



2020 - 2022



# BIOTECNOLOGIA

Essa é a área da biologia que mais avança! Além de ser o assunto queridinho do ENEM! Aprenda sobre transgênicos e modernas técnicas de biologia molecular!

**Esta subárea é composta pelo módulo:**

## 1. Biotecnologia



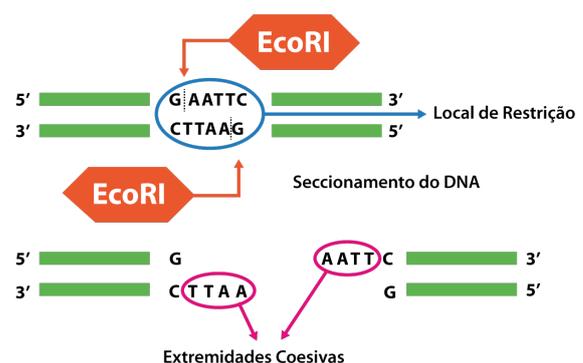
# BIOTECNOLOGIA

Desde a antiguidade, o homem utiliza técnicas que visam a melhoria das condições de alimentação e de trabalho. Através de cruzamento entre plantas selecionadas, obtêm-se melhores resultados na produção de grãos, de frutos e de espécies mais resistentes. O cruzamento entre animais selecionados produz, por exemplo, gado especializado para corte, para produção de leite ou para o trabalho pesado. Além disso, o homem também utiliza substâncias produzidas por microrganismos como fungos e bactérias; dentre elas podemos citar os antibióticos obtidos a partir de culturas de fungos e outros medicamentos produzidos por bactérias, além de substâncias usadas na indústria alimentícia para acentuar ou dar sabor aos alimentos.

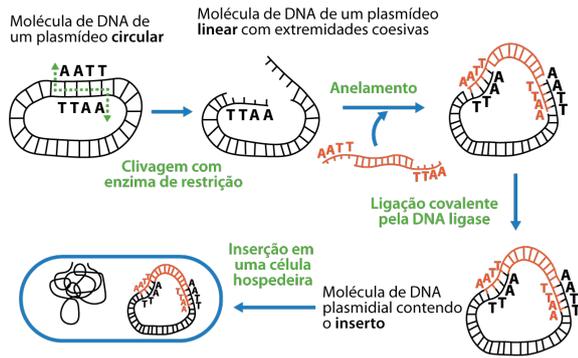
A utilização de substâncias úteis ao ser humano, produzidas por microrganismos, plantas ou animais, é chamada de biotecnologia. Atualmente, outras técnicas foram desenvolvidas, tendo como base a manipulação do DNA. Neste caso, temos a tecnologia do DNA recombinante, que permite o transplante de genes de uma espécie para outra, formando assim a molécula de um DNA que não existia na natureza.

O avanço dos estudos de genética permitiu a reprogramação de um ser vivo, de tal modo que ele passe a produzir uma determinada substância de interesse para o ser humano. A maior vantagem dessa técnica é a rapidez na produção da referida substância ou na manifestação da característica determinada pelo gene “criado” no laboratório. Antes da tecnologia da recombinação genética, as modificações do DNA eram obtidas apenas através da seleção de mutações, dos resultados de cruzamentos artificiais ou de substâncias naturais produzidas por determinados organismos.

Uma das técnicas de biologia molecular é a que utiliza enzimas de restrição. Essas enzimas são específicas e cortam a molécula de DNA sempre nos mesmos locais, produzindo a mesma sequência genética. Desta forma, é possível isolar uma determinada sequência de DNA que induz a formação da substância que se quer obter.



Após isolar o fragmento de DNA, este é inserido no plasmídeo de uma bactéria; esse plasmídeo torna-se assim um DNA recombinante. Ao se reproduzir por cissiparidade, a bactéria duplica o DNA recombinante, passando-o para as novas bactérias. Esse processo de cópia de DNA recebe o nome de clonagem de DNA. Como resultado, teremos uma colônia de bactérias capazes de sintetizar no seu metabolismo a substância que se deseja produzir. O passo seguinte é isolar essa substância e utilizá-la. Como exemplo desse processo, citamos a produção de insulina humana.



DNA-recombinante via Plasmidial

Outra forma de introduzir um DNA recombinante numa célula hospedeira é utilizar o DNA de um vírus, pois são moléculas grandes, que aceitam com facilidade uma sequência de DNA, ao contrário de um plasmídeo, que, por ser pequeno, dificulta a introdução de uma sequência de DNA recombinante.

Um dos problemas enfrentados nesta técnica é a impermeabilidade da membrana plasmática a moléculas de DNA. Existem várias técnicas para contornar a situação, como por exemplo, a utilização de sais de cálcio, que aumentam a permeabilidade da membrana, o uso de micropipetas ou, em alguns casos, de uma espécie de canhão de genes, que garante a entrada do DNA na célula hospedeira acondicionado em bolhas de gordura chamadas lipossomos, material permeável à membrana.

Quando consideramos organismos nos quais se tenha introduzido DNA de outra espécie ou DNA modificado da mesma espécie, esses organismos são denominados organismos geneticamente modificados (OGM). Um organismo geneticamente modificado foi submetido a técnicas laboratoriais que, de alguma forma, modificaram seu genoma, enquanto que um organismo transgênico foi submetido a técnica específica de inserção de um trecho de DNA de outra espécie. Assim, o transgênico é um tipo de OGM, mas nem todo OGM é um transgênico. Devido a relação existente entre esses termos, frequentemente, eles são utilizados de forma equivocada como sinônimos.

A técnica da transgenia tem como objetivo principal selecionar plantas e animais mais resistentes a doenças, pragas, agrotóxicos e mudanças climáticas, e que sejam também mais nutritivos e produtivos. Vamos citar alguns exemplos de transgênicos.

**Animais Transgênicos:** entre os animais, existem os que possuem genes para produção de determinadas substâncias, como acontece com as cabras transgênicas que produzem, fatores para a coagulação do sangue no seu leite. Porcos que receberam gene para o hormônio do crescimento produzem carne com menor teor de gordura.

**Plantas Transgênicas:** neste caso, existem plantas mais resistentes a pragas, à seca, à salinidade do solo, além de outras com melhor qualidade nutritiva. No Brasil, a Embrapa desenvolve várias pesquisas nessa área, produzindo soja resistente a herbicidas; mamão, feijão e batata imunes aos vírus que atacam essas plantações; cacau resistente à vassoura-de-bruxa e soja e milho transgênicos capazes de produzir insulina e hormônio do crescimento humano. Essas plantas ainda não são comercializadas, pois estão em fase de teste. Outros testes estão sendo feitos com o arroz dourado, que recebeu genes da flor narciso e de uma bactéria para produzir betacaroteno. Essa substância é convertida em vitamina A no organismo e evita a cegueira noturna.

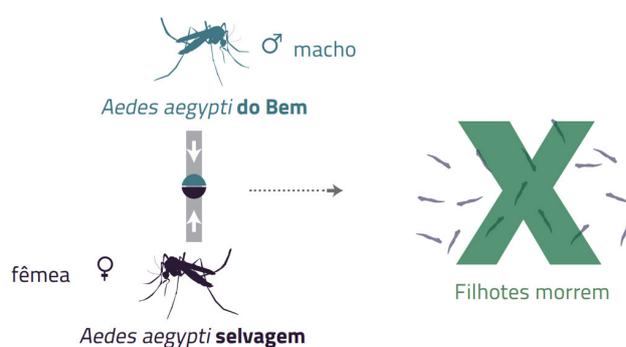
## MOSQUITO TRANSGÊNICO REDUZ POPULAÇÃO DE AEDES EM 81% EM BAIRRO DE PIRACICABA

Os *Aedes aegypti* transgênicos, conhecidos como “Aedes do Bem” vêm se mostrando poderosos no combate ao mosquito *Aedes aegypti* – transmissor da dengue, febre amarela, zika e chikungunya. Segundo a Oxitec, empresa que produz estes mosquitos geneticamente modificados, os “Aedes do Bem” que foram soltos num bairro de Piracicaba reduziram em 81% as larvas de *Aedes aegypti* selvagens em comparação com uma área não tratada.

### Mas como isso funciona?

Ao portarem um gene alterado, os machos do Aedes do Bem, produzem filhotes que não sobrevivem por muito tempo. Dessa forma essa nova prole não é capaz de se reproduzir, causando a redução da população desses insetos!

Muitos devem se perguntar se liberação de mais mosquitos *Aedes aegypti* não faria aumentar a incidência dessas doenças. Este raciocínio poderia fazer sentido se os machos também picassem humanos e transmitissem doenças, mas isso não ocorre! Apenas a fêmea ingere sangue para que ocorra o desenvolvimento dos ovos e, como ela pica diferentes pessoas, ao entrar em contato com sangue de pessoas contaminadas, ela pode expor as pessoas saudáveis aos vírus que está carregando.



Ao serem liberados, os *Aedes aegypti* do Bem procriam com fêmeas selvagens, gerando descendentes que morrem antes da vida adulta.

Segundo o diretor geral da Oxitec os resultados positivos em Piracicaba demonstram a capacidade dos “Aedes do Bem” de controlar a população selvagem do *Aedes aegypti*, vetor de tantas doenças.

Se você quiser entender mais sobre como funciona esta técnica, o Professor Jubilut visitou a fábrica onde os “Aedes do Bem” são produzidos, acompanhou a soltura destes animais e esclareceu diversas dúvidas.

Fonte: Oxitec.

## TERAPIA GÊNICA

As técnicas de biologia molecular podem ainda ser utilizadas para diagnóstico de diversas doenças genéticas. Conhecido o gene responsável pela doença, é possível fabricar um filamento complementar chamado sonda, capaz de se encaixar no gene e acusar sua presença. Desse modo, a doença, ou a predisposição a ela, poderá ser detectada ainda no embrião, através de células retiradas da placenta ou do líquido amniótico.

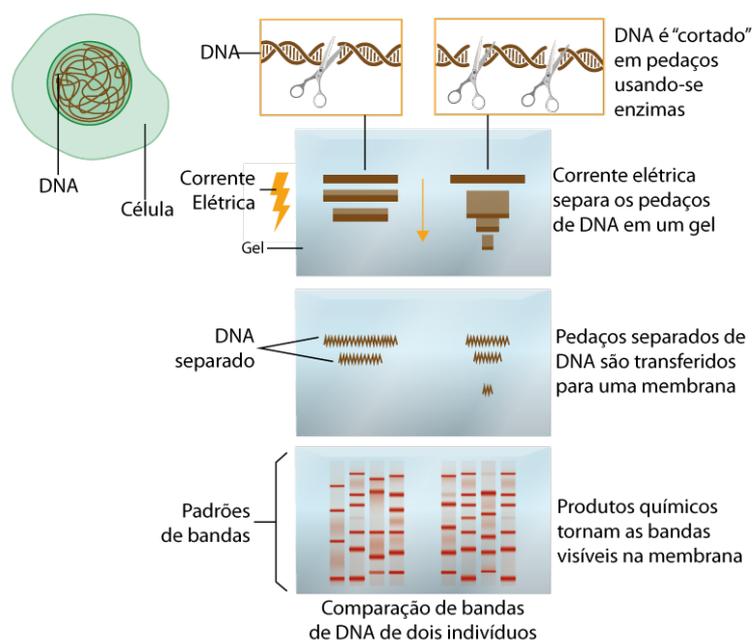


A **terapia gênica** ainda é um processo muito complexo e está em fase experimental. Consiste em transferir genes normais para um organismo para tratamento de doenças genéticas. Em 1990, essa terapia foi usada pela primeira vez para tratar uma menina de três anos que tinha incapacidade de produzir anticorpos pela falta de uma enzima específica. Foi feita uma transfusão de glóbulos brancos retirados do próprio sangue da menina e modificado geneticamente em laboratório, tendo eles recebido o gene normal para a produção da enzima. O sistema imunológico da criança respondeu favoravelmente e começou a produzir os anticorpos, mas menos do que o esperado. Apesar disso, hoje essa criança leva uma vida praticamente normal.

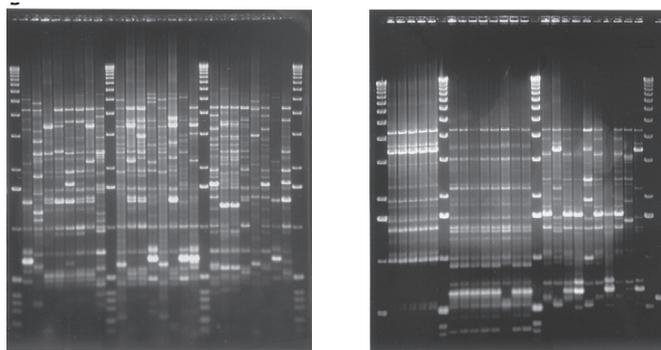
Modernamente a reprogramação genética é feita em células-tronco da medula óssea, o que garante a produção de quantidades suficientes de células reprogramadas por toda a vida. Outra forma é se implantar genes modificados através de um vírus atenuado. Os vírus invadiriam as células carregando o gene e induzindo a fabricação da substância defeituosa.

Entretanto existem vários problemas não resolvidos: a dificuldade de se implantar genes modificados em grande quantidade de células doentes sem alterar células saudáveis; há ainda o risco de reação contra o vírus usado para o implante; tanto o vírus quanto o gene implantado podem se recombinar com outros genes do indivíduo e causar problemas; nem sempre o gene injetado manifesta seus efeitos no organismo.

Quando tratamos DNA com enzimas de restrição, obtemos uma série de fragmentos de DNA com tamanhos diferentes. Essa coleção de fragmentos é específico para cada indivíduo. Pessoas aparentadas podem apresentar fragmentos semelhantes, mas nunca completamente iguais, com exceção dos gêmeos univitelinos. Dessa maneira, cada pessoa possui uma impressão digital genética ou impressão digital do DNA (como se fosse um código de barras individual). A análise desse código de barras é usada para determinação de paternidade, para identificar um criminoso ou inocentar suspeitos. Nos casos de determinação de paternidade, é feita a comparação dos fragmentos de DNA do pai, da mãe e da criança.



Quando bem realizado, o exame indica a paternidade com uma probabilidade de 99,999% de acerto. A análise do DNA também é usada em pesquisas de grau de parentesco entre populações da mesma espécie ou de espécies diferentes, como ocorreu quando foi descoberto o mamute congelado na Sibéria. A análise do DNA daquele animal, com idade entre 9.700 e 50 mil anos, mostrou que provavelmente ele foi o parente mais próximo dos elefantes africanos do que dos elefantes asiáticos.



DNA Fingerprint obtido pela técnica da eletroforese.

## APROVADA 1ª TERAPIA GENÉTICA CONTRA O CÂNCER NOS EUA

Em 30 de agosto de 2017, a Administração de Alimentos e Drogas dos EUA (Órgão semelhante à Anvisa do Brasil) concedeu a autorização para a 1ª terapia genética contra o câncer no País. O tratamento poderá ser realizado em pacientes que possuem Leucemia Linfóide Aguda (LLA), doença mais comum na infância que afeta os leucócitos. Essas células presentes no sangue, também conhecidas como glóbulos brancos, são responsáveis pela defesa do organismo contra doenças, alergias e infecções.

O tratamento é chamado de Kymriah e utiliza uma técnica chamada de CAR-T cell, que consiste em uma terapia que aproveita o sistema imunológico do corpo do paciente para acabar com as células cancerígenas. Após realizar uma coleta de sangue no paciente que irá se submeter a terapia, suas células T (que participam do sistema imunológico) são isoladas dos demais componentes sanguíneos e, através de um vírus (que funcionam como veículos transportadores), são “munidas” com um anticorpo capaz de reconhecer estruturas na superfície de células cancerígenas. Depois que as células T modificadas se multiplicam, elas são injetadas no paciente, e na corrente sanguínea identificam as células cancerígenas e as destroem.



A técnica já foi testada e aprovada através de ensaios clínicos, onde 52 outros pacientes participaram e tiveram sucesso em seu tratamento. O uso do Kymriah foi liberado em pessoas de até 25 anos que estejam sofrendo com o retorno da LLA (ou seja, a volta da doença). Infelizmente, de acordo com a Novartis, empresa que participou do desenvolvimento da técnica, os tratamentos não serão baratos e, no

início, deverão custar cerca de US \$ 475.000. A empresa justifica que o alto valor reflete o quão bem a droga funciona no organismo de uma pessoa.

A terapia que já é considerada a alternativa para a cura de muitas doenças, deve ser utilizada somente em último caso, já que pode ocasionar efeitos colaterais severos no paciente, como problemas neurológicos com o potencial de levar o paciente a óbito. De



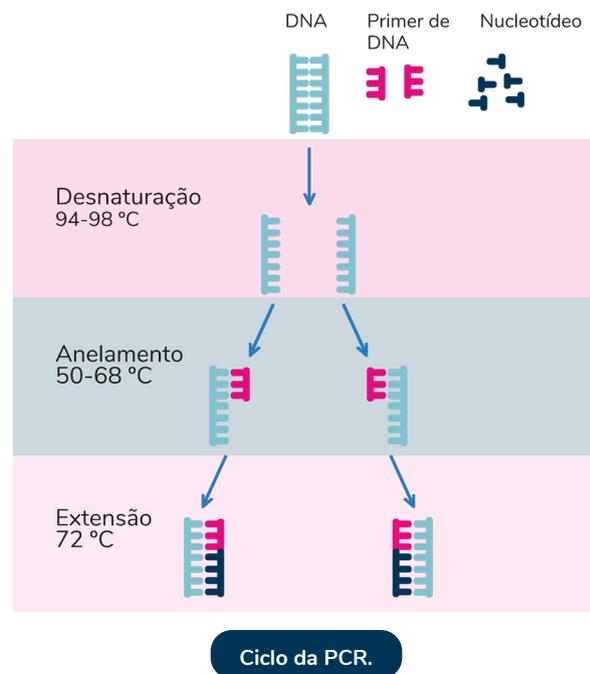
qualquer forma, técnicas como essa utilizadas de maneira correta e prudente, possuem um potencial inovador para a medicina, capaz de tratar e curar doenças que hoje são consideradas incuráveis, devolvendo a esperança de vida a milhares de pessoas do mundo.

Fonte: Business Insider.

## PCR – REAÇÃO EM CADEIA DA POLIMERASE

A Reação em Cadeia da Polimerase (Polymerase Chain Reaction) ou PCR é a técnica mais utilizada da Biologia Molecular moderna; esta é baseada na replicação do DNA que ocorre naturalmente in vivo. Criado por Kary Mullis em 1987, pela qual recebeu, anos mais tarde, o prêmio Nobel de Química, este método permite sintetizar, in vitro e em poucas horas, grande número de cópias de um DNA alvo específico (que pode estar em ínfima quantidade) em uma mistura de moléculas de DNA.

Em uma reação de amplificação, pequenas quantidades de DNA são multiplicadas através de determinado número de ciclos que repetem os três principais passos: desnaturação, anelamento e extensão.



Todo o processo ocorre em um equipamento denominado de termociclador. Tal equipamento é capaz de controlar e alternar automaticamente as temperaturas necessárias para cada etapa dos ciclos da reação.

## COMO FUNCIONA O TESTE DE PATERNIDADE?

O código genético de cada um dos seres humanos possui 99,9% de similaridade. O que nos torna únicos é justamente o 0,01% de DNA restante, no qual as sequências genéticas – denominadas marcadores genéticos – refletem nas características que nos diferenciam dos demais. A não ser que você possua um irmão gêmeo idêntico, nenhuma outra pessoa no mundo possuirá um padrão de marcadores genéticos exatamente igual ao seu. Porém, parentes próximos, especialmente seus pais e irmãos, possuem marcadores muito similares, e é exatamente por isso que estes marcadores são utilizados em testes genéticos, como o teste de paternidade.





O teste de paternidade é realizado para comparar os marcadores genéticos entre duas ou mais amostras biológicas. Como o nosso DNA é o mesmo em qualquer célula do nosso corpo, esta amostra pode ser coletada de diversas formas, como do sangue, da urina, da saliva ou mesmo de um único fio de cabelo. Para a realização do teste de paternidade, precisa-se recolher amostras da mãe, do filho e do suposto pai. Estas amostras terão seu DNA extraído e ampliado – através da técnica de PCR (reação em cadeia da polimerase), onde uma enzima polimerase copia por diversas vezes as moléculas do DNA.

Com diversas cópias dos DNAs a serem testados, os pesquisadores podem selecionar algumas partes específicas – os marcadores genéticos – para comparar entre as amostras. Como metade do nosso DNA é proveniente da mãe e metade é proveniente do pai, os marcadores genéticos que forem idênticos ao da mãe serão, conseqüentemente, diferentes dos marcadores do pai, pois foram recebidos por nós de nossas mães. Assim, os pesquisadores excluem diversos possíveis marcadores para analisar apenas aqueles provenientes do material genético paterno. Após comparar, então, os marcadores genéticos do filho com seu suposto pai, o teste de paternidade pode indicar quais as chances de estes serem realmente parentes.

Claro que um teste de paternidade não pode nos dar 100% de certeza em todos os casos. Porém, com a utilização de diversos marcadores genéticos – geralmente 13 regiões diferentes –, os testes tornam-se bastante precisos, e podem ter uma confiabilidade de até 99,99%. Quanto maior for a quantidade de marcadores idênticos entre um filho e seu suposto pai, maior é a probabilidade de estes serem realmente pai e filho.

Os testes de paternidade utilizam-se de uma metodologia similar à utilizada em outros testes genéticos, como os testes forenses – para descobrir o culpado por um crime, por exemplo. De maneira similar ao teste de paternidade, o teste forense compara marcadores genéticos de uma evidência biológica, que pode ser um fio de cabelo ou uma gota de sangue encontrada no local, com a amostra do suspeito de ter cometido o crime. Estes testes têm sido cada vez mais aprimorados e apresentam confiabilidades cada vez maiores, auxiliando não apenas em casos simples, como em testes de paternidade ou forenses, mas também em complicados crimes aparentemente sem suspeitos, como aqueles que vemos em filmes!



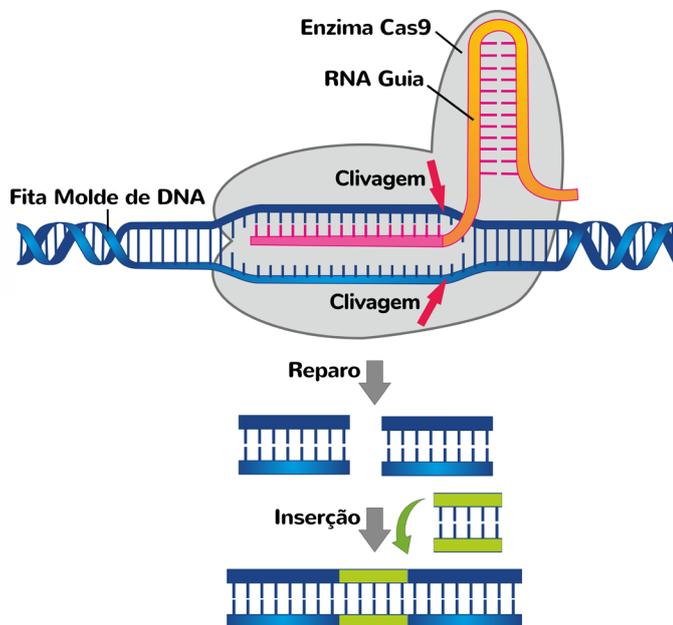


## CRISPR-CAS9

A técnica molecular **CRISPR/Cas9** foi desenvolvida em 2012 e desde então vem sendo utilizada nos mais variados ramos da ciência, desde experimentos a nível celular até a tentativa de cura de doenças.

A **CRISPR/Cas9** também é conhecida como a “tesoura genética”. Isto porque a técnica consiste no corte, a nível molecular, de genes de interesse, retirando-os das células ou adicionando-os em outro organismo. Outras técnicas já vinham realizando esta função há anos, porém nenhuma com tamanha rapidez e eficiência como a **CRISPR/Cas9**.

A técnica foi utilizada pela 1ª vez em 2015, quando um grupo de pesquisadores da China relatou que havia editado os genomas de embriões humanos, com o intuito de modificar um gene responsável por causar uma desordem sanguínea fatal chamada de  $\beta$ -talassemia. Os resultados do experimento demonstraram que apenas uma pequena porcentagem dos embriões obteve sucesso no experimento realizado. Já em 2016, o Reino Unido foi o 1º País do Ocidente a realizar a técnica **CRISPR-Cas9** para a edição de embriões humanos. Apesar de proibida no país, a modificação foi liberada, porém os embriões não poderiam ser implantados e deveriam ser destruídos em no máximo duas semanas. No experimento realizado nos Estados Unidos, o mesmo aconteceu e os embriões utilizados no experimento também foram descartados.



## EDIÇÃO GENÉTICA POR CRISPR/CAS9 É FINALMENTE TESTADA EM HUMANOS! EMBRIÕES HUMANOS!

Ela já é a queridinha dos cientistas: a técnica molecular **CRISPR/Cas9** foi desenvolvida em 2012 e desde então vem sendo utilizada nos mais variados ramos da ciência, desde experimentos a nível celular até a tentativa de cura de doenças em ratos de laboratório. Porém, recentemente, pesquisadores chineses deram um passo à frente e iniciaram testes clínicos para analisar a segurança e o potencial terapêutico da técnica em seres humanos adultos.

A **CRISPR/Cas9** também é conhecida como a “tesoura genética”. Isto porque a técnica consiste no corte, a nível molecular, de genes de interesse, retirando-os das células ou adicionando-os em outro organismo. Outras técnicas já vinham realizando esta função há anos, porém nenhuma com tamanha rapidez e eficiência como a **CRISPR/Cas9**.



Pesquisadores da Universidade de Sichuan, na China, iniciaram os testes com seu primeiro voluntário – um paciente com uma forma agressiva de câncer de pulmão. Células do sistema imune do paciente foram removidas de amostras sanguíneas e modificadas através da técnica *CRISPR/Cas9*, que desabilitou um gene denominado PD-1. Em seguida as células modificadas foram reintroduzidas novamente no paciente.

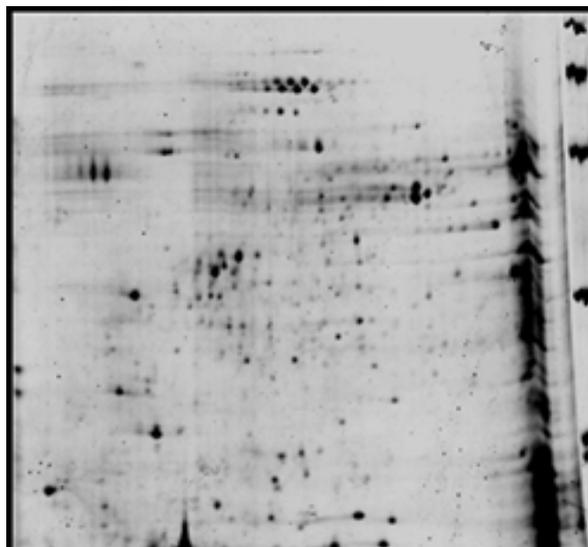
O gene PD-1 é responsável por codificar proteínas responsáveis por reduzir a resposta imune, o que permite o crescimento das células tumorais. Sua desabilitação, portanto, resultaria em um sistema imune mais eficiente e, portanto, reduziria o crescimento tumoral, facilitando sua eliminação. A princípio, a técnica está sendo apenas testada quanto a sua segurança e apenas esta fase deve durar pelo menos 6 meses. Caso os pesquisadores considerem a técnica segura, os testes devem ser continuados para avaliação de sua real eficácia. Outros nove pacientes voluntários devem iniciar os testes clínicos em breve, podendo receber até quatro injeções com suas células imunes modificadas através da técnica *CRISPR/Cas9*.

Os pesquisadores estão esperançosos quanto a segurança e eficácia da técnica molecular e pretendem iniciar novos testes com diferentes tipos de tumores. Pesquisadores americanos não pretendem ficar para trás na corrida da *CRISPR/Cas9* e já afirmaram estarem se preparando para iniciar testes similares no próximo ano. Apesar de toda a confiança de médicos e pesquisadores, a técnica ainda é muito recente e demanda precaução, pois, apesar de rápida e aparentemente eficiente, a técnica *CRISPR/Cas9* ainda é custosa e precisa ser desenvolvida de forma a ampliar sua eficácia.

Fonte: Nature.

## PROTEOMA

A análise proteômica consiste no estudo das proteínas expressas a partir de um genoma. A evolução desta abordagem experimental é resultado de uma variedade de técnicas que permitem separar, identificar, quantificar e caracterizar proteínas, bem como relacionar essa informação com a obtida por outras abordagens através da bioinformática. A obtenção da sequência de nucleotídeos do genoma de um organismo, por si só, constitui apenas um primeiro passo que abre caminho à realização de estudos sobre o nível de expressão dos genes e proteínas ou sobre características das proteínas expressas. A análise proteômica permite apreciar o efeito da regulação da expressão gênica que ocorre pós-transcrição e pós-tradução e fornece pistas quanto à sua função e envolvimento nos processos biológicos.



Exemplo de um mapa proteico, onde cada ponto representa uma proteína.



Tais informações não podem ser previstas com precisão a partir das sequências dos ácidos nucleicos. Assim, os diversos mapas de proteoma refletem a dinâmica dos sistemas biológicos e possibilitam analisar diferenças na expressão gênica frente, por exemplo, a uma dada situação fisiológica ou em um mecanismo de drogas.

## CLONAGEM

A clonagem é o processo de criar, artificialmente, um clone – um indivíduo que é geneticamente idêntico a outro já existente. O processo de clonagem natural ocorre em alguns seres, como as bactérias. No caso dos humanos, os clones naturais são os gêmeos univitelinos, ou seja, são seres que compartilham do mesmo material genético (DNA), sendo originado da divisão do óvulo fecundado.

No começo de 1997, um artigo na revista Nature virou manchete em todo o mundo. Pesquisadores do Roslin Institute, em Edimburgo, Escócia, fizeram o que muitos cientistas acreditavam ser impossível: a clonagem de um mamífero, usando um núcleo retirado da célula de um tecido adulto. Que ficou conhecida como a ovelha Dolly.



Os pesquisadores já tinham descoberto que o núcleo de uma célula nos primeiros estágios do seu desenvolvimento embrionário, antes da especialização, podia ser usado para substituir o núcleo de um óvulo. O núcleo dessa célula direcionaria o desenvolvimento de um novo indivíduo, sem a necessidade de fusão de um óvulo com espermatozoide. Antes dos pesquisadores do Roslin Institute, foram realizadas inúmeras tentativas de se fazer um clone a partir de núcleos de tecidos adultos (com mais de 16 células), sem sucesso.

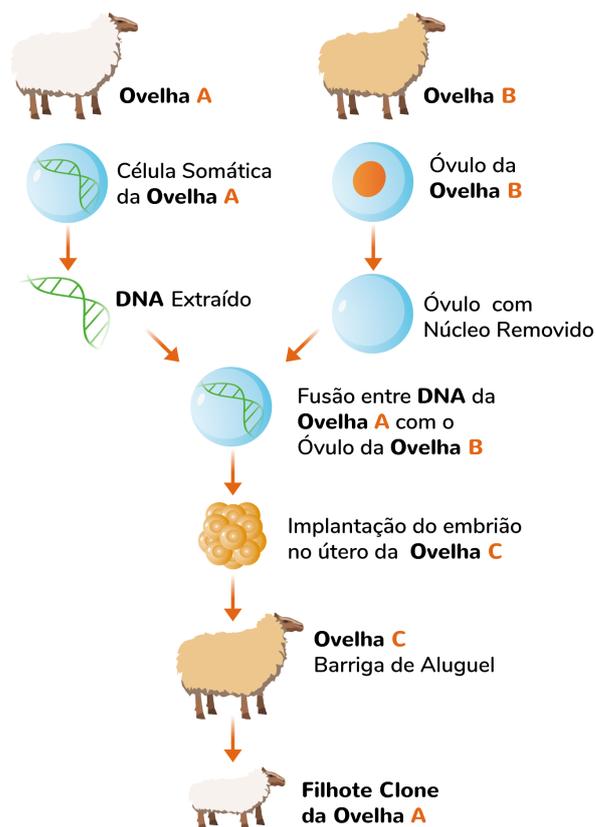
Demonstrou-se que a diferenciação é reversível sob determinadas condições. Eles usaram células tiradas de uma ovelha de seis anos que foram mantidas em laboratório. Deixando-as sem nutrientes, forçou-se sua entrada na fase G0 do ciclo celular - esse parece ser um fator crucial para permitir que todos os genes se expressem quando o núcleo for transplantado para um óvulo.

Mas como é feito um clone? No caso da Dolly, o núcleo de uma célula adulta foi introduzido no óvulo “vazio”- óvulo em que foi retirado o núcleo contendo material genético (DNA) - e transferido para um útero de aluguel, com a finalidade de gerar um feto geneticamente idêntico ao doador do material genético.

A clonagem de um adulto permite que os cientistas usem a reprodução assexuada para tirar vantagem da variabilidade natural dada pela reprodução sexuada. Com a observação dos indivíduos adultos, a combinação genética mais vantajosa produzida por meiose e pela união dos gametas pode ser selecionada e perpetuada nos clones.



As implicações da pesquisa que gerou Dolly foram impressionantes. Os cientistas conseguiram provar que genes inativos por um longo período de tempo em células adultas especializadas podem se tornar funcionais de novo. Talvez, neurônios de regiões afetadas pelo mal de Parkinson possam se dividir, substituindo os que foram danificados. Talvez mais genes para a produção de glóbulos vermelhos possam ser trocados em um paciente anêmico.



## INÉDITO: NASCEM OS PRIMEIROS PRIMATAS CLONADOS

E pela primeira vez na história da ciência, nascem os primeiros primatas (grupo que compreende macacos, símios e humanos) clonados a partir de uma célula não-embriônica. A técnica é a mesma utilizada

para clonar a ovelha Dolly há 20 anos, e foi realizada no Instituto de Neurociência da Academia Chinesa de Ciências, em Xangai. Da espécie *Macaca fascicularis*, os pequenos macacos-cinomolgos, receberam os nomes de Zhong Zhong e Hua Hua. Após décadas de tentativas frustradas, os pequenos macacos estão se desenvolvendo bem.

A clonagem foi feita a partir de um processo chamado de transferência nuclear de células somáticas (TNCS), onde o núcleo de um fibroblasto (uma célula) foi transferido para um óvulo que teve o seu núcleo retirado. Os fibroblastos fetais são células do tecido conjuntivo capazes de sintetizar fibras estruturais que auxiliam a regeneração, e que seriam fundamentais na fusão do núcleo celular com o óvulo. Os embriões desenvolvidos naquele óvulo teriam as características genéticas idênticas às do núcleo inserido, sendo clones dele. Os embriões foram inseridos em uma barriga de aluguel e no fim do processo nasceram os pequenos macacos saudáveis. Apesar da técnica muitas vezes se mostrar ineficiente, dessa vez ela deu certo! Os maiores problemas são fazer com que uma célula madura, com um novo núcleo, se desenvolva (seja reprogramada), principalmente ao ser implantada nas mães de aluguel.

Para que o experimento fosse possível, os pesquisadores monitoraram áreas do DNA que pudessem ser resistentes a essa reprogramação, as chamadas RRRs (Regiões Resistentes à Reprogramação), e as apagaram antes que o embrião clone fosse implantado no útero da mãe de aluguel. O processo de retirada do núcleo para a fusão celular com o óvulo é rápido e de difícil execução!



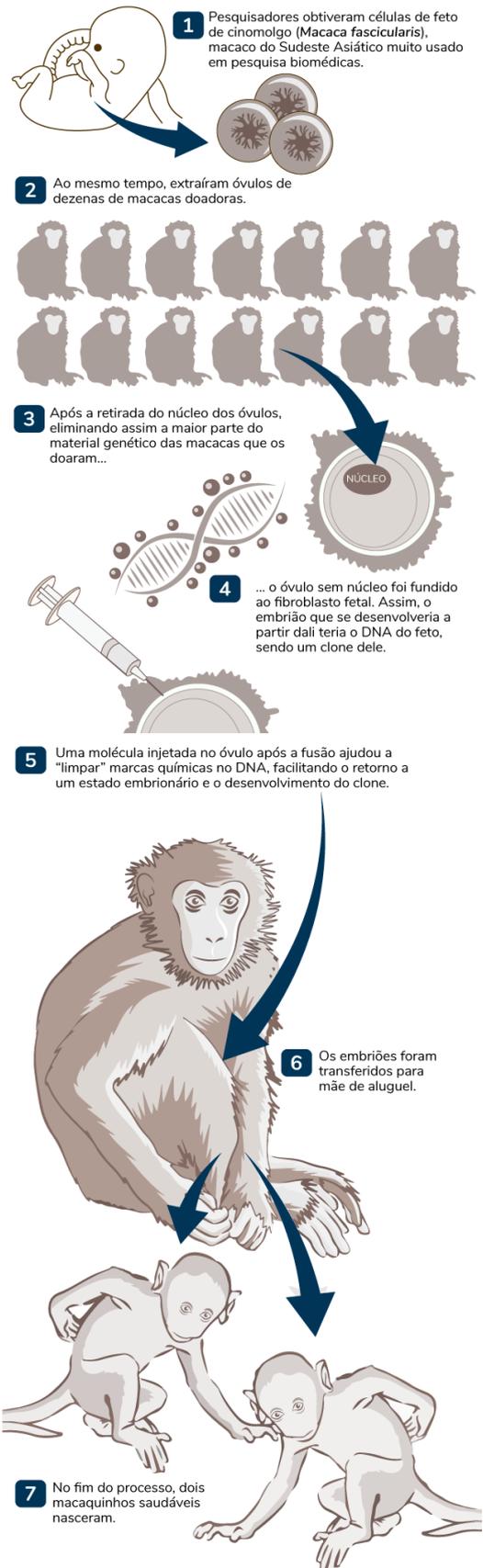
O experimento parece nos colocar cada vez mais próximos da clonagem de humanos, ainda que essa não seja a intenção dos pesquisadores. De acordo com os cientistas, a clonagem foi realizada para que animais que são geneticamente idênticos sejam úteis em pesquisas, e se tornem importantes ferramentas em pesquisa biomédica daqui em diante. Por não possuírem variabilidade genética entre si, clones podem ser utilizados para testar novos medicamentos para uma série de doenças.

É importante destacar que, apesar do avanço na China em pesquisas que envolvam a biotecnologia, muitas vezes os pesquisadores são capazes de ultrapassar barreiras éticas. Para os próximos meses, os chineses já avisaram que podemos aguardar o nascimento de novos macacos clones. Levando em consideração a discussão ética, qual a sua opinião sobre o assunto?



## PRODUÇÃO DE PRIMATAS EM SÉRIE

Como foi feita a clonagem de macacos



-  [contato@biologiatotal.com.br](mailto:contato@biologiatotal.com.br)
-  [/biologiajubilit](https://www.youtube.com/biologiajubilit)
-  [Biologia Total com Prof. Jubilut](https://www.instagram.com/Biologia%20Total%20com%20Prof.%20Jubilut)
-  [@biologiatotaloficial](https://www.facebook.com/biologiatotaloficial)
-  [@Prof\\_jubilut](https://twitter.com/Prof_jubilut)
-  [biologiajubilit](https://www.pinterest.com/biologiajubilit)

