### Microbiologia e Genética Forense

**MÓDULO 3**

**Distinguir a aplicação da Genética nos exames de paternidade/maternidade**

**GENÉTICA APLICADA NAS INVESTIGAÇÕES DE PATERNIDADE/MATERNIDADE**

**Homem pulando na água

Descrição gerada automaticamente com confiança baixaFigura 29. As análises de DNA podem servir para elucidar questões relacionadas ao parentesco.**

**Agora, estudaremos uma outra área de aplicação da Genética Forense: a determinação de paternidade ou maternidade.**

**EM LINHAS GERAIS, TRATA-SE DE UM TESTE DE DNA PARA A VERIFICAÇÃO DE VÍNCULO BIOLÓGICO ENTRE PESSOAS. SERVEM COMO PROVA LEGAL PARA DETERMINAÇÃO DE PATERNIDADE/MATERNIDADE; REINVINDICAÇÕES DE HERANÇA; FRUIÇÃO DE DIREITOS E DEVERES RECIPROCAMENTE CONSIDERADOS; COMPROVAÇÃO DE GRAVIDEZ DECORRENTE DE ESTUPRO; INTERRUPÇÃO DE GRAVIDEZ DECORRENTE DE ESTUPRO ETC.**

**SAIBA MAIS**

**Segundo divulgado pelo Observatório Brasil da Igualdade de Gênero (BRASIL, 2009), 30% das crianças não têm filiação paterna em seus registros. De acordo com Fonseca (2004), em 2002, em média, mil pedidos de investigação paterna foram peticionados, mensalmente, na Justiça Estadual do Rio Grande do Sul, o que representa cerca de 7% do volume de nascimentos mensal naquele estado.**

**A questão da paternidade/maternidade é tão complexa que a**[**legislação brasileira**](javascript:void(0))**prevê que resta presumida a paternidade quando o suposto pai se recusa a se submeter ao exame de DNA.**

**LEGISLAÇÃO BRASILEIRA**

**A presunção de paternidade no caso de recusa de realização de exames de DNA está prevista no artigo 1º, da Lei nº 12.004/2009 (BRASIL, 2009).**

**Vale destacar que, segundo o entendimento do Superior Tribunal de Justiça (STJ, 2016), “Nem a paternidade socioafetiva e nem a paternidade biológica podem se sobrepor uma à outra. Ambas as paternidades são iguais, não havendo prevalência de nenhuma delas porque fazem parte da condição humana.”**

**Nesta direção, de acordo com a Lei º 8.560 (BRASIL, 2009), o reconhecimento de filhos tidos fora do casamento é irrevogável, a não ser que seja provado que o registro foi baseado em algum vício do ato.**

**Por fim, afora a parte técnica das análises genéticas de paternidade/maternidade que trataremos aqui, é bom que vocês saibam que existe todo um arcabouço jurídico que regulamenta a questão, prevendo as circunstâncias, o tipo e a validade dos exames de DNA para confirmação ou alteração de registro de nascimento. Por óbvio, embora crie alguns entraves, a intenção da lei é proteger os envolvidos. No entanto, não iremos examinar esses aspectos, pois, caso contrário, nosso estudo iria debandar para outros rumos**

**Já conseguimos perceber que, assim como o uso da tecnologia do DNA para a elucidação de crimes, o assunto aqui exige conhecimento científico para garantir a robustez das análises. Então, façamos um esforço e comecemos nossa caminhada. Todos preparados?**

**Pernas de pessoa em frente a água

Descrição gerada automaticamente com confiança média**

**VARIABILIDADE HUMANA**

**Tela de computador com desenho de personagem de desenho animado

Descrição gerada automaticamente com confiança baixa**

**Figura 31. Apesar de sermos da mesma espécie, a diversidade é bastante grande entre nós.**

Como aprendemos, os exames de DNA têm como objetivo diferenciar um indivíduo de outro. Ocorre que a variabilidade humana, em termos fenotípicos, não é muito diferente, havendo um certo grau de homogeneidade. No entanto, em termos genotípicos, somos muito diversos.

**Se pegarmos duas pessoas, ainda que com vínculos biológicos, como pai e filho, por exemplo, veremos que, para cada 500 pares de bases de seus respectivos DNA, um par será diferente. Parece pouco? Só que não! De acordo com o Projeto Genoma Humano, nosso material genético tem mais de 3 bilhões de pares de bases nitrogenadas, o que representa uma variação de 6 milhões de bases entre duas pessoas.**

**Figura 32. Pessoas de uma mesma família, como pais e filhos, são muito distintas geneticamente, ainda que sejam parecidas.**

**Desenho de lápis de cor

Descrição gerada automaticamente com confiança baixa**

**Como falamos antes, atualmente, os marcadores genéticos permitem discriminar geneticamente um indivíduo em um *pool* gênico de um trilhão de pessoas. Não é à toa que os testes de DNA possuem muito prestígio na área jurídica como meio de prova. Vocês se lembram em que parte do DNA todas essas variações genéticas podem ser encontradas? Isso mesmo, nas regiões polimórficas. Então, vamos estudar mais um pouquinho sobre o polimorfismo genético.**

**POLIMORFISMO GENÉTICO: O SEGREDO DA VARIAÇÃO HUMANA**

**Figura 33. O polimorfismo genético é o segredo por trás da variação humana.**

**Para que vocês consigam entender o que é um polimorfismo genético, prestem atenção na explicação didática que se segue.**

**O DNA humano possui**[**3 bilhões de pares de bases nitrogenadas**](javascript:void(0))**. Estas bases se juntam em grupos, uns maiores, outros menores, e formam 30.000 genes. Cada um desses 30.000 genes ocupa um espaço físico no DNA humano, espaço este que chamamos de *locus*. Ao realizar um exame de DNA, por conta de muita pesquisa feita anteriormente pelos cientistas que mexem com isso, o geneticista já sabe quais *loci* são interessantes para as suas análises, que são exatamente aqueles que, evolutivamente, apresentam variações individuais. Assim, em um laboratório forense, o perito examina diretamente os *loci* que lhe interessam, não perdendo seu tempo, no esforço hercúleo de examinar todos os 30.000 loci do DNA humano. A imagem a seguir explica essa questão.**

**A maior parte dessas bases está nos cromossomos autossômicos, mas também há material genético nos cromossomos sexuais e no DNA mitocondrial.**

**Tela de computador com jogo

Descrição gerada automaticamente com confiança médiaFigura 34.**

**Na imagem ao lado, cada traço horizontal corresponde a um locus gênico, ou seja, a um lugar físico, no DNA, que é ocupado por um gene. Pela imagem, dá para ver que, nesta sequência de DNA, há vários genes, mas não todos os genes de uma pessoa, já que o ser humano possui cerca de 30.000 genes. Cada gene é formado por sequências de bases nitrogenadas. A depender do gene, essa sequência tem um padrão de posicionamento ou de repetição. A ilustração logo abaixo representa um trecho hipotético da sequência de DNA acima, da qual foram retirados 10 genes para serem examinados e, dessa forma, verificar quais deles são iguais em todas as pessoas e quais deles apresentam variações individuais.**

**Interface gráfica do usuário, Aplicativo

Descrição gerada automaticamenteFigura 35.**

**Na imagem, estão representados, hipoteticamente, 10 genes encontrados no sequenciamento do DNA do Indivíduo A. Cada um desses genes é responsável por uma característica. Abaixo, são apresentadas as supostas características que cada um dos genes acima comanda.**

**• Gene 1: Comprimento de dedos dos pés  
• Gene 2: Ter duas pernas  
• Gene 3: Ter duas orelhas  
• Gene 4: Piscar o olho  
• Gene 5: Frequência de piscadas do olho por minuto  
• Gene 6: Ter dois olhos  
• Gene 7: Coloração dos olhos  
• Gene 8: Ter dentes  
• Gene 9: Ter língua  
• Gene 10: Cor dos dentes.**

**No esquema hipotético, para fins de identificação de pessoas, os genes 2, 3, 4, 6, 8 e 9 não têm valor, pois são comuns a todas as pessoas, com exceção daquelas que têm alguma variação atípica (mutação pontual), que, pela raridade na população, não serve para fins de comparação.**

**Os genes 1, 5, 7 e 10 comandam as mesmas características nos seres humanos, mas em cada ser humano esses genes se expressam de maneira diferente, produzindo fenótipos diferentes, isto é, produzindo características físicas diferentes. Em linhas gerais, a identificação de pessoas pela análise de DNA é baseada na análise estatística do conjunto dessas diferenças. Assim, como temos muitos e muitos genes, essa combinação de diferenças permite individualizar uma pessoa no meio da população.**

**Dando continuidade à explicação, vamos juntos... A maior parte do DNA humano apresenta a mesma sequência de bases nitrogenadas entre a população. Voltando ao nosso esquema hipotético referente ao DNA do Indivíduo A, seria esperado encontrar este tipo de homogeneidade genética nos genes 2, 3, 4, 6, 8 e 9. No entanto, com relação aos genes 1, 5, 7 e 10, as pessoas possuem tipos de sequências de bases nitrogenadas peculiares, o que ocasiona fenótipos diferentes. O quadro abaixo exemplifica como isso funciona.**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **Indivíduo A** | **Indivíduo B** | **Indivíduo C** | **Indivíduo D** |
| **GENE 1** Comprimento do dedão (hálux) em relação ao 2º dedo do pé | Dedão maior do que 2º dedo | Dedão maior do que 2º dedo | Dedão menor do que 2º dedo | Dedão igual ao 2º dedo |
| **GENE 5** Frequência com que se pisca o olho por minuto | 17 vezes/min | 15 vezes/min | 17 vezes/min | 20 vezes/min |
| **GENE 7** Coloração dos olhos | Castanho claro | Castanho escuro | Verde | Castanho claro |
| **GENE 10** Cor dos dentes | Acinzentado | Acinzentado | Amarelo avermelhado | Marrom avermelhado |

**Atenção! Para visualizaçãocompleta da tabela utilize a rolagem horizontal**

**O quadro mostra como as variações de expressão dos genes 1, 5, 7 e 10, combinadas, determinam pessoas diferentes. Como nossa molécula de DNA é muito grande, ainda que a porção de variação genética do genoma humano seja de menos de 1% e que a população humana seja de quase 8 bilhões de pessoas, dadas as possíveis combinações das regiões polimórficas, um indivíduo será diferente do outro, e, assim, o exame de DNA será capaz de determinar, com segurança, a identidade da pessoa. Fonte: EnsineMe.**

**Por conta dessas variações, ao analisar a sequência do DNA de um indivíduo, quanto mais *loci* são examinados e comparados, menor a probabilidade que dois indivíduos compartilhem o mesmo genótipo.**

**Em contrapartida, a cada *locus* cuja informação seja correspondente quando duas amostras são comparadas, maior a probabilidade dos dois perfis de DNA correspondentes serem oriundos de uma mesma fonte, isto é, de um mesmo indivíduo.**

**Uma imagem contendo no interior, mesa, pequeno, computador

Descrição gerada automaticamenteFigura 36. Quanto mais *loci* são analisados no DNA de um indivíduo, maior é a probabilidade de que seja encontrada uma variação genética entre eles.**

**Uma vez que, com efeito, os testes de DNA são exames comparativos, guarde essas duas possibilidades aqui mencionadas, pois voltaremos a falar sobre isso quando estivermos tratando de testes de paternidade.**

**Agora, ficou claro por que a variação genética é suficiente para garantir que cada ser humano seja diferente um do outro? Vejamos, então, como se dão, nos *locus*, as variações genéticas nas regiões polimórficas.**

**REGIÕES POLIMÓRFICAS OU POLIMORFISMO GENÉTICO: FORMATO**

**Pela análise do termo regiões polimórficas, podemos inferir que estamos diante de “um lugar que apresenta múltiplas formas”. No tocante a essas variações de forma, basicamente, os polimorfismos genéticos podem ser de dois tipos: polimorfismos de sequência e polimorfismos de comprimento:**

**Gráfico, Gráfico de bolhas

Descrição gerada automaticamente**

[**POLIMORFISMO DE SEQUÊNCIA**](https://stecine.azureedge.net/repositorio/microbiologia_e_genetica_forense/index.html#col-steps1)

[**POLIMORFISMO DE COMPRIMENTO**](https://stecine.azureedge.net/repositorio/microbiologia_e_genetica_forense/index.html#col-steps2)

**POLIMORFISMO DE SEQUÊNCIA**

**São nucleotídeos que aparecem em um sequenciamento diferenciado, ocasionado, de modo geral, por mutações pontuais. Ocorre que as mutações em si não afetam a composição alélica da população, isso porque as taxas de**[**mutações**](javascript:void(0))**espontâneas são muito reduzidas. Por conta disso, este tipo de polimorfismo tem pouca aplicação para a identificação de pessoas, a não ser que a mutação em questão seja estável e transmitida às gerações seguintes.**

**POLIMORFISMO DE COMPRIMENTO**

**São sequências de nucleotídeos que se repetem em múltiplas cópias, variando o número de repetições entre os indivíduos para cada *locus*.**

**Uma vez que o polimorfismo de comprimento é o tipo de variação de material genético mais comum, usualmente, ele se aplica à identificação de pessoas, que podem ser discriminadas, conforme o comprimento das sequencias repetidas. O padrão de repetições é característico e herdado por indivíduos geneticamente relacionados. Existem duas variantes de polimorfismo de comprimento: os minissatélites e os microssatélites.**

**MUTAÇÕES**

**Mutação é toda e qualquer alteração na sequência de bases do DNA. Para ser considerado um polimorfismo e, como tal, ter valor discriminatório no genótipo de um indivíduo, o alelo raro em um determinado *locus* deve estar presente em mais de 1% dos indivíduos da população. Isto porque, com essa frequência, pressupõe-se que seja uma variação estável e, portanto, será transmitida às gerações seguintes.**

|  |  |
| --- | --- |
| **Polimorfismo de comprimento** | |
| **Tipos de genes** | |
| De sequências curtas repetidas em tandem (*Short Tandem Repeats – STR*) ou microssatélites | De repetição em tandem de número variável (*Variable Number of Tandem Repeats – VNTR*) ou minissatélites |
| **Unidade básica das repetições** | |
| 2 a 6 pares de bases | 9 a 100 pares de bases |
| É a metodologia eleita para a tipagem de DNA de vestígios biológicos em geral, pois a técnica pode ser aplicada em quantidades diminutas de DNA, inclusive com alto grau de degradação. | Atualmente, não é muito utilizado, pois a técnica exige DNA íntegro e em grande quantidade. |

**Atenção! Para visualizaçãocompleta da tabela utilize a rolagem horizontal**

**Breve expalanação sobre os dois diferentes tipos de polimorfismo de comprimento. Fonte: EnsineMe.**

**Diante de tudo que falamos até aqui sobre polimorfismo genético, importa saber que, considerando a variação em um determinado *locus* e o tipo de variação ali encontrado, as pessoas podem ser individualizadas, geneticamente, com base no seu padrão de polimorfismo.**

**ATENÇÃO**

**Considerando que as situações mais comuns na atividade da Genética Forense são o teste de identidade, onde uma mancha ou uma evidência biológica deve ser comparada a um perfil suspeito; e o teste de parentesco, onde questões de relacionamento entre indivíduos são examinadas; a análise das repetições em múltiplas cópias das sequências de nucleotídeos é suficiente para alcançar resultados seguros e determinantes. No entanto, como veremos no próximo módulo, quando formos tratar da identificação de pessoas relacionadas a incidentes com múltiplas vítimas fatais, veremos que, de maneira a complementar as análises dos microssatélites, uma outra classe de polimorfismo, chamado polimorfismo de nucleotídeo único, tem sido aplicada.**

**Vimos, então, o formato dos polimorfismos, agora, veremos, onde estão, no material genético de um indivíduo, as regiões polimórficas e que tipo de informações tais regiões são capazes de fornecer às análises forenses.**

**REGIÕES POLIMÓRFICAS OU POLIMORFISMO GENÉTICO: LOCALIZAÇÃO**

**No genoma, os polimorfismos podem ser encontrados nos:**

**CROMOSSOMOS  
AUTOSSÔMICOS**

**CROMOSSOMOS SEXUAIS  
(X E Y)**

**DNA  
MITOCONDRIAL**

**CADA TIPO POSSUI SEU PRÓPRIO MODELO DE HERANÇA E CONTA COM UMA HISTÓRIA EVOLUCIONÁRIA DIFERENTE.**

**Novamente, vamos revisitar assuntos já tratados para que vocês possam avançar nos estudos confiantes.**

**Dentro das células humanas, o DNA pode ser encontrado no núcleo celular (DNA nuclear) e nas mitocôndrias (DNA mitocondrial). Em separado, vejamos cada um deles.**

**Figura 38.**

**Na imagem, os cromossomos (autossômicos e sexuais) são visíveis no interior do núcleo da célula.**

**Uma imagem contendo invertebrado, animal

Descrição gerada automaticamenteFigura 39.**

**Na imagem, o DNA mitocondrial é representado pelos filamentos retorcidos observados no interior da organela.**

**DNA NUCLEAR**

**Considerando as 3 bilhões de bases nitrogenadas que compõem o genoma humano, se tivéssemos uma única molécula de DNA, ela teria que ser muito comprida e estaria sujeita a se romper com facilidade.**

**ASSIM, EVOLUTIVAMENTE, O MATERIAL GENÉTICO DOS ORGANISMOS EUCARIOTOS É DIVIDIDO E ORGANIZADO NOS CROMOSSOMOS. NA ESPÉCIE HUMANA, NOSSO DNA ESTÁ DIVIDIDO EM 46 CROMOSSOMOS.**

**Gráfico, Gráfico de bolhas

Descrição gerada automaticamenteFigura 40. A gênese de um indivíduo.**

**Isso não é novidade para vocês, não é mesmo? Assim como não é novidade que nossos cromossomos foram herdados de nossos pais, e que os dos nossos pais foram herdados de nossos avós e, por aí, vamos refazendo o caminho da nossa ancestralidade.**

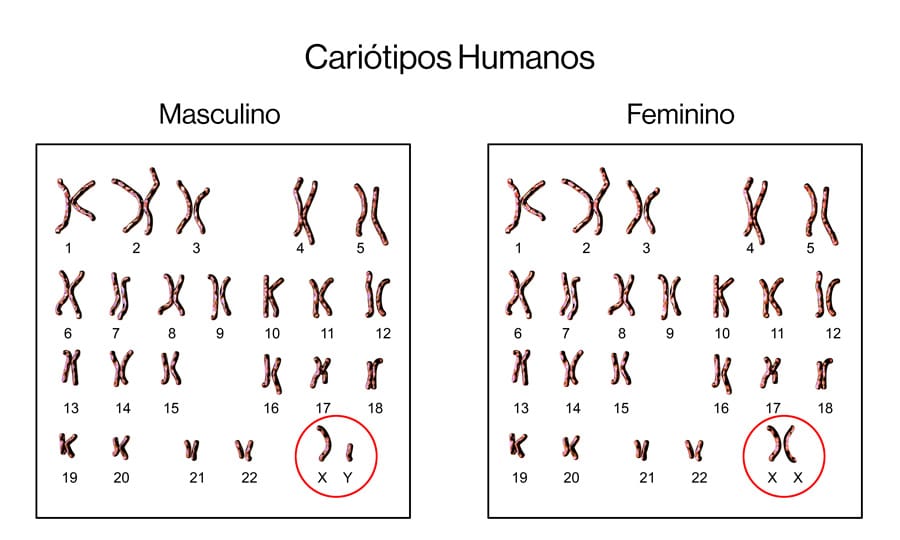
**A herança genética, diferente das heranças patrimoniais, é certa e imparcial, não havendo briga nem desavença na transmissão do “patrimônio genético” dos pais para os filhos.**

**O pai fornece 23 cromossomos e, do mesmo modo, a mãe fornece, numericamente, os mesmos 23 cromossomos.**

**Quem entrega os cromossomos para o herdeiro são os gametas sexuais masculino e feminino.**

**Quando os gametas se encontram e se unem, forma-se o zigoto, que é o início da formação do novo indivíduo e que, desde sua criação, passa a ter 46 cromossomos típicos da espécie humana, organizando o material genético desse novo ser no núcleo de suas células.**

**Além da organização estrutural do DNA nos cromossomos, eles também têm um arranjo especial, no qual um cromossomo, que foi herdado do pai, mantém com outro cromossomo, que é herdado da mãe, uma relação de correspondência funcional.**

**Figura 41. Pela imagem, na qual são apresentados os cariótipos, é possível ver que os cromossomos são numerados. Assim, o cromossomo de número 5 que foi herdado do pai é homólogo do 5 herdados da mãe.**

**Em linhas gerais, podemos dividir os 23 pares de cromossomos homólogos em dois grupos: um conjunto maior, no qual estão reunidos os 22 cromossomos autossômicos relacionados às características comuns aos dois sexos biológicos da espécie humana; e um conjunto bem pequeno, que se restringe a um par de cromossomos sexuais, que formam o par XX nas fêmeas e XY nos machos. Em termos funcionais, os cromossomos sexuais são os responsáveis pelas características próprias de cada sexo, que incluem, além dos órgãos reprodutores, genes relacionados ao dimorfismo sexual.**

**Vejamos primeiro os cromossomos autossômicos e, em seguida, os cromossomos sexuais.**

**CROMOSSOMOS AUTOSSÔMICOS**

**Os cromossomos autossômicos, que são biparentais, armazenam o maior volume de informações genéticas do genótipo de uma pessoa. Dada a riqueza e a variedade do material genético presente nesses cromossomos, os testes de DNA se concentram em analisar marcadores genéticos localizados nessas moléculas.**

**ESTES MARCADORES POSSUEM UM ALTO PODER DISCRIMINATÓRIO E PERMITEM IDENTIFICAÇÕES PERSONALÍSSIMAS E SEGURAS, POR ISSO SÃO MUITO UTILIZADOS NA GENÉTICA FORENSE, TANTO NA ÁREA CRIMINAL, QUANTO PARA A DETERMINAÇÃO DE PATERNIDADE/MATERNIDADE.**

**No que toca aos testes de paternidade baseados nos marcadores genéticos de cromossomos autossômicos, a imagem a seguir apresenta um esquema ilustrativo que mostra a eficiência de análises dessa natureza.**

**Observando a figura, nota-se, claramente, que os genes do filho foram herdados dos pais. As análises de paternidade são baseadas em exames semelhantes ao ilustrado ao lado. Por certo, a fim de garantir a confiabilidade dos resultados, são analisados mais *loci*. No entanto, o que se busca, em linhas gerais, é verificar o padrão de correspondência entre os genótipos dos pais e do filho.**

**Figura 42. A imagem ao lado esquematiza a tipagem do DNA para verificar vínculo biológico entre o Indivíduo Filho e os Indivíduos Pai e Mãe.**

**Interface gráfica do usuário

Descrição gerada automaticamente**

**PARA FINS DE IDENTIFICAÇÃO HUMANA, UTILIZA-SE, COM MAIS FREQUÊNCIA, O DNA DOS CROMOSSOMOS AUTOSSÔMICOS, JUSTAMENTE DEVIDO À SUA ENORME RIQUEZA E VARIEDADE POLIMÓRFICA E AO FATO DE AS INFORMAÇÕES GENÉTICAS, NELES CONTIDAS, SEREM BIPARENTAIS.**

**Por outro lado, alguns fatores, como degradações estruturais, contaminações, exposição prolongada ao meio ambiente etc., podem influenciar na qualidade das amostras biológicas, comprometendo a idoneidade de seu material genético. Casos de escassez de material genético nas amostras também podem inviabilizar o sequenciamento do DNA de cromossomos autossômicos. Nestes casos, análises do DNA presente nos cromossomos sexuais e/ou nas mitocôndrias podem ser recomendadas e contribuir para as investigações forenses. Ressalta-se, no entanto, que essas moléculas, como veremos adiante, fornecem informações uniparentais e, por conta disso, sua aplicabilidade se restringe a determinadas situações.**

**CROMOSSOMOS SEXUAIS OU HETEROSSOMOS**

**Os cromossomos sexuais X e Y também possuem polimorfismos do tipo microssatélite e podem ser utilizados, adicionalmente, para suplementar a genotipagem tradicional, feita com DNA de cromossomos autossômicos. Entretanto, tendo em vista seu padrão de herança único, são análises bastante restritas, sobretudo as relacionadas ao cromossomo Y.**

**SÃO VALIDADOS, ATÉ O MOMENTO, PARA FINS FORENSES, CERCA DE 100 MARCADORES GENÉTICOS PARA O CROMOSSOMO X E 20, PARA O CROMOSSOMO Y.**

**O valor do poder de discriminação dos marcadores dos cromossomos sexuais varia de acordo com o gênero e o tipo de pesquisa. A imagem justifica tal questão.**

**Reparem na cor dos cromossomos X e Y nos pais e como eles são transmitidos para os filhos. A análise do material genético presente em tais cromossomos, pelo seu padrão de herança único, pode ser particularmente útil para avaliações de relacionamentos entre indivíduos (grau de parentesco biológico). No entanto, essas análises são uniparentais, como veremos adiante.**

**Figura 43. No esquema ao lado, tem-se um casal, onde a fêmea (XX) e o macho (XY), geneticamente falando, podem ter a prole indicada pelos corações pequenos.**

**Forma

Descrição gerada automaticamente com confiança média**

**Assim, exames que utilizam marcadores do cromossomo Y, presentes apenas nas células de organismos masculinos, podem ser bastante úteis, particularmente, nos casos de violência sexual, mistura de material genético masculino e feminino e em investigações de paternidade. Podem ser utilizados ainda na**[**identificação da linhagem paterna**](javascript:void(0))**do doador da amostra, permitindo a investigação familiar do suspeito.**

**DIFERENTEMENTE DO CROMOSSOMO Y, QUE É EXCLUSIVO DO SEXO MASCULINO, O CROMOSSOMO X ESTÁ PRESENTE EM AMBOS OS SEXOS.**

**Os principais campos de aplicação das análises genéticas com o cromossomo X são testes de paternidade com suposto pai não disponível e outros testes complexos de parentesco. Casos de paternidade padrão (duos e trios), geralmente, podem ser resolvidos apenas com marcadores autossômicos. No entanto, devido ao seu modo específico de herança, existem várias situações em que os marcadores X podem ser mais informativos do que os autossômicos, os do cromossomo Y ou os marcadores mitocondriais. Vejamos esses casos:**

**Em casos de paternidade que envolvam parentes próximos como supostos pais, como pai e filho, o poder de exclusão dos marcadores autossômicos é substancialmente reduzido e o dos cromossomos X pode ser superior. Isto porque, na hipótese de os supostos pais serem pai e filho, eles não compartilham alelos do cromossomo X idênticos por descendência, logo os marcadores do cromossomo X seriam mais eficientes do que os autossômicos. Já no caso de os supostos pais serem irmãos, eles compartilham em torno de 50% do cromossomo X materno, portanto, a mesma probabilidade de um marcador autossômico.**

**Em casos de paternidade por deficiência, isto é, quando a amostra biológica de um suposto pai não está disponível e o DNA de parentes paternos do presumido deve ser analisado. Quando duas mulheres têm o mesmo pai, elas compartilham o mesmo cromossomo X paterno. Uma investigação dos marcadores em duas irmãs ou duas meias-irmãs pode, assim, excluir a paternidade, quando for encontrada a presença de quatro alelos ou haplótipos diferentes, mesmo quando nenhum dos pais estiver disponível para os testes. Os marcadores autossômicos não podem fornecer essas informações, sendo essa a principal vantagem da aplicação do cromossomo X.**

**Atentem-se que marcadores genéticos dos cromossomos Y não individualizam uma pessoa, pois o mesmo conjunto de alelos é encontrado nos irmãos, tios, primos, pai, avô e demais indivíduos que compartilham uma mesma patrilinhagem. Devido a isso, são usualmente empregados em testes de paternidade em que o suposto pai é falecido ou ausente.**

**DNA MITOCONDRIAL**

**Geneticamente falando, o DNA mitocondrial (DNAmit) é pobre em genes, considerando que contém 16.569 bases nitrogenadas. No entanto, é de interesse para a identificação humana por causa do seu alto grau de polimorfismo. Diferente do**[**DNA cromossomal**](javascript:void(0))**, o**[**DNA mitocondrial**](javascript:void(0))**é haploide. O genoma mitocondrial é herdado exclusivamente da mãe.**

**DNA CROMOSSOMAL**

**O DNA cromossomal é diploide, pois são formados pela junção dos gametas haploides. Em se tratando do DNA cromossomal, a exceção a esta regra é com relação ao cromossoma sexual do homem, que por ser YX não é considerado um diploide perfeito.**

**DNA MITOCONDRIAL**

**O cromossomo Y também é considerado haploide.**

**DNA nuclear**

**O DNA nuclear está presente em apenas duas cópias por célula.**

**DNAmit**

**Estima-se que existam de 2 a 10 cópias de DNAmit por mitocôndria, e que há entre 200 a 10.000 mitocôndrias por células, dependendo do tipo de tecido.**

**No campo forense, embora somente com exames realizados com o DNAmit, na maioria dos casos, não se possa incriminar ou absolver pessoas, é possível estabelecer conexões irrefutáveis entre indivíduos(s) e o local do delito. Tal informação, somada a um conjunto probatório robusto, pode ser determinante para os resultados das investigações.**

**VOCÊS DEVEM ESTAR SE PERGUNTANDO: “UÉ, MAS SE O PODER DE DISCRIMINAÇÃO DO DNA MITOCONDRIAL NÃO É ALTO, POR QUE USÁ-LO?”**

**RESPOSTA**

**Bem, há algumas situações em que os marcadores polimórficos autossômicos têm poucas chances de fornecer informações às investigações, como é o caso de ossos, dentes e cabelos (quando o bulbo capilar não está presente). Outra vantagem do DNAmit em relação ao DNA nuclear é que, como em uma célula há muito mais DNAmit do que DNA nuclear, ainda que aquele tipo de DNA seja mais pobre e limitado em informação genética e, por isso, não permita identificações personalíssimas em amostras biológicas degradadas, o**[**sequenciamento do DNAmit**](javascript:void(0))**pode ser uma boa, quando não a única, alternativa.**

**SEQUENCIAMENTO DO DNAMIT**

**O sequenciamento do DNAmit foi utilizado pela primeira vez na identificação de restos mortais de soldados que lutaram na Guerra do Vietnã. A tecnologia do DNAmit foi usada também na identificação de vítimas do atentado de 11 de setembro de 2001, na cidade de Nova Iorque, nos Estados Unidos.**

**Ressalta-se que, em testes de paternidade, o DNAmit pode ser usado para investigar uma mesma linhagem materna. Entretanto, o DNAmit não tem aplicabilidade para pesquisas sobre linhagem paterna.**

**TESTES DE PATERNIDADE**

**Criança escovando os dentes

Descrição gerada automaticamente com confiança médiaFigura 44.**

**Os testes de paternidade são utilizados quando se busca determinar vínculo biológico entre pai, mãe e filho(a), através da tecnologia do DNA. As investigações de paternidade/maternidade podem ser de três tipos, a depender dos doadores de material genético para as análises.**

[**TESTE TRIO**](https://stecine.azureedge.net/repositorio/microbiologia_e_genetica_forense/index.html#collapse-steps-1)

[**TESTE DUO**](https://stecine.azureedge.net/repositorio/microbiologia_e_genetica_forense/index.html#collapse-steps-2)

[**TESTE POR DEFICIÊNCIA**](https://stecine.azureedge.net/repositorio/microbiologia_e_genetica_forense/index.html#collapse-steps-3)

**TESTE TRIO**

**São realizados quando os personagens pai, mãe e filho(a) da suposta relação consanguínea fornecem material biológico para os exames. Usualmente, estes testes são baseados em análises de DNA autossômico.**

**TESTE DUO**

**São realizados quando a intenção é verificar o vínculo biológico entre filho e pai ou mãe, presente para fornecer seu próprio material biológico. Neste caso, em geral, análises do DNA autossômico são suficientes.**

**TESTE POR DEFICIÊNCIA**

**São realizados quando se busca conhecer a identidade de um dos progenitores, o qual não está presente para fornecer seu próprio material genético, em razão de morte, desaparecimento ou, até mesmo, recusa. Neste caso, através de parentes com vínculo biológico próximo, faz-se a reconstrução do perfil genético do suposto pai/mãe ausente. Como vimos anteriormente, análises do DNA autossômico podem não ser suficientes, sendo necessário que DNA de cromossomo sexual e/ou mitocondrial sejam analisados também. A escolha da melhor metodologia depende do sexo do pretenso filho, do sexo do suposto progenitor e do grau de vínculo genético dos parentes que fornecerão material biológico para os exames. Em muitos casos, testes desta natureza são apenas excludentes de paternidade/maternidade, pois os resultados das análises podem não ser confiáveis. Há outros casos que o máximo que se consegue é indicar o núcleo familiar de consanguinidade do pretenso filho.**

**FATORES QUE PODEM INTERFERIR COM O RESULTADO DO TESTE DE DNA**

**O código genético de um indivíduo é uma informação de identidade muito segura e não é alterado por drogas e álcool, ainda que consumidos em caráter abusivo; medicamentos, mesmo aqueles controlados; alimentos, de todos os tipos; estilo de vida; enfermidades, mesmo as mais graves; e procedimentos cirúrgicos.**

**Figura 45.**

**Desenho de futebol

Descrição gerada automaticamente com confiança baixa**

**DEFICIÊNCIAS FÍSICAS OU MENTAIS, INATAS OU ADQUIRIDAS, TAMBÉM NÃO INTERFEREM COM O MATERIAL GENÉTICO DE UM INDIVÍDUO.**

**ATENÇÃO**

**Por outro lado, se o doador da amostra biológica recebeu transfusão sanguínea ou transplante de medula nos últimos seis meses, é possível que o material genético da pessoa que forneceu o sangue ou a medula possam interferir com o doador da amostra biológica que será utilizada nos testes de paternidade. Isso porque ainda estarão circulando em seu sangue células do sangue do doador.**

**Outra circunstância que pode limitar a identificação da identidade de suposto pai ou mãe é em caso de haver gêmeo univitelino. Neste caso, o DNA do suposto pai ou mãe é sequenciado, mas como ele/ela possui um irmão(a) gêmeo(a) monozigótico(a), geneticamente, não há como distinguir tais pessoas.**

**CÁLCULOS DE PATERNIDADE**

**Interface gráfica do usuário

Descrição gerada automaticamenteFigura 46. São utilizados cálculos estatísticos para avaliar os resultados das amostras de DNA e avaliar se existe parentesco entre elas.**

**Lembra quando dissemos que algumas continhas matemáticas estão envolvidas nas análises de DNA?**

**Pois é, na verdade, não são meras continhas, e sim uma análise estatística feita para calcular a probabilidade de um indivíduo ser pai ou mãe biológico de outro indivíduo, contra a probabilidade de qualquer outro indivíduo da população ser.**

**ESSAS ANÁLISES SÃO NECESSÁRIAS PARA INDICAR A CONFIANÇA DO TESTE DE PATERNIDADE, JÁ QUE SEU RESULTADO TEM CONSEQUÊNCIAS SÉRIAS NA VIDA DAS PESSOAS. DESTA FORMA, EMBORA A LEGISLAÇÃO BRASILEIRA NÃO TENHA ESTABELECIDO PARÂMETROS MÍNIMOS DE CONFIABILIDADE PARA O RESULTADO DOS TESTES DE PATERNIDADE, IDEALMENTE, SÓ DEVEM SER ACEITOS TESTES EM QUE A PROBABILIDADE DE PATERNIDADE/MATERNIDADE SEJA DE, PELO MENOS, 99,99%.**

**CASO PARA REFLETIR**

**Chegamos ao fim de mais um módulo. Com certeza, aprendemos bastante. Para encerrarmos nossa compreensão sobre a potencialidade dos testes de DNA e o alcance de seus resultados, vamos conhecer a história de Jenny.**

**Figura 47.**

**Uma flor vermelha

Descrição gerada automaticamente com confiança média**

**A HISTÓRIA DE JENNY**

**Jenny é americana e tem quatro irmãos, todos mais velhos. Desde sua adolescência, sempre quis saber um pouco mais sobre seus ancestrais e, por causa disso, se dedicou a estudar a árvore genealógica da família, tanto pelo lado da mãe quanto pelo do pai. Em 2015, curiosa para saber o que os testes de DNA poderiam revelar sobre sua origem étnica, encomendou um kit de análise em um laboratório qualquer. Quando os resultados chegaram, as descobertas não foram surpresas e revelaram que sua ascendência era prioritariamente britânica, havendo miscigenação com escoceses e escandinavos.**

**Como diferentes laboratórios trabalham com diferentes bancos de dados, no ano seguinte, Jenny realizou um novo teste em outro laboratório. Dessa vez, ela conseguiu convencer um de seus irmãos a fazer também. Os resultados de ambos chegaram por e-mail, e de cara a frase “Relacionamento estimado: meio-irmão” a impactou. Na hora, ela pensou que alguém deveria ter errado. Mas quem? Certamente, pensou, deve ter sido o laboratório, afinal, os exames foram muito baratos. Não, o laboratório, não. Quem teria errado era o seu irmão, que, provavelmente, não fez o teste direito.**

**Atormentada pela dúvida, sob a justificativa que precisava buscar outros ramos da genealogia da família, Jenny pediu a uma prima de seu pai, uma senhora bem idosa, com mais de 90 anos, que realizasse o teste de DNA. Quando a conclusão das análises do material genético da prima chegou, Jenny ficou péssima. Ela e a prima não tinham nenhum vínculo biológico.**

**Obcecada, Jenny enviou testes de presente para seus outros três irmãos, descobrindo que todos eram irmãos de pai e mãe iguais, enquanto ela compartilhava com eles apenas a linhagem materna. O exame de DNA da mãe também foi feito e confirmou o vínculo de Jenny com a mãe e os meios-irmãos.**

**Nesta época, Jenny tinha 50 anos. Durante toda a sua vida, foi criada por um homem que a amava e que ela amava e, não só isso, que ela pensava ser seu pai. Fora isso, e seus irmãos e sobrinhos? Agora eles eram meios-irmãos e meios-sobrinhos? Jenny não se sentia mais totalmente da família e isso a abalou profundamente.**

**A fim de tirar essa história a limpo, Jenny procurou a mãe, então com 87 anos e com a saúde bastante frágil por conta de um câncer. Ao contar para a mãe sobre os testes de DNA, percebeu que esta começou a tremer. Sem ter como negar, a mãe contou que havia traído o marido e acabou ficando grávida do sujeito. Contou também que o marido nunca soubera de nada e havia morrido, há 10 anos, acreditando ser o pai da Jenny, sem nunca ter suposto nada em contrário. Por fim, disse a Jenny que nunca contou ao homem que ele tinha tido uma filha.**

**Jenny, que havia sofrido muito pela morte do pai, passou por um novo processo de luto, agora, pela morte da filha que ela foi e pela que ela nunca foi.**

**COMO JÁ DISSEMOS, DESDE QUE OS TESTES DE DNA PASSARAM DO CAMPO DA FICÇÃO PARA O MUNDO REAL, EM 1986, COM A RESOLUÇÃO DO PRIMEIRO CASO FORENSE QUE VIMOS NO MÓDULO ANTERIOR, A APLICAÇÃO DE EXAMES GENÉTICOS TROUXE MUITOS BENEFÍCIOS PARA A HUMANIDADE, REVOLUCIONANDO, SOBRETUDO, CONHECIMENTOS NA ÁREA DE SAÚDE E DAS INVESTIGAÇÕES FORENSES.**

**Oscar Wild teria dito que ética diz respeito às coisas que fazemos quando todos estão olhando, e que o caráter estaria relacionado com aquilo que fazemos enquanto ninguém está olhando. Será que a tecnologia do DNA representa uma nova perspectiva para o caráter humano?**