

Um novo uso do DNA na resolução de crimes: predição de características morfológicas de suspeitos



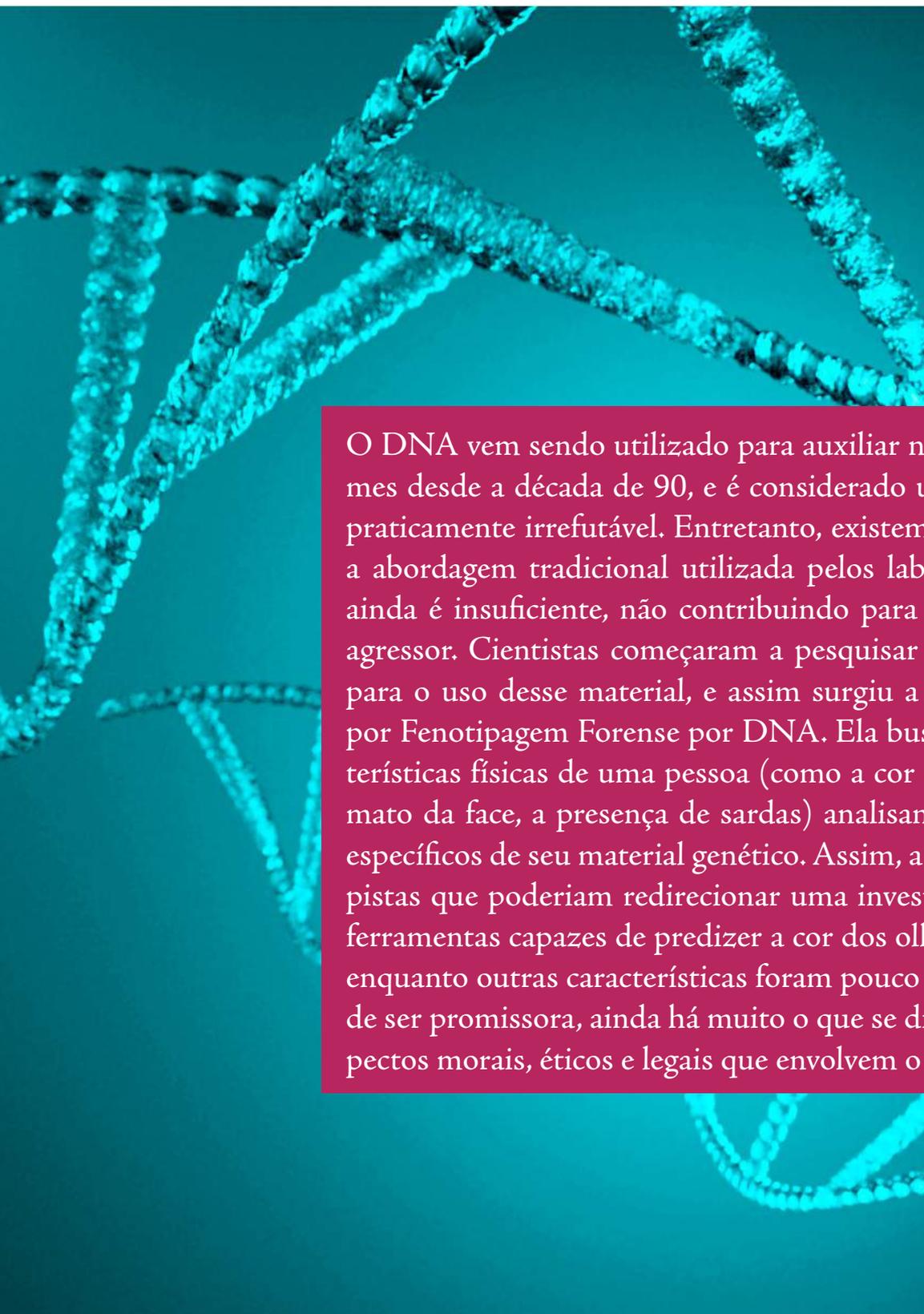
Thássia Mayra Telles Carratto¹, Celso Teixeira Mendes Junior²

¹ Programa de pós-graduação em Química, Laboratório de Pesquisas Forenses e Genômica, Departamento de Química, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, SP

² Laboratório de Pesquisas Forenses e Genômica, Departamento de Química, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, SP

Autor para correspondência - ctmendes@ffclrp.usp.br

Palavras-chave: fenotipagem forense por DNA, genética forense, polimorfismos genéticos, pigmentação humana, características físicas, identificação humana



O DNA vem sendo utilizado para auxiliar na resolução de crimes desde a década de 90, e é considerado uma *prova de ouro*, praticamente irrefutável. Entretanto, existem situações em que a abordagem tradicional utilizada pelos laboratórios policiais ainda é insuficiente, não contribuindo para a identificação do agressor. Cientistas começaram a pesquisar novas abordagens para o uso desse material, e assim surgiu a técnica conhecida por Fenotipagem Forense por DNA. Ela busca prever características físicas de uma pessoa (como a cor dos cabelos, o formato da face, a presença de sardas) analisando apenas pontos específicos de seu material genético. Assim, a polícia teria novas pistas que poderiam redirecionar uma investigação. Já existem ferramentas capazes de prever a cor dos olhos, cabelos e pele, enquanto outras características foram pouco estudadas. Apesar de ser promissora, ainda há muito o que se discutir sobre os aspectos morais, éticos e legais que envolvem o uso dessa técnica.

Por que as pessoas apresentam características físicas diferentes?

Se andarmos pelas ruas e prestarmos atenção ao nosso redor, poderemos encontrar pessoas com os mais diversos tipos de características: altas, baixas, loiras, morenas, ruivas, olhos variando de bem claros a muito escuros, cabelos variando de lisos a crespos, diferentes tamanhos de nariz, formatos de lábios, dentre uma infinidade de características que nos tornam únicos. E, é também, a partir dessas características, as quais chamamos de fenótipos, que podemos reconhecer uns aos outros. Porém, ao mesmo tempo, os seres humanos compartilham muitas semelhanças, tanto externas quanto internas: apresentamos uma estrutura corporal que varia pouco entre indivíduos (tronco, braços, pernas, cabeça, olhos, boca, nariz etc.) e precisamos também do mesmo conjunto de proteínas, células e nutrientes para manter o corpo funcionando corretamente.

De maneira geral, nossas semelhanças são muito maiores que nossas diferenças, e é isso que define a espécie *Homo sapiens*. E, por sermos da mesma espécie, a maior parte da nossa sequência de DNA é conservada igualmente em todos os indivíduos, sendo que, aproximadamente, apenas 0,15% da informação genética varia entre as pessoas. Se pensarmos que o genoma, o conjunto de informação genética contida nas células gaméticas da espécie, possui um total de 3,2 bilhões de nucleotídeos, essa porcentagem equivale a 4,5 milhões de bases que podem variar entre indivíduos. De fato, é estimado que exista cerca de 4 a 5 milhões de diferenças entre dois indivíduos e é uma pequena parcela dessas diferenças que explica a variabilidade fenotípica observada na população. É válido lembrar que fatores externos também podem influenciar na aparência de um indivíduo como, por exemplo, a luz do sol que tem a capacidade de bronzear as pessoas, alterando assim a cor de pele das mesmas.

As regiões do DNA que podem diferir de indivíduo para indivíduo são chamadas de sítios de variação ou marcadores genéticos. Se a frequência do **alelo** mais frequente desse sítio na população for inferior a 99%, podemos chamar esse sítio de marcador polimórfico, ou **polimorfismo genético**.

Polimorfismos de DNA empregados na prática forense

A prática forense utiliza três tipos de polimorfismos que são de uso valioso (Figura 1):

- Elementos repetitivos arranjados em tandem. Dentro dessa categoria, existem dois tipos de polimorfismos: os **minissatélites/VNTRs** (do inglês *Variable Number of Tandem Repeats*) que consistem na repetição de uma sequência que pode variar de 7 a 100 bases, e os **microssatélites/STRs** (do inglês *Short Tandem Repeats*) que consistem na repetição de uma sequência que pode variar de 2 a 6 bases. Nessa categoria de polimorfismos, a diferença entre um alelo e outro é o número de vezes que a sequência de bases será repetida. São eles os marcadores utilizados para realizar testes de paternidade e identificação humana. Enquanto a análise dos minissatélites resulta no clássico **DNA fingerprinting**, que revolucionou a atividade de identificação por DNA, a análise de aproximadamente dez a vinte STRs distribuídos pelos diferentes cromossomos compõem os modernos **perfis genéticos** gerados no mundo todo.
- Polimorfismos de nucleotídeo único (SNP), do inglês *Single Nucleotide Polymorphism*. É o mais simples e também o mais comum tipo de polimorfismo. Consiste na troca de uma única base da sequência genética, por exemplo, em uma posição específica que normalmente é encontrada uma base nitrogenada A (adenina), também pode ser encontrada em alguns indivíduos a base G (guanina). Apesar de não serem tão informativos quanto STRs,

Alelo - formas alternativas presentes em um mesmo ponto ou região do DNA.

Polimorfismo genético - variações que ocorrem no DNA, sendo que o alelo mais raro apresenta frequência maior do que 1% na população.

DNA fingerprinting - em uma tradução literal, significa *impressão digital do DNA*. Tal técnica de identificação anteriormente baseada na análise de minissatélites produzia perfis considerados únicos (assim como as então tradicionais impressões digitais). Após a descoberta dos microssatélites, os perfis de STRs passaram a ser mais comumente usados.

Perfil Genético - conjunto de alelos de um conjunto de marcadores de DNA que permitem individualizar uma pessoa.

te, e os fragmentos de DNA são separados de acordo com seus tamanhos. A partir de poucos marcadores STR (entre dez e vinte) consegue-se traçar um perfil genético único, capaz de individualizar uma pessoa e de permitir que um indivíduo seja identificado com alta confiabilidade (com exceção de gêmeos monozigóticos – idênticos –, pois estes possuem o mesmo genoma, e, portanto, o mesmo perfil genético). Em investigações criminais, este perfil pode ser comparado com o perfil de algum suspeito previamente identificado pela polícia ou com perfis de criminosos já existentes na **Rede Integrada de Bancos de Perfis Genéticos (RIBPG)** (<https://www.justica.gov.br/sua-seguranca/seguranca-publica/ribpg>). Já em casos de acidentes ou desastres de massa, o perfil obtido de uma vítima ainda não identificada pode ser comparado com o perfil de parentes ou com **amostras de referência** ante-mortem das vítimas do desastre, coletadas a partir de escovas de dente ou de roupas íntimas, por exemplo.

Como STRs consistem em sequências que podem ser repetidas muitas vezes, o DNA deve estar em bom estado para que o perfil genético possa ser obtido de maneira confiável. Algumas vezes, a realidade encontrada em locais de perícia pode ser diferente: as condições ambientais não são propícias e o material biológico pode estar em quantidade reduzida e/ou acabar se degradando parcialmente caso não seja coletado em tempo hábil, dificultando assim a obtenção de um bom perfil por STRs.

Dessa forma, quando não é encontrado um perfil compatível com aquele obtido no local de perícia ou quando nem é possível se obter um perfil de STRs, se não houver mais nenhuma pista relevante, o caso pode ser arquivado por anos até que surja alguma informação nova. Diante dessas limitações, estratégias alternativas tornaram-se necessárias e o uso de SNPs tornou-se uma possibilidade interessante devido a algumas vantagens apresentadas em relação aos STRs como, a facilidade de análise em casos de amostras degradadas. Apesar de possuírem um menor poder de discriminação, os SNPs são muito abundantes no genoma, e é possível que milhares deles sejam genotipados, fazendo

com que seja alto o poder de discriminação combinado (ou seja, a capacidade de se diferenciar dois indivíduos baseando-se nos marcadores genéticos analisados). Ainda assim, o perfil genético composto por SNPs pode não levar à identificação do indivíduo em situações nas quais não existam suspeitos ou material de referência, nem um banco de perfis de SNPs de criminosos previamente condenados.

Dessa maneira, a partir dos anos 2000, uma nova área de estudo de genética forense começou a ser incentivada, denominada Fenotipagem Forense por DNA (do inglês *Forensic DNA Phenotyping*). Essa técnica tem por objetivo determinar as características externamente visíveis de um indivíduo baseando-se apenas na análise de marcadores (principalmente SNPs e InDels) do material genético obtido (Figura 2). Assim, quando a análise por STRs se mostrasse inconclusiva, a fenotipagem forense proporcionaria predições que trariam um novo rumo à investigação, concentrando a busca da polícia em indivíduos que apresentassem determinados fenótipos ou revelando alguns aspectos da aparência *ante-mortem* de vítimas encontradas em desastres de massa.

As metodologias para fenotipagem por DNA não eram muito desenvolvidas, pois essa área da genética, que estuda a origem dos fenótipos morfológicos, ainda não tinha despertado muito o interesse dos pesquisadores. Além disso, todas as características externamente visíveis são consideradas traços complexos, tornando ainda mais complicado o seu estudo. São considerados traços complexos aqueles fenótipos em que fatores ambientais, em conjunto com diversos genes, atuam em sua determinação. Porém, quando ficou evidente a potencial aplicação forense desse campo de pesquisa, muitos estudos começaram a ser feitos buscando entender a base molecular de cada característica, e percebeu-se que algumas delas eram menos complicadas do que de outras. Atualmente, já se tem uma boa compreensão sobre a base genética da pigmentação humana, característica que é definida majoritariamente pela presença de melanina na epiderme, cabelo e íris. Esse pigmento consiste em um complexo grupo de moléculas sintetizado dentro de

Rede Integrada de Bancos de Perfis Genéticos (RIBPG)

- É uma rede constituída por: Secretarias de Segurança Pública (ou instituições equivalentes), Secretaria Nacional de Segurança Pública e Polícia Federal para o compartilhamento de perfis genéticos obtidos em laboratórios de Genética Forense, tanto na esfera estadual como nacional. São incluídos nos bancos de dados: perfis genéticos provenientes de vestígios de locais de crime; material de indivíduos condenados por crimes hediondos ou por crime doloso e violento contra a pessoa; material de indivíduos identificados criminalmente e de pessoas desaparecidas e ainda de restos mortais não identificados (ossadas, pelos, arcada dentária etc.).

Amostras de referência

- consiste na amostra de material biológico que servirá como padrão de comparação em análises de DNA. Por exemplo, a amostra biológica de um suspeito (referência) será comparada à amostra desconhecida da cena do crime. Em casos de desastres de massa, as amostras desconhecidas originam-se das vítimas e, as amostras de referência devem ser originárias de objetos que contenham material biológico das possíveis vítimas em questão, como escovas de dentes ou roupas íntimas.

Melanócitos - células especializadas na produção de melanina.

Sequenciamento de DNA - técnica da biologia molecular usada para determinar a ordem das bases nitrogenadas (A, T, C, G) em um fragmento do DNA.

Genotipagem - técnica da biologia molecular para determinação de genótipos de pontos ou regiões de interesse do DNA.

células especializadas, os **melanócitos**. Estima-se que mais de 100 genes estão atuando na via de síntese da melanina, destacando-se *TYR*, *OCA2*, *SLC45A2*, *SLC24A5*, *MC1R*, *ASIP* e *HERC2*.

Com a modernização das tecnologias de **sequenciamento de DNA e genotipagem** de marcadores genéticos, estudos mais amplos envolvendo milhares de amostras e marcadores puderam ser feitos e, finalmente, tornou-se possível desenvolver as primeiras ferramentas voltadas para a predição de fenótipos de pigmentação: cor de olho,

cabelo e pele. Dentre essas colorações, pode-se dizer que a mais simples em termos genéticos é a pigmentação da íris. Já se sabe que um SNP denominado rs12913832 do gene *HERC2* tem papel importante na determinação dessa característica, pois seu genótipo GG determina olhos azuis, enquanto o genótipo AA determina olhos castanhos com grandes probabilidades de acerto (a determinação de olhos não-azuis e não-castanhos, como olhos verdes, permanece desconhecida). Além disso, a cor dos olhos possui menor interferência do meio ambiente.

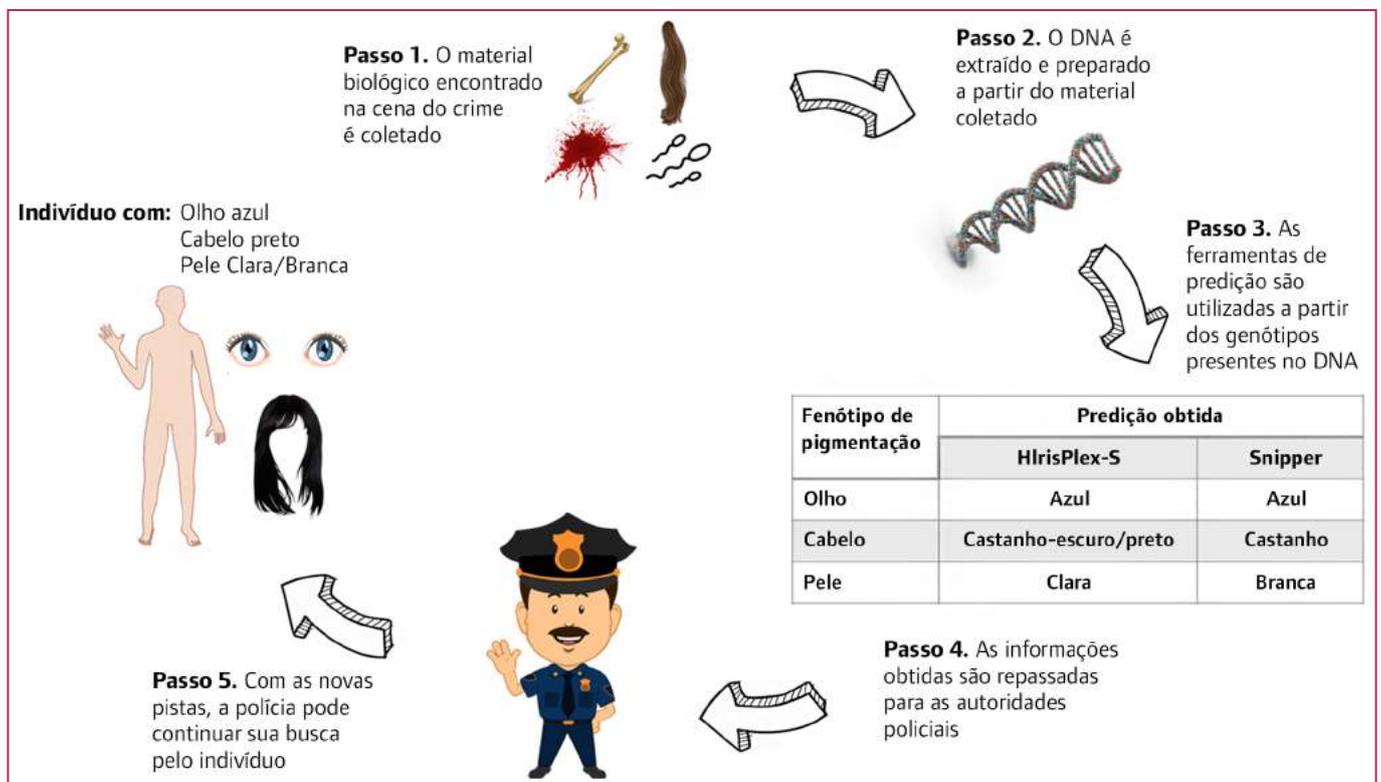


Figura 2.

Etapas de fenotipagem forense por DNA. Primeiramente, coleta-se uma amostra biológica na cena de crime de um indivíduo desconhecido. A partir desse material, o DNA é extraído e genotipado, e as ferramentas são utilizadas para predição de fenótipos. Posteriormente, as informações obtidas devem ser repassadas às autoridades policiais competentes para ajudar no direcionamento da busca por aquele indivíduo suspeito.

Já a predição de cor de cabelo mostra-se um pouco mais complicada porque, primeiramente, acaba sendo muito difícil sua classificação em categoria de cor já que, por vezes, elas são muito parecidas como, por exemplo, loiro-escuro e castanho-claro e castanho-escuro e preto. Além disso, da infância para a fase adulta pode ocorrer um escurecimento dos fios (as causas moleculares disso permanecem desconhecidas), o que pode influenciar também na predição gerada.

Por fim, a pigmentação da pele é o fenótipo mais complexo dentre as três pigmentações,

primeiro porque não há um consenso certo sobre como categorizá-la: podemos dividi-la em diferentes categorias, utilizando critérios subjetivos (como classificação visual) ou objetivos (como métodos que quantificam a pigmentação). Além disso, o clareamento da cor da pele seguiu caminhos evolutivos diferentes em europeus e asiáticos, por exemplo, levando assim a diferentes padrões genéticos para essa característica. Por fim, estamos sempre expostos ao sol, o que leva a diferentes intensidades de bronzeamento, influenciando assim na pigmentação final.

Ferramentas de predição existentes

Como mencionado anteriormente, hoje em dia já se tem uma boa compreensão sobre a base genética da pigmentação humana, e a mesma se mostra como um dos traços fenotípicos menos complicados. Dessa maneira, já existem algumas ferramentas voltadas para predição desses fenótipos.

O conjunto de ferramentas mais famoso no campo forense atualmente é o sistema HIrisPlex-S, para predição simultânea da cor dos olhos, cabelos e pele. Essa ferramenta gera probabilidades para cada categoria de cor a partir da genotipagem de um conjunto de 41 marcadores genéticos. Em relação à cor dos olhos, classificados em azul, intermediário (verde/mel) e castanho, a taxa de acerto obtida mostrou-se acima de 92% para determinação de olhos azuis e castanhos. Infelizmente, o sistema apresenta grandes falhas na determinação de olhos intermediários, como verde e mel, pois ainda não se tem um entendimento preciso de quais polimorfismos originam esses fenótipos. Já as taxas de acerto para cabelos (classificados em ruivo, loiro, castanho e preto) não se mostraram altas como as obtidas para os olhos, porém já pode ser considerado como bom um começo para a área, pois se mostram em torno de 33% para cabelos pretos a 66% para cabelos loiros. Já a pigmentação da epiderme é classificada em cinco categorias: muito clara, clara, intermediária, escura e muito escura. A ferramenta apresenta pequenas taxas de acerto para todas as categorias, principalmente muito-clara e escura, e reforça a necessidade de novos marcadores que ajudem a melhorar essas predições.

O modelo preditivo do sistema HIrisPlex-S está implementado em uma ferramenta online gratuita que pode ser acessada em <https://hirisplex.erasmusmc.nl/>. Nela, é possível simular um perfil genético, preenchendo os boxes com o número correspondente de alelos que o indivíduo possui, e observar a predição correspondente.

Outros conjuntos de sistemas preditivos muito conhecidos são aqueles vinculados a uma ferramenta denominada Snipper. Dentre os sistemas, três foram desenvolvidos para predição de cor dos olhos. O mais completo deles, composto por 23 SNPs, apresenta elevadas taxas de acerto de classificação: 98% para olhos azuis, 99% para intermediários e 92% para olhos castanhos.

Para predição da cor de cabelo, foi desenvolvido um único sistema que utiliza genótipos de 12 SNPs. Esse modelo também classifica os cabelos em quatro categorias: ruivos, loiros, castanhos e pretos. As taxas de acerto obtidas pelos desenvolvedores utilizando esse conjunto variaram de 45% para castanhos a 85% para loiros.

Por fim, para predição da cor da pele, 10 SNPs são utilizados, com quatro deles estando presentes também no HIrisPlex-S. Essa ferramenta apresenta uma classificação mais simples em relação à cor da pele, classificando-a em branca, intermediária e escura. As taxas de acerto variaram de 74% para peles intermediárias a 99% para peles brancas.

O modelo preditivo da ferramenta Snipper também está implementado em uma interface online gratuita, e está disponível no site <http://mathgene.usc.es/Snipper/>. Para os curiosos, pode-se simular um perfil genético inserindo possíveis genótipos de um indivíduo e verificar a predição correspondente.

Aplicabilidade das ferramentas preditivas no Brasil

Apesar do sucesso da iniciativa da Rede Integrada de Bancos de Perfis Genéticos no Brasil, cujo início das atividades deu-se em 2013, cerca de 70 mil perfis de indivíduos condenados e identificados criminalmente estavam armazenados até novembro de 2020 (relatório virtual disponível em: <https://www.justica.gov.br/sua-seguranca/seguranca-publica/ribpg/relatorio-interativo/xiii-relatorio-da-ribpg/>). Sendo assim, a predição de fenótipos pode ter uma relevância ainda maior para auxiliar na resolução de crimes no Brasil.



A população brasileira é uma população miscigenada, ou seja, possui contribuição genética de mais de uma população ancestral. No nosso caso, três populações contribuem de maneira expressiva para a nossa diversidade genética: europeus, que respondem à maior parcela de contribuição devido à colonização, africanos, trazidos pelos europeus nos séculos passados, e nativos americanos, que aqui habitavam antes da chegada dos portugueses. Devido a essa miscigenação, nossa população pode apresentar uma maior frequência de fenótipos chamados intermediários. Por exemplo, o Brasil possui uma parcela maior de indivíduos com olhos verdes do que azuis, enquanto o contrário acontece na Europa, onde olhos azuis são mais comuns. Muitas pessoas do nosso país também apresentam cabelos loiro escuro/castanho-claro, sendo mais raro observamos indivíduos com cabelos loiro-claro e ruivos, enquanto esse é um fenótipo comum em muitos lugares da Europa.

Assim, é importante lembrar que, devido ao fato de algumas ferramentas preditivas terem sido desenvolvidas a partir de estudos feitos em populações europeias, seu desempenho pode ser afetado quando usadas em populações miscigenadas. Por exemplo, para uma população brasileira que apresente grande parcela da população com olhos verde e mel, a dificuldade das ferramentas atuais em predirer essas cores de olhos torna-se ainda mais relevante.

Devido a isso, ao testarmos as ferramentas HIrisPlex-S e Snipper no Brasil, constatamos maiores dificuldades na predição de fenótipos intermediários de olhos e cabelos de maneira geral. No caso da pele, o sistema HIrisPlex-S apresentou dificuldades na predição de fenótipos claros, enquanto o Snipper falhou na predição de fenótipos escuros. Por isso, é extremamente importante que se continue buscando marcadores associados significativamente com pigmentação em populações miscigenadas. No Laboratório de Pesquisas Forenses e Genômicas, estudamos diversos genes envolvidos na via de produção da melanina, buscando confirmar associações já descritas na literatura e, principalmente, identificar novos marcado-

res que estejam associados com fenótipos de pigmentação, especialmente em relação aos fenótipos intermediários, a fim de se desenvolver uma ferramenta própria para uso forense no Brasil.

Futuro da Fenotipagem Forense por DNA

Em relação à pigmentação humana, apesar de já termos várias ferramentas preditivas disponíveis, ainda existem desafios a serem vencidos, como a predição de olhos verde/mel e melhoras na acurácia preditiva da cor de cabelos e pele, além de uma padronização na classificação.

A ciência está se empenhando muito para que seja possível desenvolver ferramentas para predirer outras características externas das pessoas. Apesar de ainda não termos nenhum novo sistema totalmente desenvolvido e validado, existem algumas características que são candidatas promissoras a possuírem uma ferramenta de predição. Pesquisadores de diversos países europeus reuniram-se em um enorme projeto, o consórcio VISAGE (Atributos Visíveis por meio da Genômica, do inglês *The VISible Attributes Through GENomics*), com o objetivo de desenvolver amplos trabalhos relacionados à predição de características morfológicas, a fim de proporcionar o maior número de informações para ajudar nas buscas policiais.

Uma característica que vem sendo estudada há muitos anos é a estatura de um indivíduo. O estudo mais recente foi realizado em 2019 pelo VISAGE e utiliza um conjunto de 689 SNPs para predição satisfatória de estatura em indivíduos europeus.

Outra característica que vem despertando a atenção dos pesquisadores é a morfologia do cabelo. Em africanos, há a predominância de cabelos cacheados/crespos, enquanto em populações europeias observamos menor frequência deste tipo de cabelo, com predominância de cabelos lisos, até chegarmos nos asiáticos, em que o cabelo liso é dominante. Assim, em populações miscigenadas



podemos encontrar todos os tipos de cabelo. Atualmente, mais de vinte genes já foram relacionados com a curvatura do cabelo, quatro deles tendo sido estudados especificamente em populações latino-americanas. A intenção é que se consiga desenvolver uma ferramenta capaz de diferenciar com precisão cabelos lisos, ondulados e cacheados.

A presença de sardas também vem sendo estudada, e já foram desenvolvidos modelos na Europa que conseguiram prever corretamente a presença ou ausência de sardas em até 84% dos indivíduos. Modelos capazes de prever se o indivíduo possui alta ou baixa incidência delas também estão sendo desenvolvidos, porém com menores taxas de acerto.

O objetivo mais desejado entre os cientistas envolvidos com a Fenotipagem Forense por DNA é conseguir prever a aparência da face humana. Vários estudos utilizaram fotografias do rosto para segmentá-lo de diferentes maneiras e procurar genes associados a tais segmentos. O estudo mais recente, feito pelo consórcio VISAGE, estipulou treze pontos principais no rosto e mediu as distâncias entre eles, identificando 24 genes associados a essas características. Apesar de todos os esforços que vêm sendo feitos há anos, a predição facial permanece como um grande desafio e ainda não existe uma ferramenta capaz de prever tal característica, devido à complexidade das faces.

Aspectos éticos e legais

O uso do DNA no âmbito forense sempre levantou diversos questionamentos éticos e legais. Como as primeiras ferramentas foram desenvolvidas por laboratórios europeus, era de se esperar que o uso de tais ferramentas fosse discutido primeiramente na União Europeia. Ainda não existe um consenso entre os países sobre a maneira de implementar a prática de fenotipagem forense nas investigações. Até o começo de 2020, esta técnica era explicitamente regulada pela lei em apenas dois países: Holanda e Eslováquia, enquanto

em outros sete (Reino Unido, Polônia, República Tcheca, Suécia, Hungria, Áustria e Espanha) ela era praticada em conformidade com as leis existentes. Já no Brasil, ainda não existe legislação específica para esta prática. Segundo a Lei nº 12.654/2012, que é aplicável apenas às atividades da Rede Integrada de Bancos de Perfis Genéticos (RIBPG), *informações genéticas contidas nos bancos de dados de perfis genéticos não poderão revelar traços somáticos (traços físicos, como feições, conformação facial e corporal, cor da pele etc.) ou comportamentais das pessoas, exceto determinação genética de gênero*. Assim, os dados servem unicamente para individualização, não sendo permitido armazenar dados que revelem qualquer característica física. Antes que a prática de Fenotipagem Forense por DNA seja legalmente regulamentada, é importante uma reflexão sobre os vários aspectos éticos que envolvem a técnica. Existem argumentos a favor de sua liberação, porém todos eles devem ser contrabalanceados.

Primeiramente, a Fenotipagem Forense por DNA seria utilizada apenas quando a genotipagem por STRs fosse inconclusiva ou ineficaz, com o objetivo de fornecer pistas adicionais quando todos os outros métodos convencionais já fossem esgotados. Porém, qual a real confiabilidade dessas informações? Ainda não existem estudos mostrando o efeito que esses resultados provocam em investigações reais, não se sabe ao certo se a implementação de tal prática elevaria significativamente as taxas de identificação de um criminoso pela polícia.

E, aliás, estaria a polícia preparada para lidar com os resultados obtidos pela fenotipagem? Desde que o perfil de DNA por meio de STRs se consolidou como uma das principais provas judiciais, tornando-se uma *prova de ouro*, criou-se a ideia de que toda informação gerada a partir dela seria à prova de erros. Porém, no caso da fenotipagem, os dados são gerados com base em inferências probabilísticas e, portanto, não consistem em verdades absolutas. É importante ter isso em mente em uma investigação, para não direcionar a polícia a focar em uma pista falsa. Além disso, quando traços específicos as-





sociados a minorias étnicas forem preditos, certos preconceitos presentes na sociedade também podem levar a uma superestimativa da confiabilidade em relação a tais predições e a julgamentos precipitados. É necessário estudar a maneira como o laboratório científico apresentaria os dados para os responsáveis pela investigação e que essas pessoas, bem como outros agentes envolvidos, como juízes, fossem cuidadosamente instruídas sobre como interpretá-los. Além disso, a fenotipagem não deve servir como prova condenatória: após a apreensão de um suspeito, o mesmo deve ser submetido ao teste tradicional por STRs para confirmação de identidade. Depois de utilizados, os dados também geram discussão: deveriam ser armazenados por um tempo ou simplesmente descartados? E, em situações que levam anos para serem os casos solucionados? Como proceder? Essas são questões que ainda precisam ser analisadas à luz do legislativo de cada país.

Outro ponto a ser discutido é **se e como** essas informações devem ser repassadas e divulgadas pela mídia. A mesma situação descrita no parágrafo anterior pode ocorrer aqui: a divulgação de um possível perfil fenotípico pode gerar alvoroço em uma população leiga, que pode tomá-lo como verdade absoluta, levando à discriminação de pessoas com traços semelhantes. Além disso, mídias sensacionalistas podem se aproveitar para colocar pessoas inocentes como potenciais culpadas, e tais pessoas podem sofrer uma represália direta nesse caso. Por fim, se divulgado um determinado perfil, e o assassino tiver outra aparência, isso pode manchar a imagem das autoridades policiais e científicas frente à população. Muitas pessoas do meio concordam que o ideal é que tais informações não sejam divulgadas para a mídia a não ser em casos extremos como, por exemplo, em caso de assassinos em série.

Apesar de que as características físicas preditas pelas ferramentas não são dados confidenciais (pois são externamente visíveis) e ajudariam a direcionar a polícia para uma busca mais efetiva, e não na identificação

direta de um indivíduo, respeitando a privacidade do mesmo, alguns desdobramentos mais sérios surgem dessa questão: quando um perfil fenotípico é predito por uma ferramenta, as pessoas que se encaixam em tal perfil poderiam ser consideradas potenciais suspeitos, e serem convidadas a provar a inocência, ou seja, fornecer material genético para confirmar que não é o mesmo da cena do crime? Isso vai na contramão do princípio da presunção de inocência, que é um dos pilares de nossa sociedade. Por outro lado, se a pessoa se recusar a colaborar, podem aumentar as desconfianças das autoridades em relação a ela. Esses aspectos reforçam a necessidade de ampla discussão sobre aspectos éticos, legais e morais que conduzam ao estabelecimento de uma regulamentação específica para o uso futuro desta metodologia.

Por fim, como discutido ao longo deste artigo, atualmente há muitas ferramentas de predição, as quais poderiam levar a resultados diferentes. Assim, além de regulamentar a aplicação da Fenotipagem Forense por DNA, deve-se também estudar aprofundadamente a acurácia das diferentes ferramentas nos vários segmentos de nossa população. Essa é mais uma razão pela qual um sistema preditivo desenvolvido com foco em nossa população seria importante para subsidiar a discussão sobre implementação da técnica de Fenotipagem Forense por DNA na rotina policial brasileira.

Para saber mais

CARRATTO, T. M. T. *Análise da acurácia de diferentes sistemas genéticos de predição de fenótipos de pigmentação em amostra de indivíduos miscigenados da população brasileira*. Ribeirão Preto: Universidade de São Paulo, 2020. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/59/59138/tde-16042020-140628/publico/Dissertacao_Thassia_Corrigida.pdf

MARANO, L. A. et al. Polimorfismos genéticos e identificação humana: o DNA como prova forense. *Genética na Escola*, v. 5, n.1, p. 53–56, 2010.

Ferramenta HirisPlex: <https://hirisplex.erasmusmc.nl/>

Ferramenta Snipper: <http://mathgene.usc.es/snipper/>