

Índice

- ★ [Introdução](#)
- ★ [Reprodução e Hereditariedade](#)
- ★ [Consolidação da biologia](#)
- ★ [Conceitos e prática pedagógica](#)

Introdução

Caras e caros estudantes, sem bem vindos ao Texto Guia do componente! Esperamos que através desse texto possamos desenvolver da melhor forma possível nossos estudos e aprendizados nas ciências biológicas, avançando assim em nossa formação na Educação do Campo.

No componente ***Transmissão da Vida, Ética e Manipulação Genética*** o conteúdo básico de estudo envolve a compreensão da reprodução e da hereditariedade a partir de conceitos da Genética.

Veremos o contexto histórico da atuação de ***Gregor Mendel***, considerado pai da genética, e os impactos da relação entre Ciência, Tecnologia Sociedade e Ambiente através das controvérsias da atualidade.

Trabalharemos com os conceitos estruturantes de genética, passando pela divisão celular e pelos padrões de herança das características estruturais dos seres vivos. Com essa clareza, debateremos o ensino e aprendizado de biologia na educação básica, assim como o trabalho desde a Educação do Campo, que evidencia a vida como princípio educativo para o trabalho nas escolas.

Conversar sobre genética, reprodução, pode nos fazer pensar em diversos assuntos, tais como:

- Gene como agente da transmissão de características;
- Necessidade de se discutir o que é melhoramento genético, e perceber como alguns procedimentos só acontecem em laboratórios;
- Ovelha Dolly como um dos marcos da manipulação genética através do processo de clonagem, e como esse tema também foi assunto de uma novela da TV Globo;
- A relação entre predisposição para doenças como câncer, carga genética de

pais e avós, e os fatores ambientais relacionados à incidência de câncer.

A partir da ementa e dos interesses compartilhados em sala de aula, buscaremos configurar um itinerário de estudos que nos ajude a pensar a educação científica no âmbito da Educação do Campo, a partir de nossa realidade.

[voltar ao topo ▲](#)

Reprodução e Hereditariedade

Para nós na Educação do Campo o estudo e os conhecimentos sobre reprodução são fundamentais. Isso porque existem diferentes conhecimentos sobre o complexo processo de transmissão da vida. São estas diferenças que explicam muitas das principais controvérsias sociocientíficas da atualidade. A forma como o ser humano manipula a reprodução de seres vivos varia conforme as motivações e finalidades, que por sua vez apresentam impactos políticos distintos.

O estudo da reprodução pode ser fascinante, pois percebemos o fato de que somos **seres históricos**, tanto do ponto de vista biológico quanto social. Essa dimensão histórica nos lembra que todas as pessoas do planeta somos descendentes dos mesmos antepassados humanos, a partir de um grupo que se originou no continente africano.

No entanto, nos indica também que existe uma descendência temporalmente mais ampla, uma vez que, como seres vivos, compartilhamos uma **ancestralidade comum** não só com outros animais, mas com as plantas e até mesmo com fungos, protozoários e bactérias.

Em qualquer caso, essa constituição histórica se dá sempre via **reprodução sexuada**, um tipo de reprodução que permite, ao longo do processo evolutivo, que haja uma **descendência com modificações** de toda ordem, seja em aspectos anatômicos, fisiológicos ou metabólicos.

O que faz as espécies evoluírem? Mudar. Como elas mudam? Através de modificações no seu material genético, que determina a construção e funcionamento de todas as partes de um organismo. É a **variabilidade genética** que torna a evolução possível.

Vivian Nogueira, [Biologia em Pauta](#)

Ou seja, a biodiversidade existente no planeta, segundo as ciências biológicas, é o resultado de um processo evolutivo que gerou uma multiplicidade de espécies a partir de apenas um organismo unicelular. Ao longo de bilhões de anos, esse organismo, ao se reproduzir e ocupar distintos lugares, foi se diferenciando a ponto de que seus descendentes foram se derivando em outras espécies, pelo fenômeno da variabilidade genética.

Evolução, portanto, é quase sinônimo de diversificar. Essa deriva evolutiva e a diversidade genética encontrada nas espécies e entre elas se dá basicamente através da reprodução sexuada, viabilizada pelo encontro de células especiais chamadas **gametas**; os gametas, também chamados de células germinativas, resultam da **divisão celular por meiose**.

Outro fenômeno reprodutivo pode ser observado entre os seres vivos. Em organismos multicelulares, como nós, todas as células de todos os tecidos e órgãos descendem de uma única célula — o **zigoto** —, através do fenômeno da **reprodução assexuada**, via divisão celular em um processo chamado **mitose**.

A descendência e a hereditariedade entre os seres vivos, no nível celular, acontece através do que hoje chamamos de **genes**. Veremos que a transmissão de características de uma geração para outra responde a diferentes **padrões de herança**, em comportamentos reprodutivos que dependem de como os genes expressam suas características morfológicas, celulares, bioquímicas, etc.

Ao longo dos milênios os seres humanos lidam com plantas, animais e microorganismos de forma que essa lida envolve a genética, direta ou indiretamente, ainda que apenas recentemente aspectos importantes da reprodução e da hereditariedade tenham sido interpretados pela ciência.

Nos últimos 70 anos, no entanto, alguns centros de pesquisa desenvolveram novas tecnologias, bem diferentes daquelas empregadas pela humanidade ao longo dos últimos 10 mil anos, por exemplo. Essa diferença de técnicas e conhecimentos na lida com a reprodução e com os genes dos organismos, exige de nós analisarmos com rigor o que significa **melhoramento genético**.

Desta forma, a apropriação de alguns conceitos é necessária, como **clonagem artificial**, Organismos Geneticamente Modificados - **OGMs**, técnica do DNA

recombinante — **transgenia**, etc.. Estes procedimentos caracterizam um outro tipo de prática, que podemos chamar de **manipulação genética**, uma vez que ocorrem a nível celular — claramente uma novidade histórica.

Existe uma enorme diferença entre as técnicas utilizadas para se criar OGMs e as tradicionais formas de seleção cultural de plantas, animais e microorganismos que a humanidade vem desenvolvendo nos últimos 15 mil anos. A manipulação que ocorre nessa seleção cultural não está no nível da célula, mas envolve outros níveis de organização do vivo, como comunidades, populações, organismos, sistemas ou órgãos. Dificilmente as técnicas populares de manipulação dos seres alcançam o nível de tecidos ou células.

Assim, as práticas de conhecimento humano acerca da reprodução e da hereditariedade diversificaram tremendamente no último século. Veremos que essa diversificação está correlacionada com o modo de produção capitalista, que ao impactar as universidades e a geração de conhecimento científico gera uma desigualdade de acesso a estas técnicas modernas, que necessariamente dependem de caros laboratórios e de uma equipe de técnicos altamente especializada.

Vamos compreender como o estudo da reprodução, da genética, é um marco importante na constituição da Biologia como ciência, e como ela foi adentrando como disciplina de estudo na escola.

Tal como o estudo dos átomos, o estudo do **DNA**, o Ácido Desoxirribonucleico, é desafiante pois não pode ser visto pelos olhos humanos sem o auxílio de instrumentos e/ou modelos que permitam uma compreensão de sua estrutura — e de seu funcionamento.

[voltar ao topo ▲](#)

Consolidação da biologia moderna e marcos da biotecnologia

Apesar da relevância do trabalho de Charles Darwin ao propor a **seleção natural** como explicação para a evolução e diversificação dos seres vivos, muitas lacunas e dúvidas sobre sua teoria persistiam na comunidade acadêmica. Algumas mudanças no século 20 contribuíram para o fortalecimento da Biologia como uma ideia

unificadora de conhecimentos, tal como o próprio desenvolvimento da Genética, em especial o trabalho de **Gregor Mendel** e as evidências sobre a existência dos genes como moléculas portadoras das informações e características dos organismos, transmitidos de geração a geração.

Por volta de 1950, o avanço das pesquisas científicas e a modernização da biologia culminaram na **Teoria Sintética da Evolução**, unindo conhecimentos sobre hereditariedade e transmissão da vida. Através de métodos experimentais e de uma forte influência da biologia molecular, uma base conceitual comum foi proposta, unificando as ciências biológicas em torno da **evolução**.

Para compreender o contexto do século passado, não podemos deixar de mencionar a influência que a ciência positiva, ou **positivismo**, teve sobre as Ciências da Natureza. O positivismo lógico é uma concepção científica que busca a objetividade das coisas, e os pesquisadores/as que seguem essa concepção pretendem alcançar um conhecimento “verdadeiro”, sem influência da subjetividade humana. Nessa hipótese, seria possível neutralizar a influência de opiniões e emoções envolvidas na sua produção do conhecimento. Assim, um conhecimento verdadeiro é reflexo de tudo aquilo que é mensurável e pode ser quantificado por instrumentos e métodos informados pela matemática e pela exatidão dos números.

É este o cenário que animava as universidades estadunidenses e européias, incluindo aquela onde Mendel estudou, em Viena. Certamente essa concepção ajudou-o a estabelecer o que hoje a ciência acredita ser as leis da hereditariedade, ou as **Leis de Mendel**.

Ainda no século 19, Charles Darwin buscou explicar como se deu a origem e a evolução das espécies, trazendo propostas de explicação para nossa ancestralidade. Décadas depois, a Genética contribuiu com a teoria de Darwin preenchendo algumas de suas lacunas, pois Darwin não compreendeu corretamente o processo de reprodução e hereditariedade.

Na cultura científica ocidental, quem soube explicar este processo de reprodução foi Gregor Mendel. Apesar de ter vivido no século 19 e ser contemporâneo de Charles Darwin, seu trabalho só foi valorizado muito tempo depois de sua morte, e ajudou a trazer esclarecimentos entre variação e conservação de características estruturais e funcionais dos seres vivos ao longo das gerações.

Como era de se esperar, a descoberta do DNA em 1953 pela biologia molecular (citologia, bioquímica, genética) significou um grande impacto no mundo científico do século 20, e estabeleceu uma Biologia Moderna, ampliando seu prestígio junto à física e química.

No entanto, é bom termos em mente que essa visão positivista de mundo, quando exagerada e dominada por interesses políticos questionáveis, resulta em sérios desvios de conduta. Este é o caso, por exemplo, da elaboração de argumentos científicos que justificam a manutenção da dominação e massacre da população negra e indígena, que ocorre nos países colonizados como o Brasil.

Esse argumento ficou conhecido como **Eugenia**. Através de atributos físicos e mentais, diversos cientistas defendiam a possibilidade e necessidade de um “melhoramento” da raça humana. Esse raciocínio está na base do pensamento nazista, a Eugenia Nazista e seus esforços por constituir uma “pureza racial”. Na Europa, a consequência dessa racionalidade culminou no chamado Holocausto, o assassinato em massa (genocídio) de milhões de judeus durante a Segunda Guerra Mundial, iniciada em 1939.

Esta lógica pode ser transposta para a agricultura de base capitalista, que igualmente busca sementes e raças de animais “puras”, que servem apenas para se adequarem ao modelo industrial, de larga escala. Esse modelo resulta na padronização (genética, morfológica, fisiológica) de algumas poucas variedades vegetais e animais. Esse processo é também chamado de melhoramento genético, em oposição às sementes, mudas e raças crioulas e nativas. Ou seja, toda a diversidade criada e desenvolvida com base na **memória biocultural** dos povos passa a ser desprezada — quando não criminalizada, a partir de argumentos sanitaristas.

A **agrobiodiversidade** gerada ao longo dos milênios, incluindo-se nela a imensa **variabilidade genética** das lavouras, criações e paisagens agrícolas, foi sendo reduzida pela expansão da modernização com base na organização capitalista. Esse é o reflexo de uma **ciência reducionista**, que no seu processo de aperfeiçoamento não leva em conta os múltiplos fatores que incidem sobre uma dada realidade.

A regra nas Ciências da Natureza, infelizmente, tem sido essa: uma produção de conhecimento que não considera o conjunto das variáveis em uma situação real, não leva em conta sua **totalidade**. Ao deixar de fora algumas dimensões importantes para se propor soluções, a comunidade científica acaba por gerar

práticas e tecnologias alienadas e alienantes, ou seja, sem ter consciência ou propor melhor entendimento sobre a “linha de montagem” na qual seus produtos são fabricados. Uma pessoa especialista em microbiologia, por exemplo, pode saber muito sobre genes e células de bactérias, pode trazer grande contribuição na produção de milho transgênico. No entanto, ela pouco sabe qual é o impacto ecológico, alimentar e político que o cultivo de uma lavoura de milho transgênico tem ou pode ter na vida de inúmeras pessoas envolvidas com essa lavoura.

Dessa forma, engenheiras/os, técnicos, entre outras trabalhadoras/es pouco compreendem os reais impactos e consequências desta indústria de “melhoramento genético”. Via de regra, o resultado final não melhora a vida da população, apenas mantém ou aprofunda a estrutura desigual e injusta da sociedade em que está inserida.

A Biologia moderna, desta forma, precisa ser compreendida nesse jogo político, que envolve distintas concepções de vida e genética. A Biologia pode e deve ser apropriada pela população e se tornar instrumento de apoio para a qualidade de vida para humanos e não humanos. Essa é nossa proposta enquanto projeto político pedagógico coerente com esse componente e com a Educação do Campo.

A modernização da Biologia tem então impacto não apenas pelas descobertas na área molecular em si (bioquímica, citologia, genética, etc.), mas principalmente pelo desenvolvimento de tecnologias que passaram a alterar significativamente a natureza dos seres vivos, despertando questões éticas, sociais e políticas. Entre estas tecnologias, citamos a transgenia, clonagem laboratorial, os impulsores genéticos (gene drives), entre outras.

No final do século 20 o mundo testemunhou um movimento contraditório. Ao mesmo tempo em que a engenharia genética, na década de 1980, reafirmava a importância das Ciências Biológicas, diversas aplicações econômicas e sociais passaram a esbarrar em questões éticas e políticas, como por exemplo a criação de organismos geneticamente modificados — OGMs (todo transgênico é um OGM, mas nem todo OGM é um transgênico). Para complicar ainda mais o cenário, os últimos 40 anos estão marcados pelo agravamento da **questão ambiental** e pelo receio a respeito do futuro dos seres vivos e da humanidade no planeta terra.

O **princípio da precaução**, definido na Convenção sobre Diversidade Biológica da Organização das Nações Unidas – ONU, em 1992, estabelece que na ausência de provas científicas irrefutáveis, as tecnologias que podem acarretar desequilíbrio

ambiental não deveriam ser aplicadas. Infelizmente esse princípio vem sendo completamente desconsiderado, de forma que tecnologias com base na alteração genética de seres vivos têm sido amplamente difundidas em diversos países, como é o caso do Brasil.

Conceitos importantes e práticas pedagógicas na EdoC

Como mencionado anteriormente, muitas das moléculas e estruturas celulares que são mencionadas no estudo de genética não podem ser visualizadas a olho nu. O nível de organização do vivo, em estudos da biologia molecular, precisa então ser ampliado: se usualmente consideramos a célula como a unidade básica da vida, é preciso considerarmos os níveis de complexidade que vão do organismo até o molecular. Esse é então um primeiro desafio de educadoras/es: compreender a escala das estruturas envolvidas na genética.

Leia um artigo que ajuda a pensar algumas abordagens pedagógicas acerca da questão da escala e tamanho das estruturas celulares, [clique aqui](#).

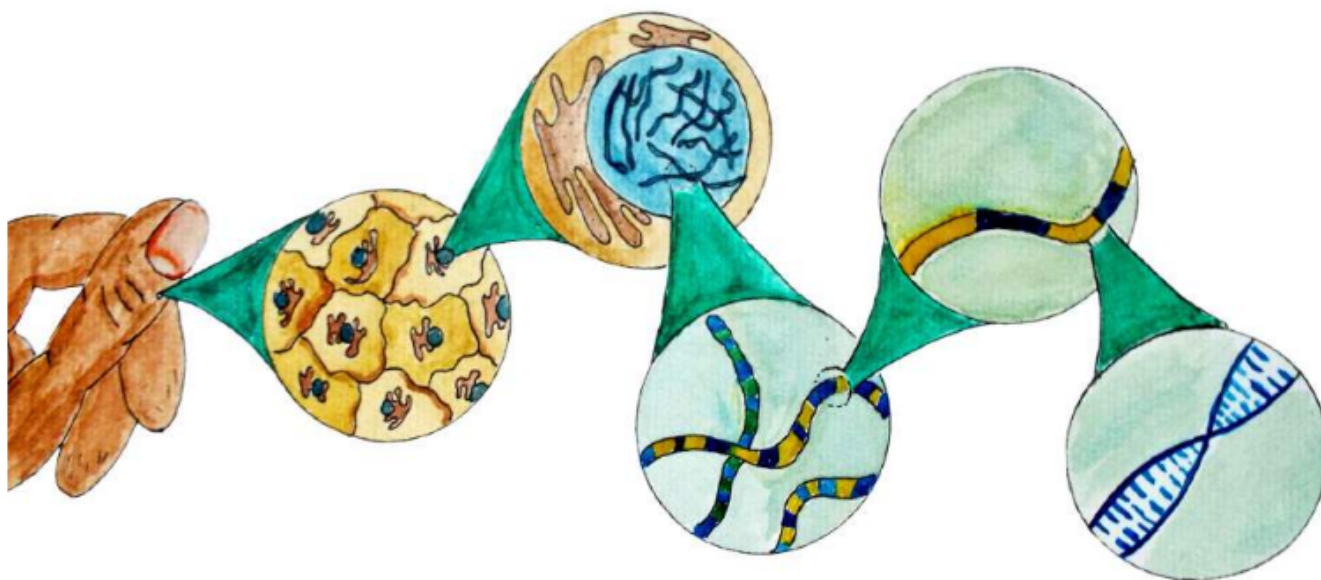


Figura 1: Exemplo de figura mostrando níveis de complexidade envolvidos no estudo de genética (fonte: Revista Genética na Escola).

Veja na Figura 1 os desenhos que se iniciam no dedo de uma pessoa, depois o tecido epitelial, núcleo celular, cromatina, nucleossomo e fita de DNA. Outra

imagem que também contribui para dimensionar e visualizar algumas estruturas relacionadas com a informação genética é esta da Figura 2. Perceba que ela apresenta a imagem de um **cromossomo** duplicado até a fita dupla de DNA, com uma boa representação das **bases nitrogenadas** que constituem o **nucleotídeo**, passando pela **cromatina** e pelas proteínas que a constitui, as **histonas**.

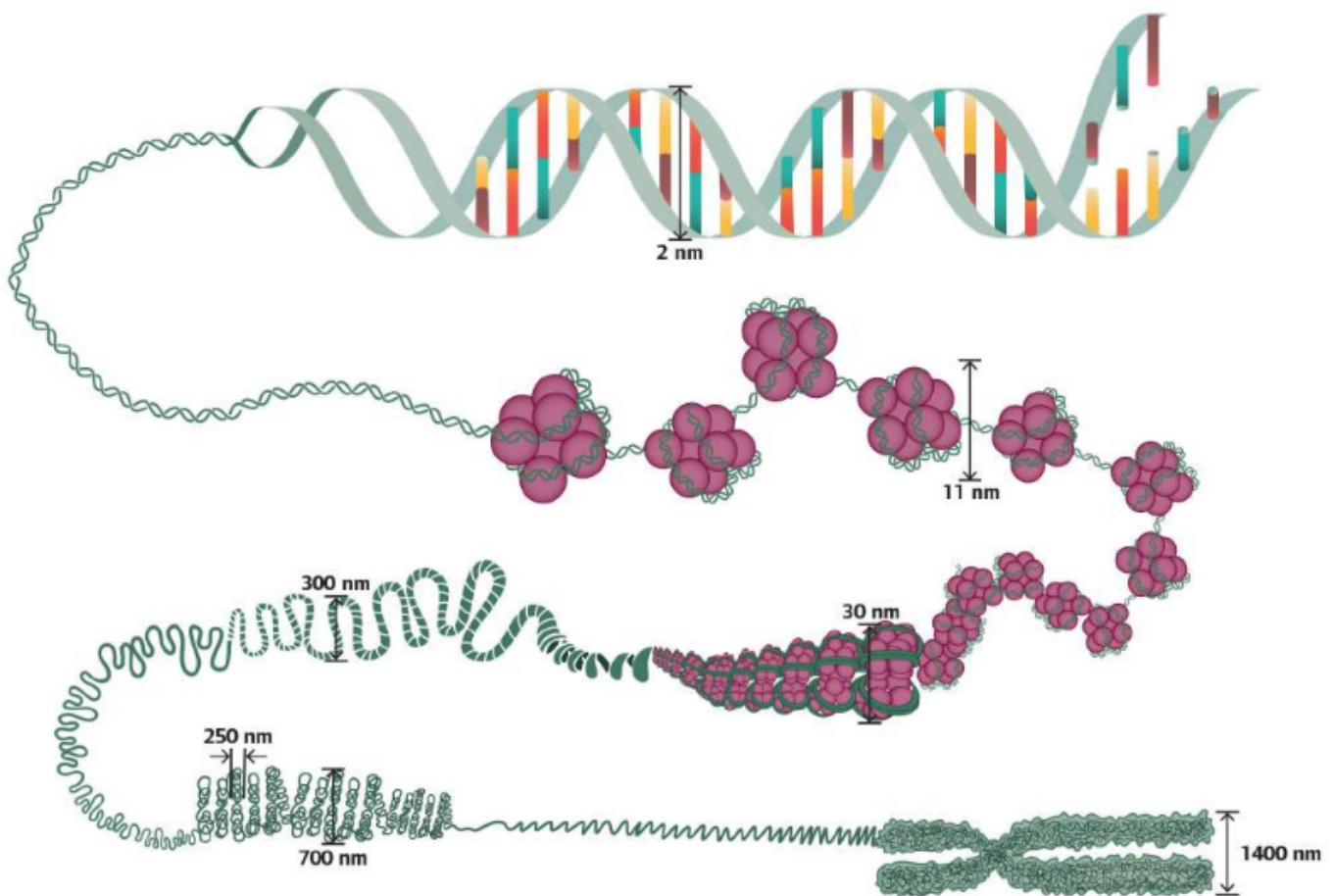


Figura 2: Exemplo de variação de nível de complexidade, com medidas em nanômetro buscando oferecer informação de escala (fonte: Revista Genética na Escola).

Veja que em um só parágrafo foi citado um conjunto de conceitos frequentemente citados nos livros didáticos de biologia do ensino médio. O nível de estudo e compreensão destes conceitos deve ser razoável para que uma atividade pedagógica seja preparada. No entanto, é preciso avaliarmos a pertinência do uso destes termos em cada aula, para que não se perca de vista a necessária

contextualização da atividade de genética junto dos estudantes.

Não devemos perder de vista que todas essas palavras representam o aprofundamento dos conhecimentos científicos acerca da reprodução e da hereditariedade. Isso significa que devemos compreendê-las à luz dos **genes**, da transmissão da vida e das biotecnologias, em especial daquelas controladas por alguns grupos sociais e que só podem acontecer nos laboratórios.

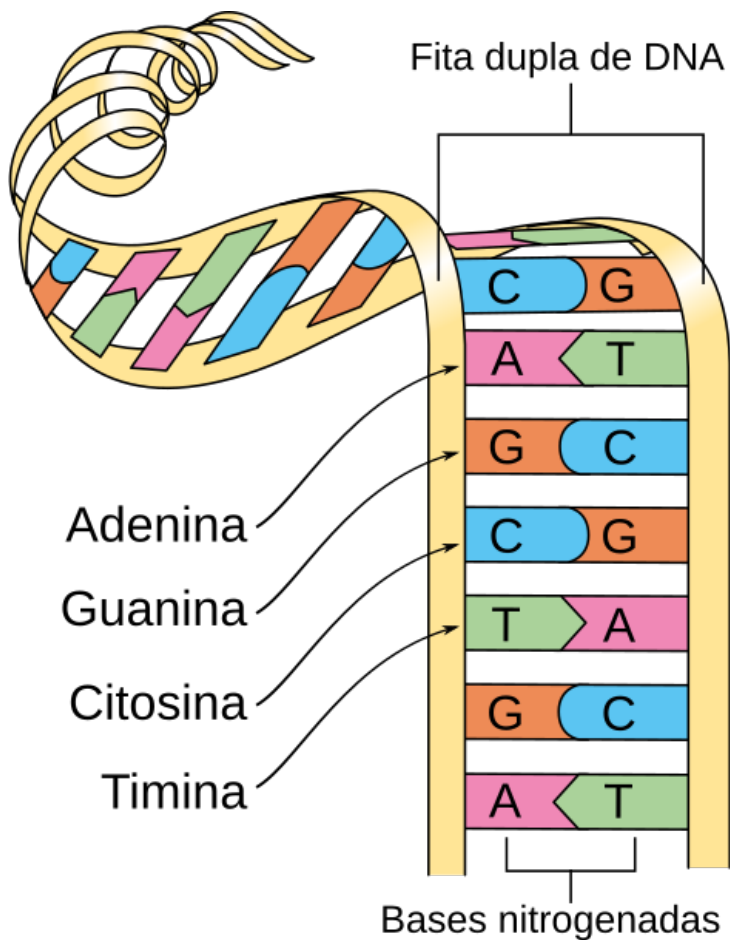


Figura 3: Dupla fita de DNA e suas bases nitrogenadas, adenina (A) e guanina (G), Citosina (C) e timina (T) (fonte: adaptado de Creative Commons).

Certamente Gregor Mendel não tinha domínio de todas essas estruturas celulares. No entanto, seus estudos contribuíram para que a ciência chegasse até esse grau de especificidade. Para observar a cor de suas ervilhas, ele propôs que haviam fatores — que hoje chamamos de genes — que transmitiam a informação para expressar o verde ou o amarelo. Então, nas próximas semanas temos que compreender, com base nos conhecimentos biológicos da atualidade, como é que a

célula consegue produzir o pigmento da cor de sua semente a partir da informação que está no DNA, no gene.

A biologia considera que o gene é a unidade fundamental da hereditariedade. O gene é um segmento da molécula de DNA, como mostra a Figura 3. No geral, espécies mais complexas tem mais genes e cromossomos, se comparado com seres mais simples. O ser humano, por exemplo, produz aproximadamente 20.000 **proteínas**; já o vírus Sars-cov-2, causador da doença Covid-19, parece ser capaz de sintetizar algo em torno de 30 proteínas (No caso do Sars-Cov-2, seu material genético encontra-se no RNA, não no DNA).

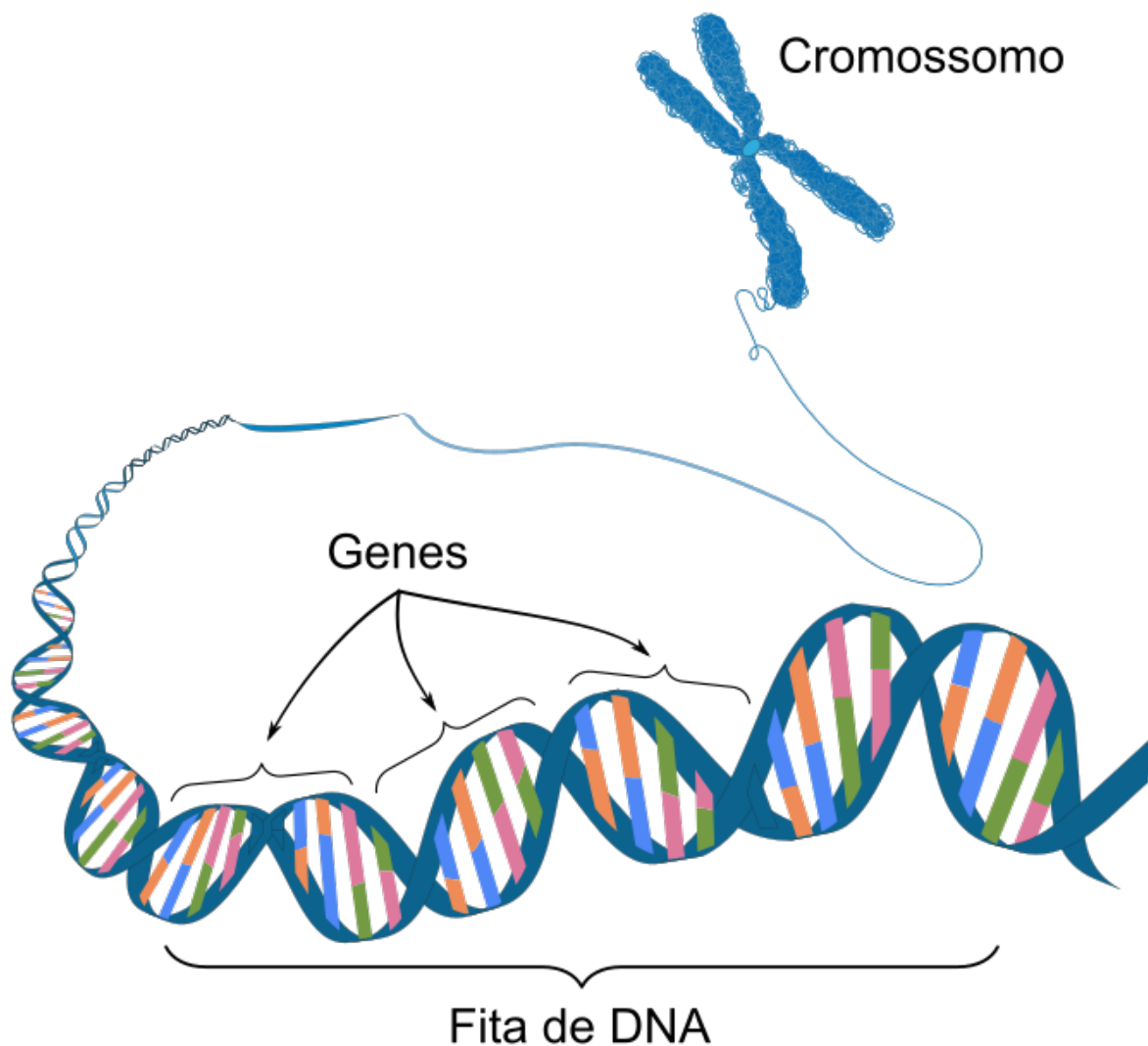


Figura 4: Genes na fita de DNA e o cromossomo duplicado ao fundo (fonte: adaptado de Nagwa).

A longa fita de dupla hélice de DNA, onde encontra-se o material genético do organismo, ao enrolar-se e associar-se com outras estruturas, forma a cromatina, que é o mesmo que cromossomo, a depender se este material está condensado ou espalhado pelo núcleo celular (isso no caso dos organismos que têm núcleo celular, os eucariontes). Quando condensado, falamos em cromossomo, quando espalhado, falamos em cromatina.

A depender de que conjunto estamos falando, a genética oferece distintos termos: para o conjunto de cromossomos é dado o nome de **cariótipo**; para o conjunto de genes, é dado o nome de **genótipo**, ou **genoma**. Já o **fenótipo** é a expressão observável de um genótipo, como um traço morfológico, clínico, celular ou bioquímico. O fenótipo é o resultado da informação genética que se expressa na interação com o ambiente.

Tipos de Cromossomo

Cariótipo

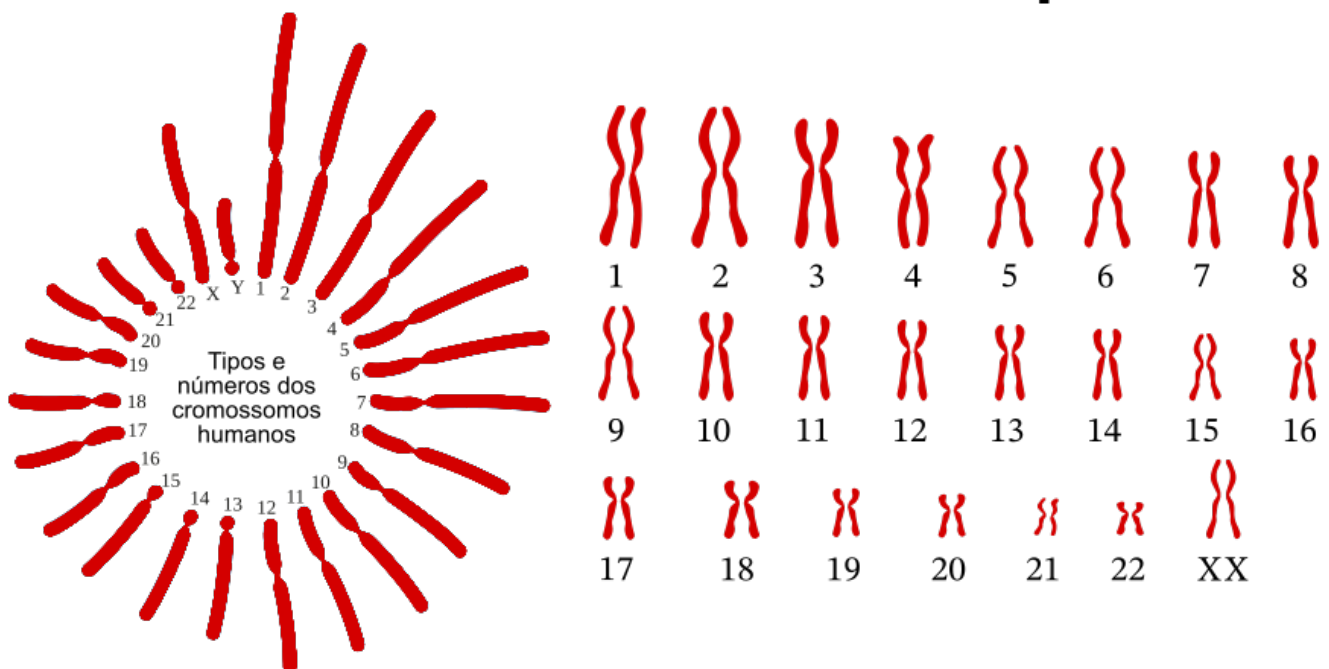
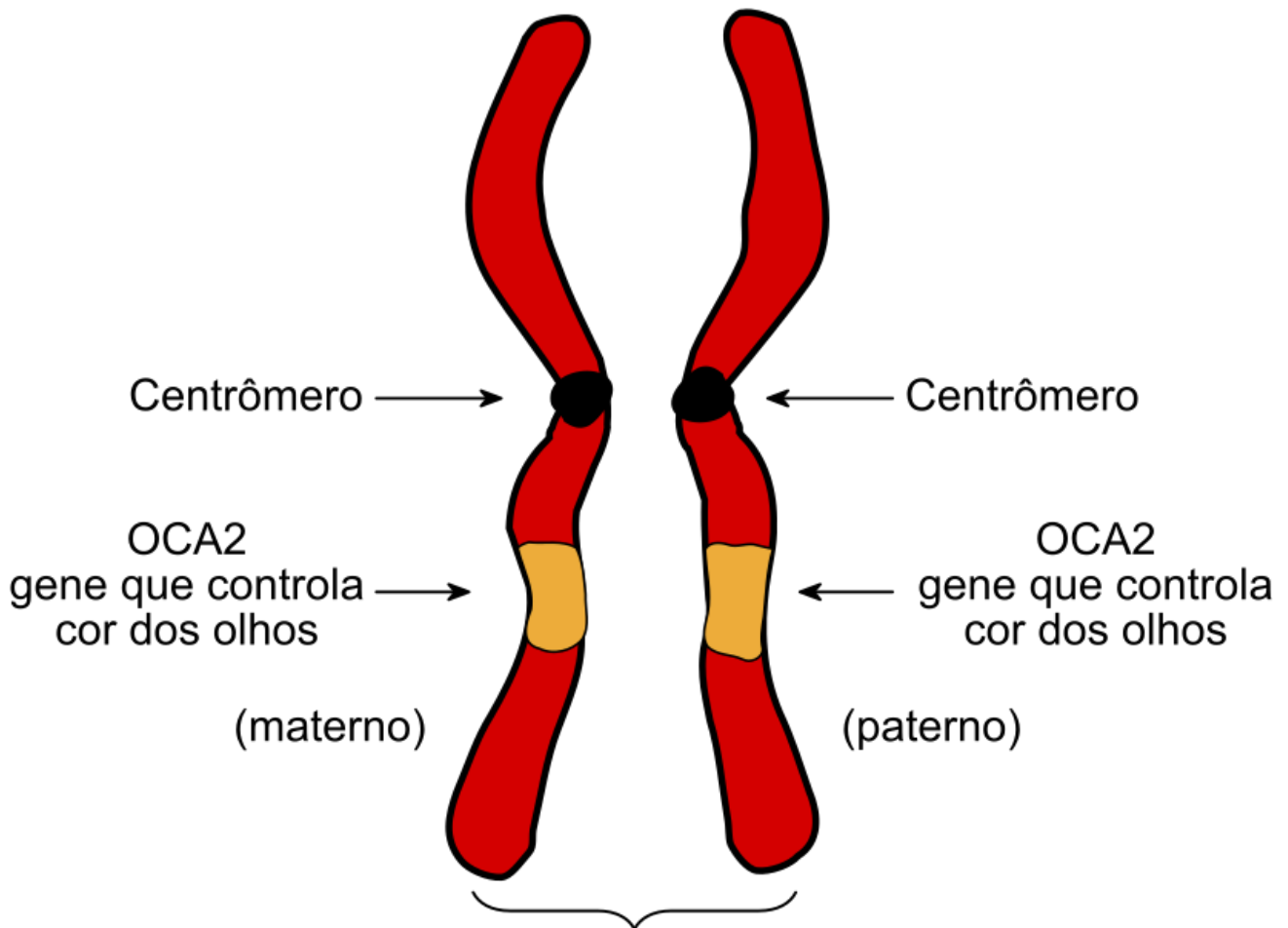


Figura 5: Tipos de cromossomo e cariótipo humano de uma célula somática. Percebam que no cariótipo os cromossomos estão arranjados em pares homólogos,

dos maiores até os menores, e por último os cromossomos sexuais (fonte: adaptado de Nagwa).

No caso dos seres humanos, nosso cariótipo é composto por 23 tipos de cromossomos, como mostra a figura 4. Nosso genoma, dessa forma, está distribuído nesses cromossomos e é formado a partir da herança genética que recebemos de nossa mãe e nosso pai, em partes iguais. Assim, temos 23 cromossomos que vem de nossa mãe, mais 23 cromossomos que vem de nosso pai, totalizando 46 cromossomos em cada uma de nossas células ($2n=46$), também chamadas de ***células somáticas***.

Para cada par do mesmo tipo, falamos em ***cromossomos homólogos***.



Cromossomos Homólogos - nº15

Figura 6: Cromossomos do par 15, onde encontra-se o lócus do gene que condiciona a cor dos olhos (Fonte: adaptado de Nagwa).

Assim, a informação sobre a cor dos olhos (gene *OCA2*) está contida em dois cromossomos, um de cada progenitor. A informação genética de uma característica está sempre em um mesmo lugar, em uma posição fixa e específica do cromossomo chamada **lócus gênico**.

Existem dois tipos de células humanas que não tem o mesmo conjunto

cromossômico que as células somáticas. As **células germinativas** — óvulos e espermatozoides, os **gametas**, têm metade da carga genética, ou seja, têm apenas 23 cromossomos em seu núcleo. Isso ocorre por conta da reprodução sexual, que realiza o cruzamento entre o gameta masculino e o gameta feminino de tal modo que a fecundação entre óvulo e espermatozoide retome no embrião formado a carga genética de $23 + 23 = 46$ cromossomos, garantindo nosso ciclo de vida, nossa ontogênese.

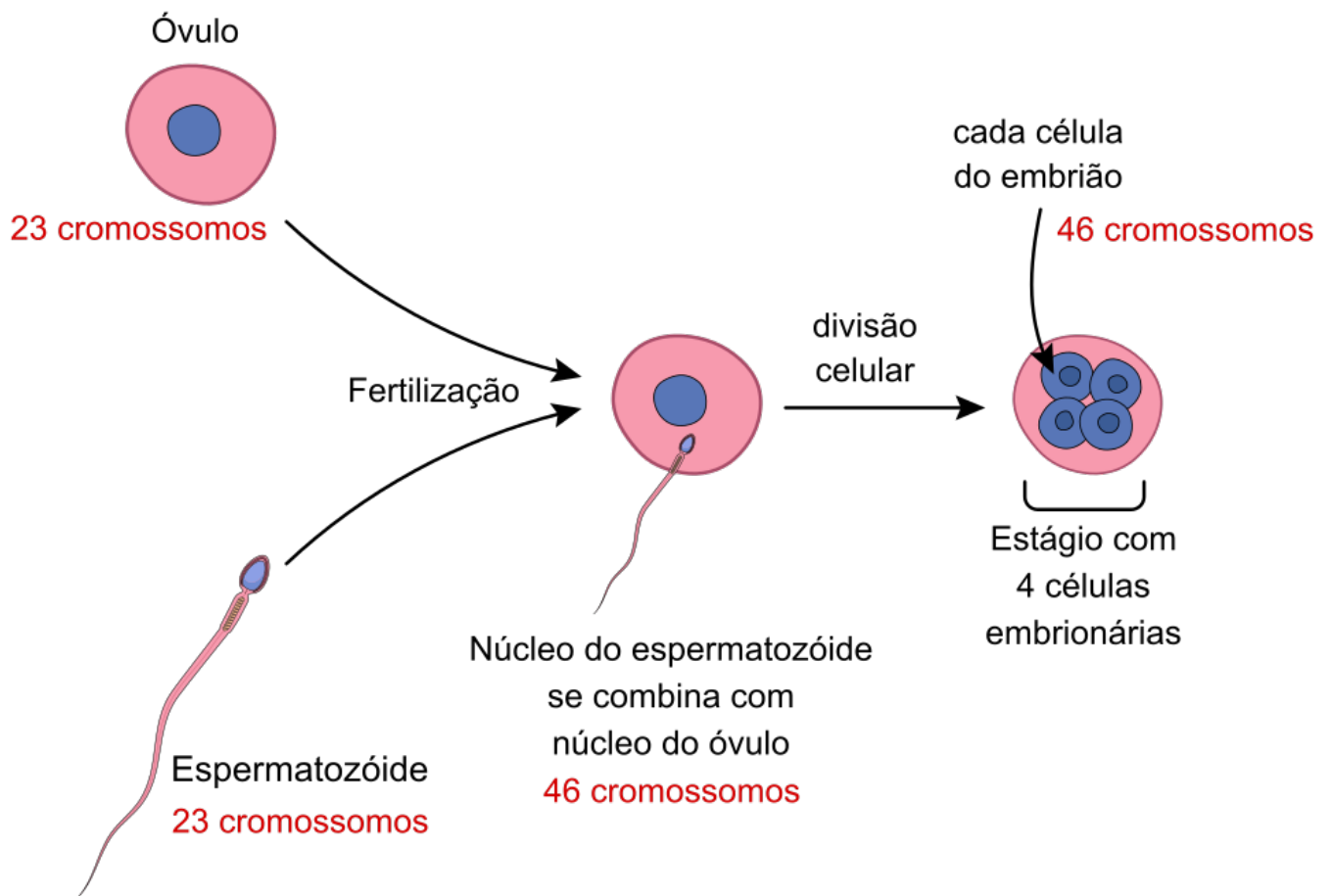


Figura 7: Células germinativas (gametas) se combinando para gerar um embrião com 46 cromossomos em cada uma de suas células somáticas (fonte: adaptado de Nagwa).

No caso da *Pisum sativum*, a espécie de ervilha que Gregor Mendel utilizou para

seus experimentos de herança e reprodução, existem 7 pares de cromossomos ($2n=14$).



Figura 8: Ilustração da ervilha *P. sativum*, ervilha que fez parte dos experimentos de Mendel (Fonte: wikipedia).

É baseado no genoma dessa planta que as primeiras leis da genética foram estipuladas. Portanto, boa parte dos materiais didáticos que encontramos utilizam as informações genéticas dessa ervilha.

[voltar ao topo ▲](#)