

LYGIA DA VEIGA PEREIRA

CLONAGEM

Fatos & mitos

Caro(a) Professor(a)

Desde o surgimento da ovelha Dolly, em 1997, o assunto *clonagem* tem estado constantemente na mídia, tanto sob forma de notícias sérias quanto de notícias sensacionalistas. Nos últimos cinco anos foram anunciados a clonagem de outras espécies animais, a proposta de clonagem de seres humanos, o uso de embriões humanos para a chamada clonagem terapêutica e, em novembro de 2001, o primeiro clone humano. No meio disso tudo, confundindo ainda mais a população, a clonagem humana virou tema de novela.

A grande dificuldade é discernir a realidade do sensacionalismo: o que é fato e o que é mito sobre a clonagem? Esse livro tem como objetivo principal capacitar os alunos para que eles possam acompanhar os avanços dessa nova área da biologia de forma crítica, reconhecendo o valor e o perigo das novas descobertas. Esse mesmo trabalho de capacitação foi feito em meu primeiro livro: “Seqüenciaram o genoma humano... E agora?”, Editora Moderna, coleção Polêmica, que trata especificamente do genoma humano. A clonagem e o genoma se encontram na medida em que a primeira visa gerar indivíduos com genomas idênticos. Por isso, é importante o aluno ter o conceito de genoma bem claro para entender os objetivos e desafios da clonagem. A leitura do primeiro livro não é um pré-requisito para a compreensão desse, que apresenta o conceito de genoma de forma resumida em seu início. Porém, dependendo do interesse dos alunos, os conceitos de genoma e hereditariedade podem ser aprofundados com a leitura do primeiro livro.

A linguagem desse livro segue o modelo do primeiro, no qual analogias são utilizadas para a melhor compreensão dos novos conceitos apresentados. No entanto, não subestime esse novo livro. Se por um lado existem

simplificações, por outro lado são discutidas todas as áreas relacionadas à clonagem moderna, desde o uso da clonagem para a geração de animais transgênicos e a clonagem como forma de pesquisa básica até a clonagem terapêutica, os diferentes tipos de células-tronco e a polêmica associada ao uso dessas células. Todos esses conceitos e suas aplicações são transmitidos ao leitor de forma que ele possa compreender os seus fundamentos.

Como a ciência da clonagem é relativamente nova, o aluno perceberá que diversas questões relacionadas aos mecanismos envolvidos na geração de um indivíduo a partir de uma célula somática ainda continuam sem respostas precisas. Por que é tão difícil clonar um animal? Qual o melhor tipo de célula para se fazer um clone? Por que algumas espécies são mais fáceis e outras mais difíceis de serem clonadas? Por que a maioria dos clones apresenta tantos defeitos? Se por um lado essa “ignorância” é frustrante, por outro ela ilustra o processo do desenvolvimento científico. Ao ler o livro, com dados disponíveis sobre o assunto até janeiro de 2002, o aluno poderá comparar as informações nele contidas com as descobertas ainda mais recentes, tendo assim a oportunidade de acompanhar o avanço dessa ciência em franca expansão. Além disso, o aluno estará capacitado a entender as novas descobertas e a discutir o impacto que elas terão ou não na humanidade. Será também interessante o aluno pesquisar que conceitos apresentados no livro, como propostas futuras, já foram concretizados, e que outros foram abandonados.

O livro foi dividido em quatro partes, que cobrem desde a base teórica para a compreensão da clonagem até os usos não reprodutivos da clonagem.

PARTE I – BASE CIENTÍFICA

Hoje em dia a palavra “clone” faz parte do vocabulário de todos nós, que nos referimos a clone como uma cópia de alguém. Porém, para o aluno entender bem os diferentes aspectos da clonagem, é necessária uma base teórica de alguns conceitos de biologia. Essa base é apresentada na Parte I.

Para se copiar alguém, precisamos encontrar seu manual de instruções ou sua receita. O que é o manual de instruções de um ser vivo? O seu genoma. Começo comparando o genoma com um manual de instruções, no qual cada gene é uma instrução que a natureza utiliza para a formação de um ser vivo. Ao se formar a partir de metades dos genomas paterno e materno, esse genoma é absolutamente inédito. Assim, se quisermos copiar/clonar esse ser vivo, teremos de utilizar esse mesmo manual de instruções. A diferença da reprodução sexuada e assexuada é discutida e, nesse contexto, a clonagem é apresentada como uma forma de reprodução assexuada.

Em seguida, falo do milagre do desenvolvimento de um ser humano a partir de uma única célula resultante da fusão de um óvulo com um esper-

matozóide e de como a partir dessa primeira célula são gerados os trilhões de células que compõem o indivíduo adulto, cada uma contendo o genoma, a receita completa daquele indivíduo. Como aquela célula inicial dá origem aos diversos tipos distintos de células no organismo? O processo de diferenciação celular é apresentado, discutindo-se que, apesar de cada célula do nosso corpo possuir o nosso genoma completo, somente um subconjunto de genes está ativo em cada tipo celular. Assim, o aluno pode se dar conta do grande desafio da clonagem: mudar o destino de uma célula diferenciada para que, a partir dela, seja formado um organismo inteiro.

PARTE II – CLONAGEM

Uma vez discutida a base teórica necessária para se compreender os objetivos e desafios da clonagem, na Parte II volto à clonagem, começando por sua definição como forma de reprodução assexuada e diferenciando esta da reprodução sexuada. Dentro desse contexto, defino células germinativas e somáticas, chamando a atenção para uma diferença fundamental entre elas: o conteúdo genético. Enquanto as germinativas contêm somente uma metade do genoma, as células somáticas possuem um genoma inteiro. Assim, a reprodução sexuada mistura duas metades de genomas para a geração de um ser inédito, e a reprodução assexuada, em particular a clonagem, gera indivíduos com genomas idênticos.

A idéia da clonagem surge a partir do momento em que aprendemos que todas as células de um indivíduo possuem seu genoma completo. Se a receita completa está lá, por que não regeneramos membros como a lagartixa que perde o rabo? Ou: Por que uma célula qualquer do nosso corpo não consegue usar toda a informação do genoma em seu núcleo para gerar outro indivíduo completo?

As motivações históricas para se clonar seres vivos e a história da clonagem de plantas e de animais são apresentadas. Enquanto plantas são facilmente clonadas há algumas décadas, a clonagem de animais sempre foi um desafio. É importante que os alunos entendam bem a idéia aparentemente ingênua do método de transferência nuclear, desenvolvido para a clonagem de sapos na década de 1950: trocar o genoma de um óvulo pelo genoma do indivíduo a ser clonado. Pequenas variações sobre essa técnica tornaram a clonagem de animais possível a partir de 1997 com a ovelha Dolly.

Dolly representou uma quebra de paradigma: essa ovelha foi a primeira demonstração de que mamíferos podem se reproduzir a partir de uma célula somática. Depois dela muitas outras espécies animais já foram clonadas, cada uma delas com um objetivo específico – desde camundongos para a pesquisa básica até porcos para serem doadores de órgãos para transplantes. As motivações específicas para a clonagem de cada espécie são discutidas com detalhes.

Uma aplicação importante da clonagem é a geração de animais transgênicos. Os famosos *alimentos transgênicos* são aqueles nos quais foi inserido um gene, uma instrução, que lhes confere uma nova característica – seja a resistência a alguma praga ou a capacidade de amadurecer sem apodrecer, por exemplo. Da mesma forma, os animais transgênicos possuem genes específicos inseridos em seu genoma – tecnicamente, isso é conseguido por meio da clonagem. Também são discutidas a clonagem de camundongos, as cobaias preferidas dos laboratórios, e a clonagem de macacos, cada uma com um objetivo específico.

PARTE III – CLONAGEM HUMANA

Com tantas espécies animais sendo clonadas, é inevitável a pergunta: e seres humanos? Essa parte é dedicada à proposta de reprodução de seres humanos por meio da clonagem. As diferentes motivações para se clonar uma pessoa são apresentadas de forma crítica. Os alunos podem discutir a realidade/fantasia dentro de cada uma delas ou até apresentarem outras motivações para se fazer um clone humano.

Dentro da expectativa da clonagem para produzir uma cópia de um indivíduo, discuto se o clone será de fato um clone (quanto os fatores ambientais influenciam as nossas características?). Não somos um produto só da nossa genética, mas também das nossas experiências de vida. Os alunos sabem disso intuitivamente observando gêmeos idênticos, clones naturais. Também é apresentada a minúscula fração de material genético não idêntica entre o clone e sua matriz: o DNA presente nas mitocôndrias.

A Parte III termina discutindo extensamente os perigos associados à clonagem humana, baseando-se em tudo o que aprendemos até agora com a clonagem em modelos animais. Aqui é importante que os alunos percebam a diferença fundamental entre a clonagem e os métodos de reprodução assistida em prática em seres humanos: o uso de uma célula somática em vez de células germinativas. São discutidas questões biológicas básicas como a idade do clone e se o clone tem pai e mãe, que deixam de ser triviais nessa forma inexistente de reprodução animal a partir de uma célula somática.

Argumentos contra o uso da clonagem como forma de reprodução assistida em seres humanos incluem o nosso pouco conhecimento sobre a técnica e os resultados desastrosos da mesma em modelos animais.

PARTE IV – CLONAGEM SEM FINS REPRODUTIVOS

Uma vez demonstrado por que a clonagem ainda não deve ser utilizada como forma de reprodução humana, esta parte se dedica ao lado construtivo da clonagem. É fundamental deixar claro que as pesquisas em clonagem gerarão conhecimentos que podem revolucionar a medicina atual.

Aqui é discutido como os mesmos mecanismos envolvidos na regeneração de uma pessoa inteira a partir de uma célula estão também envolvidos em processos naturais como envelhecimento e câncer. Além disso, o estudo de clones em modelos animais nos permitirá estudar o quanto certas características são determinadas pelos genes e o quanto pelo meio ambiente.

A partir daí, entramos nas atuais aplicações terapêuticas da ciência da clonagem, em que as células-tronco embrionárias e adultas são apresentadas como a grande revolução médica, tornando possível a medicina regenerativa. São discutidas as vantagens e desvantagens do uso de cada uma delas.

Finalmente, o livro termina chamando a atenção do aluno para o fato de estarmos novamente com um novo poder nas mãos, que deverá ser utilizado com bom senso e responsabilidade, de forma a melhorar a nossa qualidade de vida.

SUGESTÕES DE ATIVIDADES

PARTE I – BASE CIENTÍFICA

1. Aproveite o exemplo da Figura 1 para mostrar na prática como a reprodução sexuada gera diversidade genética.
 - a. Peça para os alunos calcularem quantos filhos geneticamente distintos aquele casal poderia ter.
 - b. Discuta com eles qual seria esse número se levássemos em conta os 30 mil genes diferentes do genoma humano.
2. Peça para os alunos darem exemplos de diferentes formas de reprodução assexuada.
3. Reveja com os alunos o início do desenvolvimento humano ilustrado na Figura 2. Peça para que eles procurem imagens de estágios do desenvolvimento embrionário entre o blastocisto e o feto da figura. Observem juntos os primeiros sinais da formação dos membros e órgãos.
4. O livro apresenta o conceito de genes ligados e desligados nos diferentes tipos celulares sem falar em RNA.
 - a. Aproveite esse conceito para rever o fluxo da informação genética (DNA – RNA – proteína).
 - b. Utilize a Figura 3 do livro para trabalhar com os alunos o conceito de que o conjunto de RNAs presente em uma célula reflete o conjunto de genes que estão ligados nesta célula. Peça para cada aluno escolher três tipos diferentes de células e, baseado na sua função, imaginar que genes devem estar ligados em cada um (aqui eles devem utilizar genes imaginários, como “gene de transportar oxigênio”, “gene de captar luz” etc).

PARTE II – CLONAGEM

5. Diferente da clonagem, a reprodução sexuada mistura o genoma dos pais gerando descendentes diferentes. A clonagem de animais visa a produção de cópias de animais com características interessantes. Discuta com os alunos os métodos clássicos de seleção de animais (bovinos, por exemplo). Qual as limitações desses métodos em relação à clonagem?
6. Faça com os alunos uma experiência prática de clonagem de plantas utilizando violetas:
 - a. Corte de uma violeta alguns pedaços de caule de aproximadamente 2 cm, com folhas.
 - b. Finque cada pedaço em um vaso com terra. Em duas semanas já é possível observar folhas brotando desses pedaços.
 - c. Alternadamente, coloque os pedaços em um pote de vidro com água. Somente o caule deve ficar submerso na água. Dessa forma, os alunos poderão ver as raízes se formando da ponta do caule – a “regeneração” daquela planta.
 - d. Observem as plantas clonadas e discutam quais características são determinadas pelos genes e quais pelo meio ambiente.
 - e. Coloque as plantas clonadas em condições diferentes (por exemplo, umas expostas a muita luz e outras a pouca luz; uma em terra adubada e outra em terra simples) e observe com os alunos o efeito do meio ambiente em seres geneticamente idênticos.
7. Divida os alunos em grupos e peça para cada um deles fazer um pôster explicativo do processo de clonagem da Dolly e outro do processo de clonagem dos camundongos. Discuta as diferenças e semelhanças entre os dois métodos.
8. Peça para cada aluno projetar um organismo transgênico (vegetal ou animal), descrevendo:
 - a. O gene a ser inserido (aqui novamente eles devem utilizar genes imaginários, como “gene de asa”, “gene da vitamina A” etc).
 - b. O objetivo prático de se gerar este organismo.
9. Divida a turma em dois grupos e peça para um deles defender e o outro atacar os “transgênicos”.
10. Peça aos alunos para pesquisarem notícias sobre clonagem de espécies animais não descritas nesse livro (pós-janeiro de 2002). Discutam em sala de aula o custo/benefício da clonagem de animais de estimação.
11. Peça aos alunos que assistam ao filme *Parque dos dinossauros* (1993), direção de Steven Spielberg, e discutam em aula os aspectos próximos e distantes da realidade.

12. Peça aos alunos que procurem notícias sobre a geração de clones de porcos transgênicos imunocompatíveis com seres humanos para a doação de órgãos (janeiro/fevereiro 2002). Discuta:
- As vantagens de se gerar esses animais.
 - Os perigos dos xenotransplantes.

PARTE III – CLONAGEM HUMANA

13. Após assistirem ao filme *Os meninos do Brasil* (1978), direção de Franklin J. Schaffner, debata em sala de aula com os alunos os diferentes aspectos da clonagem naquele filme, principalmente a tentativa de reproduzir não só a genética de Hitler, mas também suas experiências de vida.
14. Discuta com os alunos as mutações que algumas de nossas células podem sofrer ao longo de nossa vida e quais as conseqüências dessas mutações.
- Quais os tecidos mais expostos a agentes mutagênicos e que agentes são esses (essa é também uma boa oportunidade para fazer campanha anti-tabagismo).
 - Qual seria o efeito de se gerar um clone a partir de uma dessas células?
15. Faça um exercício sobre a reprogramação que uma célula somática deve sofrer para virar um clone. Peça para os alunos imaginarem todas as marcas existentes no genoma de uma célula de pele – genes ligados/desligados, marcas da idade da célula, marcas paterna/materna. Durante a reprogramação dessa célula, quais marcas devem ser mantidas e quais apagadas?
16. Peça aos alunos que façam uma redação descrevendo as semelhanças e as diferenças entre um par de gêmeos idênticos que eles conheçam e como essas diferenças podem ter se desenvolvido, uma vez que eles possuem genomas idênticos.
17. Peça para cada aluno escolher uma figura famosa da história e escrever uma redação descrevendo como essa pessoa seria se nascesse no ano de 2002.
18. Peça para os alunos fazerem uma pesquisa sobre métodos de reprodução assistida em seres humanos e a aplicação de cada um deles. Faça com que eles percebam que todos esses métodos envolvem a união de um óvulo com um espermatozóide.
19. A clonagem já pode ser oferecida como forma de reprodução assistida para seres humanos? Peça para os alunos fazerem uma pesquisa sobre o desenvolvimento de vacinas contra aids e discuta em sala de aula por que as vacinas em fase de testes ainda não são oferecidas para os pacientes. Por que então liberar a clonagem humana?
20. Divida a classe em dois grupos e promova um debate no qual um grupo deve defender a clonagem humana e outro, atacá-la.

PARTE IV – CLONAGEM SEM FINS REPRODUTIVOS

21. Peça aos alunos que listem órgãos ou tecidos humanos que se regeneram (pelo menos parcialmente). Como eles sabem que esses tecidos se regeneraram?
22. Peça para os alunos pesquisarem o sistema de doações de órgãos no Brasil. Como um órgão é doado? Que cuidados é preciso ter com o doador? A demanda de órgãos é atendida?
23. Divida a classe em dois grupos e promova um debate no qual um deve defender e outro atacar a pesquisa com células tronco-embriônicas.
24. Peça aos alunos que pesquisem em jornais notícias sobre o uso de células-tronco para o tratamento de alguma doença.
25. Peça aos alunos que procurem notícias sobre a criação do primeiro clone humano pela empresa norte-americana Advanced Cell Technologies (novembro 2001). Abra o debate para as seguintes questões:
 - a. Quais eram os reais objetivos da empresa?
 - b. Eles foram alcançados?
 - c. Peça aos alunos que dêem suas opiniões sobre a proposta.

Sugestões de filmes e livros:

Os meninos do Brasil (1978). Direção de Franklin J. Schaffner.

Blade Runner, o caçador de andróides (1982). Direção de Ridley Scott.

Alien, a ressurreição (1997). Direção de Jean-Pierre Jeunet.

O Parque dos dinossauros (1993) e *O mundo perdido – Jurassic Park* (1997). Direção de Steven Spielberg.

Seqüenciaram o genoma humano... E agora?, de Lygia da Veiga Pereira, Moderna, 2001.

Admirável mundo novo, de Aldous Huxley, Globo, 2001.

O terceiro gêmeo, de Ken Follet, Rocco, 1997.