



DNA e Direito

Aluizio Borém

Professor do Departamento de
Fitotecnia da UFV
borem@mail.ufv.br

Daniel Amin Ferraz

Professor do Departamento de
Direito da UFV
damin@mail.ufv.br

Fabrcio R. Santos

Professor do Departamento de
Biologia Geral, ICB, UFMG
fsantos@icb.ufmg.br

As análises de DNA estão reduzindo as ambigüidades na identificação de criminosos

Em 1892, o uso de impressões digitais deixadas pelas extremidades dos dedos passaram a ter aplicação para fins de identificação pessoal. A descoberta de que a impressão digital de um indivíduo é uma característica singular, isto é, não existe outra pessoa com o mesmo padrão de impressão na população, estimulou seu uso para fins de identificação. Nem mesmo gêmeos idênticos possuem impressões digitais iguais.

Da mesma forma, o método de identificação individual molecular, ou seja, a impressão digital de DNA, tem contribuído enormemente para soluções de casos forenses. O primeiro caso de grande repercussão de uso de DNA na identificação individual ocorreu em 1986, na Inglaterra, com a exoneração de um suspeito de homicídio, após análise de evidências de DNA coletadas na cena do crime e comparadas com o DNA do acusado.

A partir de 1987, o FBI e vários laboratórios de criminalística em diferentes países passaram a utilizar os marcadores de DNA para associar indivíduos a evidências biológicas. Amostras de sangue, saliva, pêlos, sêmen, etc. encontradas na cena do crime passaram a ser consideradas evidências contundentes, e até mesmo instrumentos de prova.

Os marcadores moleculares podem ser utilizados para caracterizar o DNA de um indivíduo em um padrão ou perfil de fragmentos que lhe é particular. Diferentemente das impressões digitais, que podem ser alteradas por cirurgia, o DNA de uma pessoa não pode ser deliberadamente alterado. Conseqüentemente, o perfil de DNA tem sido considerado um méto-

do importante de identificação individual.

A informação contida no DNA é determinada pela seqüência como as letras do alfabeto genético (A, C, G e T) estão dispostas nos cromossomos. No caso do homem, existem 3 bilhões dessas letras escritas nos cromossomos de cada célula do corpo humano, sempre na mesma ordem em todas as células do indivíduo. É a ordem como essas letras estão escritas nos cromossomos que faz com que cada indivíduo seja diferente dos demais. Obviamente, quanto mais diferentes são os indivíduos, mais distinta é a ordem das letras no genoma. Analogamente, indivíduos aparentados, irmãos, pais e filhos, etc. apresentam proporcionalmente maior similaridade na seqüência gênica. Em última instância, somente gêmeos idênticos, que são clones humanos naturais, apresentam a mesma ordem ou seqüência gênica. Portanto, o perfil de DNA é uma simples e rápida maneira de se comparar seqüências de DNA de dois ou mais indivíduos.

O exame do perfil do DNA possui as mais variadas aplicações judiciais. Seu emprego em casos criminais e civis tem sido prática constante em vários países, incluído o Brasil, embora limitado pelo custo dos testes. O exame do perfil do DNA também pode ser usado para casos de disputa por propriedade de linhagens e variedades melhoradas, paternidade, determinação de sucessão de bens por herança, propriedade de órgãos construídos em laboratório e identificação de cadáveres, entre outros.

Análise do DNA

A digestão ou o corte do DNA com

as enzimas de restrição produz fragmentos de diferentes comprimentos, dependendo da seqüência gênica do indivíduo. Por exemplo, um indivíduo que apresenta a seqüência AAGCTT, reconhecida como sítio de corte pela enzima *Hind* III, terá seu DNA fragmentado por essa enzima em tantos fragmentos quantas forem as vezes que essa seqüência ocorrer. Assim, se o DNA de um indivíduo S_1 possui 50 sítios com a referida seqüência e o do indivíduo S_2 possui 55 desses sítios, a fragmentação do DNA desses indivíduos produzirá um padrão de fragmentos diferente. O tamanho de cada fragmento produzido depende da distância entre esses sítios, e o número de fragmentos depende do número de sítios. Essa variação de número e tamanho dos fragmentos é usualmente referida como polimorfismo, em uma clara alusão à multitude de formas dos fragmentos do DNA.

Obtenção do Perfil de DNA

O padrão de fragmentos do DNA ou perfil de DNA de uma pessoa pode ser obtido pela análise do seu material genético.

O procedimento, de forma simplificada, inclui sete etapas:

1. Coleta da amostra: sangue, saliva, sêmen, pêlos, dente, ossos ou qualquer outro tecido celular ou fluido do indivíduo.

2. Isolamento do DNA: o DNA deve ser extraído das células ou dos tecidos da amostra. Dependendo do método de análise utilizado, uma pequena quantidade de amostra pode ser suficiente, como, por exemplo, as células descamadas da epiderme da testa do indivíduo, depositadas em um

boné por ele utilizado. Alternativamente, uma gotícula de saliva deixada em um telefone ou no selo de uma carta pode também conter DNA suficiente para as análises.

3. Corte do DNA: a etapa seguinte é a digestão ou fragmentação do DNA com uma enzima de restrição.

As enzimas *Hind* III, *Eco*R I, entre outras, têm sido freqüentemente utilizadas para essa finalidade. Após o DNA ser tratado com a enzima de restrição, ele constituirá um grande número de fragmentos de diferentes tamanhos.

4. Separação dos Fragmentos: os fragmentos de DNA são ordenados por tamanho, utilizando-se a técnica da eletroforese. Esse procedimento consiste em submeter os fragmentos do DNA, dentro de um gel, a uma corrente elétrica. O gel utilizado normalmente é feito com a agarose, substância extraída de algas marinhas. O gel de agarose possui uma consistência similar à da gelatina. O procedimento consiste, portanto, em depositar os fragmentos de DNA em uma canaleta (um pequeno sulco) moldada na extremidade do gel próxima do eletrodo negativo. Com a corrente elétrica, o DNA migrará dentro do gel na direção oposta, isto é, em direção ao eletrodo positivo. Os fragmentos menores de DNA migram mais rapidamente que os maiores, permitindo, dessa forma, separá-los por tamanho.

5. Transferência do DNA: após a separação dos fragmentos no gel, eles são transferidos do gel para uma membrana de náilon, por capilaridade. Uma vez fixados nessa membrana, os fragmentos podem ser manipulados para sua visualização.

6. Hibridização de sondas: a adição de sondas coloridas ou radioativas à membrana de náilon permite a visualização dos fragmentos, que possuem seqüência gênica complementar à da sonda. Cada sonda utilizada tipicamente evidencia apenas alguns dos fragmentos presentes na membrana.

7. Perfil do DNA: o perfil final do DNA é constituído, após a hibridização, de diferentes sondas à membrana. O resultado é um padrão de bandas de diferentes tamanhos (Figura 1).

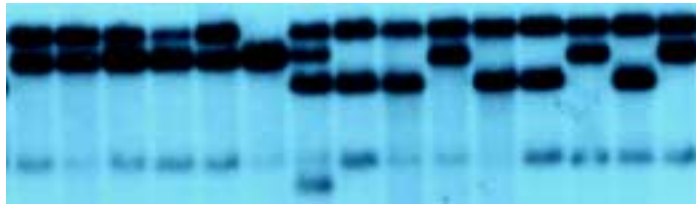


Figura 1. Perfil de DNA evidenciando fragmentos de DNA de diferentes comprimentos

Um exemplo

O DNA como forma de identificação individual está revolucionando o sistema judicial. Tome-se o exemplo de dois indivíduos que tenham sido indiciados. Para fins de ilustração, sejam esses dois indivíduos designados S_1 e S_2 . A análise de uma amostra de sêmen ou outro tecido coletado na cena do crime, aqui designada evidência E, pode esclarecer o caso sem a necessidade de submeter a vítima a um estresse adicional de reviver todo o episódio ao depor no julgamento, fazendo a identificação positiva do indivíduo. Ademais, pode a vítima encontrar-se em um estado tão debilitado que não consiga proceder ao reconhecimento do agressor.

A análise do DNA dos dois indivíduos e da evidência pode dirimir dúvidas, incriminando um dos indivíduos e inocentando o outro. Após o corte do DNA com a enzima de restrição, a separação dos fragmentos pela eletroforese e a sua transferência para a membrana de náilon, um dos possíveis padrões evidenciados com quatro possíveis sondas está representado na Figura 2.

Examinando os perfis produzidos com as quatro sondas (Figura 2), o indivíduo S_1 pode ser excluído como sendo o autor do crime, uma vez que seu perfil de DNA é diferente daquele apresentado pela evidência E (sondas 1, 2 e 4). Tecnicamente, seria mais apropriado dizer que o indivíduo S_1 poderia ser excluído de ter deixado aquela evidência no local do crime. O entendimento dos criminalistas é de que a relação entre a evidência, o crime e sua autoria deva receber igual atenção. Entretanto, é inquestionável pela análise do DNA, que a evidência E não possui o mesmo perfil que o indivíduo S_1 .

O DNA do indivíduo S_2 corresponde perfeitamente com o da evidência

E nos quatro locais do genoma humano analisado com as quatro sondas. Isto não significa necessariamente que o indivíduo S_2 seja o autor do crime. Obviamente, para saber com que convicção essa evidência deve ser considerada, é necessário conhecer com que freqüência esse perfil de DNA

é encontrado na população humana e isto é uma questão de probabilidade. Após a análise do perfil do DNA com um determinado número de sondas, o laboratório emite um laudo informando a probabilidade do DNA do indivíduo S_2 e da evidência E serem exatamente iguais apenas por coincidência. Normalmente, o nível de exigência estatística, nessas análises, é extremamente elevado, para se evitar falso positivos e negativos, sendo estes últimos muito raros.

Além dos RFLPs, RAPDs - outros tipos de marcadores moleculares - têm sido utilizados em análises criminológicas. Por exemplo, vários laboratórios de análise de DNA, como os do FBI, vêm utilizando os marcadores STR (pequenas seqüências repetidas) em suas análises. Esses marcadores são altamente individualísticos e a análise de 13 regiões do genoma humano, com os kits disponíveis para esses marcadores, permite a emissão de laudos que estabelecem uma probabilidade de 1 para 82 bilhões de distinguir dois indivíduos.

Desde que o DNA foi apontado como um mecanismo de identificação, várias empresas estão sendo criadas no Brasil para analisar o DNA, a exemplo das empresas LabGene (www.funarbe.org.br/labgene) e Gene (www.gene.com.br).

Confiabilidade dos Testes de DNA

Embora o perfil de DNA seja considerado uma prova irrefutável de identificação, é necessário o estabelecimento de padrões de análise e níveis de estrigência nos cálculos estatísticos. Adicionalmente, os laboratórios que prestam esse tipo de serviço devem ser submetidos a testes denominados duplamente cegos, para assegurar que eles estejam trabalhando com um controle de qualidade aceitável,

uma vez que estão em jogo a liberdade de um inocente e a sanção cabível para o autor do delito.

Testes de Paternidade

O teste de DNA é a mais precisa e confiável tecnologia disponível para identificação de paternidade. Normalmente, quando se deseja fazer a identificação de um dos pais de um indivíduo, faz-se a análise do DNA do suposto pai, da mãe e do filho.

O laudo de um teste de paternidade deve claramente relatar uma das duas alternativas:

1. O indivíduo testado está excluído e, portanto, não pode ser o pai biológico em questão.

2. O indivíduo testado não está excluído da possibilidade de ser o pai biológico em questão. A estatística no laudo deve estabelecer com que probabilidade o indivíduo pode ser o pai biológico do filho considerado.

Precisão dos Testes

Os testes de paternidade podem provar com 100% de certeza que um indivíduo não é o pai biológico da criança. Por outro lado, não existe nenhum teste disponível que prove com 100% de certeza que um indivíduo seja o pai biológico da criança. Esses testes podem conferir um grau de confiança de paternidade de até 99,9%, para os casos onde a amostra de DNA da mãe, filho e suposto pai é analisada. Quando falta um dos genitores, como no caso de amostras somente do filho e do suposto pai ou do filho e da suposta mãe, a precisão do teste pode ser igual ou pouco superior a 99%.

As seguintes situações podem resultar uma menor precisão dos testes:

- Casamento interraciais, ou de populações não padronizadas. Nesses casos, os laboratórios são obrigados a utilizar tabelas genéricas ao invés de específicas para as populações em análise.

- Pai biológico é parente do suposto pai. Esses casos são mais graves



Figura 2. Perfil hipotético de DNA de dois indivíduos, S_1 e S_2 , e da evidência E, coletada na cena do crime

quando o grau de parentesco é de primeiro grau ou impossíveis de ser definidos se são irmãos gêmeos idênticos.

As mesmas considerações feitas sobre identificação pessoal de humanos ao longo deste artigo se aplicam à identificação de animais e plantas.

O perfil do DNA de variedades híbridas de milho foi utilizado em um longo e controverso processo judicial nos Estados Unidos, quando uma empresa de melhoramento de plantas foi acusada de ter se apropriado ilegalmente de linhagens parentais de outra empresa. A análise do DNA das linhagens suspeitas e do híbrido contribuiu para esclarecer o caso. Atualmente um rígido controle de identificação molecular por DNA é feito pelas empresas que produzem variedades híbridas.

Considerações Finais

Considerando que a análise de DNA é uma técnica poderosa de identificação, ela deve ser utilizada de forma extremamente criteriosa. O nível de sensibilidade de alguns dos procedimentos de identificação por DNA é tão alto que as células das mãos do laboratorista ou aquelas presentes em um simples espirro podem contaminar a amostra.

Dessa forma, o cuidado na coleta, custódia e manipulação da amostra são determinantes para a validade das análises. Finalmente, o ser humano é passível de erro. Laboratoristas podem rotular erroneamente um frasco, trocar códigos ou nomes, etc. Em razão desses possíveis erros, é que muitos laboratórios trabalham com procedi-

mentos de dupla leitura em cada etapa da análise e de preservação de parte da amostra para eventuais reanálises. Mesmo assim, continuarão a acontecer enganos e compete ao advogado bem qualificado questionar e criticar resultados inesperados.

A utilização do DNA, tanto na área criminal quanto na cível (civil e mercantil), tem auxiliado o Direito na sua constante busca de justiça.

Finalmente, alguns cientistas acreditam que, no futuro, o perfil de DNA fará parte da identificação pessoal de forma tão natural que ele será parte integrante das carteiras de identidade.

Literatura Consultada

Alcama, E. 1999. DNA technology: the awesome skill. New York: Harcourt Academic Press. 348 p.

Ballantyne, J., Sensabaugh, G. e Witkowski, J. 1989. DNA technology and forensic science. New York: Cold Spring Harbor Laboratory. 368p.

Borém, A. e Santos, F.R. 2001. Biotecnologia simplificada. Visconde do Rio Branco: Editora Suprema. 230p.

Drlica, K. 1996. Understanding DNA and gene cloning : a guide for the curious. New York: John Wiley & Sons. 3a. edicao. 323 p.

Georgia Bureau of Investigation: <http://www.ganet.org/gbi/fsdna.html>

Kreuzer, H. e Massey, A. 2000. Recombinant DNA and biotechnology. 2a. edicao. Washington: ASM Press. 431p.

Lewin, B. 1999. Genes VII. Oxford: Oxford Univ Press. 847 p.

Messina, L. 2000. Biotechnology. New York: H.W. Wilson. 186p.

Perelman, C. 1999. Ética e direito. São Paulo: Editora Martins Fontes. 322p.

Phillips, R.L. e Vasil, I.K. 2001. DNA-based markers in plants. New York: Kluwer Academic Press. 512 p.

Tourinho Neto, F. 1997 A constituição na visão dos tribunais. volume 3. Tribunal Regional Federal – 1ª Região. 589p.

Watson, J.D.; Gilman, M. e Witkowski, J. 1992. Recombinant DNA. New York: W H Freeman & Co. Press. 2a. edicao. 626 p.