física da Universidade de Mogi das Cruzes. A busca foi realizada utilizando-se como base palavras chaves relacionadas ao assunto do trabalho, tais como *DNA forense*, *identificação humana*, *técnicas moleculares*, *DNA fingerprint*, *teste de paternidade*, *legislação*, entre outras. Ao analisar-se elevado número de estudos sobre o assunto, foi possível avaliar a eficiência e a limitação das principais técnicas de análise de DNA utilizadas na investigação forense.

Técnicas moleculares utilizadas na identificação humana

Reação em Cadeia de Polimerase (PCR)

A criação da PCR (sigla de *Polimerase Chain Reaction*, em inglês) revelou um método revolucionário para a genética molecular, permitindo a clonagem e a análise do DNA. Trata-se de um método *in vitro*, executado com rapidez e versatilidade, para a ampliação de sequências-alvo definidas de DNA (KOCH; ANDRADE, 2008).

Segundo Vieira (2006), a PCR tem o objetivo de multiplicar trechos específicos de DNA, com a utilização de desoxinucleotídeos como monômeros, até que sua concentração na solução, na qual está sendo processada, seja suficiente para ser facilmente detectada por métodos simples de separação de substâncias.

Para que a multiplicação do DNA na PCR possa ocorrer, é necessário que se tenha, previamente, informação sobre a sequência-alvo que será utilizada. Apenas com essa informação é possível desenhar os oligonucleotídeos iniciadores

(*primers*). Esses *primers*, ao serem adicionados ao DNA-molde desnaturado, ligam-se especificamente às sequências de DNA complementares ao seu sítio-alvo, gerando assim uma delimitação da região do DNA que será analisada (STRACHAN; READ, 2002).

A velocidade e a facilidade da técnica são consideradas suas grandes vantagens, entretanto, se na sua preparação houver qualquer fonte de DNA contaminante, em níveis comparáveis aos do DNA-alvo, este poderá ser amplificado, gerando assim uma interpretação errônea dos resultados (KOCH; ANDRADE, 2008).

Eletroforese

Esta é a técnica mais difundida para separação de moléculas de DNA, com relação ao tamanho, à forma e à compactação, utilizando-se gel de agarose ou acrilamida, que funcionam como suporte, e corrente elétrica. Trata-se de uma técnica rápida, sensível e precisa (MAGALHÃES *et al.*, 2005). As moléculas de DNA possuem carga negativa e, quando submetidas ao campo elétrico, migram para o polo positivo (GAERTNER, BINSFELD, 2013).

Na técnica, o gel funciona como filtro molecular, no qual as moléculas de DNA são posicionadas em paralelo ao campo elétrico. A dificuldade de transpassar a matriz do gel em direção ao polo positivo é inversamente proporcional ao tamanho de cada fragmento. As moléculas menores tendem a migrar com mais facilidade e rapidez. Dessa forma, quanto maior for a molécula maior será o tempo de migração, possibilitando assim a separação por tamanho ou peso molecular (MAGALHÃES *et al.*, 2005). A distância que os fragmentos percorrem a partir do ponto de aplicação é comparada à distância que outros fragmentos conhecidos percorrem o mesmo gel (VIEIRA, 2006).

A eletroforese capilar é amplamente utilizada na análise de DNA forense, devido a sua capacidade de permitir que grandes quantidades de amostras possam ser analisadas de maneira automatizada, além de serem necessárias poucas quantidades de amostra. Contudo, mesmo sendo uma técnica versátil e de fácil aplicabilidade, a eletroforese convencional possui a desvantagem de identificar apenas quanto ao tamanho dos fragmentos e não as sequências que os formam (VIEIRA, 2006).

Southern Blotting

Segundo Voet, Voet e Pratt (2014), o DNA com uma sequência de bases específicas pode ser identificado através da chamada *Técnica de Transferência de Southern* ou, como é mais conhecida, *Southern Blotting*. Sua vantagem é a capacidade da nitrocelulose ligar-se ao DNA de fita simples, mas não ao DNA de fita dupla (KOCH; ANDRADE, 2008).

Após a realização da Eletroforese do DNA de fita dupla, o gel é colocado em uma solução de NaOH 0,5M, que altera o DNA à sua forma de fita simples. Sobre o gel são colocadas uma folha de papel de nitrocelulose e uma grossa camada de papel-toalha, sendo assim, por capilaridade, as moléculas do gel deslocam-se para a nitrocelulose, de maneira que o DNA de fita simples liga-se a ela na mesma posição em que estava no gel (KOCH; ANDRADE, 2008).

A folha é umedecida com uma quantidade mínima de solução contendo DNA de fita simples ou RNA marcado com uma sonda, que é complementar à sequência do DNA de interesse. É também adicionado à molécula de DNA da sonda um isótopo radioativo (KOCH; ANDRADE, 2008).

A folha úmida é mantida por várias horas, a fim de permitir que a sonda anele-se à(s) sua(s) sequência(s)-alvo, processo de renaturação e hibridação da sonda às sequências-alvo. As posições das moléculas que são complementares às sequências radioativas são indicadas por um escurecimento do filme revelado. (VOET; VOET; PRATT, 2014).

Dessa forma, a técnica torna-se extremamente útil na Ciência Forense, para a identificação de suspeitos ou testes de paternidade, por exemplo (ZAHA *et al.*, 2003).

Exames de DNA e o Processo Penal: casos concretos

Os primeiros relatos sobre o uso de exame de DNA para análise forense ocorreram na década de 1980. O primeiro deu-se em 1985, quando um jovem nascido em Gana e criado na Inglaterra, com sua família, fez uma viagem a seu país de origem e, ao regressar ao Reino Unido, foi proibido de entrar no país e preso pela imigração sob a alegação de uso de documentos falsos (CHEMELLO, 2007).

O governo inglês solicitou ao cientista Alec Jeffreys que usasse sua nova tecnologia para resolver o conflito. Após as análises do DNA, comprovou-se que a

família do jovem pertencia à Inglaterra e, assim, foi permitida sua entrada no país (CHEMELLO, 2007).

O segundo relato ocorreu com duas jovens, Lynda Mann e Dawn Ashworth, que sofreram assalto seguido de violência sexual e assassinato, na cidade de Narborough, em Leicestershire, Inglaterra. Apesar de serem em datas distintas as características dos crimes foram as mesmas. A polícia acreditou tratar-se do mesmo suspeito. Para solucionar o crime, as autoridades locais forjaram uma campanha de doação de sangue. Apesar de todos os habitantes do vilarejo terem aderido à campanha, não foram encontrados resultados compatíveis com as amostras de sêmen coletadas das vítimas (CHEMELLO, 2007).

Em continuidade às investigações, a polícia conseguiu encontrar um suspeito que não era morador do vilarejo, por meio do confronto das amostras de sangue do homem e a amostra de sêmen colhida das vítimas. Com esse resultado, somado às evidências coletadas, foi possível a confirmação, por meio da análise de DNA, do autor dos crimes, tendo o suspeito posteriormente confessado a autoria do crime. O criminoso foi preso e o caso resolvido (AMABIS; MARTHO, 1995). Assim, em 1988, Colin Pitchfork tornou-se a primeira pessoa condenada à prisão graças a provas de análise de DNA (BERNATH, 2008).

Chemello (2007) relata o caso de Larry Fuller que, em 1981, aos 32 anos de idade, fora acusado de estupro. A vítima realizou reconhecimento facial e afirmou não ter dúvidas de que Fuller era seu agressor. Apesar de jurar inocência, este foi julgado e condenado a 50 anos de prisão, com base, apenas, no testemunho da vítima. Depois de ter cumprido 25 anos de pena, em outubro de 2005, a inocência de Fuller foi finalmente reconhecida por um tribunal de Dallas (EUA), devido ao teste de DNA, segundo qual ficou demonstrado que seu material genético era incompatível com o encontrado na jovem.

Na Itália, o caso de Yara Gambirasio chamou muita atenção, tanto da mídia quanto da polícia. Yara desapareceu, em novembro de 2010, enquanto voltava para casa, após um treino de ginástica, na cidade de Bergamo. Três meses depois, seu corpo foi encontrado na neve, já parcialmente decomposto. Ela tinha múltiplas lacerações na garganta e nas costas e, apesar do tempo que havia se passado de sua morte, foi possível encontrar e recolher material genético de outra pessoa em seu corpo e em suas roupas (SOSSI, 2015).

Um vultoso programa de investigação foi instaurado, a partir do banco de dados de DNA da polícia e o uso de mais de 15 mil testes de DNA. Realizando-se cruzamento de dados, em 2012, chegou-se a identificação de Giuseppe Guerinoni, por meio de uma amostra de DNA de saliva extraída de um selo postal. Contudo, ele havia falecido 11 anos antes do assassinato da menina, não podendo ser seu agressor (SOSSI, 2015).

Por meio de análises e investigações mais apuradas, descobriu-se que Guerinoni teve um casal de filhos fora do casamento. Em prosseguimento às investigações, em 2014, a polícia identificou Massimo Giuseppe Bossetti, filho ilegítimo de Guerinoni. Simulando uma blitz de trânsito em uma rua próxima a casa de Bossetti, a polícia parou o carro dele e aplicou o teste de bafômetro (FARRELL, 2014).

Assim, conseguiu amostras de DNA da saliva do suspeito, deixadas no tubo do bafômetro. A amostra colhida correspondeu a 21 marcadores compatíveis (16 a 17 já são considerados suficientes) com as amostras retiradas das roupas e do corpo da menina. Com esse nível de precisão, a polícia efetuou a prisão de Bossetti (FARRELL, 2014).

No Brasil, um dos primeiros julgamentos a utilizar provas de exame de DNA ocorreu em 1994, em um caso de investigação de paternidade. Nesse caso, a Quarta Turma do Superior Tribunal de Justiça, representada pelo ministro Ruy Rosado de Aguiar, afirmou: “a realização de investigação genética, através de exames de DNA, é sempre recomendável, porque possibilita ao julgador um juízo com altíssima probabilidade, senão a certeza” (FETZNER, 2010).

Segundo o V Relatório da Rede Integrada de Banco de Perfis Genéticos (RIBPG) (MJC 2016), diversos casos criminais puderam ser solucionados com o auxílio da análise de DNA no Brasil. A seguir são ilustrados alguns deles:

a) Na Bahia, vestígios de um estupro, ocorrido em 2015, foram comparados a amostras de um caso de estupro ocorrido em 2012. No segundo semestre de 2016, um suspeito foi preso, e o exame de DNA confirmou que eram dele os perfis genéticos encontrados nas vítimas. Até o momento, já foram confirmadas sete vítimas desse mesmo agressor. A delegacia suspeita que existam, ainda, mais oito vítimas. A chave para este caso foi encontrada quando a polícia decidiu rever os casos de estupro não resolvidos desde 2012, naquela região.

b) Em Brasília, no Distrito Federal, em setembro de 2014, ocorreram três crimes de estupro. As amostras mostravam que, em todos, o agressor seria o mesmo. Na época, havia dois suspeitos. Contudo, as amostras de DNA não correspondiam às amostras que estavam em posse da polícia. No ano de 2016, em uma busca no Banco Nacional de Perfis Genéticos (BNPG), foi encontrado o registro de amostras de um caso de estupro ocorrido em Belo Horizonte, Minas Gerais, em 2015, que se tratava do mesmo agressor. Como o suspeito havia sido identificado em 2015, foi possível estabelecer a autoria dos três estupros praticados em Brasília.

c) Na cidade de Aparecida de Goiânia, Goiás, no ano de 2104, ocorreu um assalto seguido de estupro. A amostra de sêmen coletada no banheiro da residência da vítima foi inserida no Banco de Perfis Genéticos da Superintendência da Polícia Técnico-Científica do estado de Goiás. Em 2016, em Ponte Alta do Bom Jesus, Tocantins, ocorreu um caso de sequestro. No local do crime foi coletada uma guimba de cigarro. As amostras de DNA nela contidas foram inseridas no BNPG, e, a partir da análise do perfil, foi possível detectar que eram pertencentes ao mesmo agressor registrado no caso do caso ocorrido em Goiás. Assim, o BNPG auxiliou na elucidação do caso de sequestro, que permanecia, ainda, sem suspeitos.

Segundo Costa (2006), no estado do Rio Grande do Sul, um homem de 61 anos cumpriu cinco anos de prisão pela acusação de estupro de uma jovem de 24 anos, com problemas físicos e mentais. A jovem ficou grávida de gêmeos. Adão Ramires da Costa foi apontado como autor do crime. Contudo, com a realização do teste de DNA, Ramires foi inocentado da paternidade dos gêmeos.

O uso do exame de DNA no Processo Penal

Segundo Barros e Piscino, 2006, a definição de prova é dada como “tudo aquilo que demonstra ou estabelece a verdade de um fato” (p.399) e, conforme a determinação do Código de Processo Penal (CPP) brasileiro, em seu artigo 158, “[...] quando a infração deixar vestígios será indispensável o exame de corpo de delito, direto ou indireto, não podendo supri-lo a confissão do acusado” (BRASIL, 1941). A análise de DNA é então caracterizada como uma forma de corpo de delito, recebendo destaque dentro da perícia criminal.

Em investigações criminais, a prova pericial é considerada peça de fundamental importância para a resolução de casos e, devido a isso, deve cumprir uma série de requisitos, sendo realizada de forma que possa garantir de maneira idônea sua qualidade e legitimidade (BONACCORSO, 2010).

No Brasil, o histórico da utilização da genética forense teve destaque em 1992 com o esforço da Polícia Civil do Distrito Federal (PCDF), que, por meio da polícia técnica, procurou implementar um laboratório próprio para a pesquisa de DNA para fins de auxílio das perícias criminais. Entretanto, o caso pioneiro da utilização da genética forense só chegou aos tribunais brasileiros em 1994, quando dois peritos da PCDF foram enviados aos Estados Unidos para realizar a análise de DNA de um material biológico relacionado com dois crimes ocorridos em Brasília (ALVES, 2009).

Em 2004, a Secretaria Nacional de Segurança Pública (SENASP), visando a uma melhoria e ao desenvolvimento da área, iniciou trabalho de padronização de procedimentos, reaparelhamento de laboratórios e capacitação de pessoas, disponibilizando em seu acervo digital arquivos eletrônicos, projetos, normas e portarias. Alguns dos importantes arquivos disponibilizados são a “Padronização de exames de DNA em perícias criminais” e a Resolução SSP nº 194/99, que estabelece normas e procedimentos para a coleta e exames de materiais biológicos para identificação humana (BRASIL, 2013).

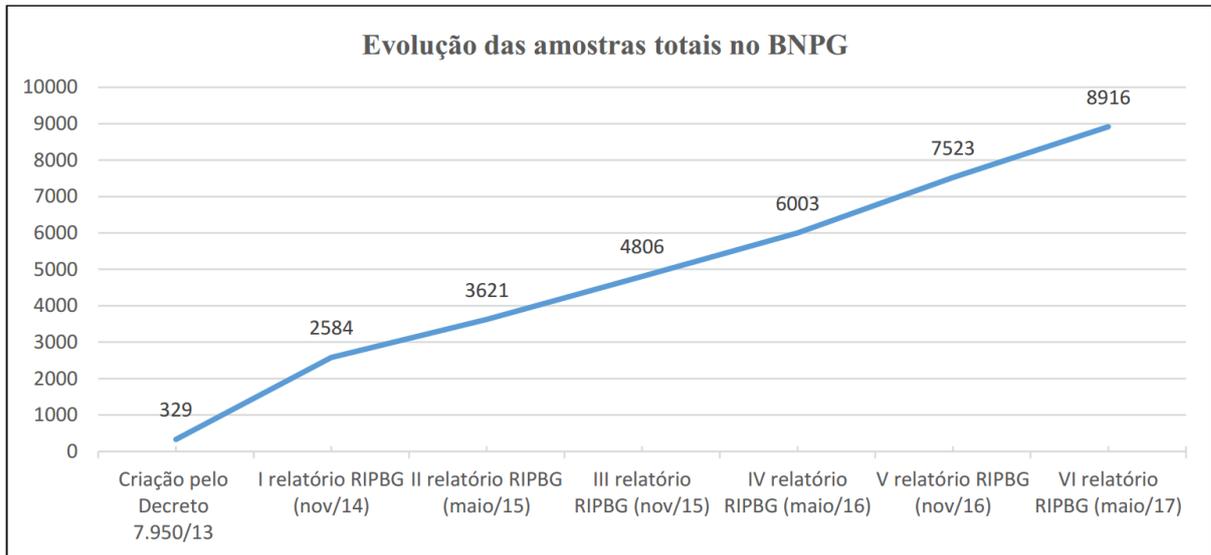
Schiocchet (2012) afirma que 2012 teve grande importância na investigação forense no Brasil. Naquele ano, foi aprovada a Lei nº 12.654 de 2012, que autoriza o uso e coleta de material genético para fins de investigação criminal e a criação de um banco de dados de perfis genéticos.

A criação da Rede Integrada de Banco de Perfis Genéticos (RIBPG) no Brasil, iniciativa conjunta do Ministério da Justiça e Cidadania e das Secretarias de Segurança Pública Estaduais, teve por objetivo gerar uma comunicação de perfis genéticos de interesse da Justiça entre todos os laboratórios oficiais de perícia. Concebida em 2009, foi formalizada por meio do Decreto nº 7.950, de 12 de março de 2013, destinada à apuração criminal e à identificação de pessoas desaparecidas (MJC, 2014).

Com apenas quatro anos de funcionamento a RIBPG integra hoje dezenove laboratórios. Trata-se de uma das maiores redes de laboratórios de perícia oficial do mundo para fins criminais, e coloca o Brasil no grupo de mais de 60 países que utilizam o banco de dados de DNA como ferramenta de investigação.

O gráfico, abaixo, apresenta a evolução do número total de amostras cadastradas no BNPG, desde sua criação em 2013.

Gráfico: Número de perfis genéticos cadastrados no BNPG de 2013 a 2017.



Fonte: V Relatório da Rede Integrada de Banco de Perfis Genéticos, maio 2017.

É possível observar que, desde sua criação em 2013, o número de amostras cadastradas na RIBPG vem subindo ano a ano. Essas amostras já auxiliam em diversas investigações criminais, relacionando diferentes vestígios biológicos coletados pela perícia em diversas partes do país. A simples informação que dois ou mais crimes tenham sido cometidos pela mesma pessoa já permite que esforços investigativos, antes independentes, possam agora atuar unificados, lançando luz sobre o *modus operandi* do criminoso serial ou da organização criminosa (MJC, 2016).

Discussão

É possível definir prova como tudo aquilo que confirma ou estabelece a verdade de um fato. Na atualidade, a análise de DNA enquadra-se, nos Códigos da Lei, como corpo de delito e prova concreta para diversos casos criminais e civis. O Código de Processo Penal Brasileiro, de 1941, em seu artigo 158, determina o uso indispensável de exame de corpo de delito, direto ou indireto, se forem encontrados quaisquer vestígios nas cenas do crime.

A análise de DNA recebe, então, importante papel de destaque dentro da perícia criminal. O exame de DNA pode confirmar com inigualável garantia a autoria de diversos crimes, e tornou-se meio de prova eficaz no descobrimento da verdade no processo penal.

No Brasil, ocorreram diversas ações, tanto por parte do Ministério da Justiça quanto das Secretarias de Segurança Pública e da própria polícia, para estabelecer, normatizar e colocar em prática o uso do DNA nas investigações criminais. No ano de 2012, a aprovação da Lei nº 12.654, que autorizou o uso e coleta de material genético para fins de investigação criminal, foi um passo muito importante para o desenvolvimento dessa área da ciência no país.

Diversos estados iniciaram a preparação de laboratórios especializados e, com a criação da RIBPG, foi possível integrá-los a um banco nacional de perfis genéticos, gerando a possibilidade de inserção e comparação de amostras oriundas de qualquer parte do país.

Desde a criação do RIBPG, o cadastramento de amostras teve um aumento de 329 registros, no ano de criação, para mais de 8.900 somados em 2017. Esses números evidenciam a evolução e a capacidade funcional da Rede Integrada, auxiliando diretamente em investigações criminais no país.

O funcionamento adequado e relevante da RIBPG é possível por meio de trabalho conjunto das diversas frentes de investigação criminal, desde a coleta adequada de materiais, sua inserção no bando de dados e, posteriormente, a análise e comparação do material genético encontrado. Dessa forma, os dados podem ser analisados e até mesmo confrontados entre si, permitindo a identificação de casos seriais em todo o país, como os casos interestaduais que foram elucidados por meio da comparação de amostras encontradas.

Diretamente ligada ao trabalho da polícia científica na coleta de amostras das cenas de crime está a análise, propriamente dita, do DNA. Os laboratórios precisaram especializar-se, com compra de equipamentos, a construção de prédios e o treinamento de técnicos para desenvolver a área de pesquisa.

A capacidade que as análises de DNA têm para identificação e distinção de indivíduos por meio de seu material genético traduz sua importância em reduzir e limitar o número de suspeitos que poderiam ter praticado algum delito, além da possibilidade de provar inocência de indivíduos.

Dentre as técnicas analisadas, a PCR é considerada a mais eficaz, visto que soluciona o problema da dificuldade de se conseguir amostras com grande quantidade de DNA nas cenas de crimes, com sua capacidade de amplificar a quantidade de material genético coletado.

A Eletroforese trouxe a capacidade de separação e distinção de trechos de DNA. Entretanto, apesar de ser uma técnica versátil, com fácil aplicabilidade, não é capaz de separar sequências específicas que formam o DNA; apenas produz separação conforme o tamanho das moléculas. Com o uso da técnica de Southern Blotting, foi possível solucionar esse problema, sendo esta capaz de identificar e separar sequências específicas de DNA. Assim, ao complementar a PCR e a Eletroforese, a Southern Blotting torna-se uma técnica de extrema importância na investigação forense.

Contudo, para que a análise de DNA venha a ter real importância na criminalística, é imprescindível que sejam tomados os cuidados necessários, desde sua coleta, para evitar contaminações, seu transporte e análise, para garantir a confiabilidade e a veracidade nos tribunais, visto que esses resultados têm o objetivo de não condenar um inocente ou provar a culpa do autor de algum crime, visando à busca da verdade dos fatos, a fim de se realizar justiça.

Conclusão

O uso da análise de DNA mostrou-se um dos maiores avanços técnicos da investigação criminal do século XX, com seu incrível poder discriminatório e elevada sensibilidade, podendo ser considerado a peça-chave para a resolução do intrincado quebra-cabeça forense, tornando-se superior a muitas outras técnicas anteriormente utilizadas.

O desenvolvimento da Biologia Molecular é o responsável por todo esse avanço, mas, em conjunto a ela, a criação de leis e normas para o uso do DNA foram indispensáveis para que esse tipo de prova conquistasse destaque no âmbito jurídico e alcançasse o patamar de importância ao qual chegou.

Dessa forma, torna-se imprescindível a incorporação de melhorias e de aperfeiçoamentos das técnicas já utilizadas, como a constante busca de novas técnicas visando, nos tribunais, ao uso de DNA como evidência concreta e mais confiável de que outras provas subjetivas e menos robustas. Além disso, os direitos

individuais devem ser respeitados conforme as regulamentações vigentes para o uso correto de material genético humano para fins de investigações forenses, de maneira ética, e assim garantir a veracidade dos fatos.

Levando-se em consideração esses aspectos, a grande preocupação forense parece estar na velocidade com que os contraventores também especializam-se elaborando estratégias minuciosas para evitar o rastreamento de evidências de um crime. Entre os primeiros relatos de investigações criminais envolvendo substâncias tóxicas, na Roma Antiga, e as técnicas de fragmentação, amplificação seletiva e identificação do DNA, passaram-se mais de 2.100 anos. Entretanto, a batalha entre o Bem e o Mal parece não ter fim.

Referências

ALVES, E. G. R. **Direitos Fundamentais - limitações necessárias: aplicação do exame pericial do DNA para a identificação de pessoas**. 2009. 53f. Monografia (Especialização em Ordem Jurídica e Ministério Público). Fundação Escola Superior do Ministério Público do Distrito Federal e Territórios. Brasília, 2009.

AMABIS, J. M.; MARTHO, G.R. Identificando pessoas pelo DNA: uma simulação. **Temas de Biologia**, n.1, p 1-4, 1995.

BARROS, M. A.; PISCINO, M. R. P. DNA e sua utilização como prova no processo penal. **Revista dos Tribunais**. São Paulo, n.853, p.398-406, nov.2006. Disponível em: http://www.mackenzie.br/fileadmin/Graduacao/FDir/Artigos_2008/Marco_Antonio_de_Barros_2.pdf. Acesso em: 5 mar. 2018.

BERNATH, V. El ADN como herramienta para la resolución de procesos judiciales. Pasado, presente y futuro. **Química Viva**. Buenos Aires, Universidad de Buenos Aires, v.7, n.2, p 103-112, jul./ago., 2008.

BONACCORSO, N. S. **Aplicação do Exame de DNA na elucidação de crimes**. 2005. 193 f. Dissertação (Mestrado em Medicina Forense) Faculdade de Direito. Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 2005.

BONACCORSO, N. S. **Aspectos técnicos, éticos e jurídicos relaciona dos com a criação de banco de dados criminais de DNA no Brasil**. 2010. 276 f. Tese (Doutorado em Direito Penal), Faculdade de Direito. Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 2010.

BRASIL. **Código de Processo Penal**. Decreto-lei n.3.689/41, de 3 de outubro de 1941.

BRASIL. Procedimento operacional padrão: perícia criminal. **Secretaria Nacional de Segurança Pública**. Resolução SSP n.194/99. Disponível em:

http://www.pc.pi.gov.br/download/201310/PC13_41c676e1ac.pdf. Acesso em: 24 set. 2017.

BROWN, T. A.; **Clonagem gênica e análise de DNA: uma introdução**. 4.ed., Porto Alegre: Artmed, p.376, 2001.

CHEMELLO, E. Ciência forense: exame de DNA. **Química Virtual**. Disponível em: http://www.quimica.net/emiliano/artigos/2007mar_forense4.Pdf. Acesso em: 23 mar. 2017.

COSTA, P. Condenado por estupro é inocentado após cinco anos preso. **Revista Consultor Jurídico**. Disponível em: http://www.conjur.com.br/2006-ago31/condenado_estupro_inocentado_cinco_anos_preso. Acesso em: 8 abr. 2017.

FARRELL, N. The Murder Mystery Solved by DNA from the Back of a Postage Stamp. **Rev. Newsweek LLC**. Disponível em: <http://www.newsweek.com/2014/11/14/murder-mystery-solved-back-stamp-282052.html>. Acesso em: 9 abr. 2017.

FETZNER, F. **Investigação de paternidade: presunção relativa em caso de negativa à perícia em DNA**. 2010. 30f. Monografia (Ciências Jurídicas e Sociais). Faculdade de Direito. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

GAERTNER, C. J. F.; BINSFELD, P. **Técnicas de Biologia Molecular aplicadas na Investigação Forense**. 2013.16 f. Monografia (Programa de Pós-Graduação em Biociências Forenses). Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiás, 2013.

IWAMURA, E. S. M.; VIEIRA, J. A. S.; MUÑOZ, D. R. Human Identification and Analysis of DNA in Bones. **Revista do Hospital das Clínicas**. São Paulo, v. 59, n. 6, 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rhc/v59n6/a12v59n6.pdf>. Acesso em: 5 mar. 2018.

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. Disponível em: <https://www.nature.com/nature/journal/v317/n6040/pdf/317818a0.pdf>. Acesso em: 11 set. 2017.

JOBLING, M. A.; GILL, P. Encoded Evidence: DNA in Forensic Analysis. **Nature Reviews Genetics**, v.5, p.739-751, 2004. Disponível em: <http://www.nature.com/nrg/journal/v5/n10/full/nrg1455.html>. Acesso em: 8 abr. 2017.

KOCH, A.; ANDRADE, F. M. A utilização de técnicas de biologia molecular na genética forense: uma revisão. **Revista Brasileira de Análises Clínicas**, v.40, p.17-23, 2008. Disponível em: http://www.rbac.org.br/wp-content/uploads/2016/08/RBAC_Vol40_n1-completa.pdf. Acesso em: 8 abr. 2017.

LEVANTAMENTO da década de 1980 e o ano de 2016. **Pubmed**. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>. Acesso em: 23 mar. 2017.

MAGALHÃES V. D.; FERREIRA, J. C.; BARELLI, C.; DARINI, A. L. C. Eletroforese em campo pulsante em bacteriologia uma revisão técnica. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 64, n. 2, p.155-161, 2005. Disponível em: <http://revistas.bvs-vet.org.br/rialutz/article/view/23415/24264>. Acesso em: 5 mar. 2017.

MINISTÉRIO DA JUSTIÇA E CIDADANIA (MJC). RIBPG. I Relatório da Rede Integrada de Bancos de Perfis Genéticos. **Secretaria de Justiça e Segurança Pública**, 2015. Disponível em: http://www.justica.gov.br/sua-seguranca/ribpg/relatorio/relatorio_ribpg_nov_2014.pdf/view. Acesso em 17 mai. 2017.

MINISTÉRIO DA JUSTIÇA E CIDADANIA (MJC). RIBPG. V RELATÓRIO DA REDE INTEGRADA DE BANCOS DE PERFIS GENÉTICOS. **Secretaria de Justiça e Segurança Pública**, 2016. Disponível em: <http://www.justica.gov.br/suaseguranca/ribpg/relatorio/v-relatorio-da-rede-integrada-de-bancos-de-perfis-geneticos-novembro-2016/view>. Acesso em 22 mai. 2017.

MINISTÉRIO DA JUSTIÇA E CIDADANIA (MJC). RIBPG. VI RELATÓRIO DA REDE INTEGRADA DE BANCOS DE PERFIS GENÉTICOS. **Secretaria de Justiça e Segurança Pública**, 2017. Disponível em: <http://www.justica.gov.br/sua-seguranca/ribpg/relatorio/iv-relatorio-da-rede-integrada-de-bancos-de-perfis-geneticos-maio-2016.pdf/view>. Acesso em: 24 set. 2017.

PENA, S. D. J. Segurança Pública: determinação de identidade genética pelo DNA. Seminários Temáticos para a 3ª Conferência Nacional de C, T & I. **Parcerias Estratégicas**, v.20, p 447-460, 2005. Disponível em: http://laboratoriogene.info/Cientificos/Seguranca_Publica.pdf. Acesso em: 24 set. 2017.

SCHIOCCHET, T. Uso forense do DNA: entre riscos e benefícios. **Jornal Estado de Direito**. Porto Alegre, 43.ed., out. 2012. Disponível em: <https://estadodedireito.com.br/uso-forense-do-dna-entre-riscos-e-beneficios/>. Acesso em: 5 mar. 2018.

SOSSI, F. Donne fotografie tra i fantasmi del Mediterraneo. **DEP - Deportate, Esuli, Profughe**, Bergano, v.28, p.184-204, 2015. Disponível em: http://www.unive.it/media/allegato/dep/n28-2015/16_Sossi.pdf. Acesso em: 5 mar. 2018.

STRACHAN, T.; READ, A. P. **Genética molecular humana**. 2.ed., Porto Alegre: Artmed, 2002.

VIEIRA, D. P. Técnicas de PCR: aplicações e padronização de reações. Aula 3. Análise dos produtos: qualitativa e semi-qualitativa. 2006. Disponível em: <http://www.imt.usp.br/wp-content/uploads/proto/protocolos/aula3.pdf>. Acesso em: 29 mar. 2017.

VOET, D.; VOET, J. G. PRATT, C. W. **Fundamentos de bioquímica: a vida em nível molecular**. 4.ed., Porto Alegre: Artmed, 2014.

ZAHA, A.; SCHRANK, A.; LORETO, E. S. *et al.* **Biologia molecular básica**. 3.ed., Porto Alegre: Mercado Aberto, 2003.