

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE FILOSOFIA, CIÊNCIAS E LETRAS DE RIBEIRÃO PRETO
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA

“Análise de Sequências Didáticas Investigativas de um Curso de Genética para o Ensino Médio.”

Giovanna Paola Moretto Bergamini

Monografia apresentada ao Departamento de Biologia da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, como parte das exigências para a obtenção do título de Licenciado em Ciências Biológicas.

RIBEIRÃO PRETO – SP

2016

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE FILOSOFIA, CIÊNCIAS E LETRAS DE RIBEIRÃO PRETO
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA

“Análise de Sequências Didáticas Investigativas de um Curso de Genética para o Ensino Médio.”

Giovanna Paola Moretto Bergamini

Monografia apresentada ao Departamento de Biologia da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, como parte das exigências para a obtenção do título de Licenciado em Ciências Biológicas.

Prof. Dr. Marcelo Tadeu Motokane

RIBEIRÃO PRETO – SP

2016

Dedicatória

Ao final, percebemos quantas coisas já se passaram e, por ao menos um instante, podemos agradecer por tudo o que se passou. Agradeço primeiramente ao meu noivo e meu melhor amigo, Israel Palandre, que sempre esteve ao meu lado desde o começo me ajudando quando eu mais tive vontade de desistir. A minha família, que sempre me incentivou e me apoiou nas minhas loucuras, me mostrando que sou capaz de alcançar os meus sonhos. Ao meu grupo de estágio e de PIBID Biologia, que juntos ficamos em reuniões à noite discutindo e defendendo nossas aulas, correndo atrás da coordenadora para abrir o laboratório e da moça da cantina para pegar um pedaço de bolo. Ao professor Uriel, por nos auxiliar e permitir que nossas escolhas fossem executadas com sucesso na escola. A toda a escola, desde o corpo pedagógico, docente e de funcionários, que nos atenderam e nos receberam como membros, permitindo conhecer e vivenciar momentos marcantes nas nossas vidas. Aos meus alunos, que me fizeram ser apaixonada pelo que faço. Ao meu orientador, Prof. Dr. Marcelo Motokane, que me permitiu vivenciar essa experiência de “ser professora” com a mesma paixão pela licenciatura, e que me ensinou de muitas conversas, que podemos fazer a diferença na vida dos nossos educandos. Ao grupo LINCE, que me fez sair com dores de cabeça às segundas-feiras de tanto pensar sobre educação. Aos professores da graduação, que me formaram e me fizeram ter certeza de que meu lugar era na Biologia.

Muito obrigada.

“...sem a curiosidade que me move,
que me inquieta, que me insere na
busca, não aprendo nem ensino.”

Paulo Freire, 2002.

Resumo

As dificuldades no ensino de genética são relatadas por educadores e educandos há, no mínimo, três décadas. Sendo assim o presente trabalho tem como objetivo, a partir das dificuldades dos conteúdos e conceitos de genética, verificar se o curso proposto pelo grupo do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência da Biologia - USP de Ribeirão Preto/SP foi elaborado, de fato, de acordo com os princípios da alfabetização científica e do ensino por investigação e se o curso, nesses moldes, favorece a superação de tais dificuldades. Os resultados dessa análise são discutidos e mostram que o curso propõe uma nova forma de ensinar genética, tentando superar as dificuldades previamente conhecidas e inerentes à essa área do conhecimento.

Palavras-chave: ensino de genética, sequências didáticas investigativas, alfabetização científica, ensino por investigação.

Sumário

1. Introdução	p. 01
1.1 Dificuldades no Ensino de genética	p. 01
1.2 Alfabetização Científica	p. 03
1.3 Ensino por Investigação	p. 04
2. Desenvolvimento	p. 05
3. Resultados e Discussão	p. 07
4. Conclusão	p. 11
5. Referências Bibliográficas	p. 12
Anexo 1 – Sequências Didáticas Investigativas	p. 14
Anexo 2 – Atividades complementares às SDIs	p. 42

1. Introdução

É conhecido por educadores e pesquisadores da área do ensino de ciências que os conceitos de genética são complexos de serem ministrados e de difícil compreensão por parte dos estudantes. Se há uma relação dos conteúdos e conceitos da genética com os de demais áreas do conhecimento, as possibilidades de que essa relação facilite a compreensão e o entendimento de conhecimentos no âmbito da genética é muito maior. Em contrapartida, quando não há essa relação entre os conhecimentos de genética e de outras áreas, a aprendizagem se torna mais difícil e abstrata, sendo a área da genética considerada por alunos e professores uma das mais difíceis de compreender. Há diversas razões que justificam o aprendizado de genética (BANET, 2002), entre elas temos a compreensão adequada de fenômenos biológicos - como divisão celular e a reprodução dos seres vivos-, promoção do desenvolvimento de cidadãos críticos que se interessem pela investigação e resultado tecnológico, favorecimento da capacidade de resolver problemas característicos de atividades científicas da percepção que esses conhecimentos são desenvolvidos a partir de um trabalho coletivo de colaboração, tolerância e respeito com as pessoas e os organismos.

1.1 Dificuldades no ensino de genética

A dificuldade dos alunos em compreender conteúdos de genética é citada por vários autores. Alguns trabalhos como os de Çimer (2011, apud TEKKAYA et. Al) apresentam os conteúdos de genética mais difíceis de aprender, selecionados a partir de entrevistas com alunos da educação básica e entre os cinco principais, temos mitose e meiose, genética Mendeliana como os conceitos mais difíceis que afetam a motivação dos discentes em querer aprender.

Encontramos em diversas edições da revista “Genética na Escola” artigos que trazem essas dificuldades atreladas à falta de contextualização com o cotidiano dos estudantes (PEREIRA et. al, 2010), a grande quantidade de conteúdo a ser ensinado não dá espaço para que o professor possa fazer essa associação entre o conteúdo a ser ministrado e os conceitos pretendidos (ROSA et. al, 2010), a compreensão equivocada de termos e conceitos (KLAUTAU et. al, 2014 apud SANTOS) e a falta de interconexões com conteúdos da genética e divisão celular (DENTILLO, 2009). Esses

autores propõem diversas práticas pedagógicas, como a utilização de problemas que os alunos se interessem em solucionar (OLIVEIRA et. al, 2010), jogos didáticos (DASILIO et. al, 2009), utilização de modelo com massa de modelar (DENTILLO, 2009), dinâmicas (PADILHA et. al, 2008) e programas de computador (ROSA et. al, 2010). No artigo de OLIVEIRA et. al (2010), o autor propõe a utilização de temas atuais que tragam uma problemática interessante para o aluno investigar- dentro da compressão de conceitos de DNA -, porém o autor cita a necessidade de que certos conteúdos devam ser ministrados antes da aplicação da atividade proposta. Esses conteúdos seriam sobre gametogênese, divisão celular e meiose, que normalmente são ensinados separadamente dos assuntos de genética e muitas vezes são considerados, pelos professores, sem necessidade de serem ministrados por serem de difícil compreensão (KLAUTAU et. al, 2014).

Mas sobre essa dificuldade de se compreender os conteúdos de genética e todo o questionamento sobre quais seriam as causas que dificultam essa aprendizagem, BANET e AYUSO (1997) levantam alguns pontos interessantes que vão elucidar mais adiante a nossa conclusão. Alguns autores dizem que os livros-texto podem ser os reforçadores dos erros dos alunos, pois eles não relacionam adequadamente os conceitos de genética e meiose, não há uma relação clara de conceitos básicos ao utilizar os termos de maneira confusa (como alelo, gene, DNA, cromossomo e caracteres), não levarem em conta a utilização de alguns princípios matemáticos e não seguirem uma sequência adequada de apresentação dos conteúdos (BANET, 1997 apud. CHO et al, 1985). O trabalho propõe como uma das alternativas, para contornar esses problemas uma estratégia de aprendizagem, a utilização de resolução de problemas para que se possa compreender melhor a estrutura conceitual da genética e a da natureza da ciência (BANET et. al, 1997).

Sabendo sobre a dificuldade dos alunos diante dos conteúdos de genética e a cobrança curricular de serem ministrados, o grupo do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (PIBID) do curso de Biologia da Universidade de São Paulo da cidade de Ribeirão Preto/SP, desenvolveu um material de apoio (Anexo 1) ao professor que é formado por cinco Sequências Didáticas Investigativas, compostas por atividades que foram desenvolvidas com base nos referenciais teóricos de Alfabetização Científica e o Ensino por Investigação.

1.2 Alfabetização Científica

A alfabetização científica consiste em um processo no qual o aluno desenvolve um pensamento crítico capaz de tomar decisões perante questões relacionadas ao conhecimento científico da sociedade e ao seu entorno, tendo base em um pensamento científico, por meio do processo de investigação (SASSERON, 2013). No momento de elaboração das propostas de aula, devemos considerar os três eixos que vão conceder uma base de habilidades possíveis que visam à alfabetização científica. Os eixos estão relacionados à construção de conhecimento em Ciências, e fazem parte de um processo importante na elaboração da argumentação, esses eixos são: A) compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais; B) compreensão da natureza das ciências e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática; C) entendimento das relações existentes entre ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente.

Os alunos e alunas são colocados em situações nas quais devem mostrar a compreensão de conceitos e termos científicos básicos. Dessa forma, o primeiro eixo considera a construção de um conhecimento científico, importante para que os estudantes possam compreender os termos e conceitos e aplicá-lo em situações cotidianas e, posteriormente até mesmo expressarem-se e argumentarem de maneira crítica.

O segundo eixo preocupa-se com o passo anterior à tomada de decisão. Por meio desse eixo os estudantes são capazes de desenvolver ações, quando colocado perante novas situações, as quais demandam reflexões e análises considerando o novo contexto, com base na análise de dados e de fenômenos.

O terceiro eixo visa a “necessidade de se compreender as aplicações dos saberes construídos pelas ciências, considerando as ações desencadeadas pela aplicação deles.” A relação entre ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente, é de grande importância. Se o estudante se depara com um problema que deve ser resolvido por meio da integração das diversas áreas do conhecimento e, ao longo de sua formação o indivíduo trabalhou apenas em um único âmbito do conhecimento, esse estudante terá

dificuldades de associar o conhecimento interligado com outras áreas a resolução de novos problemas.

1.3 Ensino por Investigação

Considerando agora o Ensino por Investigação, temos como proposta a utilização de problemas para a construção do conhecimento, desestruturando e reconstruindo o raciocínio do aluno quando deparado com novas situações. O professor traz um problema para ser discutido, auxiliando o aluno a construir o pensamento crítico, diferentemente da aula expositiva tradicional, em que o pensamento já está estruturado pelo professor e o aluno deve acompanhar o que é dito, na maior parte das vezes construindo equivocadamente o seu raciocínio ou apenas executando processos de memorização. (CARVALHO, 2013)

Os referenciais utilizados preconizam a utilização de problemas investigativos para compreensão do pensamento científico, o desenvolvimento do pensamento crítico e a assimilação dos conteúdos e conceitos. Para comportar tais referências de forma que obtivéssemos máximo aproveitamento das atividades por parte dos alunos, procuramos agregá-los a Sequências Didáticas Investigativas.

As Sequências Didáticas Investigativas (SDIs) são propostas de atividades que abrangem os conteúdos programáticos escolares, reestruturando os conhecimentos espontâneos dos alunos para conhecimentos científicos, de modo que possam entender questões já discutidas por gerações anteriores. *“De um modo mais geral, sequências didáticas podem ser consideradas como um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos alunos (MOTOKANE, 2015 apud. ZABALA, 1998).”*

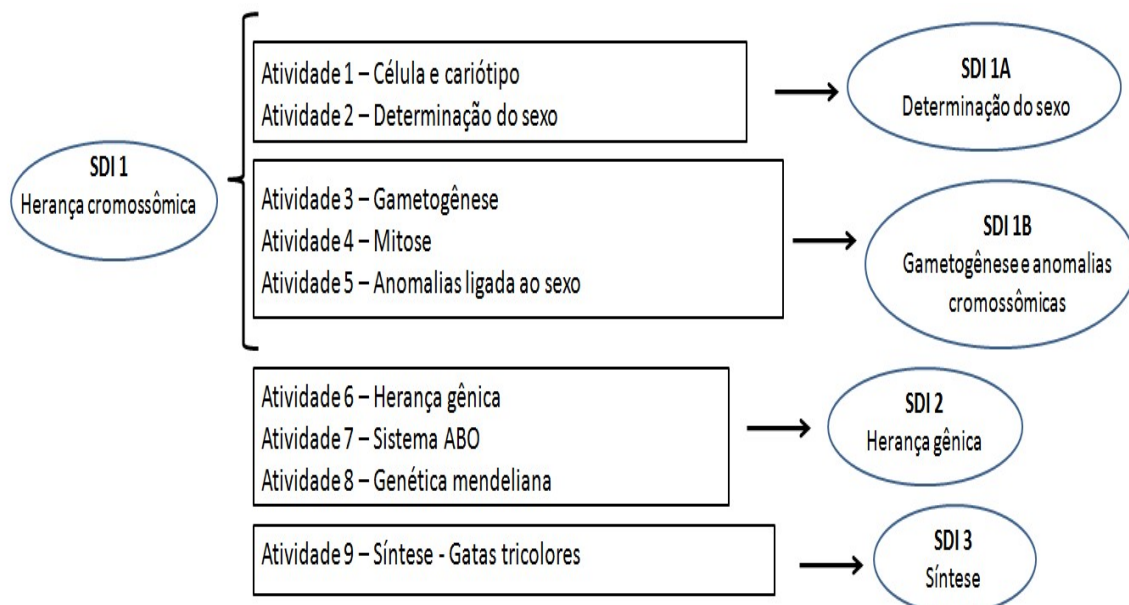
As SDIs apresentam um problema, podendo ser teórico ou experimental, de maneira contextualizada, que garanta condições para que os alunos possam trabalhar com as variáveis e desenvolver o raciocínio científico. As atividades de sistematização seguem com a consolidação do conhecimento adquirido pelos alunos em relação à parte teórica, para que haja uma discussão do que aprenderam com o que propuseram para a resolução do problema indicado. A contextualização do conhecimento também é uma atividade de extrema importância, porque assim os alunos podem observar a aplicação

do conhecimento científico em seu cotidiano e em problemas da sociedade, sendo assim, uma atividade de aprofundamento do assunto.

2. Desenvolvimento

O seguinte material apresentado neste trabalho foi desenvolvido pelo PIBID Biologia da USP de Ribeirão Preto, que propôs um curso de genética para ser aplicado no segundo ano do ensino médio, em uma escola pública da mesma cidade, no período de Agosto a Dezembro de 2015. O material produzido foi utilizado posteriormente à aplicação, pelo grupo de pesquisa LINCE (Linguagem e Ensino de Ciências) para análise do material e dos resultados.

Conforme foi colocado anteriormente, o ensino de genética é considerado de difícil entendimento, exigindo dos educadores e pesquisadores novas práticas para ensinar genética. Em nosso material, produzido com base no ensino por investigação e a alfabetização científica, propusemos Sequências Didáticas Investigativas (SDIs) que abrangem os grandes temas da genética. Compostas por atividades que podem ser trabalhadas pelo professor, separadamente ou em conjunto, as SDIs estão divididas tematicamente em “SDI 1 - Herança cromossômica” (atividades de 1 a 5), “SDI 2 - Herança gênica” (atividades de 6 a 8) e “SDI 3 - Síntese” (atividade 9). Dentro do tema “SDI 1 - Herança cromossômica” há duas SDIs: “SDI 1A - Determinação do sexo” (atividades 1 e 2) e “SDI 1B - Gametogênese e anomalias cromossômicas” (atividades de 3 a 5), que podem ser trabalhadas em conjunto como uma única SDI 1 (“herança cromossômica”) ou separadamente, dando autonomia ao professor para trabalhar esses assuntos utilizando apenas algumas atividades do material. O material possui a seguinte estruturação:



Esquema 1 (E1) – Estruturação do curso de genética baseado na divisão de atividades e SDIs.

As atividades 1 e 2 podem ser agrupadas em uma SDI que visa trabalhar a organização do cariótipo, a interpretação do mesmo com o entendimento do conceito de cromossomo e a localização do material genético dentro da célula e a identificação de determinação do sexo biológico nos seres humanos e em outros organismos. Essas atividades formam a SDI1A, que são trabalhadas a herança cromossômica dos indivíduos e problematizadas nas atividades propostas.

Atividades de número 3, 4 e 5 seguem trabalhando questões da herança cromossômica, porém se agrupam na SDI1B. Essa sequência busca, a partir do processo da gametogênese – considerado por nós essencial para o entendimento dos demais processos abordados pelas nossas sequências –, compreender a importância de tal processo na transmissão de caracteres, bem como as consequências envolvidas quando este não ocorre da maneira adequada.

As atividades que se concentram em tratar das questões relacionadas à herança cromossômica, apesar de estarem em duas sequências didáticas investigativas separadamente, podem ser trabalhadas em conjunto pelo professor. Temos, portanto, a SDI1 que aborda em sua totalidade as “Heranças cromossômicas”.

A segunda SDI do curso de genética, agora abordando o tema de heranças gênicas, é formada pelas atividades 6, 7 e 8. Essas atividades trabalham nomenclaturas científicas, transmissão de características partindo da gametogênese e a história da construção do conhecimento por Mendel. Como foi dito anteriormente essa sequência não necessariamente precisa ser trabalhada em conjunto com as anteriores, porém sua construção priorizou alguns conhecimentos prévios que, se o professor optar pela utilização da SDI2, deverá trabalhar anteriormente questões como, por exemplo, o processo da gametogênese para uma compreensão melhor das atividades e para um melhor prosseguimento dos processos de alfabetização científica e ensino por investigação.

A atividade 9, presente na SDI3, tem como objetivo organizar, por meio de uma atividade problematizadora, todos os conceitos e processos considerados por nós como básicos e pertinentes ao entendimento dos conteúdos de genética. Essa questão foi elaborada com o intuito de relacionar todo o conteúdo aprendido ao longo das atividades em uma situação contextualizada no cotidiano dos alunos, observando que os

processos microscópicos estudados por eles se expressam de maneira visível e macroscópica no dia a dia.

Levamos em consideração a organização das atividades desse material alguns aspectos como:

- relação dos temas trabalhados com o assunto geral da SDI;
- organização dos processos com base na gametogênese como fundamento para compreensão dos demais processos;
- elaboração de uma SDI cujas atividades garantissem os eixos da alfabetização científica e o ensino por investigação;
- uma SDI que trouxesse atividades introdutórias do assunto de síntese e aprofundamento, garantindo uma sequência lógica para que o professor pudesse utilizar apenas as SDIs de interesse sem prejudicar o entendimento;

3. Resultados e Discussão

As Sequências Didáticas Investigativas foram organizadas priorizando o ensino por investigação (EI) e a alfabetização científica (AC). Dessa forma, cada SDI foi analisada segundo as atividades que a compõe buscando identificar se as sequências são investigativas e se buscam a alfabetização científica dos alunos conforme é proposto por cada referencial.

Temos os três eixos estruturantes da alfabetização científica (SASSERON,2014): compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais; compreensão da natureza das ciências e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática; entendimento das relações existentes entre ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente.

No ensino por investigação, temos os três tipos de atividades-chave que compõem uma sequência didática investigativa que vão caracterizar o ensino por investigação (CARVALHO, 2014): problema, sistematização e contextualização.

As letras de “A” a “F” contidas nas tabelas foram utilizadas para caracterizar cada eixo ou tipo de atividade referente a cada um desses referenciais teóricos, como podemos ver descritos a seguir, divididos em duas categorias:

- Eixos estruturantes da alfabetização científica (SASSERON, 2014)

- A) Compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais.
- B) Compreensão da natureza das ciências e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática.
- C) Entendimento das relações existentes entre ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente.

- Ensino por investigação - atividades chaves da SDI (CARVALHO, 2014)

- D) Problema
- E) Sistematização
- F) Contextualização

A tabela a seguir refere-se à análise feita de cada SDIs presente no curso apresentado, averiguando quais eixos estruturantes da alfabetização científica cada SDIs apresenta, bem como as atividades-chave que caracterizam uma sequência didática investigativa segundo o ensino por investigação:

SDI	Eixos da AC	EI
Determinação do sexo	A, B, C	D, E, F
Gametogênese e anomalias cromossômicas	A, B, C	D, E, F
Herança cromossômica	A, B, C	D, E, F
Herança gênica	A, B, C	D, E, F
Síntese	A, C	D, E, F

Tabela 1 (T1) – Análise das SDIs com base nos eixos estruturantes da alfabetização científica (SASSERON, 2014) e no ensino por investigação (CARVALHO, 2014).

Na tabela abaixo temos a análise individual de cada uma das atividades, averiguando a presença dos eixos estruturantes da alfabetização científica e das atividades-chave que compõem uma SDI no ensino por investigação. A relação das atividades que compõem cada uma das SDIs analisadas em T1 pode ser explicitada no esquema E1 descrito no início do trabalho.

Atividade	Eixos da AC	EI
1	A, C	D, E, F
2	A, B, C	D, E, F
3	A, B	D, E, F
4	A	E, F
5	A, C	D, E
6	A, C	D, E, F
7	A, C	D, E, F
8	A, B	D
9	A, C	D, E, F

Tabela 2 (T2) – Análise das atividades de compõem as SDIs com base nos eixos estruturantes da alfabetização científica (SASSERON, 2014) e no ensino por investigação (CARVALHO, 2014).

A SDI “Herança gênica” apresenta os três eixos da alfabetização científica. Podemos identificar na atividade 6, por exemplo, o eixo “A” da alfabetização científica (compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais), que trata de uma maneira introdutória o conceito de alelos e heredograma. Observamos também ser uma atividade que tem o seu foco no ensino por investigação, por trazer contextualização e, ao final, a sistematização do conceito trabalhado.

O segundo eixo da alfabetização científica “B” (compreensão da natureza das ciências e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática), pode ser identificado na atividade 8 com a história da construção do pensamento científico por Mendel. Essa atividade traz a construção do conhecimento científico de uma determinada época,

mostrando ao aluno que o pensamento científico vem de testes experimentais, tentativas e erros e se baseia em conhecimentos de várias áreas para chegar a uma hipótese que, por fim, não gera uma verdade absoluta.

O eixo “C” da alfabetização científica (entendimento das relações existentes entre ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente), pode ser identificado dentro da SDI2, na atividade 7. Essa atividade traz de maneira divertida um assunto que faz parte do cotidiano dos alunos, o sistema ABO. Por meio dessa atividade que contextualiza, problematiza e ao final sistematiza o conhecimento, os alunos entendem a relação do conhecimento científico com a sociedade e a tecnologia em assuntos nos quais o conhecimento não se restringe apenas à comunidade científica, mas se refletem diretamente na sociedade.

O material apresentado foi organizado e estruturado de forma que os assuntos e conteúdos a serem ministrados apresentassem uma ordem de compreensão em sua totalidade, bem como a presença dos eixos estruturantes e o ensino por investigação. Tendo em vista essa organização, o primeiro aspecto considerado é a relação entre os temas trabalhados com o assunto geral da SDI. Cada SDI apresenta um assunto geral, por exemplo, a SDI 1A pretende abranger como é a determinação do sexo biológico nos indivíduos e quais as diferentes formas nos demais organismos e de como é feita a representação da análise cromossômica dessa característica. Dessa forma, os temas trabalhados nas atividades (1 e 2 no nosso exemplo), estão organizados de acordo com o assunto geral da SDI, garantindo a compreensão em sua totalidade do conteúdo proposto, tendo um começo e um fim bem delimitados para que as atividades correspondam-se adequadamente.

Um segundo aspecto contemplado foi de tomar como base o processo da gametogênese como essencial para o entendimento dos demais processos abordados. A gametogênese é trabalhada como conceito na atividade 3 dentro da SDI1B (SD 1) e, posterior a isso, as demais atividades, tanto dentro das demais SDIs quanto - principalmente - dentro da SDI em questão, priorizam a utilização desse processo na resolução das atividades investigativas. Pretendemos, tendo como base o processo da gametogênese para a realização dos demais, que os alunos percebam que há uma íntima ligação entre as características genéticas que os indivíduos apresentam com a

hereditariedade das mesmas e com isso compreenderem que os demais processos, como a “Genética Mendeliana” e os cruzamentos feitos por Mendel utilizando letras (AA,aa), são representações de características herdadas.

Como terceiro aspecto, buscamos elaborar SDIs que garantissem os três eixos da alfabetização científica e o ensino por investigação. Assim, na tabela T1, temos uma análise das cinco SDIs presentes no material, sendo que em a maioria delas contemplam tanto os três eixos da alfabetização científica quanto as três atividades chaves de uma SDI do ensino por investigação. Na tabela T2, temos a análise por atividade, sendo assim, observamos que a estruturação das atividades e o posicionamento delas dentro de cada SDI se relaciona tanto para a compreensão geral do tema quanto para formar uma SDI coesa com atividades chaves que contemple todos os eixos da alfabetização científica.

Assim, o quarto aspecto pretende que nas SDIs haja uma coerência entre as atividades, tendo elas um caráter introdutório, de síntese e de aprofundamento que garantisse uma sequência lógica na qual cada SDI pudesse ser utilizada separadamente pelo professor de acordo com a sua necessidade. Tendo em vista, portanto, que na tabela T1 cada SDI contempla os eixos da alfabetização científica e o ensino por investigação, cada SDI apresenta um momento introdutório ao assunto, com uma atividade investigativa inicial contextualizando o conceito e definindo-o (eixo “F” do EI), uma síntese realizada por uma atividade de sistematização (eixo “E” do EI) e um aprofundamento do assunto, utilizando de problemas para inserir o aluno em uma aplicabilidade do conceito compreendido (eixo “D” do EI). Dessa forma, as atividades dentro de cada SDI, tendo em vista a tabela T2, são atividades investigativas proveniente do ensino por investigação que se estruturam dentro de uma SDI completa para tais características.

4. Conclusão

A análise do material proposto demonstra que o arcabouço teórico escolhido para embasar as atividades das Sequências Didáticas Investigativas estão presentes de maneira clara e bem distribuída ao longo das atividades. O professor tem livre escolha em trabalhar com o material da maneira que julgar melhor, pois todas as atividades são

completas em si mesmas permitindo que os assuntos tenham início e fim em uma única sequência didática, contemplando todas elas os eixos da alfabetização científica e do ensino por investigação. Se o professor optar por utilizar o material em sua totalidade espera-se que, ao final da sequência das aulas, o aluno tenha desenvolvido a argumentação e o pensamento crítico e, quando se deparar com situações do cotidiano que envolva esses processos, o estudante seja capaz de expressar sua opinião de maneira lógica, embasada e crítica.

5. Referências Bibliográficas

BANET, E.; AYUSO, G. E. Introducción a la genética en la enseñanza secundaria y bachillerato: I. Contenidos de enseñanza y conocimientos de los alumnos." *Enseñanza de las Ciencias*, v. 13, n. 2, p.137-153, 1995.

BANET, E.; AYUSO, G. E. Alternativas a la enseñanza de la genética en educación secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 20, n. 1, p. 133-157, 2002.

CARVALHO, A. M. P. de. O ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. *Ensino de Ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula*. São Paulo: Cengage Learning, p. 1-20, 2014.

ÇIMER, A. What makes biology learning difficult and effective: students' views. *Educational Research and Reviews*, v. 7, n. 3, p. 61, 2012.

DASILIO, K.L.A.; PAES, M.F. Genética no cotidiano: o sistema ABO na transfusão sanguínea. *Genética na escola*, v.2, n. 4, p. 30-35, 2009.

DENTILLO, D.B. Divisão celular: representação com massa de modelar. *Genética na escola*, v. 1, n. 4, p. 33-36, 2009.

KLAUTAU, M.N.G.; PEDREIRA, M.M.; OLIVEIRA, S.F. Tirinhas no ensino da estrutura, função e conceito de gene. *Revista Brasileira de Genética na Escola*, v. 9, n. 2, p. 118, 2014.

MOTOKANE, M. T. et al. Análise da argumentação presente em textos escritos de genética. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, n. Extra, p. 547-550, 2009.

OLIVEIRA, F. B.; SILVEIRA, R. M. V. O teste de DNA na sala de aula: é possível ensinar biologia a partir de temas atuais?. *Genética na Escola*, v. 1, n. 5, p. 1-4, 2010.

PADILHA, I.Q.M.; PEREIRA, M.G. Proposta de atividade dinâmica como ferramenta de ensino da estrutura de DNA. *Genética na Escola*, v. 2, n. 3, p. 28-31, 2008.

PEREIRA, B.B.; CAMPOS, E. O.; BONETTI, A. M. Extração de DNA por meio de uma abordagem experimental investigativa. *Genética na Escola*, v. 5, n. 2, p. 20-2, 2010.

ROSA, R. T. N.; SILVA, E. L. L. Utilizando o Genbank como integrador de conceitos de biologia molecular. *Genética na Escola*, v. 2, n. 5, p. 17 -19, 2010.

SASSERON, L. H. Interações discursivas e investigação em sala de aula: o papel do professor. *Ensino de Ciências por Investigação: condições para implementação em sala de aula*. São Paulo: Cengage Learning, p.41-61, 2014.

Anexo 1 – Sequências Didáticas Investigativas

Atividade 1 – A célula e o cariótipo

Introdução à genética

As células são as menores unidades estruturais dos seres vivos. Um conjunto de células forma os tecidos, os tecidos vão formar os órgãos e vários órgãos executam suas funções dentro de um sistema em um organismo. As células são divididas, de maneira geral, em membrana plasmática, citoplasma e núcleo. A membrana plasmática separa o conteúdo do interior da célula do meio externo. Essa membrana seleciona tudo aquilo que pode ou não entrar, como os açúcares e água que tem passagem livre por ela. Já em seu interior temos o citoplasma, um fluido composto basicamente por água e açúcares, onde se encontram as organelas que são estruturas que realizam papéis importantes para manter a célula viva e executando suas funções. Como exemplo de organela têm-se as mitocôndrias, responsáveis por transformar os açúcares em energia para a célula. Por fim, imerso no citoplasma, temos o núcleo. O núcleo é delimitado por uma membrana que separa o conteúdo genético –DNA – no seu interior do citoplasma.

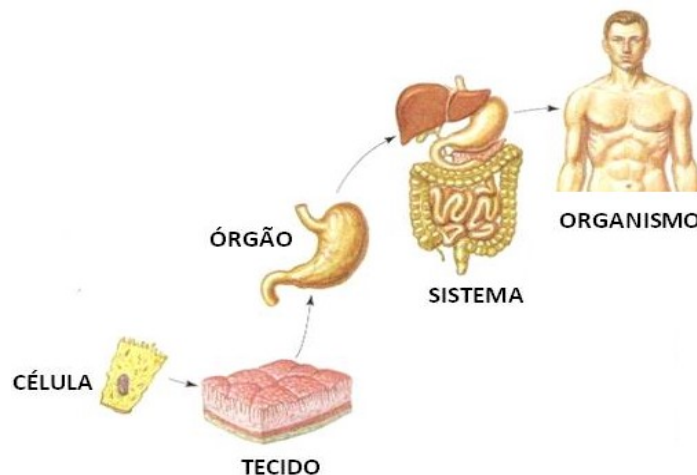


Figura 1 – Ilustração da localização de uma célula em um organismo.

Observe a lâmina preparada com células da mucosa bucal no microscópio óptico. Desenhem abaixo a célula observada e tente identificar suas partes que foram descritas no texto anterior.



Vamos agora direcionar nossos olhares somente para o núcleo. O que podemos ver? Podemos distinguir três coisas, a primeira delas um líquido viscoso no qual se encontra imerso outras duas coisas, os nucléolos e a cromatina. O nucléolo é um corpúsculo denso que tem como função ajudar na produção de proteína para a célula. Já a cromatina é o material genético na sua forma mais simples. Durante alguns processos celulares, que vamos estudar mais adiante, podemos observar que essa cromatina precisa estar condensada, isso é, compactada para que o processo ocorra. Quando há essa compactação do material genético damos o nome de cromossomo, que é a forma em que podemos observar no microscópio óptico.

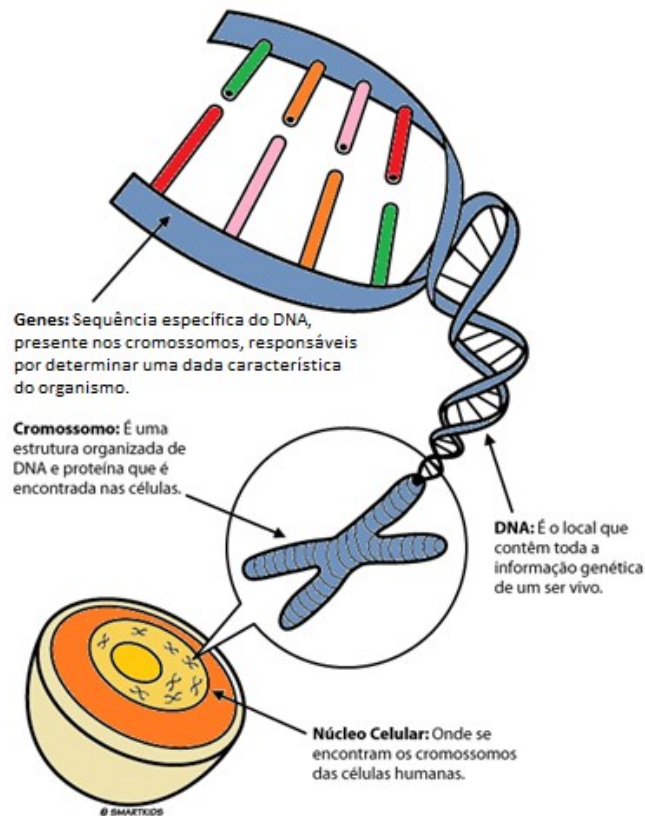


Figura 1.2—Localização e componentes do cromossomo.

O cariótipo é uma representação dos cromossomos que são encontrados nas células dos seres vivos. Dessa forma podemos contabilizar a quantidade dos cromossomos de cada espécie e agrupá-los de acordo com suas semelhanças formando pares de cada tipo. Vamos montar o cariótipo:

CSI Las Vegas:

Vocês foram convocados para resolver um crime que envolve a montagem e análise de um cariótipo a fim de descobrir sobre o principal suspeito e a vítima. O caso consistiu da seguinte forma:

- Foi encontrado no local do crime um carro todo danificado onde dentro havia um corpo, que se supõem ser da vítima, totalmente queimado. Dentro do porta-malas do carro também foi encontrado dentro de uma bolsa objetos como faca, bala de revólver, fósforos, uma garrafinha contendo água e um palito de sorvete. Foram coletados materiais genéticos do corpo carbonizado, como células do estômago que foram preservados, com o intuito de descobrir de que sexo biológico – se masculino ou feminino- era a vítima, já que não era possível identificá-lo. Foram coletadas também amostras genéticas dos objetos encontrados, na garrafa de água e no palito de sorvete tinham saliva que continham células da mucosa (aquelas que vocês observaram no microscópio anteriormente) que foram constatados ser da mesma pessoa, o assassino, que também precisa ser identificado o sexo biológico do indivíduo.

Sua missão é analisar o envelope entregue com as características genéticas encontradas dos sujeitos seguindo as instruções abaixo e desvendar:

Qual era o sexo biológico da vítima? E do assassino?

- ORIENTAÇÕES GERAIS

Vocês receberam cromossomos humanos para montar o idiograma (cariótipo). Em alguns casos vocês terão de medi-los com a régua a partir do centrômero tanto para cima quanto para baixo, para auxiliar a identificação, pois os cromossomos devem ser dispostos por ordem decrescente de tamanho organizando-os sobre o gabarito. É preferível colar os cromossomos apenas no final, para evitar enganos. Colem cada cromossomo recortado no local correspondente ao seu número na folha de gabarito, fazendo o centrômero coincidir com a linha tracejada. Orientem cada cromossomo com o braço mais longo para baixo da linha tracejada.

Com base no cariótipo, respondam:

1) Qual o sexo biológico da vítima? E do assassino?

2) Todos os cromossomos são iguais? Por quê?

3) Como eles estão organizados no cariótipo?

4) O que foi determinante para diferencia o sexo dos indivíduos?

Atividade 2 – Determinação do sexo

Como ocorre nos animais?

Nesta aula falaremos sobre a determinação do sexo em diferentes animais. Mas antes vamos retomar o tema estudado na aula passada: cariótipo. Observando o Quadro 1 (abaixo), responda: *Quais características são importantes para diferenciar um cariótipo de uma espécie do cariótipo de outra?*

Espécies animais	Número de cromossomos
<i>Culex pipiens</i> (pernilongo)	6
<i>Musca domestica</i> (mosca)	12
<i>Schistosoma mansoni</i> (esquistossomo)	16
<i>Didelphis albiventris</i> (gambá)	22
<i>Periplaneta americana</i> (barata)	32
<i>Heliconinuserato</i> (borboleta)	42
<i>Arapaima gigas</i> (pirarucu)	56
<i>Cavea perea</i> (preá)	64

Quadro 1 – Número de cromossomos em diferentes espécies animais.

Agora, levando também em consideração o Quadro 2 (abaixo), responda novamente: *Quais características são importantes para diferenciar um cariótipo de uma espécie do cariótipo de outra?*

Espécies animais	Número de cromossomos
<i>Biomphalariaglabrata</i> (caramujo)	36
<i>Bothrops jararaca</i> (cobra jararaca)	36
<i>Canis familiaris</i> (cachorro)	78
<i>Gallusdomesticus</i> (galinha)	78

Quadro 2 – Número de cromossomos em diferentes espécies animais.

A partir desse momento, retomem o cariótipo feito na aula passada. Todos os cromossomos tem o mesmo tamanho? O mesmo número de bandas? Os braços são iguais? Será que o padrão de cada cromossomo é igual em todas as espécies? Juntando essas informações com as respostas dos exercícios anteriores, responda novamente englobando todas elas: *Quais características são importantes para diferenciar um cariótipo de uma espécie do cariótipo de outra?*

Assim como em nossa espécie, outros animais também possuem formas de determinar o sexo. Em nosso caso, como vimos, são nossos **cromossomos sexuais** que determinam se seremos do sexo feminino ou masculino. Esse tipo de determinação sexual por cromossomos sexuais também ocorre em outros mamíferos, nas aves, em alguns répteis, em alguns peixes e em alguns insetos. Mas fatores ambientais, como a temperatura, é o fator determinante do sexo em algumas espécies de répteis (crocodilianos, tuataras e alguns lagartos e tartarugas) e em um caso mais específico, como em abelhas e formigas, é a **ploidia** (número de cromossomos no núcleo de uma célula somática) que determina o sexo, onde as fêmeas são **diploides (2n)** e os machos **haploides (n)**. Quando se diz que um organismo é haploide, é o mesmo que dizer que seus cromossomos não são duplicados, como ocorre nos organismos diploides, como nós (lembrem-se dos pares de cromossomos do cariótipo montado por vocês). Os animais diploides também podem produzir células haploides chamadas de **gametas**: os produzidos pelas fêmeas são chamados de óvulos e os produzidos pelos machos de espermatozoides. Os gametas são essenciais para a formação de uma nova vida durante a reprodução sexuada, assunto que será abordado na próxima aula.

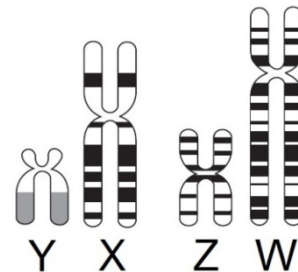
Que bicho é esse?

Um grupo de quatro biólogos especialistas (um entomólogo, um ornitólogo, um mastozoólogo e um herpetólogo) foi até a Floresta Amazônica para coletar materiais biológicos, respectivos de suas áreas. Cada um deles encontrou amostras (como secreções, fluidos e fezes) que saibam se tratar do seu grupo de estudo, mas gostariam de saber também sua composição, então os mandaram para um laboratório em Ribeirão Preto poder analisa-los. Chegando lá, os cientistas descobriram que as identificações foram embaralhadas devido à viagem, e agora eles não sabem a qual grupo de animais pertence cada amostra. Como foram encontrados células em todas

elas, eles decidiram montar o cariótipo para descobrir qual identificação é de qual amostra analisando os cromossomos sexuais, e somente depois continuar análises mais profundas. O trabalho de vocês é ajudar os cientistas a resolver esse problema. Para isso, os cariótipos das amostras foram divididos entre os grupos, cada um ficando responsável por um deles. Lembrem-se: cada biólogo coletou apenas uma amostra pertencente a seu grupo de estudo. Após montarem o cariótipo e compararem o resultado com as tabela e imagem abaixo e com os resultados dos outros grupos, respondam:

A qual grupo de animais pertence esse cariótipo? Como chegaram a essa conclusão?

Grupo animal	Cromossomos sexuais
Maioria dos mamíferos e insetos.	XX (♀), XY (♂).
Maioria das aves e alguns peixes.	ZW (♀), ZZ (♂).
Alguns insetos.	XX (♀), XO (♂).
Alguns répteis e aves.	ZO (♀), ZZ (♂).



Como funciona a determinação por temperatura?

Como vocês viram no texto acima, além da determinação do sexo por cromossomos sexuais, também existe a determinação do sexo através da temperatura que ocorre em crocodilianos, tuataras e alguns lagartos e tartarugas. Biólogos fizeram experimentos e determinaram que temperaturas iguais ou acima de 30°C geravam fêmeas, e abaixo ou iguais a 28°C geravam machos. A partir daí, estudaram mais a fundo e descobriram que a temperatura influenciava os níveis de estrógeno produzidos pelo embrião (estrógeno é o hormônio responsável pelas características femininas). Era este o responsável final pela determinação do sexo.

A partir dessas informações, elaborem um ou mais experimentos que evidenciem o papel do estrógeno como real responsável pela determinação do sexo dos embriões. Vocês podem variar a temperatura e o nível de estrógeno, e utilizar até 5 ovos de tartaruga. Mãos à obra!

Atividade 3 – GAMETOGENESE

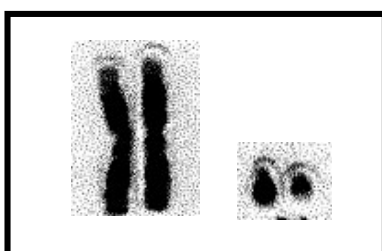
Formação de gametas

Vocês são naturalistas ingleses do século XIX enviados ao Himalaia com o principal objetivo de estudar diferentes aspectos da fauna (mosquito, ursos, cervos,...) deste país. Durante vários meses vocês se dedicaram apenas a este objetivo, porém ao se familiarizarem com a cultura do povoado onde vocês estavam hospedados, um determinado fato lhes chamou a atenção: era comum que um homem cuja esposa não gerou filhos homens tivesse uma segunda esposa, pois os moradores do povoado acreditavam que as mulheres eram as responsáveis pela determinação do sexo da criança.

Vocês ficaram tão intrigados com esta cultura que decidiram abandonar temporariamente seu objetivo inicial e se dedicar a responder (levando em conta apenas aspectos BIOLÓGICOS) as seguintes questões: Os homens do povoado tinham razão em culpar suas mulheres por não gerarem filhos do sexo masculino? O gameta masculino ou o feminino determina o sexo de um indivíduo da espécie humana? Como será que essa determinação ocorre? Como um gameta se forma?

Após discutirem, vocês decidem que a última pergunta é a primeira que deve ser analisada, já que ela é a base para a resposta de todas as outras. Para isso, vocês buscam todo o conhecimento até então existente sobre o tema nos livros que vocês trouxeram e decidem usar os cromossomos (já conhecidos) do mosquito *Anopheles sp* como modelo para a formulação das suas hipóteses, pois o processo geral de gametogênese deve ser semelhante em todas as espécies. Vamos ao trabalho!

*** Cromossomos autossômicos (aqueles que determinam características não relacionadas ao sexo) do mosquito *Anopheles sp***



***Conhecimentos disponíveis nos livros**

- Pelos livros vocês sabem que gametas são células reprodutivas produzidas por machos e fêmeas a partir de determinadas células diploides e que eles possuem metade do número de cromossomos do cariótipo dos organismos de certa espécie. Também tem o conhecimento de que o gameta masculino e o feminino podem fundir-se durante a reprodução sexuada (fecundação) e dar origem a um ser vivo com um número de cromossomos igual ao de seus pais.

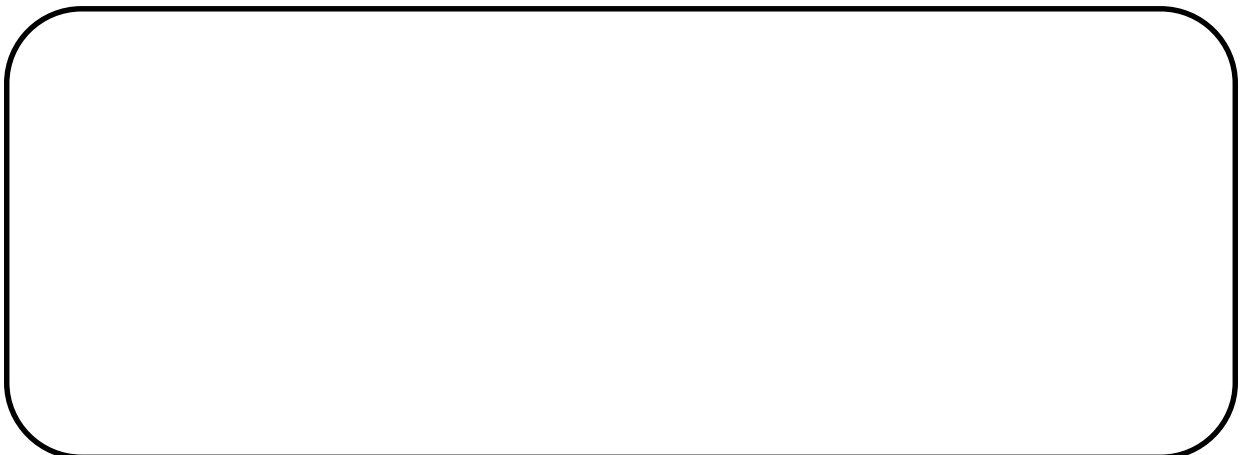
Obs. Ainda não se sabe quantas células gaméticas são formadas a partir de uma célula diploide.

- Escrevam e esquematizem aqui as hipóteses que vocês criaram para a pergunta: Como um gameta se forma?



Depois de formularem tais hipóteses vocês precisam testá-las, porém não possuíam o equipamento necessário para testá-las no Himalaia, por isso as mandaram para a Sociedade Científica de Londres onde o teste era possível, e depois de algum tempo receberam uma carta que continha novas informações. Após a leitura desta, vocês analisam se é necessário ou não repensarem suas hipóteses.

- Escrevam aqui as novas hipóteses, se necessário.

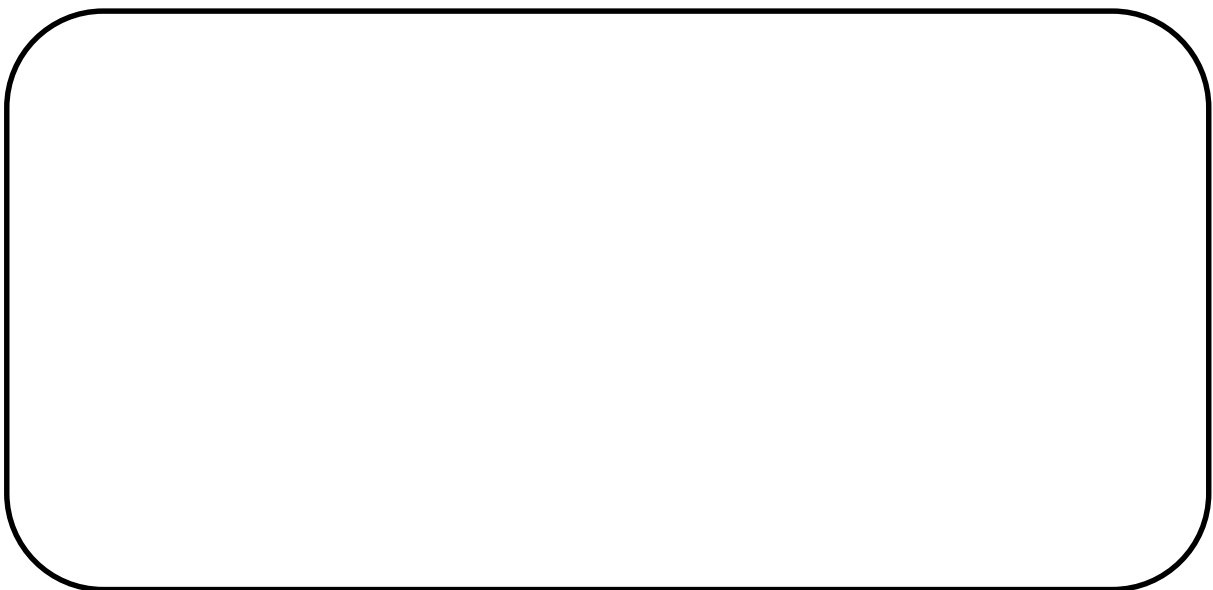


Agora meses depois, vocês recebem uma outra carta da sociedade com notícias mais detalhadas sobre o processo de formação dos gametas.

Após a leitura da carta vocês se convencem de que o processo descrito provavelmente está correto. Agora, vocês passam a se dedicar na formulação de hipóteses para as outras perguntas: Os homens do povoado tinham razão em culpar suas mulheres por não gerarem filhos do sexo masculino? O gameta masculino ou o feminino determina o sexo de um indivíduo da espécie humana? Como será que essa determinação ocorre?

Obs. Lembre-se que vocês querem apenas hipóteses baseadas em conhecimentos BIOLÓGICOS.

- Escrevam aqui as hipóteses:



Uma vez formuladas as hipóteses vocês as mandam mais uma vez para serem testadas e depois de um longo tempo recebem mais uma carta.

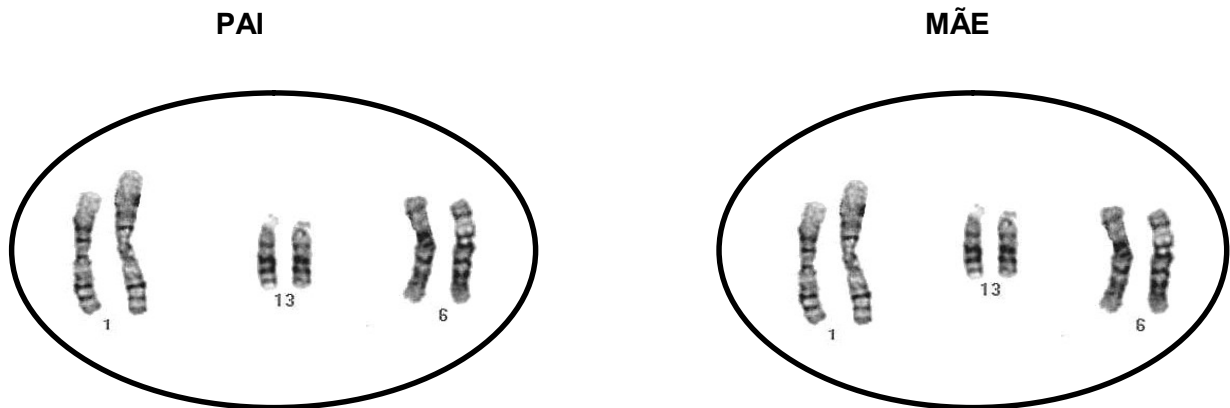
Vocês ficaram satisfeitos com o resultado e o fim dessas pesquisas e decidem tirar alguns dias de folga no povoado. Durante esse período, um de vocês começa a pensar na seguinte questão ao observar dois irmãos do mesmo sexo brincando: Por que eles não são iguais? Qual será a fonte dessa diferença?

Então, a pessoa que formulou essa questão a faz aos outros, e todos ficam muito entusiasmados e cancelam as férias para formularem hipóteses que possam responder este problema.

Para simplificar tal formulação, vocês decidem desenvolver hipóteses utilizando apenas os pares de cromossomos abaixo ao invés de todos os 23 pares existentes na espécie humana.

DICA: Antes de formular hipóteses faça a gametogênese simplificada com os cromossomos.

***Pares de cromossomos selecionados**



- Escrevam e esquematizem aqui as hipóteses criadas:

Atividade 4 – Mitose

O desenvolvimento dos organismos

Vimos até aqui que o material genético se organiza em cromossomos dentro do núcleo das células e que existe um par de cromossomos, chamados de cromossomos sexuais, que define se as pessoas serão do sexo masculino ou feminino, e a maneira como esses cromossomos são passados para as células especializadas da reprodução – os gametas. Nesta aula vamos ver um dos mecanismos responsáveis pelo crescimento e desenvolvimento dos seres vivos. Mas antes disso...

- f) Contração da membrana plasmática, dividindo a célula e seu conteúdo em outras duas células: _____.
- g) Duplicação do material genético: _____.
- h) Cromossomos são vistos na região equatorial da célula: _____.
- i) Condensação do DNA: _____.
- j) Encurtamento das fibras do fuso, “puxando” os cromossomos: _____.

3. Além do crescimento e do desenvolvimento, existem outros eventos em que a mitose está envolvida no nosso organismo? Se sim, quais?

4. Escolha uma fase da mitose na apresentação de slides e desenhe-a abaixo, indicando também qual é a fase.



Atividade 5 – Anomalias cromossômicas

Cromossomos sexuais e autossômicos

Os naturalistas Ingleses no Himalaia, após todas as pesquisas de gametogênese realizadas, percebem que existem alguns indivíduos com fisionomias diferentes:

- Mulheres inférteis são muito mais baixas que o normal;
- Homens apresentam mamas, além de braços e pernas muito longos;
- Homens apresentam muitos pelos e acne, além de um comportamento agressivo;
- Mulheres apresentavam uma fertilidade muito baixa, e um início precoce da menopausa;
- Crianças apresentavam baixa estatura, alguns problemas cognitivos, orelhas pequenas e língua grande;
- Bebês com fendas labiais (lábio leporino), com polidactilia (6 ou mais dedos), que nasciam mortos, ou tinham uma expectativa de vida baixa (6 meses a 1 ano).

Por conta dos estudos realizados previamente, e da confiança adquirida pela população local, vocês decidem coletar amostras de células da mucosa da bochecha desses indivíduos, ao analisar nos microscópios ópticos que vocês levaram, vocês não percebem nenhuma diferença das células com a de indivíduos normais. Ainda intrigados, vocês decidem enviar as amostras para a Inglaterra, para uma análise mais complexa, vocês recebem de volta uma carta:

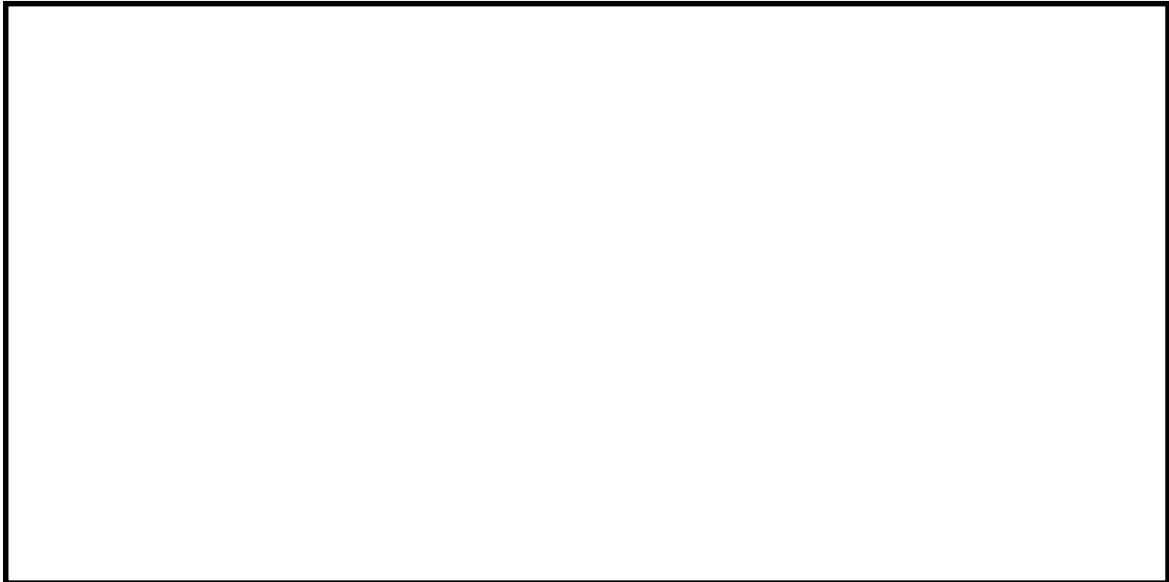
“ Caros Naturalistas,

Após uma análise mais profunda conseguimos esses cariótipos, porém percebemos que existem algumas diferenças neles. Enviamos os cariótipos dos 6 indivíduos analisados, Acreditamos que esses cariótipos possam auxiliá-los a compreender o que ocorreu em cada um dos casos ”.

Após a montagem do cariótipo observem os cromossomos. **O que está diferente? Qual o processo celular envolvido e o que pode ter acontecido para que este cariótipo surgisse?**

Ainda na montagem dos cariótipos, você deve ter percebido a existência de algum desses indivíduos: 45, X0; 47, XXY; 47, XXX; 47, XYY; 47, XY,21+1; 47,XY, 13+1. Cada um desses cariótipos representa uma síndrome: as Síndromes de **Turner, Klinefelter, Triplo X, Jacobs, Down e Patau**, respectivamente.

Vocês receberão um texto sobre uma dessas síndromes. Façam um esquema da gametogênese indicando onde ocorreu a mudança e quais foram os gametas formados:



Em seguida apresente para a o restante dos grupos o esquema da gametogênese montado e as características da síndrome estudada por seu grupo!

Atividade 6 – Herança gênica

Restrita e ligada ao sexo

❖ Programa do Ratinho

Vamos resolver um problema relacionado à calvície utilizando a gametogênese.

Neymário é uma pessoa famosa que atrai muita atenção por ser um excelente jogador de futebol. Como já aconteceu uma vez, uma outra mulher foi na justiça dizendo que os seus dois filhos Lavinia e Venancio são filhos do jogador. Neymário achou aquilo muito estranho e resolveu procurar o programa do Ratinho para saber se realmente os filhos eram seus.

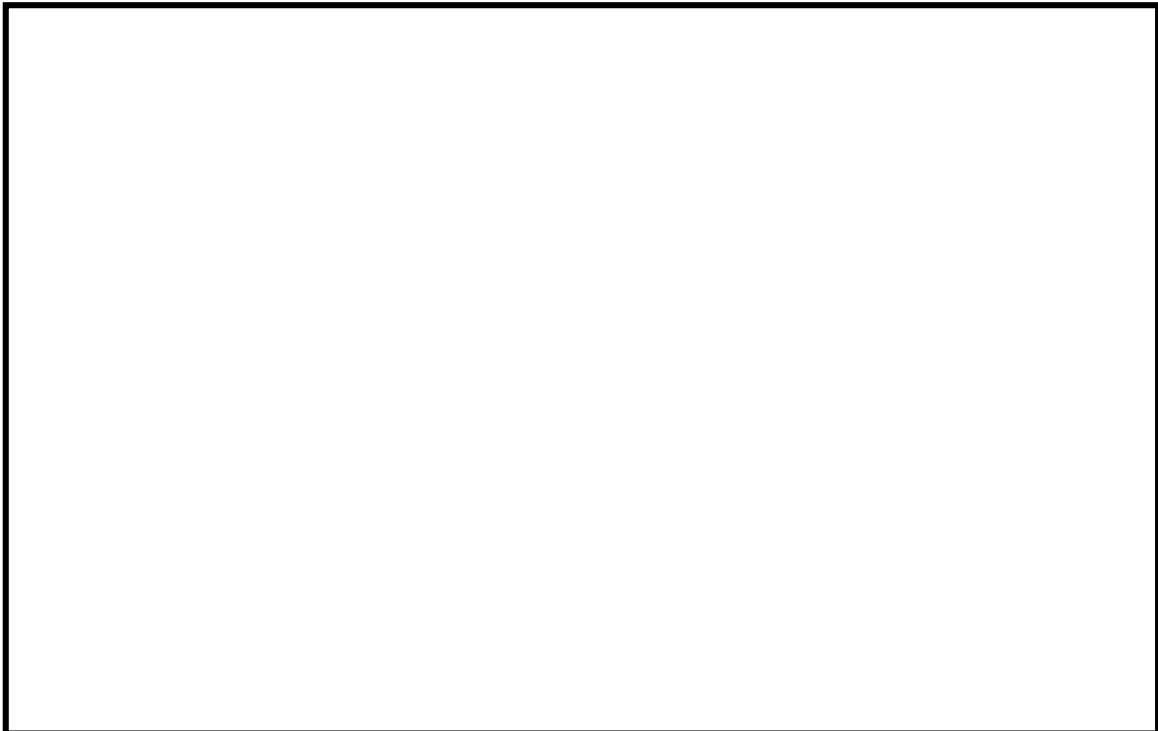
Ratinho pediu para Neymário contar por que não acreditava que eles eram seus filhos e ele falou:

- Não acredito que eles são meus filhos, porque veja bem... Eu não sou calvo! A mãe deles é calva, Lavinia não é e Venancio é calvo! Como eles podem ser meus filhos? Está tudo ao contrário!

Ratinho muito intrigado com a história chamou os especialistas em genética para resolverem o caso de Neymário. Os especialistas coletaram amostras e detectaram que essa herança da calvície estava ligada a características genéticas que

foram passadas através do processo da gametogênese da mulher e do Neymário. Sim! Eles eram filhos de Neymário! Mas como?

Agora é com vocês, mostre para o Ratinho que Lavinia e Venancio são filhos de Neymário utilizando a gametogênese. Faça os gametas da mãe e de Neymário e indique qual deles que apresenta a herança que deu origem às crianças. **Observação:** Essa característica da calvície se manifesta apenas quando é homozigota e recessivo, localizada nos cromossomos sexuais.



❖ Casos de família

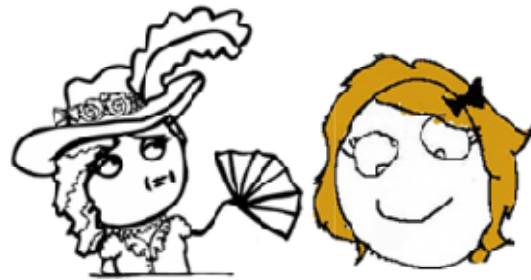
Monte o heredograma das duas famílias e responda as questões.

Hipertricose auricular

Essa é Dona Tereza, ela é casada com Senhor Arlindo.



Ela é mãe da Fabiana e da Mariana.



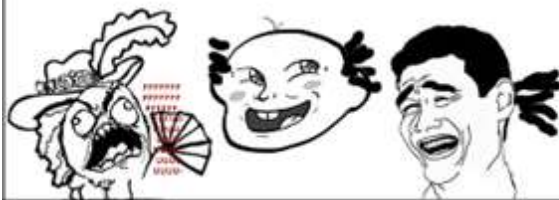
Dona Tereza amava muito o marido dela, mas uma coisa que ela nunca gostou muito era dos pelos na orelha que seu marido tinha... Ele tinha muitos pelos!!



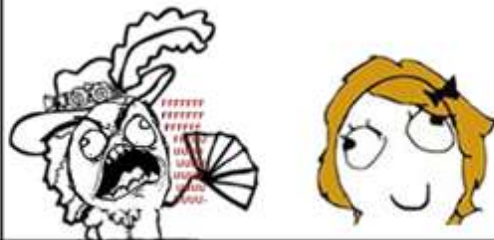
Fabiana Casou com Mateus e teve um filho, o Gustavinho.



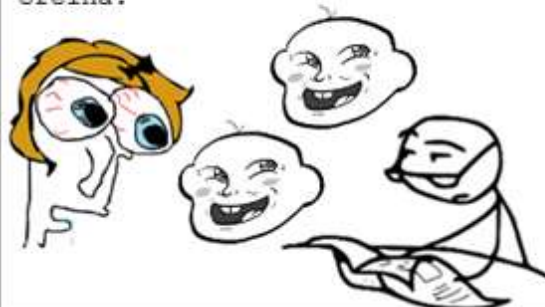
Um dia Fabiana olhou para Gustavinho e viu que ele tinha muitos pelos na orelha... Ela não tinha percebido no casamento, mas seu marido também tinha!! Na verdade ele sempre depilou...



Fabiana correu contar para sua irmã Mariana o que ela tinha descoberto.



Mariana correu para ver se o seu marido, Ricardo, e seus filhos gêmeos também tinham pelos na orelha.



Ninguém tinha...





Vocês serão os responsáveis por resolver esse problema! Vamos lá?

a) Monte o heredograma da família utilizando a simbologia adequada.

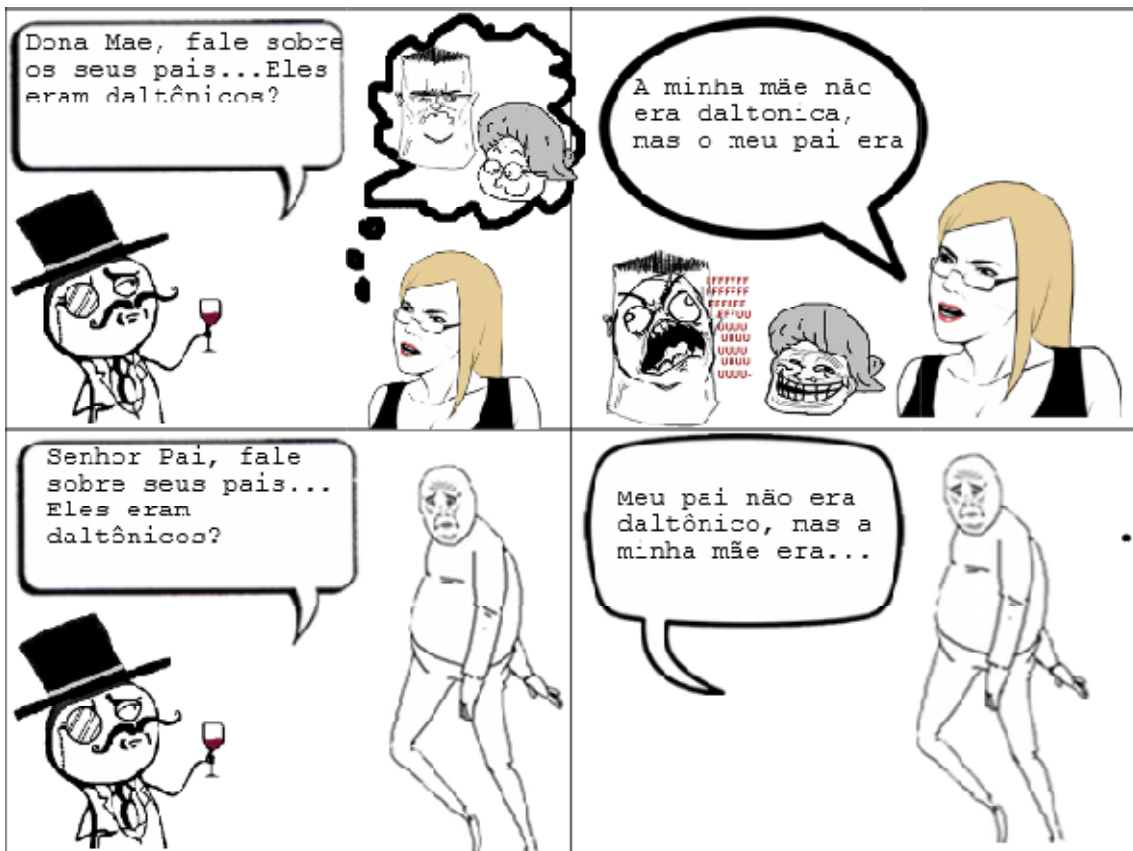


b) Essa é uma herança genética. Como você explicaria a passagem dessa herança para os descendentes dentro dessa família?

2. Daltonismo

Dica: não se esqueça de colocar os alelos de cada integrante.







Resolva novamente esse conflito!

- a) Monte o heredograma da família utilizando a simbologia adequada.

- b) Como é explicada a passagem dessa herança para os outros membros da família, considerando que essa é uma herança genética?

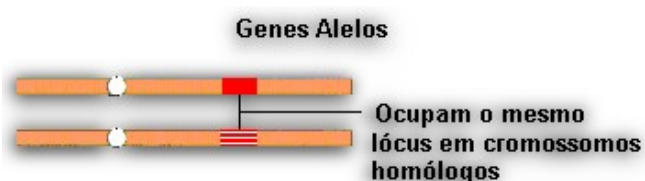
- c) É possível o Senhor Pai e a Senhora Mãe terem uma filha que não apresenta a herança?

Sistematizando:

Herança ligada ao sexo: genes localizados no cromossomo X, que não tem alelo correspondente ligado ao cromossomo Y.

Herança restrita ao sexo: quando está relacionado ao cromossomo Y, na sua porção não homóloga ao X. É restrita pois só ocorre em homens, pois as mulheres não tem cromossomo Y.

Alelo: é uma das diversas formas de um certo gene, ocupando uma posição num certo cromossomo, conhecida por *locus*.



Dominância e Recessividade: Quando um alelo domina sobre o outro, sendo manifestado em detrimento deste. Por exemplo, no genótipo heterozigoto Aa , a característica do A é manifestada pois é o alelo dominante, e a do a não, pois é o alelo recessivo. O homozigoto AA manifesta o alelo A pois existe apenas esse alelo no gene, da mesma forma que o homozigoto aa manifesta o alelo a pela mesma razão.

Legenda para o Heredograma

- Indivíduo do sexo masculino
- Indivíduo do sexo feminino
- Sexo indefinido
- União
- Afetado
- Heterozigoto para um caracter

Atividade 7 – Herança gênica

Sistema sanguíneo



Um grupo de 6 pessoas da mesma família decide viajar até a Transilvânia durante as férias. Chegando lá, os moradores do local se comportam de forma muito estranha e avisam que sair durante à noite é extremamente perigoso.

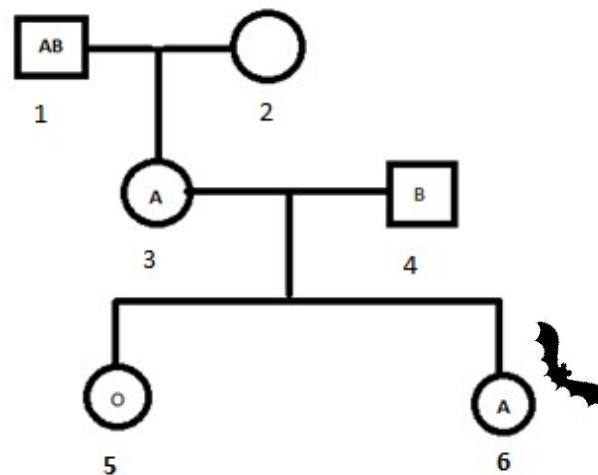
No entanto, o grupo acredita que tudo isso é só superstição e escolhe sair mesmo assim. Mas, enquanto anda pela cidade percebe que algo de estranho começa a acontecer: uma neblina densa se forma e um homem de capa preta se aproxima vindo de lugar nenhum... Então, este homem misterioso começa a se mover rapidamente e ataca o pescoço de um dos membros do grupo com seus dois dentes afiados!

Por sorte, outra pessoa surge e espanta o agressor jogando-lhe água benta. Logo depois, ela diz que o ser estranho era um vampiro conhecido como Conde Drácula e constata que o agredido teve parte de seu sangue sugado e precisa de uma transfusão. Porém, mesmo sendo especialista em vampiros ela não o é em biologia e possui a seguinte dúvida: Será que qualquer pessoa do grupo pode doar o sangue?

Para resolver esse problema o grupo corre o mais rápido possível até a casa de vocês, que são conhecidos especialistas da Transilvânia, e lhes fazem essa mesma pergunta.

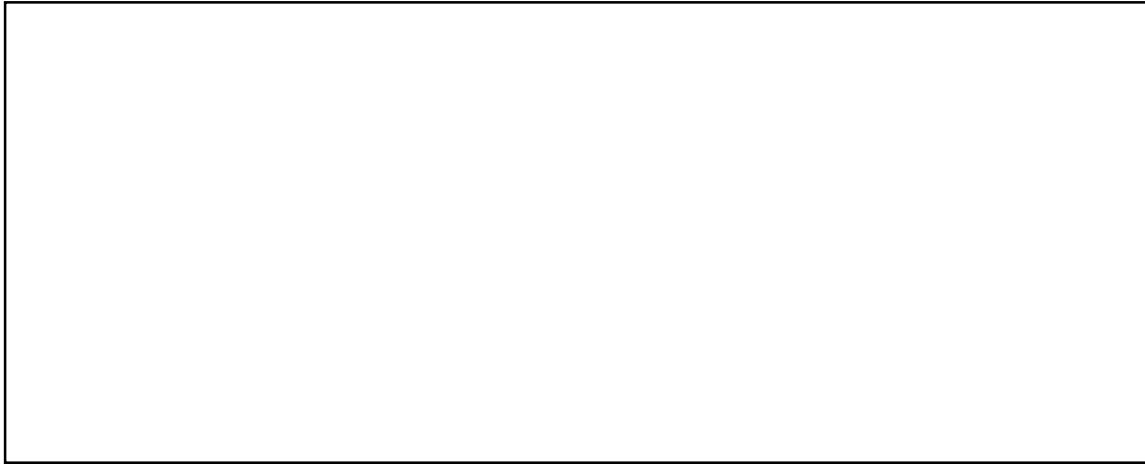


Uma vez que vocês respondem a questão, passam a se dedicar à procura de um doador de sangue para a pessoa que foi atacada pelo vampiro. Para isso, perguntam o tipo sanguíneo de cada indivíduo do grupo e o da própria pessoa atacada (levando em conta somente o sistema ABO) e montam um heredograma para facilitar a análise.



- a) O indivíduo 2 não conhecia seu tipo sanguíneo. Vocês conseguem analisar se ele seria um possível doador? E qual(is) pessoa(s) do grupo pode(m) realizar a transfusão e salvar a vida da pessoa atacada (6)?

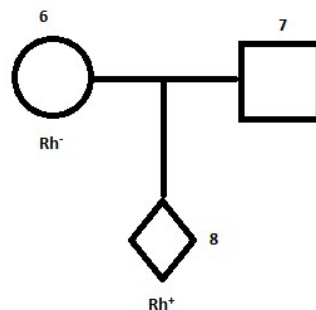
Obs. É necessário justificar porque a transfusão seria possível e mostrar os alelos do(s) possível(is) doador(es).



A transfusão foi um sucesso!

Alguns anos depois, a pessoa responsável por salvar o grupo do ataque do vampiro volta à casa de vocês em companhia da mulher que foi atacada. Os dois contam que passaram os últimos anos caçando o Conde Drácula e que finalmente tinham conseguido destruí-lo! Também falam que durante esse tempo se apaixonaram, e que agora ela estava grávida pela primeira vez.

- a) Então, ela lhes diz que tem a seguinte dúvida sobre a gravidez: ela é **Rh⁻** e nunca entrou em contato com o sistema **Rh⁺** anteriormente, se durante o parto seu sangue entrar em contato com o do feto, que é **Rh⁺** (segundo um exame realizado), existira alguma consequência para seu filho?



- b) Ela também possui outra dúvida : se um dia ela tiver outro filho **Rh⁺** e durante o parto seu sangue entrar em contato com o dele, existira alguma consequência para seu filho?

SISTEMATIZANDO

Sistema ABO

Tipo sanguíneo	Genótipo	Antígeno (nas hemácias)	Anticorpo (no plasma)
A	I ^A I ^A / I ^A i	A	Anti B
B	I ^B I ^B / I ^B i	B	Anti A
AB	I ^A I ^B	AB	_____
O	ii	_____	Anti B e Anti A

Sistema Rh

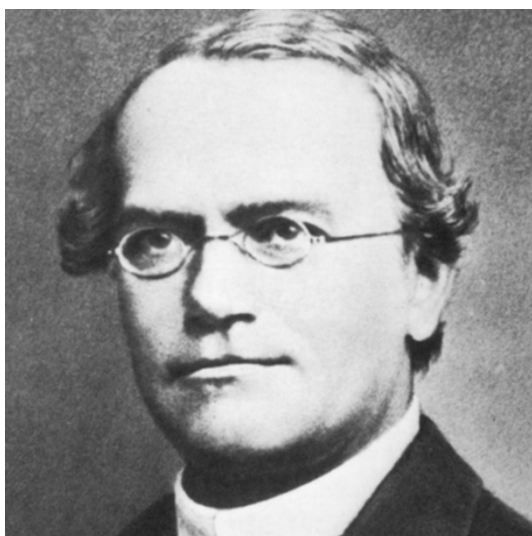
Tipo sanguíneo	Genótipo	Antígeno (nas hemácias)	Anticorpo (no plasma)
Rh ⁺	RR / Rr	Com antígeno	_____
Rh ⁻	rr	_____	Anti Rh

↓
Produzido após o primeiro contato

Atividade 8 – A história da genética mendeliana

1ª e 2ª Lei de Mendel

Nesta aula vamos ver um pouco do panorama histórico de como ocorreram as primeiras descobertas no campo da genética, e para isso precisamos introduzir um personagem histórico muito importante na ciência.



Gregor Mendel nasceu na Morávia (Império austro-húngaro) em 1822, numa família de agricultores. Aos 21 anos foi enviado para um mosteiro na cidade de Brno (que hoje é a segunda maior metrópole da República Tcheca). Nessa região não havia universidades, então as atividades acadêmicas eram de responsabilidade dessas instituições religiosas, bem como o patrocínio de estudos e outras atividades científicas. A biblioteca do mosteiro possuía livros de religião e obras relacionadas à botânica e às ciências naturais, juntamente com

instrumentos científicos de última geração usados naquela época. Tais materiais e a orientação de alguns professores auxiliaram Mendel até que, de 1851 a 1853, estudou Física, Matemática e História Natural na Universidade de Viena. Ao retornar para o mosteiro, com o apoio de um professor, Mendel continua alguns estudos de botânica que deixou para trás antes de ir para Viena. Não somente isso, ele também participou de grupos científicos relacionados a Zoologia, Botânica, Agricultura e Ciências Naturais. A partir desse retorno às suas pesquisas antigas, Mendel realizou um experimento de 8 anos envolvendo cruzamento de ervilhas e, em 1866, publicou os resultados do que seria sua pesquisa mais importante. Com essa pesquisa, Mendel estava interessado em estudar o desenvolvimento e a evolução dos híbridos e de seus descendentes. Nessa época, ainda não existiam termos como “genótipo”, “gene”, “cromossomo” e etc. Os trabalhos descritos pelo Mendel foram principalmente focados nas hipóteses sobre o que ele conseguiu observar. A partir desse breve histórico, estudaremos o experimento de Mendel levando em consideração o genótipo e as respectivas características das ervilhas.

Vamos realizar agora o primeiro experimento de Mendel com as ervilhas, Mendel cruzou plantas puras de ervilha amarela com plantas puras de ervilhas verdes. **Quais foram os resultados encontrados? O que você acha que pode ter acontecido? Tente lembrar de elementos das aulas passadas para montar sua hipótese!**

Continuando o experimento, Mendel realizou a autofecundação das plantas de F1, isto é utilizou o pólen da planta na sua própria flor. **Relate os resultados dos experimentos realizado e suas conclusões :**

Durante o primeiro experimentos foi dito que Mendel usava somente plantas com ervilhas amarelas puras, porém apenas observando não podemos saber a diferença entre uma planta com ervilha amarela pura ou híbrida. **Como você faria para saber se a planta é pura ou híbrida?**

No experimento seguinte Mendel repetiu os cruzamentos, porém analisou uma característica a mais, a textura da ervilha. Sendo assim, a geração parental acabou sendo formada por uma planta puras com ervilhas amarelas e lisas e outra com verdes e rugosas. Nesse experimento Mendel conseguiu como resultado 108 ervilhas verde lisas; 101 amarelas rugosas; 32 verde rugosas. **A partir do resultado desses experimentos e pensando nas explicações dos experimentos passados, proponha uma explicação para os resultados.**

Atividade 9 – Por que apenas gatas podem ser tricolores?

Interações gênicas

Para solucionar o problema desta atividade e responder a pergunta que dá nome a esta aula, os conhecimentos que vocês adquiririam ao longo desta Sequência Didática serão de extrema importância. Após ler o contexto, é sugerido que vocês revejam os conceitos dados em aulas passadas antes de começar a responder às questões.

Problema felino

A Louca dos Gatos é conhecida por possuir inúmeros gatos e os lançar contra as pessoas num ataque de fúria. Para salvá-los, Lisa os recolheu, mandou castrá-los e iria fazer uma feira de adoção, afim de possuírem uma vida melhor. Nesse processo, Lisa começou a perceber um padrão entre os gatos: todos os que tinham as três cores básicas (laranja, preto e branco) eram fêmeas! Mas ela não sabia o porquê disso.



Então, Lisa foi até a Associação de Biólogos de Springfield (ABS) onde pediu ajuda a vocês, os biólogos de plantão, para responder sua dúvida. Ao se depararem com o ocorrido, vocês perceberam que a resposta provavelmente estava nos genes e em suas interações. Para dar uma resposta mais completa, pediram para que ela fosse para casa e esperasse uma resposta deles via e-mail. Decidiram então recolher algumas informações de livros que possuíam de Genética sobre o assunto, e compilaram as seguintes:

- Gatos possuem genes para três cores: branco, preto e laranja.
- O gene para cor branca prevalece sobre todos os outros (ou seja, se o gene para cor branca estiver presente, mesmo que outros genes de outras cores também estejam, o gato será inteiramente branco).
- Ainda, possuem o gene para manchas brancas (diferente do gene para cor branca, pois se manifesta em conjunto com o laranja e/ou com o preto).
- Dos genes que determinam a cor branco, laranja, preto e manchas brancas, dois estão em cromossomos sexuais, e os outros dois em cromossomos autossômicos.
- Gatas podem ser: tricolores, pretas com manchas brancas, pretas e laranjas, laranjas com manchas brancas, ou de alguma das cores isoladas (pretas, laranjas ou brancas).
- Gatos podem ser: pretos com manchas brancas, laranjas com manchas brancas ou de alguma das cores isoladas (pretos, laranjas ou brancos).
- Os alelos de todos os genes apresentam **dominância**.

Para deixar as informações mais claras, vocês decidem fazer modelos de gatos e pintar de todas as cores possíveis de cada sexo, deixando uma linha em baixo de cada um, onde os genótipos serão escritos. Para escrever os genótipos, utilizem a letra **P** para a cor preta, **L** para laranja, **B** para branco e **M** para manchas brancas.

- ♀ Fêmea tricolor (preta, laranja e com manchas brancas);
- ♀ Fêmea preta e laranja;

- c. ♀ Fêmea preta com manchas brancas;
- d. ♂ Macho preto com manchas brancas;
- e. ♀ Fêmea laranja com manchas brancas;
- f. ♂ Macho laranja com manchas brancas;
- g. ♀ Fêmea inteiramente laranja;
- h. ♂ Macho inteiramente laranja;
- i. ♀ Fêmea inteiramente preta;
- j. ♂ Macho inteiramente preto;
- k. ♀ Fêmea inteiramente branca;
- l. ♂ Macho inteiramente branco.

Depois de determinar todos os genótipos possíveis, vocês então vão digitar o e-mail respondendo a questão: **“Por que apenas gatas podem ser tricolores?”**

Depois de ler o e-mail Lisa fica muito feliz por terem sanado sua dúvida. Mas, como ela já possuía um conhecimento básico em genética, principalmente relacionado à gametogênese, ela retorna o e-mail agradecendo e pedindo para que vocês respondam outra dúvida: “e se a gametogênese não ocorresse da forma correta? Outro padrão de cores poderia ocorrer em machos e/ou fêmeas?”

Anexo 2 – Atividades complementares às SDIs

Carta 3.1

Londres, 22 de agosto de 1895.

Caros colegas naturalistas,

Ficamos radiantes com a importância da questão e com as hipóteses para respondê-la que vocês nos enviaram por carta. Tanto é, que logo que a recebemos nos pusemos a testar suas hipóteses imediatamente.

Durante tais testes averiguamos que na formação dos gametas, quatro células com metade do número de cromossomos são formadas a partir de uma única célula diplóide.

Mesmo que a hipótese inicial de vocês não esteja correta, agradecemos muitíssimo por nos trazerem essa excelente questão e pedimos que nos enviem novas hipóteses à luz das novas evidências.

Aguardamos novas hipóteses;

Sociedade Científica de Londres.

Carta 3.2

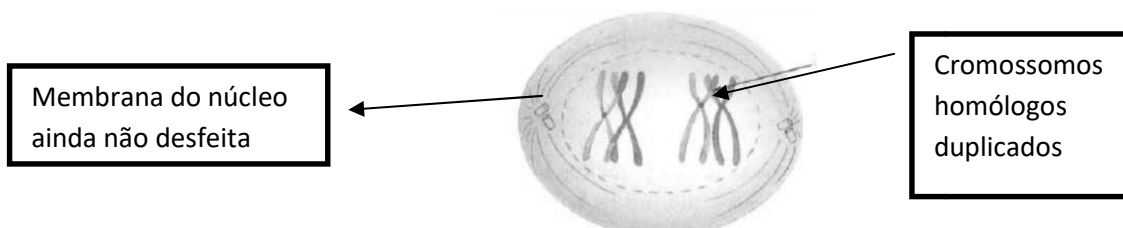
Londres, 27 de setembro de 1890.

Amigos naturalistas,

Após recebermos suas últimas hipóteses e realizarmos incontáveis experimentos, acreditamos que finalmente descobrimos o processo mais importante da formação de gametas (chamado de MEIOSE) de todos os seres vivos. Abaixo enviamos as etapas desse processo a vocês.

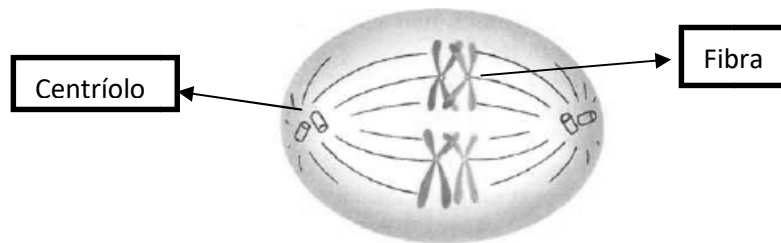
ETAPAS

1. **Prófase:** Descobrimos que nesta etapa os **cromossomos homólogos** (o par de cromossomos) **já duplicados** ficam lado a lado. No fim desta fase, a membrana do núcleo se desfaz e cada cromossomo se encontra no citoplasma.

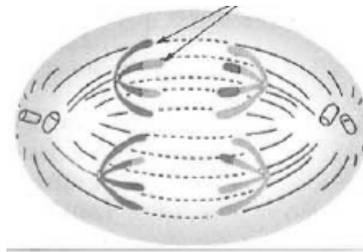


Obs. Acreditamos que a duplicação aconteça antes que o processo de meiose se inicie.

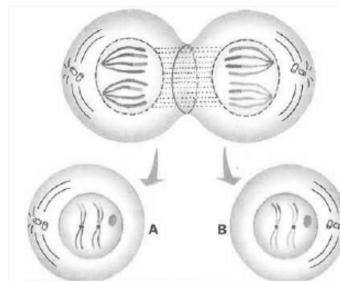
- 2. Metáfase:** os cromossomos homólogos que estão lado a lado se dirigem a região mediana da célula; descobrimos que isso é possível, pois esses cromossomos estão presos pelo centrômero por fibras criadas por uma estrutura que chamamos centríolo.



- 3. Anáfase:** Um dos dois cromossomos homólogos é conduzido para uma extremidade da célula, enquanto o outro é levado para outra extremidade pelas fibras.

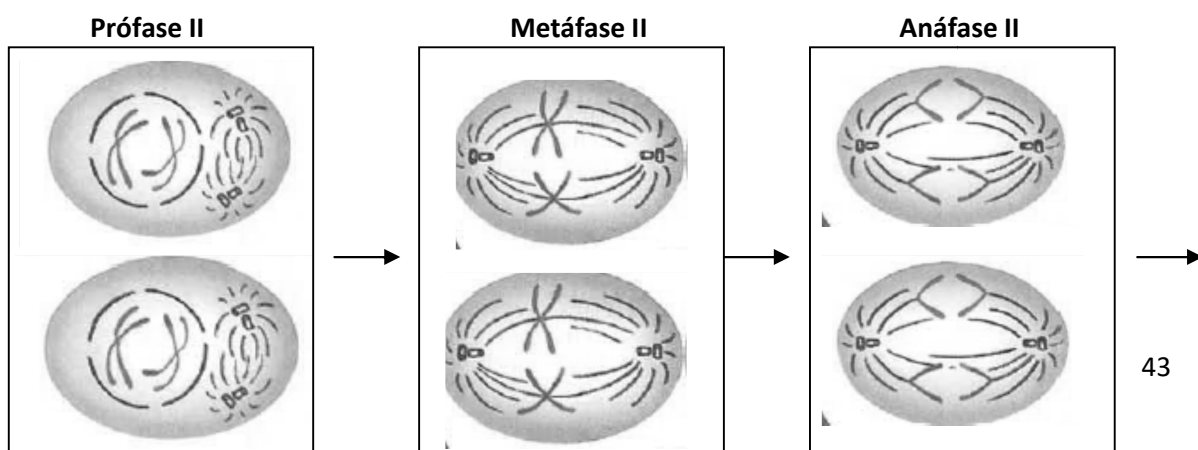


- 4. Telófase:** Nesta fase, a célula se divide em duas e os cromossomos homólogos ficam separados. Após a divisão, a membrana do núcleo é reestruturada.

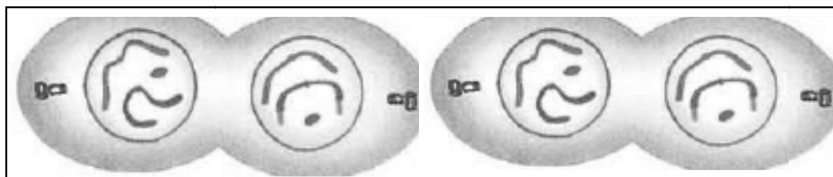


Acabadas essas etapas, percebemos que os cromossomos continuavam duplicados e que os processos descritos acima se repetiam, com a diferença de que desta vez eram os cromossomos duplicados que se separavam de sua ligação pelo centrômero em mais duas novas células. A essa segunda fase nós chamamos de Meiose II.

NOVAS ETAPAS:



Telófase II



Espero que tenham ficado felizes com essas incríveis informações e mais uma vez obrigado pelas hipóteses que nos levaram a elas,

Sociedade Científica de Londres.

Carta 3.3

Londres, 25 de janeiro de 1900.

Caros companheiros,

Após a colaboração de vários colegas e inúmeras tentativas e erros experimentais, acreditamos ter confirmado a hipótese que vocês nos enviaram quanto ao responsável pela determinação do sexo na espécie humana. Mais do que isso, descobrimos que a formação dos gametas masculinos (espermatozoides) e dos femininos (óvulos), embora tenham o processo de meiose como base, apresentam algumas diferenças. A seguir lhes introduzimos as particularidades de cada um desses processos.

1. OVOGÊNESE

Averiguamos que esse processo se inicia ainda na fase embrionária, a partir de células diploides que denominamos **células germinativas primordiais**. Essas células então se dividem várias vezes, formando células também diploides chamadas de **Ovogônias**, que por sua vez, se dividem somente durante a fase embrionária.

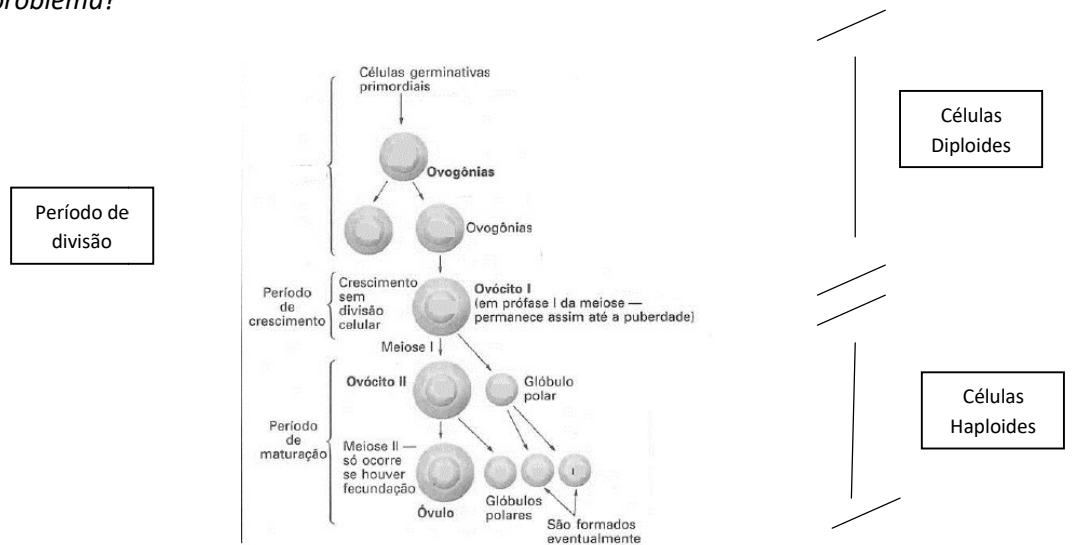
Então, descobrimos que algumas dessas Ovogônias começam a aumentar muito em tamanho, e entram em uma fase conhecida como **fase de crescimento**. Uma vez que o crescimento para, nós passamos a chamar as células de **Ovócitos I**.

Esses ovócitos I permanecem sem alteração até a puberdade. Sendo que, quando este período chega, aproximadamente um desses ovócitos passa pela **primeira divisão da Meiose** a cada ciclo menstrual. Tal divisão leva a formação de duas novas células haploides (com os cromossomos divididos do modo que lhes mostramos na última carta): **Ovócito II** e uma célula menor conhecida como **Glóbulo polar**.

Averiguamos que a meiose II só será iniciada se houver fecundação. Se essa ocorrer, três **glóbulos polares** serão formados e finalmente o gameta conhecido como **óvulo**.

ps. Ainda não sabemos por que são formadas três células pequenas (glóbulo polares) sem função aparente e um óvulo grande. Só supomos que o fato de o citoplasma ser rico em nutriente e esse ser importante para o feto tenha algo a ver com isto. *Vocês arriscariam algum palpite para este problema?*

*Esquema:



2. Espermatogênese

Averiguamos que esse processo também se inicia ainda na fase embrionária, a partir de células diploides que denominamos **células germinativas primordiais**. Essas células então se dividem várias vezes, formando células também diploides chamadas de **espermatogônias**, que por sua vez, se dividem durante todas as fases da vida.

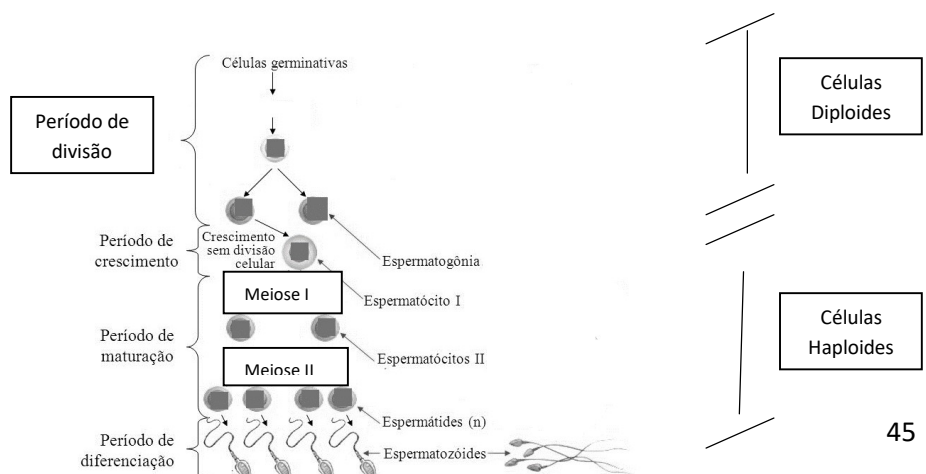
Então, também averiguamos que algumas dessas espermatogônias (que não estão sendo divididas) começam a aumentar muito em tamanho, e entram em uma fase conhecida como **fase de crescimento**. Uma vez que o crescimento para, nós passamos a chamar as células de **Espermatócitos I**.

A seguir, vários destes Espermatócitos I entram em meiose I e ao final dela formam células haplóides denominadas **Espermatócitos II**.

Averiguamos que essas células entram em meiose II e dão origem a novas células denominadas **espermátides**. E essas são diferenciadas em **espermatozoides**.

ps .Ainda não sabemos a razão funcional de não se formarem glóbulos polares durante este processo. Alguma ideia?

*Esquema:



Mais uma vez agradecemos por nos fornecer tão interessante problema e pela resposta quando ao responsável pela determinação do sexo. Também esperamos que vocês tenham apreciado nossas descobertas sobre a gametogênese masculina e feminina.

Esperamos novas ideias,

Sociedade Científica de Londres.

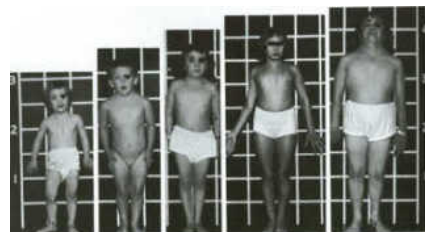
Textos Síndromes

- **Síndrome de Turner:**

A síndrome de Turner(45A,X0) tem uma incidência de 1 em cada 5.000 mulheres nascidos, sua incidência na concepção é muito maior, sendo que a síndrome tem 97% de abortos espontâneos. As crianças afetadas são exclusivamente mulheres (ausência do cromossomo Y), durante a infância apresentam um fenótipo normal.

Durante o seu crescimento é observado baixa-estatura, sendo que ao final do crescimento se tem uma altura de 140cm a 145cm, se identificado e tratado com hormônio de crescimento, a altura final passa a ser de 145cm a 155cm. Elas no geral são inférteis, pois não ocorre desenvolvimento dos ovários durante a gravidez, para o seu desenvolvimento normal, deve ser feita reposição hormonal de estrogênio a partir dos 12 anos de idade. Em 80% dos casos a falha da gametogênese ocorre na divisão meiótica paterna, resultando na produção de espermatozoides 22A ,0.

Curiosidade: Apesar de não possuírem ovários desenvolvidos, o útero das mulheres afetadas pelas mulheres da síndrome de Turner é funcional. Tem se obtido resultado no desenvolvimento de embriões transplantados em úteros de mulheres com síndrome de Turner.



- **Síndrome de Klinefelter:**

A Síndrome de Klinefelter (47A, XXY) tem uma incidência de 1 em 1.000 nascimento de meninos, todos os afetados são do sexo masculino (presença do cromossomo Y). Os sintomas começam a aparecer já na metade da infância, com alguns problemas de aprendizagem.

Os sintomas mais visíveis começam a aparecer na puberdade, membros muito mais longos (que causam aumento na estatura), testículos e pênis pequenos, infertilidade, aparecimento de mamas e depressão.

O Cromossomo X adicional pode vir tanto de erros na espermatogênese como na ovogênese, sendo a probabilidade de 50% para cada um dos casos. Os erros na espermatogênese causam a formação de gametas 23A, XY e na ovogênese de gametas 23A, XX.

Curiosidades: Indivíduos XXXY e XXXXY também são afetados pela síndrome de Klinefelter, porém com sintomas mais agravados.



- **Síndrome do triplo X:**

A Síndrome do triplo X (47A, XXX) tem uma incidência de 1 em 1.000 mulheres, a grande maioria das afetadas pela síndrome tem seu desenvolvimento de forma normal. Apesar de raramente apresentarem sintomas, podem apresentar leves problemas de aprendizado, baixa fertilidade e início rápido da menopausa. Porém a grande maioria dos casos são férteis e levam uma vida normal, sem nunca serem diagnosticadas com a síndrome. O Cromossomo X adicional vem em 95% dos casos de origem materna, com a formação de gametas 23A, XX.

Curiosidades: Também são observadas mulheres com cariótipo 48, XXXX e 49, XXXXX, nesses casos são observados sintomas mais agravados como um grande retardo mental, baixa estatura e infertilidade.

- **Síndrome de Jacobs:**

A Síndrome de Jacobs (47A, XYY), também conhecida como síndrome do supermacho, afeta 1 em 1.000 homens, os sintomas já começam a aparecer geralmente na infância. Os principais sintomas dessa síndrome são alta estatura (acima de 180cm), dentes aumentados, elevada quantidade de acne na puberdade, dificuldades de aprendizagem, e uma tendência a comportamento agressivo. O Cromossomo Y adicional vem de uma falha na espermatogênese com a formação de um gameta 23A, YY.

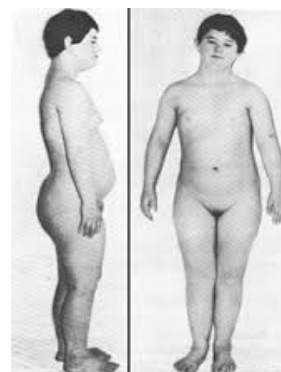
Curiosidades: Durante a década de 60 foi observado que muitos criminosos eram portadores da síndrome de Jacobs, assim foi verificada o aumento da tendência a agressividade. Vale ressaltar que nem todos os portadores da síndrome são agressivos.

- **Síndrome de Down**

A síndrome de Down (47, XY ou XX, + 21), tem uma incidência de 1 a cada 800 crianças independente do sexo, sendo que aproximadamente 70% de todas as gestações de indivíduos com esta síndrome acabam em aborto.

Os principais efeitos fenotípicos dessa síndrome são baixa estatura (média 141 cm em mulheres e 151 cm em homens), orelhas pequenas, língua grande, anomalias congênitas (aquelas que são adquiridas já antes do nascimento, por exemplo, malformação do estômago e do intestino) e possuem personalidade participativa, com habilidades sociais mais avançadas que outras intelectuais. O cromossomo 21 adicional tem uma falha na oogênese com a formação de gametas 24 A, XX ou XY.

Curiosidade: Para pais que tiveram um filho com a síndrome, o risco de ocorrência em uma futura gestação é de aproximadamente 1% em adição a um risco já existente que está ligado a idade da mãe.



- **Síndrome de Patau**

A síndrome de Patau (47, XY ou XX, + 13), tem uma incidência de 1 a cada 6000 nascimentos, sendo que aproximadamente 45% dos afetados falecem após 1 mês de vida; 60%, aos 6 meses e somente menos de 5% dos casos sobrevivem mais de 3 anos. Assim como a síndrome de Down, a falha se dá geralmente na gametogênese da mãe, formando gametas 24,X +13. Os sintomas da síndrome incluem: malformação do sistema nervoso central, graves problemas mentais, palato fendido e fendas labiais, As mãos e pés podem mostrar sexto dedo (polidactilia) e/ou o quinto dedo sobrepondo-se ao terceiro e quarto,

Curiosidade: Apesar da baixa expectativa de vida, já foi registrado um caso de uma criança portadora da síndrome de Patau que viveu até os 10 anos.



Atividade – gata tricolor (gabarito)

