

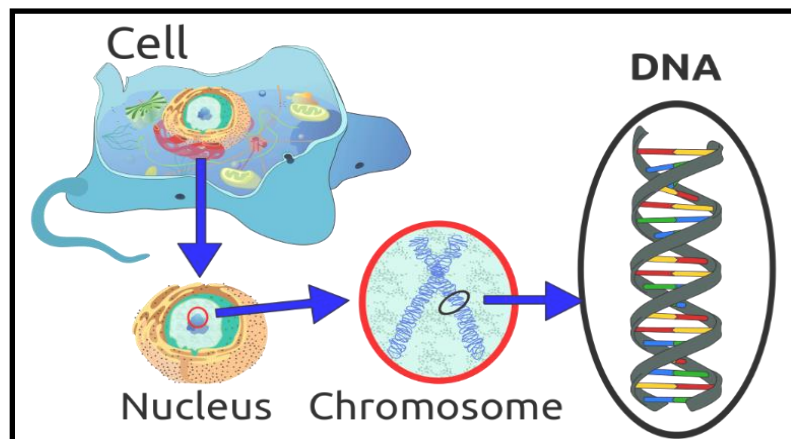
PAULA COSTALLAT CANTÃO



FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS  
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIAS

PRODUÇÃO EDUCACIONAL

SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE GENÉTICA E SEUS  
ASPECTOS QUÍMICOS NO ENSINO MÉDIO



Bagé

Dezembro, 2017

**PAULA COSTALLAT CANTÃO**

**PRODUÇÃO EDUCACIONAL**

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE GENÉTICA E SEUS  
ASPECTOS QUÍMICOS NO ENSINO MÉDIO**

Produção Educacional apresentada ao Programa de Pós-Graduação Strictu Senso em Ensino de Ciências da Fundação Universidade Federal do Pampa como requisito parcial para a obtenção do Título de Mestre em Ensino de Ciências.

Orientador: Márcio Marques Martins

**Bagé  
Dezembro, 2017**

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Modelos de células eucarióticas em <i>biscuit</i> .....	<b>11</b>
<b>Figura 2</b> – Modelos de células eucarióticas de gelatina.....	<b>12</b>
<b>Figura 3</b> – Bolos comestíveis de núcleo celular.....	<b>18</b>
<b>Figura 4</b> – Modelos espaciais de moléculas de DNA e RNA.....	<b>28</b>
<b>Figura 5</b> – Esquemas representando a Meiose na Genética.....	<b>36</b>

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>6</b>
<b>2 PRIMEIRO CASO (Núcleo Celular).....</b>	<b>7</b>
<b>2.1 Orientações para os professores.....</b>	<b>7</b>
<b>2.1.1 Introdução.....</b>	<b>7</b>
<b>2.1.2 Plano de Aula 1 .....</b>	<b>8</b>
<b>3 SEGUNDO CASO (Partes do Núcleo Celular).....</b>	<b>14</b>
<b>3.1 Orientações para os professores.....</b>	<b>14</b>
<b>3.1.1 Introdução .....</b>	<b>14</b>
<b>3.1.2 Plano de Aula 2 .....</b>	<b>14</b>
<b>4 TERCEIRO CASO (Cromossomos) .....</b>	<b>19</b>
<b>4.1 Orientações para os professores.....</b>	<b>19</b>
<b>4.1.1 Introdução .....</b>	<b>19</b>
<b>4.1.2 Plano de Aula 3 .....</b>	<b>19</b>
<b>5 QUARTO CASO (Ácidos Nucleicos – DNA e RNA).....</b>	<b>23</b>
<b>5.1 Orientações para os professores.....</b>	<b>23</b>
<b>5.1.1 Introdução .....</b>	<b>23</b>
<b>5.1.2 Plano de Aula 4 .....</b>	<b>24</b>
<b>6 QUINTO CASO (Meiose na Genética).....</b>	<b>31</b>
<b>6.1 Orientações para os professores.....</b>	<b>31</b>
<b>6.1.1 Introdução .....</b>	<b>31</b>
<b>6.1.2 Plano de Aula 5 .....</b>	<b>32</b>
<b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>37</b>
<b>8 REFERÊNCIAS .....</b>	<b>38</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>39</b>
<b>APÊNDICE 1 – Slides sobre Núcleo Celular.....</b>	<b>40</b>
<b>APÊNDICE 2 – Página do site (Caso 1).....</b>	<b>45</b>
<b>APÊNDICE 3 – Protocolo experimento “Observação de células da mucosa bucal” .....</b>	<b>46</b>
<b>APÊNDICE 4 – Slides sobre Partes do Núcleo Celular .....</b>	<b>48</b>
<b>APÊNDICE 5 – Página do site (Caso 2).....</b>	<b>54</b>
<b>APÊNDICE 6 – Slides sobre Cromossomos .....</b>	<b>55</b>
<b>APÊNDICE 7 – Página do site (Caso 3).....</b>	<b>68</b>

<b>APÊNDICE 8 – Slides sobre Ácidos Nucleicos .....</b>	<b>69</b>
<b>APÊNDICE 9 – Página do site (Caso 4).....</b>	<b>77</b>
<b>APÊNDICE 10 – Protocolo experimento “Extração de DNA em frutas” .....</b>	<b>78</b>
<b>APÊNDICE 11 – Slides sobre Meiose na Genética.....</b>	<b>80</b>
<b>APÊNDICE 12 – Página do site (Caso 5).....</b>	<b>91</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>92</b>
<b>ANEXO A - Protocolo “Montando um Idiograma” .....</b>	<b>93</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Com o intuito de responder como a abordagem molecular pode auxiliar no ensino de genética, o presente trabalho apresenta uma Sequência Didática (SD) envolvendo a interdisciplinaridade entre a Química e a Biologia, buscando o auxílio do melhor entendimento dos conteúdos de genética clássica. Para isso, a sequência de atividades foi dividida em cinco etapas, chamadas de Casos, em que serão trabalhadas diferentes atividades sobre o núcleo celular e seus componentes, como os cromossomos, nos quais se encontram as informações que comandam a vida da célula e nos quais estão presentes os genes, que carregam as características hereditárias. Esta produção educacional foi produzida a partir de uma intervenção pedagógica, relatada e analisada em Cantão (2017), com o título: Desenvolvimento de uma Sequência Didática para o ensino de Genética e seus aspectos Químicos no Ensino Médio. A pesquisa foi realizada durante o Mestrado Profissional em Ensino de Ciências da Universidade Federal do Pampa e a dissertação pode ser consultada, no site <http://cursos.unipampa.edu.br/cursos/mpec/>.

Esses conteúdos serão trabalhados associados a uma Hiperfídia que servirá de apoio aos professores de Biologia do Ensino Médio no momento que ministrarem suas aulas. Assim, as estruturas celulares que contém as informações genéticas, bem como as estruturas bioquímicas que guardam o código genético serão apresentadas em um hipertexto, com o objetivo de facilitar a aprendizagem dos principais conceitos trabalhados na Introdução à Genética.

Falando ligeiramente dos casos, o primeiro tem como objetivo auxiliar os alunos na compreensão sobre o assunto Núcleo Celular, destacando sua composição, morfologia, função, importância do núcleo para as células e conseqüentemente, para os seres vivos, além de salientar em que células o núcleo pode estar presente. O segundo caso diz respeito às Partes do Núcleo Celular, no qual serão trabalhados assuntos como organização e morfologia do núcleo e destacadas suas partes: envoltório nuclear (carioteca), cromatina, cariolinefa (nucleoplasma) e nucléolo. O terceiro caso refere-se aos cromossomos, no qual o propósito deste caso é a busca do entendimento por parte dos alunos sobre o que são os cromossomos, do que são formados (qual a sua constituição), qual a quantidade de cromossomos nas células dos seres vivos, entre

outras questões. O quarto caso aborda os Ácidos Nucleicos, evidenciando suas características gerais, composição, diferenças básicas entre o DNA (Ácido Desoxirribonucleico) e o RNA (Ácido Ribonucleico), suas características químicas principais, como tipos de componentes, estrutura molecular e suas funções gerais nos seres vivos. Por fim, o quinto caso tem por finalidade a busca da percepção por parte dos alunos sobre a Meiose na Genética, no qual são ressaltados assuntos como as diferenças entre as divisões celulares (mitose e meiose), o reconhecimento da relação entre a meiose e a reprodução sexuada e a ligação da segregação dos fatores genéticos (dos genes) e a meiose. Todos os casos são fundados por multimídias que possuem o intuito de facilitar a aprendizagem dos conceitos introdutórios de genética, tendo como premissa a busca da autonomia, da curiosidade e do pensamento crítico e reflexivo dos alunos.

A seguir, será descrita a SD na ordem em que cada caso foi desenvolvido, no qual estarão presentes orientações para os professores sobre como podem desenvolver as aulas, os planos de aula, os roteiros dos experimentos e um guia do professor, onde estarão contidas instruções para a utilização dos materiais, a fim de que a proposta apresentada nesse trabalho possa ser utilizada por outros docentes. É importante reforçar que o sucesso das aulas desta produção educacional está diretamente relacionado à utilização do Hipertexto e a aplicação das aulas práticas nos Laboratórios de Ciências e de Informática.

## **2 PRIMEIRO CASO: Núcleo Celular**

### **2.1 ORIENTAÇÕES PARA OS PROFESSORES**

Prezado professor, esta parte do conteúdo da produção educacional pode ser mais eficientemente utilizada em conjunto com a seção “Núcleo Celular” do *site* <http://genetica2016.weebly.com>.

#### **2.1.1 INTRODUÇÃO**

O Núcleo Celular é uma parte de extrema importância para a célula. Pode-se dizer que o núcleo é como se fosse o "cérebro" da célula, pois é a partir dele que partem as "decisões", como a divisão celular, por exemplo. Em outras palavras, o núcleo pode ser considerado como o centro de controle da célula.

É no núcleo que ficam guardados os genes, que carregam as informações fundamentais para o funcionamento da célula e, por consequência, de todo o organismo. Perceber que são os genes que transmitem as características de cada espécie, de uma geração para outra, no momento da reprodução, ainda é um desafio para a sala de aula.

Neste caso o objetivo principal desta aula é reconhecer o núcleo celular, sua importância e função para as células eucarióticas. Para a realização da aula prática contida neste plano de aula, é necessário que a escola disponha de pelo menos um microscópio óptico. Esta prática experimental é extremamente simples e poderá ser realizada no Laboratório de Ciências da escola preferencialmente, mas também em sala de aula.

### **2.1.2. PLANO DE AULA 1:**

- **Componente curricular: Biologia**
- **Turno: Manhã**
- **Série: 2ª série – Ensino Médio**
- **Tempo Previsto: 4 períodos – 50 minutos**
- **Tema da aula: Núcleo Celular**
  
- **Conteúdos de ensino da aula:**
  - ✓ Organização do núcleo celular
  - ✓ Função do núcleo celular
  - ✓ Importância do núcleo celular para a célula
  - ✓ Células que apresentam núcleo celular
  
- **Conteúdos de ensino que são pré-requisitos para a aula:**
  - ✓ A arquitetura das células eucarióticas
  - ✓ Noções básicas das partes das células
  - ✓ Diferenças entre células eucariontes e procariontes
  
- **Objetivos de ensino:**

Espera-se que nesta aula os professores sejam capazes de:

  - ✓ Promover uma aula multiconceitual experimental, incentivando a participação dos alunos.



- ✓ Realizar uma aula envolvendo recursos multimídia e/ou objetos de aprendizagem que permitam ensinar sobre o assunto Núcleo Celular.
- ✓ Discutir sobre a composição e morfologia do núcleo celular, e como ele se organiza dentro da célula.
- ✓ Debater sobre as funções do núcleo celular e sua importância para o funcionamento da célula.

- **Objetivos de aprendizagem:**

Espera-se que nesta aula os alunos sejam capazes de:

- ✓ Refletir sobre o papel do núcleo celular no funcionamento da célula.
- ✓ Reconhecer o núcleo das células eucarióticas como o centro de controle das atividades celulares.
- ✓ Compreender a morfologia e organização do núcleo celular.

- **Metodologia de ensino:**

- **Procedimentos:**

Aula expositivo-dialogada na qual a estratégia de ensino-aprendizagem será representada pela identificação, através de esquemas, fotografias de células, maquetes, *slides*, vídeos, aulas práticas e experimentos em laboratório, do núcleo celular.

- **Recursos de instrução:**

- ✓ Quadro branco
- ✓ Canetas e apagador
- ✓ *Data-show e slides em Power Point*
- ✓ Internet
- ✓ *Site*
- ✓ Vídeos
- ✓ Atividade no Laboratório de Informática
- ✓ Experimento no Laboratório de Ciências
- ✓ Maquetes de células em *biscuit*

➤ **Desenvolvimento da aula:**

Professor, neste primeiro momento fazer uma breve retomada sobre as células e suas partes e sobre as diferenças básicas entre as células eucariontes e procariontes com relação, principalmente, ao núcleo celular. Em um segundo momento, introduzir o assunto Núcleo Celular, que será o foco de aprendizagem do aluno. A utilização de *slides* com tópicos e figuras (APÊNDICE 1) é um bom recurso para essa parte da aula que é inicialmente expositiva e dialogada.

Nesta introdução sobre o assunto Núcleo Celular aos alunos, com uma apresentação oral que pode ser com o auxílio do *Power Point*, em sala de aula, podem ser abordados assuntos como a descoberta do núcleo; características gerais do núcleo; organização nuclear; composição química; importância e funções dessa estrutura. Esses conceitos podem ser explanados em 1h/a.

Após a explicação, algumas multimídias como vídeos, áudios, textos, animações, imagens, fotos e passo a passo de experimentos, poderão ser exploradas para elucidar as definições de núcleo celular. Se a internet estiver disponível em sala de aula ou no Laboratório de Informática, é possível complementar o conteúdo com o *site* <http://genetica2016.weebly.com>, que foi criado para este fim. A navegação no Caso 1 do *site*, referente ao assunto Núcleo Celular também poderá ocupar 1h/a. (APÊNDICE 2)

A parte experimental desta aula pode ser realizada em um período de 2h/a e tem como objetivo verificar a presença do núcleo celular em células eucariontes. Para esta aula, podem ser realizadas duas atividades prática e um experimento envolvendo a temática “Núcleo Celular”. Segue abaixo o roteiro da aula prática, que pode ser ministrada em um Laboratório de Ciências ou em uma sala de aula:

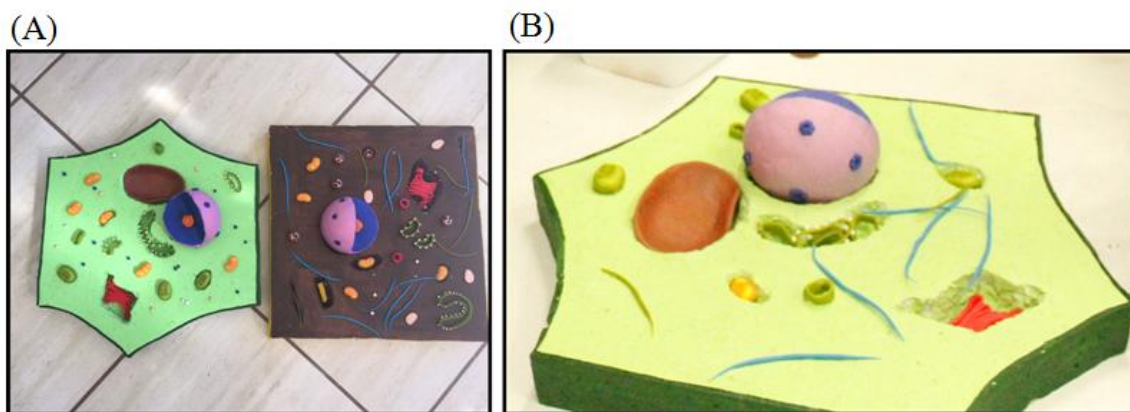
**A) Atividade prática 1 (Células de isopor e *biscuit*):**

Anteriormente a essa aula, devem ser confeccionadas duas células de isopor, uma representando uma célula animal e outra representando uma célula vegetal, ambas com espaços vazados para que possam ser encaixadas as respectivas organelas citoplasmáticas e o núcleo celular, que devem também ser confeccionados anteriormente, mas com material diferente, em massa de *biscuit*. Para a confecção das organelas celulares e do núcleo, indica-se a utilização de massa de *biscuit*, em

decorrência de sua durabilidade, uma vez que a massa de modelar, com o tempo, pode vir a estragar.

Com isso, configura-se um jogo de encaixe, no qual os alunos têm a oportunidade de montar, com suas devidas estruturas, as duas células eucarióticas, animal e vegetal, e relembrar as partes das células.

**Figura 1 (A) e (B)** – Modelos de células eucarióticas em *biscuit*.



Fonte: acervo da autora.

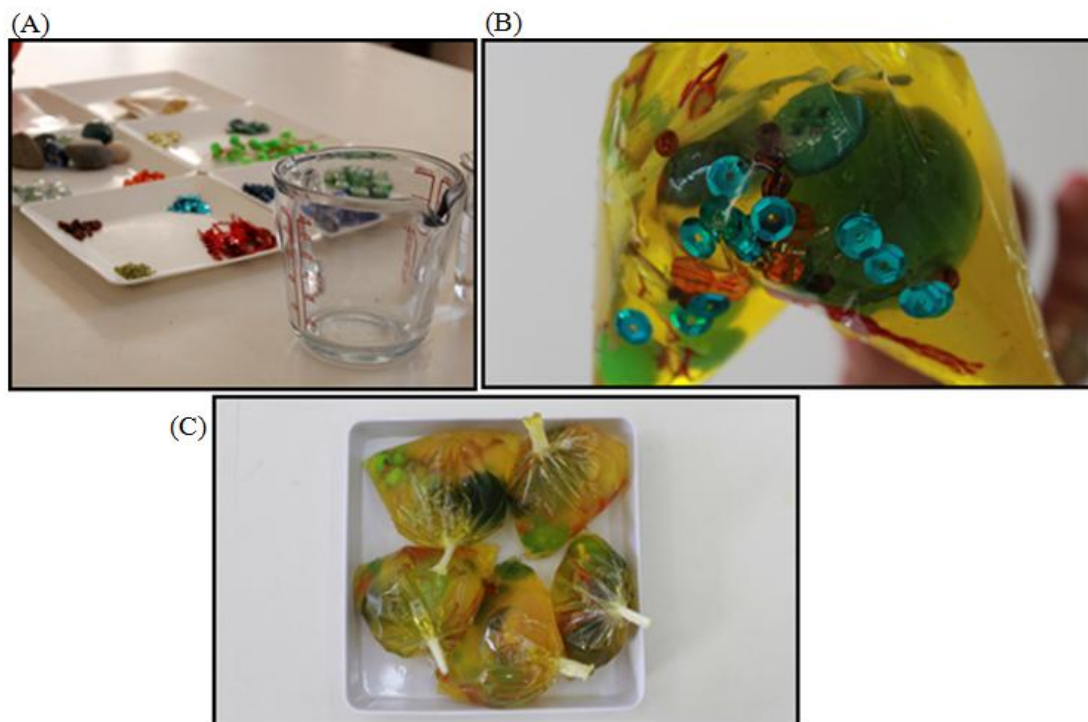
### **B) Atividade prática 2 (Células de Gelatina):**

Da mesma forma, anteriormente a essa aula, podem ser confeccionados macro modelos de células eucarióticas, com o uso de materiais de fácil aquisição, para que os alunos possam ter a dimensão de como se configura uma célula e suas estruturas, e através do tato, ser capaz de mensurar o dinamismo e a fluidez de uma célula. Para isso, podem ser utilizados os seguintes materiais:

- Saquinhos plásticos para representar a Membrana Plasmática;
- Gelatina amarela ou incolor para representar o Citoplasma;
- Bolinhas de gude grandes ou pedrinhas grandes para representar o Núcleo Celular;
- Materiais diversos como botões, arames, miçangas, bolinhas de gude pequenas, lantejoulas, macarrão cru, feijão cru, arroz cru, barbantes e pedrinhas para representar as Organelas Citoplasmáticas;
- Fita adesiva para fechar o saquinho plástico.

Com esses modelos, facilmente os alunos conseguem montar um tecido animal ou vegetal, unindo cada célula de gelatina e lembrando que um tecido é a união de centenas ou até mesmo milhares de células.

**Figura 2 (A), (B) e (C) – Modelos de células eucarióticas de gelatina.**



Fonte: acervo da autora.

### **C) Experimento (Observação de células da mucosa bucal humana):**

Por fim, como última atividade prática referente ao assunto Núcleo Celular, os alunos podem ter a oportunidade de observar através de microscópios ópticos, células da mucosa bucal, coletadas durante a aula.

#### **Roteiro do experimento:**

##### **- Material necessário:**

Para a preparação das lâminas a partir de uma amostra biológica de células da mucosa bucal e observação das mesmas, devem ser utilizados os seguintes materiais:

- Microscópio óptico;
- Lâminas histológicas;
- Pares de luvas para procedimento;

- Conta – gotas;
- Papel toalha;
- Hastes flexíveis;
- Corante azul de metileno.

**- Montagem do experimento:**

Os alunos podem ser divididos em grupos para preparar o material a ser observado e cada grupo realizar o seguinte procedimento experimental:

- Os alunos devem colocar as luvas para o procedimento;
- Com o auxílio de uma haste flexível, um voluntário por grupo deve esfregar levemente a parte interna da bochecha, a fim de coletar as células da mucosa bucal;
- Na sequência, o aluno deve esfregar a haste flexível com o material biológico sobre a lâmina, em zigue zague, deixando o material raspado da parte interna da bochecha sobre a mesma;
- Em seguida, outro integrante do grupo deve adicionar uma gota do corante azul de metileno sobre a amostra com o auxílio do conta-gotas e espalhar de forma uniforme o corante, fazendo movimentos com a lâmina, sem tocar na amostra, tirando o excesso de corante pelas bordas da lâmina com o auxílio do papel toalha. Neste momento, deve-se esperar que o corante seque e o material biológico se torne visível.

Em um segundo momento, os alunos devem realizar a observação vital das células da mucosa bucal:

- Com a amostra pronta para ser observada, os grupos devem colocar as lâminas nos microscópios ópticos e prender com a pinça. Com a ajuda do condensador, devem posicionar a lâmina onde a luz do microscópio a atravesse e atinja a amostra com as células e ajustar então a intensidade da luz e o foco da imagem através do macrômetro e do micrômetro.

**- Resultado esperado:**

Espera-se que os alunos realizem a identificação das partes que compõem as células da mucosa bucal, principalmente a visualização do núcleo celular, e respondam às perguntas presentes no protocolo do experimento (APÊNDICE 3), que poderá ser entregue aos alunos no começo da aula, como registro da atividade.

Esta é uma prática simples, mas que permite conhecer com maior clareza a organização celular básica: membrana, citoplasma e núcleo, este último sendo o nosso principal objeto de estudo. Lembrando que a membrana plasmática é invisível a microscópio óptico, embora possamos vislumbrar sua presença através dos limites da célula.

### **3 SEGUNDO CASO: Partes do Núcleo Celular**

#### **3.1 ORIENTAÇÕES PARA OS PROFESSORES**

Caro professor, esta parte do conteúdo da produção educacional pode ser mais eficientemente utilizada em conjunto com a seção “Partes do Núcleo Celular” do *site* <http://genetica2016.weebly.com>.

##### **3.1.1 INTRODUÇÃO**

Dentro do núcleo celular estão contidas as estruturas que guardam as informações genéticas de cada célula, tanto de organismos unicelulares como de organismos multicelulares. É através do núcleo que podemos diferenciar os organismos procariontes (aqueles que não possuem núcleo) dos organismos eucariontes (aqueles que possuem núcleo), pela ausência ou presença de carioteca, uma das estruturas presentes no núcleo celular.

Reconhecer e identificar as estruturas presentes no núcleo celular e a função de cada estrutura é ponto primordial para o entendimento de onde se localizam as informações genéticas dentro das células, sendo o objetivo principal desta aula.

##### **3.1.2. PLANO DE AULA 2:**

- **Componente curricular: Biologia**
- **Turno: Manhã**
- **Série: 2ª série – Ensino Médio**
- **Tempo Previsto: 4 períodos – 50 minutos**
- **Tema da aula: Partes do Núcleo Celular**

- **Conteúdos de ensino da aula:**

- ✓ Componentes fundamentais do núcleo celular:
  - Carioteca ou envelope nuclear
  - Cariolinfa ou nucleoplasma
  - Cromatina
  - Nucléolos
- ✓ Função de cada componente nuclear

- **Conteúdos de ensino que são pré-requisitos para a aula:**

- ✓ Localização e organização do núcleo celular
- ✓ Função do núcleo celular
- ✓ Importância do núcleo celular para a célula

- **Objetivos de ensino:**

Espera-se que nesta aula os professores sejam capazes de:

- ✓ Promover uma aula multiconceitual experimental, incentivando a participação dos alunos.
- ✓ Realizar uma aula envolvendo recursos multimídia e/ou objetos de aprendizagem que permitam ensinar sobre a temática “Partes do Núcleo Celular”.
- ✓ Esclarecer as partes fundamentais que compõem o núcleo celular (carioteca ou envelope nuclear, cromatina, cariolinfa ou nucleoplasma e nucléolos).
- ✓ Debater sobre as funções de cada estrutura presente no núcleo celular.
- ✓ Ensinar a organização das estruturas presentes no núcleo através da confecção de um Bolo de Núcleo.

- **Objetivos de aprendizagem:**

Espera-se que nesta aula os alunos sejam capazes de:

- ✓ Refletir sobre o papel de cada componente dentro do núcleo celular, como um todo.
- ✓ Identificar cada componente do núcleo celular e seu papel na proteção do material genético.

- ✓ Compreender como a cromatina é formada a partir de várias moléculas de DNA partindo da escala macro para a escala micro.
- ✓ Compreender a morfologia e organização do núcleo celular.
- ✓ Construir um modelo comestível de núcleo celular, ressaltando seus componentes.

- **Metodologia de ensino:**

- **Procedimentos:**

Aula expositivo-dialogada na qual a estratégia de ensino-aprendizagem será representada pela identificação, através de esquemas, fotografias de núcleos, maquetes, *slides*, vídeos e atividade prática, das partes do núcleo celular.

- **Recursos de instrução:**

- ✓ Quadro branco
      - ✓ Canetas e apagador
      - ✓ *Data-show e slides em Power Point*
      - ✓ Internet
      - ✓ *Site*
      - ✓ Vídeos
      - ✓ Atividade no Laboratório de Informática
      - ✓ Atividade prática Laboratório de Ciências
      - ✓ Maquete de célula em *biscuit*

- **Desenvolvimento da aula:**

Professor, para essa aula, é interessante fazer uma breve retomada sobre o assunto núcleo celular, lembrando suas funções e importância para as células eucarióticas. Posteriormente a essa retomada, introduzir o assunto Partes do Núcleo Celular, que será o foco de aprendizagem do aluno neste caso. A utilização de *slides* com tópicos e figuras (APÊNDICE 4) é um bom recurso para essa parte da aula que é inicialmente expositiva e dialogada.

Nesta introdução sobre o assunto Partes do Núcleo Celular aos alunos, com uma apresentação oral que pode ser com o auxílio do *Power Point*, em sala de aula ou em outro ambiente da escola, como o Laboratório de Ciências, podem ser tratados assuntos



como o reconhecimento e identificação do núcleo e suas partes, como a carioteca ou envelope nuclear, a organização do poro nuclear e o estudo da cromatina, cariolinfa e nucléolos. Junto a essa explanação, pode ser apresentada uma maquete de célula de *biscuit* para melhor visualização de um modelo celular. Esses conceitos podem ser explanados em 1h/a.

Após a explicação dos assuntos referentes às Partes do Núcleo Celular, algumas multimídias como vídeos, áudios, textos e imagens, fotos e hipertextos poderão ser exploradas para elucidar com maiores detalhes as definições dos componentes do núcleo celular. Se a internet estiver disponível em sala de aula ou no Laboratório de Informática, é possível complementar o conteúdo com o *site* <http://genetica2016.weebly.com>, que foi criado para este fim. (APÊNDICE 5) A navegação no Caso 2 do *site*, referente ao assunto Partes do Núcleo Celular, também poderá ocupar 1h/a.

Além disso, poderá ser organizada para esta aula uma atividade prática com a temática “Partes do Núcleo Celular”. A parte prática desta atividade pode ser realizada em um período de 2h/a e tem como objetivo reforçar a presença das estruturas do núcleo celular através de uma atividade lúdica e criativa, a confecção de um “Bolo Comestível de Núcleo”. Segue abaixo o roteiro da atividade prática, que pode ser ministrada em um Laboratório de Ciências ou em uma sala de aula convencional:

#### **A) Atividade prática (Confecção de bolos comestíveis de núcleo celular):**

Professor, para essa atividade, o indicado é que deixe a critério dos alunos a escolha e confecção de núcleos comestíveis, sejam eles doces ou salgados, para a representação do núcleo e de suas partes. Com isso, devem ser combinados alguns itens importantes para que a atividade prática tenha sucesso:

- Os alunos podem se reunir em grupos e combinar como será configurado o bolo (formato, sabor, etc.);
- Em um segundo momento, os alunos devem pesquisar em casa as partes do núcleo e os ingredientes que corresponderão a cada estrutura;
- Em um dia marcado previamente para essa atividade, os alunos devem trazer todos os ingredientes que representarão o núcleo e suas partes;
- Também podem trazer plaquinhas com os nomes das partes do núcleo para a identificação das mesmas;

- A massa deve ser trazida para a escola, no dia da montagem, previamente assada, pois não daria tempo de assar várias massas ao mesmo tempo;
- Depois de pronta a montagem do bolo, cada grupo deve apresentar para os demais colegas o seu bolo e indicar o que foi utilizado para representar cada estrutura do núcleo;
- Por fim, podem trazer, por grupos, pratinhos, garfinhos, copinhos e bebidas, para a degustação dos bolos de núcleo e confraternização com os colegas no final da aula.

Professor, você pode dar sugestões para os alunos de ingredientes para a confecção do bolo, como por exemplo, a utilização de branquinho com corante alimentício ou brigadeiro para representar a cariolinefa; chocolates ou bolachinhas para representar a carioteca; gominhas para representar a cromatina; bombons ou brigadeiros para representar o nucléolo; e assim por diante, deixando a critério dos alunos a escolha dos ingredientes.

**Figura 3 (A), (B), (C) e (D)** – Bolos comestíveis de núcleo celular (em destaque, as partes do núcleo).



## **4 TERCEIRO CASO: Cromossomos**

### **4.1 ORIENTAÇÕES PARA OS PROFESSORES**

Estimado professor, esta parte do conteúdo da produção educacional pode ser mais eficientemente utilizada em conjunto com a seção “Cromossomos” do *site* <http://genetica2016.weebly.com>.

#### **4.1.1 INTRODUÇÃO**

O núcleo celular das células eucariontes contém os cromossomos, nos quais se encontram as informações que comandam a vida da célula. Cada cromossomo possui uma única molécula de DNA com informações codificadas, os genes, que controlam todo o funcionamento da célula.

O estudo dos cromossomos humanos é de extrema importância, pois possibilita, por exemplo, a identificação de alterações cromossômicas e prevê, dentre outras coisas, o risco de uma pessoa ter filhos afetados por doenças hereditárias. Compreender que os cromossomos são a forma espiralada em que o DNA se condensa, no início da divisão celular, ainda é instigante para o aluno.

Neste caso, o objetivo principal desta aula é reconhecer os cromossomos como a estrutura que carrega toda a informação sobre as características da espécie e participa dos mecanismos hereditários.

#### **4.1.2. PLANO DE AULA 3:**

- **Componente curricular: Biologia**
- **Turno: Manhã**
- **Série: 2ª série – Ensino Médio**
- **Tempo Previsto: 4 períodos – 50 minutos**
- **Tema da aula: Cromossomos**
  
- **Conteúdos de ensino da aula:**
  - ✓ Características gerais dos cromossomos
  - ✓ A arquitetura dos cromossomos
  - ✓ Partes dos cromossomos e suas funções
  - ✓ Classificação dos cromossomos

- ✓ Tipos de cromossomos e como se apresentam nas células
  - ✓ Citogenética humana (cariótipo e kariograma)
  - ✓ Aberrações cromossômicas na espécie humana
- **Conteúdos de ensino que são pré-requisitos para a aula:**
    - ✓ Organização do núcleo celular
    - ✓ Estruturas presentes no núcleo celular
    - ✓ Cromatina
- **Objetivos de ensino:**

Espera-se que nesta aula os professores sejam capazes de:

    - ✓ Promover uma aula multiconceitual experimental, incentivando a participação dos alunos.
    - ✓ Realizar uma aula envolvendo recursos multimídia e/ou objetos de aprendizagem que permitam ensinar sobre o tema Cromossomos.
    - ✓ Abordar as características gerais dos cromossomos, sua função e classificação.
    - ✓ Estimular a compreensão das estruturas que compõem os cromossomos e suas respectivas funções.
    - ✓ Ensinar a organização cromossômica através da montagem de um Cariograma.
- **Objetivos de aprendizagem:**

Espera-se que nesta aula os alunos sejam capazes de:

    - ✓ Reconhecer a cromatina como o conjunto de cromossomos do núcleo celular.
    - ✓ Compreender os níveis de organização cromossômica.
    - ✓ Identificar as estruturas presentes nos cromossomos como o centrômero e as cromátides-irmãs.
    - ✓ Reconhecer os cromossomos como a sede dos genes.
    - ✓ Conhecer o número normal de cromossomos da espécie humana.

- ✓ Refletir sobre a importância dos estudos cromossômicos para diagnosticar e prevenir síndromes cromossômicas, a partir da montagem de um Cariograma.

- **Metodologia de ensino:**

- **Procedimentos:**

Aula expositivo-dialogada na qual a estratégia de ensino-aprendizagem será representada pela identificação, através de esquemas, fotografias de cromossomos, *slides*, vídeos e atividade no laboratório de ciências, dos cromossomos e de suas estruturas.

- **Recursos de instrução:**

- ✓ Quadro branco
      - ✓ Canetas e apagador
      - ✓ *Data-show e slides em Power Point*
      - ✓ Internet
      - ✓ *Site*
      - ✓ Vídeos
      - ✓ Atividade no Laboratório de Informática
      - ✓ Atividade prática no Laboratório de Ciências

- **Desenvolvimento da aula:**

Professor, nesta primeira ocasião da aula, é pertinente fazer uma sucinta retomada sobre a organização do núcleo celular e suas estruturas, dando ênfase à cromatina, que dará origem posteriormente aos cromossomos. Em um segundo momento, introduzir o tema Cromossomos, que será o foco de aprendizagem do aluno, no Caso 3. A utilização de *slides* com tópicos e figuras (APÊNDICE 6) é um bom recurso para essa parte da aula que é inicialmente expositiva e dialogada.

Nesta inserção do tema Cromossomos aos alunos, que pode ser realizada através de uma apresentação oral com o auxílio do *Power Point*, em sala de aula, devem ser abordados assuntos como o reconhecimento do conjunto de cromossomos presentes no núcleo celular; as características gerais dos cromossomos; a classificação dos cromossomos; a compreensão dos níveis de organização cromossômica; a identificação

através de esquemas e imagens, da cromatina, do centrômero e das cromátides-irmãs de um cromossomo; as aberrações cromossômicas na espécie humana; além do reconhecimento do cromossomo como a sede dos genes e algumas terminologias básicas como cariótipo, genoma e citogenética humana. Esses conceitos podem ser explanados em 1h/a.

Posteriormente à explicação, algumas multimídias como vídeos, textos, imagens e *slides*, poderão ser exploradas para esclarecer com maiores detalhes o conteúdo referente aos cromossomos. Se a internet estiver disponível em sala de aula ou no Laboratório de Informática, é possível complementar o conteúdo com o *site* <http://genetica2016.weebly.com>, que foi criado para este fim. (APÊNDICE 7) A navegação no Caso 3 do *site*, referente ao assunto Cromossomos também deverá ocupar 1h/a.

Para um melhor entendimento do estudo dos cromossomos humanos, pesquisadores elaboraram um método eficaz para a identificação dos tipos cromossômicos, permitindo assim, entre outras coisas, pontuar doenças que estão diretamente relacionadas a alterações cromossômicas. Através de um ramo da genética chamado Aconselhamento Genético, os cientistas possuem condições de identificar pessoas com problemas cromossômicos e prever o risco de seus filhos virem a ser afetados por certas doenças hereditárias.

Tal método, chamado Cariograma, também conhecido como Idiograma, consiste na montagem de conjuntos completos de cromossomos, através de fotografias microscópicas (micrografias), no qual os cromossomos são recortados da foto e organizados por ordem decrescente de tamanho e de acordo com a posição dos centrômeros (região de estrangulamento do cromossomo condensado). Esta montagem permite a identificação do cariótipo humano (conjunto de características morfológicas dos cromossomos de uma célula), distinguindo assim, possíveis síndromes ou doenças hereditárias.

A realização de uma atividade prática, com duração de 2h/a, a respeito da montagem de um Idiograma pode ser um ótimo recurso para que ocorra uma melhor compreensão de um cariótipo humano e os cromossomos que o compõem. A parte prática desta atividade pode ser realizada em qualquer local do ambiente escolar, não necessitando de um Laboratório de Ciências, pois se trata de uma atividade de recorte e colagem. Segue abaixo o roteiro da atividade prática:

### **A) Atividade prática (Montagem de um Idiograma):**

Professor, esta atividade prática foi baseada em uma proposta para desenvolver em sala de aula da Editora Moderna, dentro dos Temas de Biologia, datada no ano de 1997 (ANEXO A). Embora antiga, vem bem ao encontro do assunto explanado nos livros didáticos dos dias atuais, sobre Idiogramas.

No Laboratório de Ciências da escola ou na própria sala de aula, os alunos devem receber, individualmente, o protocolo de sugestão de atividade, para a montagem de um Idiograma humano normal, semelhante ao utilizado pelos geneticistas para estudar eventuais desordens cromossômicas, porém, na configuração de desenhos em folhas de ofício A4, na forma de cópia xerocada.

Para esta aula, os alunos precisam ter à disposição tesouras, colas, régua milimetradas, lápis de cor e canetinhas, conjuntos de cromossomos para recortar e gabarito para colar os cromossomos (ambos em cópia xerocada). Seguindo as instruções do protocolo, os estudantes devem identificar os cromossomos e montar o Idiograma de um ser humano do sexo masculino, sem síndromes ou doenças hereditárias, através de um trabalho de recorte e colagem.

Com esta atividade, os alunos têm a oportunidade de se familiarizar com conceitos relativos ao número, forma e classificação dos cromossomos, estudados até o momento, de uma forma criativa e lúdica.

## **5 QUARTO CASO: Ácidos Nucleicos (DNA e RNA)**

### **5.1 ORIENTAÇÕES PARA OS PROFESSORES**

Prezado professor, esta parte do conteúdo da produção educacional pode ser mais eficientemente utilizada em conjunto com a seção “Ácidos Nucleicos (DNA e RNA)” do *site* <http://genetica2016.weebly.com>.

#### **5.1.1 INTRODUÇÃO**

Os Ácidos Nucleicos são assim chamados por possuírem caráter ácido e por terem sido descobertos primeiramente no núcleo das células. Posteriormente, descobriu-se que os ácidos nucleicos constituem os genes, estruturas responsáveis pela herança biológica. Existem dois tipos desses ácidos, o DNA (Ácido Desoxirribonucleico) e o RNA (Ácido Ribonucleico). Em termos práticos, as moléculas de DNA são

responsáveis por carregar os genes, enquanto que as moléculas de RNA estão envolvidas na síntese de proteínas.

Entender que somos parecidos com nossos pais porque recebemos, nos gametas que nos originaram, genes paternos e genes maternos, constituídos por DNA, apresenta-se como um desafio para os discentes. Nesse contexto, faz-se necessário a compreensão dos aspectos que envolvem os ácidos nucleicos, como sua constituição e características químicas, sua posição dentro da célula e diferenças com relação ao DNA e ao RNA, sendo o objetivo principal desta aula.

#### **5.1.2. PLANO DE AULA 4:**

- **Componente curricular: Biologia**
- **Turno: Manhã**
- **Série: 2ª série – Ensino Médio**
- **Tempo Previsto: 5 períodos – 50 minutos**
- **Tema da aula: Ácidos Nucleicos (DNA e RNA)**
  
- **Conteúdos de ensino da aula:**
  - ✓ Características gerais dos ácidos nucleicos
  - ✓ Componentes dos ácidos nucleicos
  - ✓ Diferenças entre o DNA e o RNA
  - ✓ Estrutura espacial dos ácidos nucleicos (estrutura molecular, características químicas, etc.)
  - ✓ Funções gerais dos ácidos nucleicos nos seres vivos.
  
- **Conteúdos de ensino que são pré-requisitos para a aula:**
  - ✓ Bases moleculares da vida (substâncias químicas dos seres vivos)
  - ✓ Substâncias orgânicas
  - ✓ Componentes do núcleo celular
  - ✓ Cromatina e cromossomos



- **Objetivos de ensino:**

Espera-se que nesta aula os professores sejam capazes de:

- ✓ Promover uma aula multiconceitual experimental, incentivando a participação dos alunos.
- ✓ Realizar uma aula envolvendo recursos multimídia e/ou objetos de aprendizagem que permitam ensinar sobre os ácidos nucleicos.
- ✓ Debater sobre os ácidos nucleicos, sua função, composição e características gerais.
- ✓ Ensinar sobre as diferenças entre o DNA e o RNA.
- ✓ Evidenciar a relação entre o DNA e os genes.
- ✓ Esclarecer que o RNA está relacionado à produção de proteínas e à replicação do DNA.
- ✓ Estimular a compreensão das estruturas microscópicas que encerram o DNA e o RNA a partir de maquetes de modelos macroscópicos construídos pelos alunos, em grupos, sob a supervisão do professor.
- ✓ Estabelecer um paralelo entre as representações macroscópicas proporcionadas pelos modelos moleculares e as representações constantes nos livros didáticos.
- ✓ Promover a integração entre os aspectos químicos e moleculares do DNA e do RNA.

- **Objetivos de aprendizagem:**

Espera-se que nesta aula os alunos sejam capazes de:

- ✓ Perceber as funções e a importância dos ácidos nucleicos para os seres vivos.
- ✓ Reconhecer os principais componentes dos ácidos nucleicos, suas naturezas químicas e seu papel na formação dos genes.
- ✓ Compreender que o DNA é uma longa molécula formada por um agrupamento de várias moléculas semelhantes que formam um gene.
- ✓ Entender que uma molécula de DNA é constituída por nucleotídios compostos, cada, de três pares: Desoxirribose (D), Base Nitrogenada (N) e Grupo Fosfato (P).

- ✓ Assimilar que o DNA difere do RNA pela troca de uma Base Nitrogenada e pelo Glicídio, na estrutura química do nucleotídeo, entre outras características.
- ✓ Construir maquetes de modelos moleculares de DNA e RNA.
- ✓ Construir o conhecimento integrado de propriedades químicas e biológicas dos ácidos nucleicos.

- **Metodologia de ensino:**

- **Procedimentos:**

Aula expositivo-dialogada na qual a estratégia de ensino-aprendizagem será representada pela identificação, através de esquemas, fotografias de moléculas, textos e imagens, maquetes, *slides*, animações, vídeos, e experimentos em laboratório, dos ácidos nucleicos.

- **Recursos de instrução:**

- ✓ Quadro branco
      - ✓ Canetas e apagador
      - ✓ *Data-show* e *slides* em *Power Point*
      - ✓ Internet
      - ✓ *Site*
      - ✓ Vídeos
      - ✓ Atividade no Laboratório de Informática
      - ✓ Experimento no Laboratório de Ciências

- **Desenvolvimento da aula:**

Professor, é interessante rever, para começar essa aula, assuntos relacionados aos cromossomos, pontuando a composição da cromatina, por exemplo. Também é pertinente fazer uma breve retomada sobre os componentes da matéria viva, lembrando as substâncias químicas presentes nos seres vivos, como Lipídios, Glicídios, Proteínas e os Ácidos Nucleicos. Em um segundo momento, introduzir o assunto Ácidos Nucleicos, que será o foco de aprendizagem do aluno. A utilização de *slides* com tópicos e figuras (APÊNDICE 8) é um bom recurso para essa parte da aula que é inicialmente expositiva e dialogada.

Nesta introdução sobre os ácidos nucleicos para os alunos, com uma apresentação oral que pode ser com o auxílio do *Power Point*, em sala de aula, devem ser abordados assuntos como as características gerais dos ácidos nucleicos; sua composição; diferenças básicas entre o DNA e o RNA; suas características químicas principais, como tipos de componentes, estrutura molecular e suas funções gerais; e importância para os seres vivos. Esses conceitos podem ser explanados em 1h/a.

Em seguida a explanação, algumas multimídias como vídeos, animações, textos e imagens, passos a passo de experimentos, fotos de modelos moleculares, poderão ser exploradas para esclarecer com maiores detalhes os assuntos relacionados aos ácidos nucleicos. Se a internet estiver disponível em sala de aula ou no Laboratório de Informática, é possível complementar o conteúdo com o *site* <http://genetica2016.weebly.com>, que foi criado para este fim. (APÊNDICE 9) A navegação no Caso 4 do *site*, referente ao assunto Ácidos Nucleicos também deverá ocupar 1h/a.

Com o objetivo do melhor entendimento sobre a natureza dos Ácidos Nucleicos, pode ser realizada uma atividade prática e um experimento, em sala de aula ou em um ambiente como o Laboratório de Ciências, para melhor visualização dessas estruturas. A parte experimental desta aula pode ser ministrada em um período de 3h/a. Segue abaixo o roteiro da aula prática e do experimento:

#### **A) Atividade prática (Maquete de modelos espaciais de DNA e RNA):**

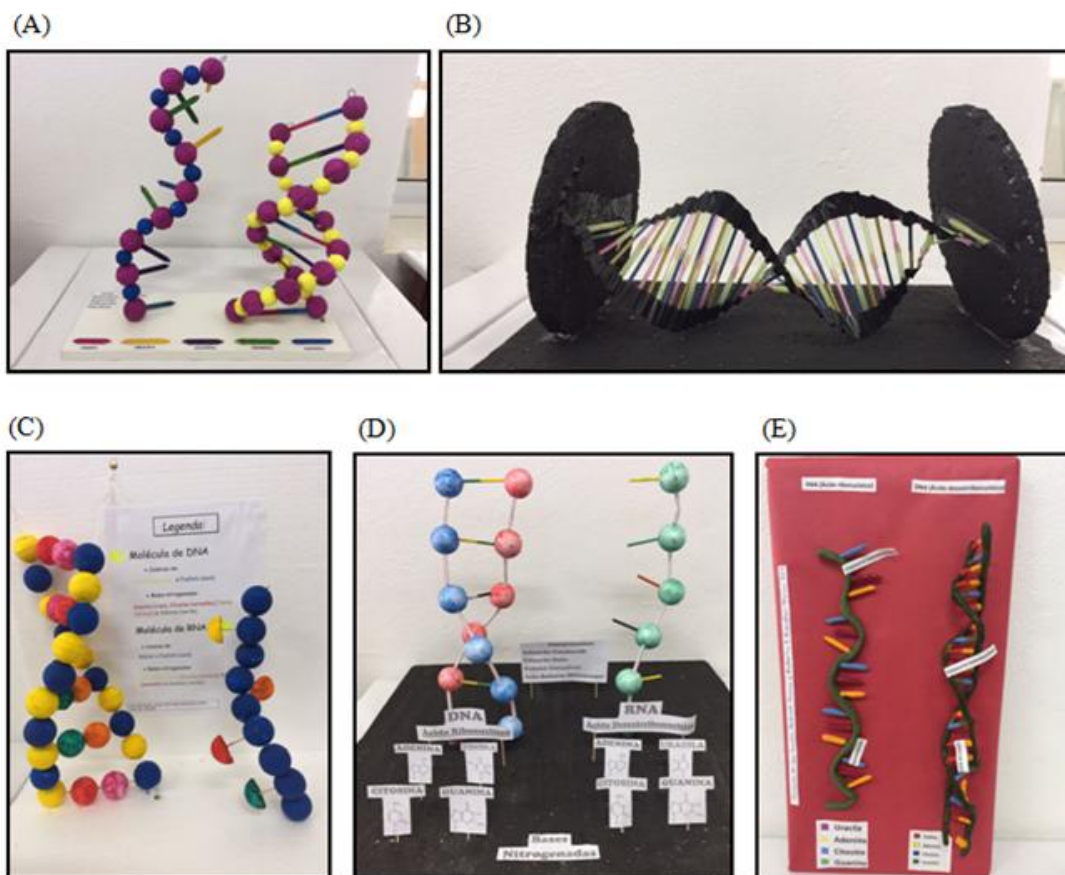
Professor, para esta aula, deve ser combinado previamente com os alunos alguns itens importantes para que a atividade prática tenha sucesso:

- Os alunos podem se reunir em grupos e combinar como será configurada a maquete de modelos espaciais de DNA e RNA;
- Em um segundo momento, os alunos devem pesquisar em casa as estruturas moleculares que formam os dois ácidos nucleicos e escolher que materiais serão utilizados para a montagem das maquetes (de preferência, materiais de baixo custo);
- Em um dia marcado previamente para essa atividade, os alunos devem trazer todos os materiais que serão utilizados no momento da montagem das estruturas;

- Também podem trazer plaquinhas ou legendas com os nomes das estruturas presentes nos ácidos nucleicos, para a identificação das mesmas;
- Poderá ser disponibilizado aos alunos o período de 1h/a para a montagem das maquetes de modelos moleculares de DNA e RNA;
- Depois de prontas as maquetes, cada grupo deve apresentar para os demais colegas o seu modelo molecular, indicar o que foi utilizado para representar cada estrutura e pontuar as diferenças básicas entre estes dois ácidos nucleicos. Esta apresentação possivelmente ocupe mais 1h/a.

Professor, você pode dar sugestões para os alunos de materiais que podem ser utilizados para a montagem das maquetes, como por exemplo, a utilização de objetos como bolinhas de isopor, arame, palitos de sorvete, palitos de dente, massa de *biscuit*, canudos, ou até mesmo materiais comestíveis como *marshmellos* e balinhas de goma, e assim por diante, deixando a critério dos alunos a escolha dos materiais.

**Figura 4 (A), (B), (C), (D) e (E) – Modelos espaciais de moléculas de DNA e RNA.**



Fonte: acervo da autora.

**B) Experimento (Extração de DNA em bananas):**

A segunda atividade proposta para este plano de aula é a extração de moléculas de DNA em frutas. Com o intuito de responder a pergunta: “Como podemos observar a presença de moléculas de DNA nos organismos?”, pode ser ofertada esta atividade, que tem por objetivo fazer com que os alunos entendam os conceitos de genética básica através da demonstração de como podemos extrair e identificar o DNA de seres vivos.

**Roteiro do experimento:****- Material necessário:**

Professor, para este experimento podem ser utilizadas várias frutas como morango, melão, tomate e banana. Neste plano de aula, será eleita a banana. Os materiais necessários para a realização deste experimento são os seguintes:

- ½ banana (pode ser substituído por 2 ou 3 Morangos ou ½ tomate);
- Saco plástico comum transparente;
- Detergente comercial;
- Água;
- Béquer ou copo;
- Colher de medida (colher de café);
- Proveta ou outro frasco com graduação volumétrica;
- Álcool etílico absoluto ou álcool etílico doméstico (>90oG.L). (Deve ser mantido gelado até o momento da sua utilização);
- Gaze para filtrar;
- Tubo de ensaio ou pote de vidro comprido;
- Cloreto de sódio (sal de cozinha);
- Funil;
- Faca;
- Bastão de vidro ou palito de madeira;
- Pipeta Pasteur, seringa ou conta-gotas.

**- Montagem do experimento:**

A turma deve ser organizada em grupos no Laboratório de Ciências da escola ou até mesmo na sala de aula. Os materiais podem estar arrumados em bancadas ou em

classes, à disposição dos discentes. Os alunos devem receber um protocolo do experimento a ser realizado (APÊNDICE 10), com as etapas a serem seguidas e posteriores perguntas a serem respondidas.

Este procedimento experimental consta de duas etapas: a primeira etapa refere-se à preparação de uma solução de lise (solução que fará a quebra da membrana plasmática das células e o rompimento do núcleo, onde está presente o DNA) e a segunda etapa diz respeito à extração do DNA propriamente dito.

Para o preparo da solução de lise, os alunos devem misturar 6 ml de detergente, 4g de NaCl (ou seja, aproximadamente 4 colheres de café cheias de sal de cozinha) e água suficiente para formar 60 ml de solução.

Para a extração do DNA em si, os alunos devem cortar e macerar a banana com a solução de “lise”, num saco plástico, até obter uma solução liquefeita da polpa do fruto, o que facilitará a filtração. Em um segundo momento, devem misturar a solução durante 2 a 3 minutos e, em seguida, filtrar o conteúdo do saco, utilizando a gaze, o funil e o tubo de ensaio. Depois de realizar a filtração, acrescentar lentamente o álcool etílico gelado, com o auxílio de uma pipeta ou conta-gotas, até dobrar o volume inicial da solução.

#### **- Resultado esperado:**

Com isso, surge flutuando no álcool, um material esbranquiçado, parecido com algodão. Espera-se que os alunos realizem a identificação das moléculas de DNA presentes na banana, flutuando no álcool etílico. Em seguida, os alunos devem responder as perguntas propostas no protocolo, com o intuito de um melhor entendimento da atividade prática realizada, que poderá ser entregue para os alunos no começo da aula, como registro do experimento.

Esta atividade é bem simples e pode ser realizada em qualquer ambiente escolar, sendo necessária apenas 1h/a para sua realização.

## 6 QUINTO CASO: Meiose na Genética

### 6.1 ORIENTAÇÕES PARA OS PROFESSORES

Caro professor, esta parte do conteúdo da produção educacional pode ser mais eficientemente utilizada em conjunto com a seção “Meiose na Genética” do *site* <http://genetica2016.weebly.com>.

#### 6.1.1 INTRODUÇÃO

A divisão celular é um processo em que uma célula se reproduz e origina células-filhas, geneticamente iguais ou não, a célula-mãe. Cada ser vivo, um dia, foi apenas uma célula que por sucessivas divisões celulares, deu origem aos trilhões de células constituintes do corpo, daí a importância da divisão celular para a sobrevivência das espécies. As células passam suas características a outras quando se multiplicam para gerar um novo organismo, no momento da reprodução, seja para fazer o corpo crescer, ou para repor as células perdidas por desgaste ou mau uso.

As células eucariontes podem se dividir de duas formas. Um dos tipos de divisão celular é a Mitose, em que uma célula-mãe dá origem a duas células-filhas, geneticamente iguais e com o mesmo número de cromossomos da célula-mãe (os cromossomos previamente duplicados são distribuídos equitativamente entre as duas células-filhas) e ocorre nas células somáticas, que são aquelas células que constituem os tecidos de um organismo. Outro tipo de divisão celular é a Meiose, na qual uma célula-mãe dará origem a quatro células-filha, geneticamente diferentes e com a metade do número de cromossomos da célula-mãe (os cromossomos homólogos aproximam-se e trocam pedaços; essa é a essência do processo sexual) e ocorre nas células germinativas, as que formam os gametas (óvulo e espermatozoide).

Os cromossomos homólogos de cada par cromossômico provêm originalmente dos gametas materno e paterno. Durante a meiose, os cromossomos homólogos se separam, levando a segregação dos pares dos genes alelos presentes nesses cromossomos, sendo a meiose responsável pela segregação dos fatores hereditários. Na meiose, os cromossomos sofrem permutação (troca de material genético), sendo sua principal consequência, sem dúvida, o surgimento da diversidade entre os indivíduos que são produzidos na reprodução sexuada da espécie, ou seja, a variabilidade genética.

Compreender que a meiose é um processo universal que ocorre em todos os organismos com reprodução sexuada, vindo a constituir um dos mais importantes fundamentos da Genética, mostra-se como um desafio a ser trabalhado em sala de aula. Neste contexto, faz-se necessário o entendimento sobre as diferenças entre as divisões celulares (mitose e meiose), o reconhecimento da relação entre a meiose e a reprodução sexuada e a ligação da segregação dos fatores genéticos (dos genes) e a meiose, sendo o objetivo principal desta aula.

#### **6.1.2. PLANO DE AULA 5:**

- **Componente curricular: Biologia**
- **Turno: Manhã**
- **Série: 2ª série – Ensino Médio**
- **Tempo Previsto: 5 períodos – 50 minutos**
- **Tema da aula: Meiose na Genética**
  
- **Conteúdos de ensino da aula:**
  - ✓ Importância de Divisão Celular
  - ✓ Conceito de Ciclo Celular e suas etapas
  - ✓ Eventos da Divisão Celular (Mitose e Meiose)
  - ✓ Gametogênese e Fecundação
  - ✓ Bases celulares da segregação dos fatores genéticos
  - ✓ Princípios da segregação em diferentes organismos
  
- **Conteúdos de ensino que são pré-requisitos para a aula:**
  - ✓ Tipos de reprodução
  - ✓ Fecundação
  - ✓ Cromossomos
  - ✓ Ácido Desoxirribonucleico (DNA)
  
- **Objetivos de ensino:**

Espera-se que nesta aula os professores sejam capazes de:

  - ✓ Promover uma aula multiconceitual experimental, incentivando a participação dos alunos.



- ✓ Realizar uma aula envolvendo recursos multimídia e/ou objetos de aprendizagem que permitam ensinar sobre a meiose na genética.
- ✓ Discutir a importância, para o organismo e para a sobrevivência das espécies, da divisão das células.
- ✓ Esclarecer o conceito de Ciclo Celular e pontuar como ele pode ser dividido.
- ✓ Ensinar sobre as diferenças entre as divisões celulares (Mitose e Meiose).
- ✓ Estabelecer um paralelo entre as duas divisões celulares (Mitose e Meiose).
- ✓ Explicar a gametogênese (formação dos gametas) e o processo de fecundação.
- ✓ Evidenciar a relação da meiose com a genética.
- ✓ Estimular a percepção que os fatores condicionantes de uma característica se separam na formação dos gametas.
- ✓ Estabelecer os princípios que regem a segregação dos genes.
- ✓ Representar a segregação dos cromossomos e dos alelos de um gene na meiose através de esquemas ou modelos.

- **Objetivos de aprendizagem:**

Espera-se que nesta aula os alunos sejam capazes de:

- ✓ Perceber o porquê das células se dividirem e a importância da divisão celular para os seres vivos.
- ✓ Compreender o conceito de Ciclo Celular e suas principais subdivisões, relacionando-as ao processo de duplicação do DNA cromossômico.
- ✓ Conhecer os processos de divisão celular (Mitose e Meiose) por meio de esquemas, modelos e ilustrações.
- ✓ Reconhecer o papel da mitose na reprodução de organismos unicelulares e no crescimento e desenvolvimento de organismos multicelulares.
- ✓ Assimilar a relação entre a meiose e a reprodução sexuada.
- ✓ Compreender a Gametogênese e a Fecundação.
- ✓ Conhecer as bases celulares da segregação dos fatores genéticos.
- ✓ Identificar os princípios que regem os fundamentos da hereditariedade.

- ✓ Construir um modelo sobre a meiose e a segregação dos fatores genéticos.

- **Metodologia de ensino:**

- **Procedimentos:**

Aula expositivo-dialogada na qual a estratégia de ensino-aprendizagem será representada pela identificação, através de esquemas, montagem de modelos, fotografias, *slides* e vídeos da meiose e sua ligação com a Genética.

- **Recursos de instrução:**

- ✓ Quadro branco
      - ✓ Canetas e apagador
      - ✓ *Data-show* e *slides* em *Power Point*
      - ✓ Internet
      - ✓ *Site*
      - ✓ Vídeos
      - ✓ Atividade no Laboratório de Informática
      - ✓ Atividade prática no Laboratório de Ciências

- **Desenvolvimento da aula:**

Professor, é vantajoso lembrar, para começar essa aula, assuntos relacionados aos tipos de reprodução (assexuada e sexuada). Também é pertinente fazer uma breve retomada sobre os tipos de fecundação (cruzada e autofecundação). Em um segundo momento, introduzir o assunto Meiose na Genética, que será o foco de aprendizagem do aluno. A utilização de *slides* com tópicos e figuras (APÊNDICE 11) é um bom recurso para essa parte da aula que é inicialmente expositiva e dialogada.

Nesta introdução sobre a meiose e sua ligação com a genética para os alunos, com uma apresentação oral que pode ser com o auxílio do *Power Point*, em sala de aula, devem ser abordados assuntos como as divisões celulares (mitose e meiose); a importância das divisões celulares para os seres vivos e para a sobrevivência das espécies; por que e para que as células se dividem; ciclo celular e suas etapas; a identificação das diferenças entre a mitose e a meiose; além de assuntos referentes à Gametogênese (formação dos gametas - óvulos e espermatozoides) e à fecundação; ao

comportamento dos cromossomos na meiose; à representação da segregação dos cromossomos e dos alelos de um gene na meiose através de esquemas; às bases celulares da segregação dos fatores genéticos e os princípios que regem os fundamentos da hereditariedade. Esses conceitos podem ser explanados em 2h/a.

Logo após a explicação, algumas multimídias como vídeos, textos e imagens, *slides*, poderão ser exploradas para elucidar com maiores detalhes os assuntos relacionados à meiose na genética. Se a internet estiver disponível em sala de aula ou no Laboratório de Informática, é possível complementar o conteúdo com o *site* <http://genetica2016.weebly.com>, que foi criado para este fim. (APÊNDICE 12) A navegação no Caso 5 do *site*, referente ao assunto Meiose na Genética também deverá ocupar 1h/a.

Com o propósito do melhor entendimento sobre a meiose e a segregação dos fatores genéticos, pode ser realizada uma atividade prática, em sala de aula ou em um ambiente como o Laboratório de Ciências, que envolva a participação dos alunos. A parte experimental desta aula pode ser ministrada em um período de 2h/a. Segue abaixo o roteiro da aula prática:

**A) Atividade prática (confeção de trabalhos sobre Meiose e a segregação dos fatores genéticos):**

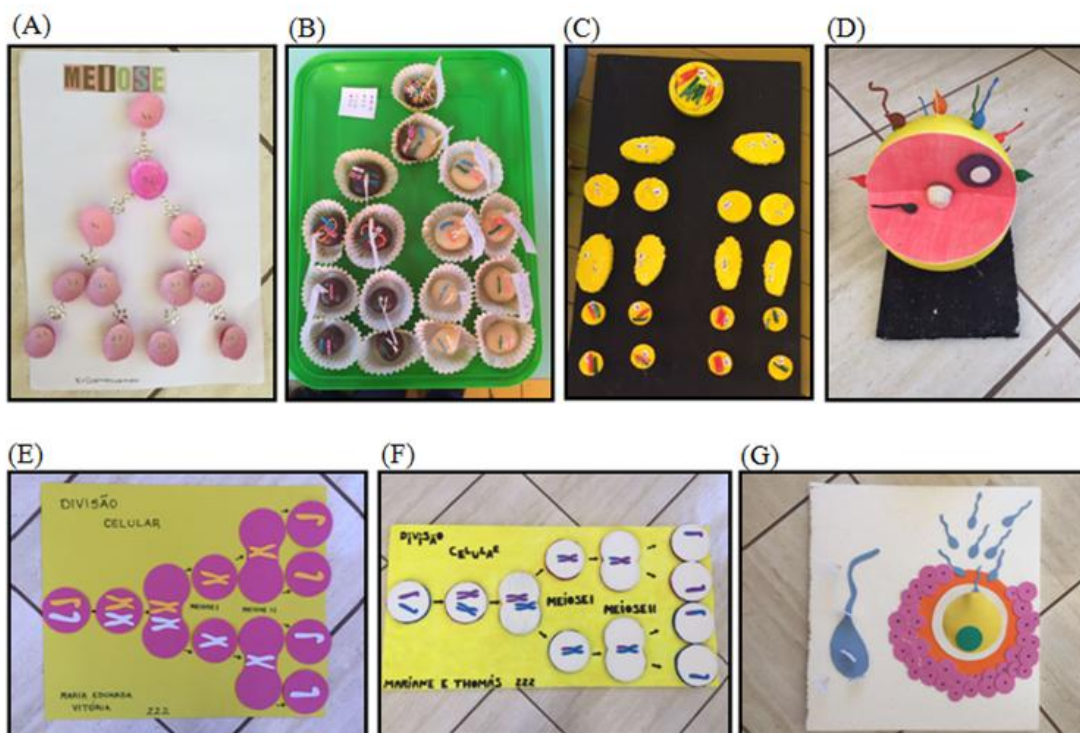
Professor, para esta aula, deve ser combinado previamente com os alunos alguns itens importantes para que a atividade prática tenha sucesso:

- Os alunos podem se reunir em grupos e combinar como será configurado o trabalho sobre meiose e a segregação dos fatores genéticos;
- Em um segundo momento, os alunos devem pesquisar em casa o conteúdo proposto para o trabalho e escolher que materiais serão utilizados para a montagem do modelo (de preferência, materiais de baixo custo);
- Em um dia marcado previamente para esta atividade, os alunos devem trazer todos os materiais que serão utilizados no momento da montagem dos trabalhos;
- Poderá ser disponibilizado aos alunos o período de 1h/a para a montagem dos trabalhos;
- Depois de prontos os trabalhos, cada grupo deve apresentar para os demais colegas o seu modelo de um esquema da meiose e a segregação dos fatores

genéticos, indicar o que foi utilizado para representar cada estrutura e pontuar como ocorre a segregação destes fatores. Esta apresentação possivelmente ocupe mais 1h/a.

Professor, você pode dar sugestões para os alunos de materiais que podem ser utilizados para a montagem dos modelos de esquemas de meiose, como por exemplo, a utilização de objetos como isopor, massa de *biscuit*, cartolina, EVA, lantejoulas, ou até mesmo materiais comestíveis como brigadeiro ou *cupcakes*, e assim por diante, deixando a critério dos alunos a escolha dos materiais.

Figura 5 (A), (B), (C), (D), (E), (F) e (G) – Esquemas representando a Meiose na Genética.



Fonte: acervo da autora.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Quando se fala no ensino de Genética, ocorre uma maior dificuldade na construção desse conhecimento, pelo fato da complexidade dos temas que envolvem este conteúdo. Buscar recursos como multimídias, aulas práticas, experimentos, e outros meios que trabalhem a criatividade e a autonomia do aluno, só vêm a contribuir para um aprendizado de qualidade.

O conteúdo de Genética Clássica, tanto nos livros didáticos, quanto pelos docentes, na maioria das vezes, começa diretamente com as Leis de Mendel e com os cruzamentos de problemas sobre herança monogênica. Quando esses conceitos são apresentados, muitas vezes o aluno acaba por não fazer a ligação entre o cruzamento em si e os gametas que carregam a herança genética envolvidos neste cruzamento.

Por esse motivo, torna-se primordial a retomada de conteúdos relevantes como, por exemplo, quem são esses gametas, qual sua constituição, que processo os originou, onde está guardado o material genético que herdamos dos nossos pais, qual a constituição deste material genético, entre outras questões frequentes que pairam sobre os alunos.

A produção educacional aqui proposta deve servir como uma introdução ao conteúdo de genética, tendo potencial para ser aplicada tanto antes de o professor começar o conteúdo de genética clássica, quanto depois do conteúdo de Biologia Celular, podendo auxiliar como uma ferramenta de apoio para o professor que trabalha diariamente estas temáticas.

## 8 REFERÊNCIAS

AMABIS, J. M.; MARTHO, G. R. Fundamentos da Biologia Moderna. 4. ed. São Paulo: Moderna, 2006.

AMABIS, J. M.; MARTHO, G. R. Biologia das células. 3. ed. v. 1. São Paulo: Moderna, 2009

AMABIS, J. M.; MARTHO, G. R. Biologia das populações. 3. ed. v. 3. São Paulo: Moderna, 2009.

AMABIS, J. M.; MARTHO, G. R. Biologia em Contexto. São Paulo: Moderna, 2013.

## APÊNDICES

## APÊNDICE 1

# Núcleo Celular



Paula Costalat Cantão

# Descoberta do núcleo

- Pesquisador escocês **Robert Brown** (1773- 1858) é considerado o descobridor do núcleo celular.

- Embora muitos citologistas anteriores a ele já tivessem observado núcleos, não haviam compreendido a enorme **importância** dessas estruturas para a **vida das células**.

- Mérito de Brown: reconhecer o núcleo como **componente fundamental das células**.



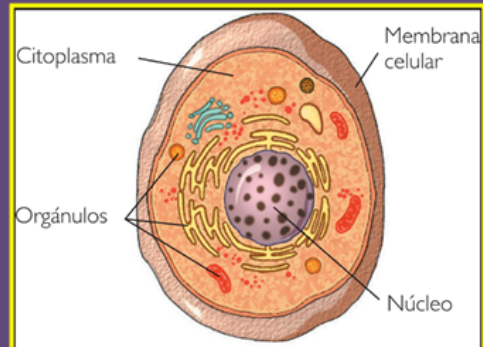


## Descoberta do núcleo

- O nome que ele escolheu expressa essa convicção: a palavra “núcleo” vem do grego *nux*, que significa semente. Brown imaginou que o núcleo fosse a **semente** da célula, por analogia aos frutos.

- O estudo da estrutura do núcleo progrediu muito depois da aplicação da **microscopia eletrônica** à Citologia.

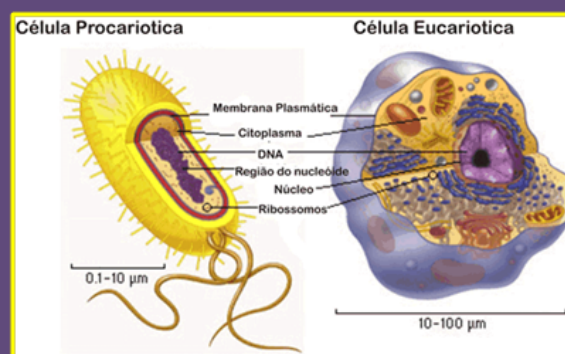
- Foi então que muitos **aspectos funcionais** do núcleo puderam ser esclarecidos, após o conhecimento de sua estrutura.



## Células Procariontes e Eucariontes

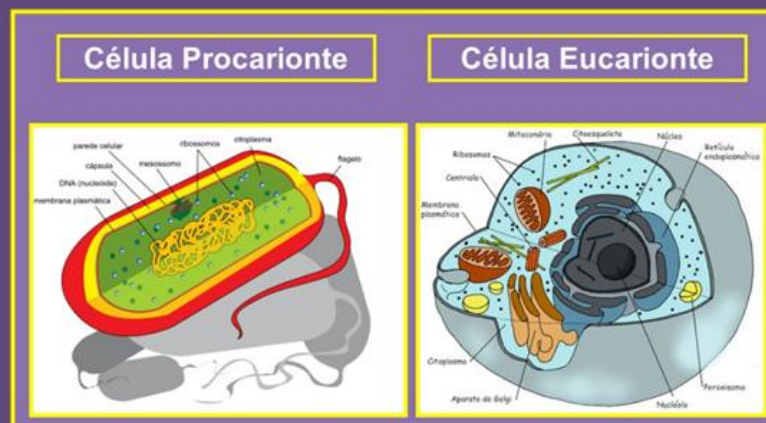
- As células **procariontes** (**pro=primitivo**) não possuem núcleo, sendo o seu material hereditário mergulhado diretamente no líquido citoplasmático. O local onde se localiza o material genético desse tipo de célula é chamado de nucleóide.

- As células **eucariontes** (**eu = verdadeiro; carionte = carioteca**) possuem uma membrana delimitando o material hereditário do citoplasma, a chamada carioteca ou envelope nuclear.



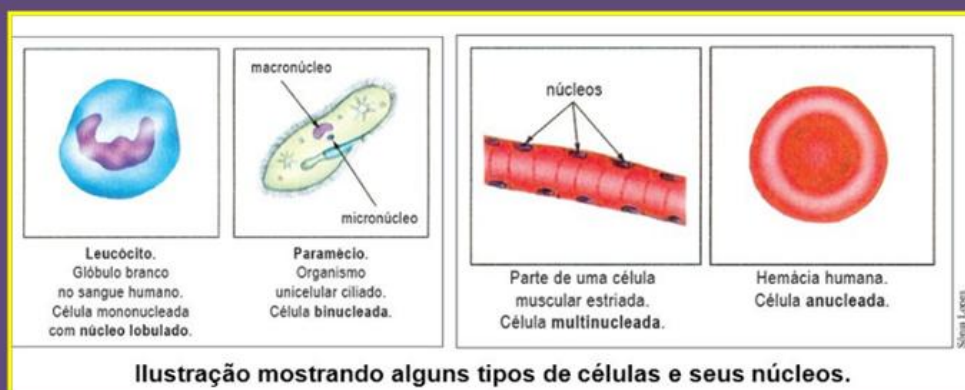
## Células Procariontes e Eucariontes

Sendo assim, podemos dizer que **nem todas as células são formadas por membrana plasmática, citoplasma e núcleo**. Na realidade, as células são formadas por membrana plasmática, citoplasma e material genético, que pode ou não estar formando um núcleo.



## A presença do núcleo nas células

O núcleo é uma estrutura característica das células eucarióticas; cada célula quase sempre contém apenas um núcleo (mononucleadas), cujo tamanho e forma variam com o tipo celular. Entretanto, existem exceções:



## Posição do núcleo na célula

A posição do núcleo na célula se relaciona, em geral, com a atividade funcional dela. Nas células adiposas, onde há grande acúmulo de gordura, ele se desloca para periferia, bem como nos ovócitos, ricos em vitelo. Nas células glandulares é basal, e nas embrionárias ocupa a zona central da célula.



## Morfologia do Núcleo

- O núcleo, de forma geral, é a maior organela celular eucarionte;
- Visível ao microscópio óptico;
- Mede entre  $5\mu\text{m}$  e  $15\mu\text{m}$  de diâmetro, algo em torno de  $0,01\text{mm}$ ;
- É a região delimitada por uma membrana (carioteca);
- Estrutura geralmente esférica ou ovóide;
- É a região da célula onde se encontra o material genético (DNA) dos organismos tanto unicelulares como multicelulares.
- De acordo com o estágio do ciclo celular, o núcleo pode assumir comportamento distinto: totalmente íntegro e funcionando durante a interfase e desintegrado quando a célula se encontra em divisão (mitose e meiose).

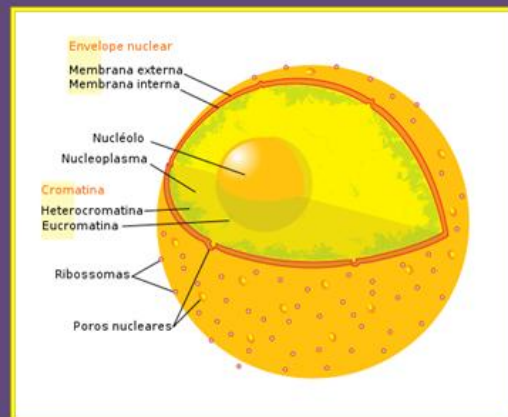
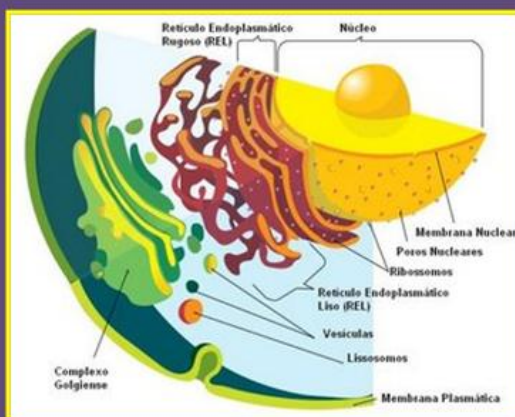
## Funções do Núcleo

- É o centro de controle das atividades celulares e o “arquivo” das informações hereditárias, que a célula transmite às suas filhas ao se reproduzir.
- O núcleo é como o “cérebro” da célula, pois é a partir dele que partem as “decisões”.
- O núcleo é responsável por todas as funções celulares. Principalmente o controle das reações químicas celulares.
- É onde se localizam os cromossomos compostos de moléculas de ácido desoxirribonucleico (DNA), que carrega toda a informação sobre as características da espécie e participa dos mecanismos hereditários.

## Componentes do Núcleo

O núcleo das células que não estão em processo de divisão apresenta um limite bem definido, devido à presença da carioteca ou membrana nuclear, visível apenas ao microscópio eletrônico.

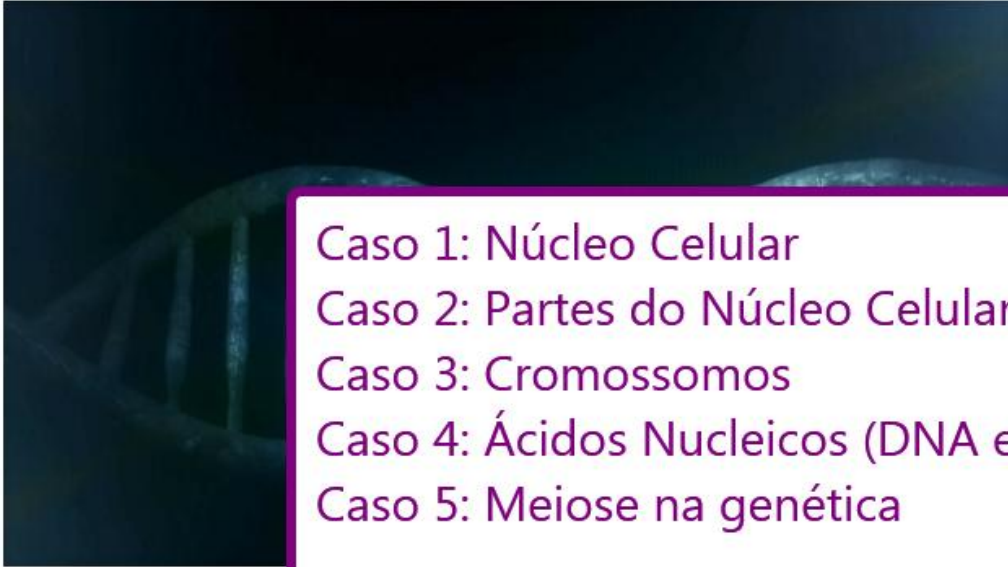
A maior parte do volume nuclear é ocupada por uma massa filamentosa denominada cromatina. Existem ainda um ou mais corpos densos (núcleolos) e um líquido viscoso (cariolinfa ou nucleoplasma).



## APÊNDICE 2

### GENÉTICA E QUÍMICA

1.Núcleo celular
2.Partes do Núcleo Celular
3.Cromossomos
4.Ácidos Nucleicos (DNA e RNA)
mais...



Caso 1: Núcleo Celular

Caso 2: Partes do Núcleo Celular

Caso 3: Cromossomos


Caso 4: Ácidos Nucleicos (DNA e RNA)

Caso 5: Meiose na genética

---


### GENÉTICA E QUÍMICA

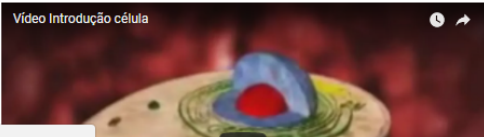
1.Núcleo celular
2.Partes do Núcleo Celular
3.Cromossomos
4.Ácidos Nucleicos (DNA e RNA)
mais...



Mini-casos:

- \*Fronteiras da célula
- \*Características do núcleo celular
- \*Substâncias químicas presentes no núcleo
- \*Função do núcleo celular
- \*Funcionamento do núcleo celular
- \*Experimento mucosa bucal
- \*Confeccionando células de gelatina
- \*Confeção de bolo de núcleo





Sobre a autora

Meu nome é Paula Costalat  
Cantão, sou bióloga e

cache...

## APÊNDICE 3



### Experimento referente ao assunto Núcleo Celular - Caso 1

**Experiência:** Observação de células da mucosa bucal humana

**Disciplina:** Biologia

**Turma:** 2ª série - Ensino Médio

**Introdução:**

Esta experiência permite a observação de células da mucosa bucal em microscópio óptico. É uma prática simples, mas que permite conhecer com maior clareza a organização celular básica: membrana, citoplasma e núcleo, este último sendo o nosso principal objeto de estudo.

**Objetivo:**

Preparar lâminas a partir de uma amostra biológica de células da mucosa bucal a fim de observar o núcleo celular no microscópio óptico.

**Materiais Utilizados:**

- 1 Microscópio óptico
- 1 Lâmina
- 1 Lamínula
- 1 Par de luvas para procedimento
- 1 Conta - gotas
- Papel toalha
- Cotonetes
- Corante azul de metileno

**Procedimento experimental:**

Primeiramente, deve-se preparar o material a ser observado da seguinte forma:

- Colocar as luvas para o procedimento;
- Com o auxílio do cotonete, esfregar levemente a parte interna da bochecha, a fim de coletar as células da mucosa bucal;
- Esfregar o cotonete sobre a lâmina, em zigue zague, deixando o material raspado da parte interna da bochecha sobre a mesma;
- Adicionar uma gota do corante (azul de metileno) sobre a amostra com o auxílio do conta-gotas;
- Espalhar de forma uniforme o corante, fazendo movimentos com a lâmina, sem tocar na amostra;
- Tirar o excesso de corante pelas bordas da lâmina com o auxílio do papel toalha;
- Colocar a lamínula sobre a lâmina com a amostra.

Em um segundo momento, realizar a observação das células da mucosa bucal:

- Com a amostra pronta para ser observada, colocar no microscópio óptico e prender com a pinça;
- Com a ajuda do condensador, posicionar a lâmina onde a luz do microscópio a atravesse e

atinja a amostra com as células;

- Ajustar então a intensidade da luz e o foco da imagem através do macrômetro e do micrômetro;
- Realizar a identificação das partes que compõem as células da mucosa bucal.

**Atividades:**

1. A partir do experimento realizado no laboratório de ciências, você considera que o assunto célula e suas partes ficou mais compreensível? Justifique sua resposta:

---

---

---

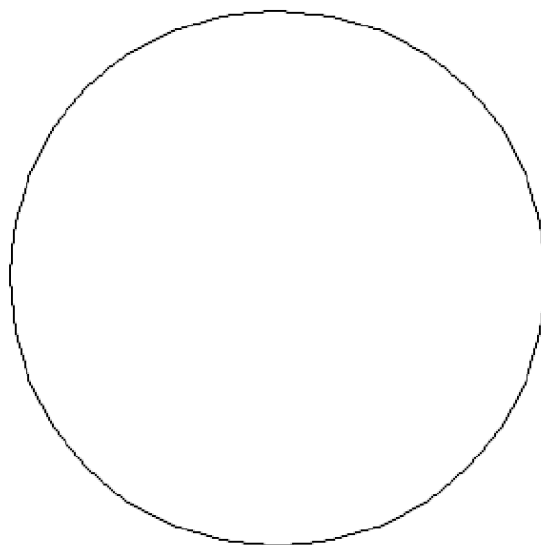
---

2. Cite quais partes da célula podemos observar no microscópio óptico?

---

---

3. Faça um desenho das células observadas, identificando suas partes.



---

---

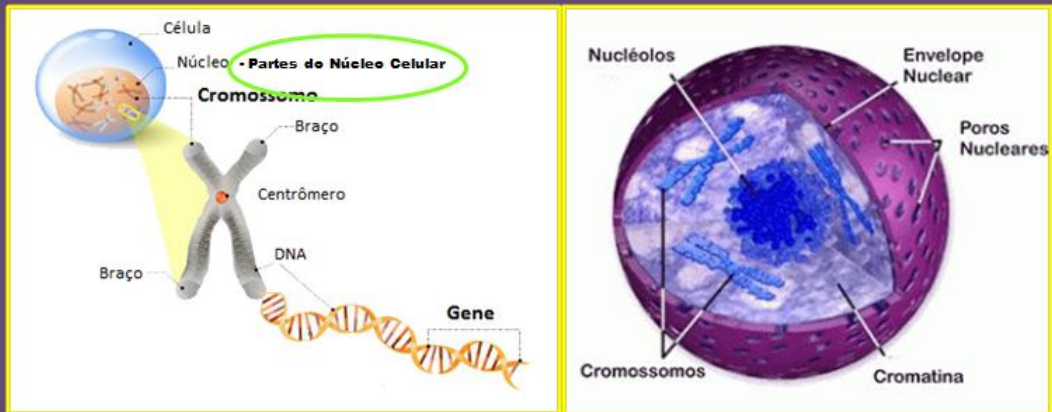
---

---

---

## APÊNDICE 4

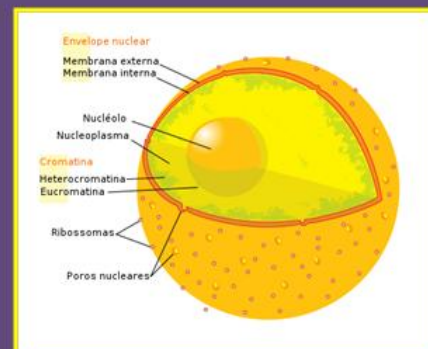
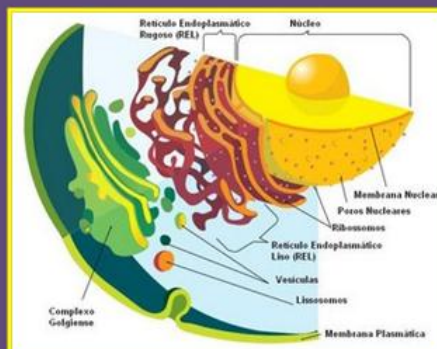
## Partes do Núcleo Celular



Paula Costallat Cantão

## Componentes do núcleo

- Carioteca ou envelope nuclear
- Cariolinfa ou nucleoplasma
- Nucléolos
- Cromatina (que dará origem aos cromossomos)

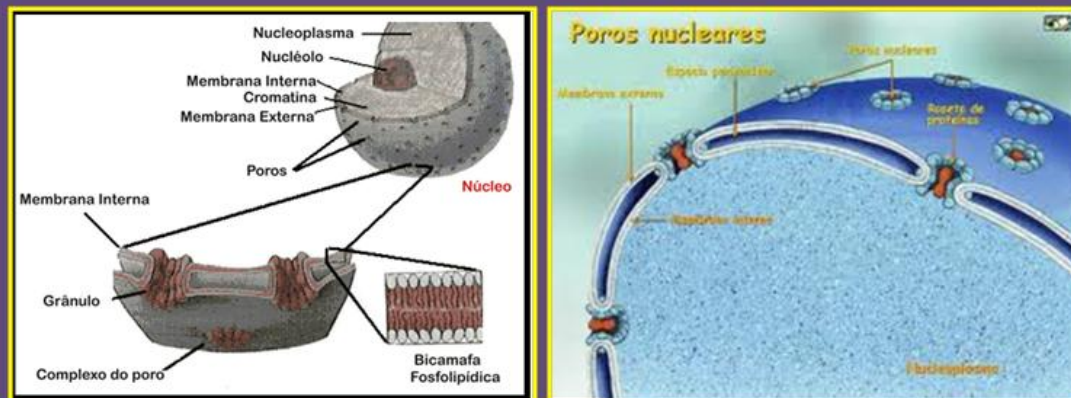




## Envelope Nuclear ou Carioteca

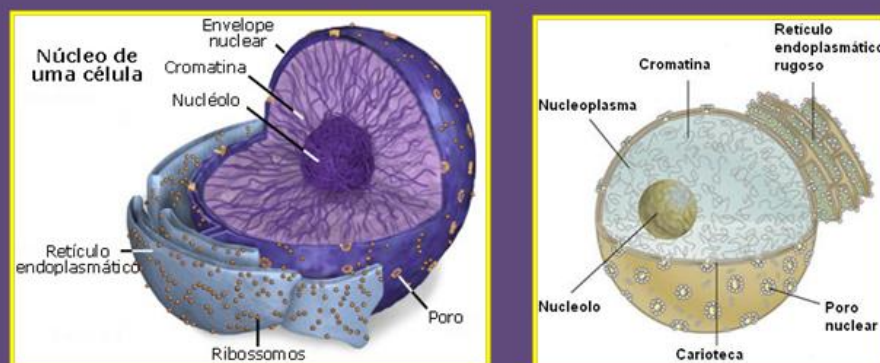
A carioteca (do grego *karyon*, núcleo e *theke*, invólucro, caixa) é um envoltório formado por duas membranas lipoprotéicas cuja organização molecular é semelhante as demais membranas celulares.

Entre essas duas membranas existe um estreito espaço, chamado cavidade perinuclear.



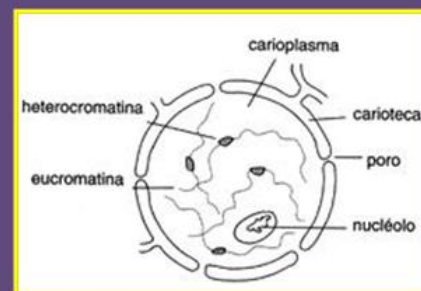
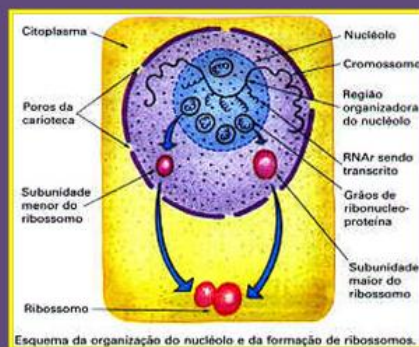
## Envelope Nuclear ou Carioteca

A face externa da carioteca, em algumas partes, se comunica com o retículo endoplasmático e, muitas vezes, apresenta ribossomos aderidos à sua superfície. Neste caso, o espaço entre as duas membranas nucleares é uma continuação do espaço interno do retículo endoplasmático.



## Poros da Carioteca

A carioteca é perfurada por milhares de poros, através das quais determinadas substâncias entram e saem do núcleo. Os poros nucleares são mais do que simples aberturas. Em cada poro existe uma complexa estrutura proteica que funciona como uma válvula, abrindo-se para dar passagem a determinadas moléculas e fechando-se em seguida. Dessa forma, a carioteca pode controlar a entrada e a saída de substâncias.

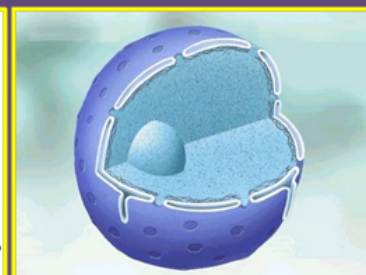
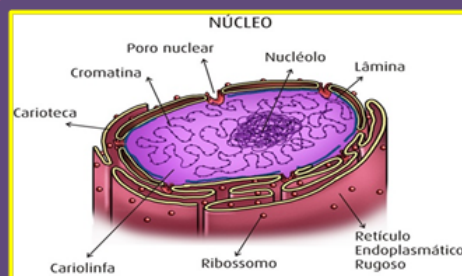


## Nucleoplasma ou Cariolinfa

Cariolinfa, nucleoplasma, hialoplasma nuclear ou suco nuclear, é uma solução aquosa incolor constituída principalmente de água, íons, proteínas e outras substâncias, o que faz com que o nucleoplasma seja muito parecido com o hialoplasma. Sua função é preencher o núcleo celular que contém os filamentos de cromatina e o nucléolo.

É um local onde ocorrem reações e sua composição química é variada. Uma das reações é a duplicação do DNA e a síntese do RNA.

Nela estão presentes diversos tipos de íons, aminoácidos, metabólitos e precursores diversos, enzimas para a síntese de DNA e RNA, receptores para hormônios, moléculas de RNA de diversos tipos e outros constituintes celular.



## Nucléolos

Na fase que a célula eucariótica não se encontra em divisão é possível visualizar vários nucléolos, associados a algumas regiões específicas da cromatina. Cada nucléolo é um corpúsculo esférico, não membranoso, de aspecto esponjoso quando visto ao microscópio eletrônico, rico em RNA ribossômico. Este RNA é um ácido nucléico produzido a partir do DNA das regiões específicas da cromatina e se constituirá um dos principais componentes dos ribossomos presentes no citoplasma.

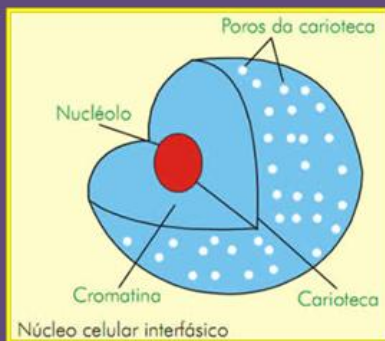
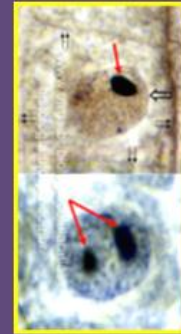
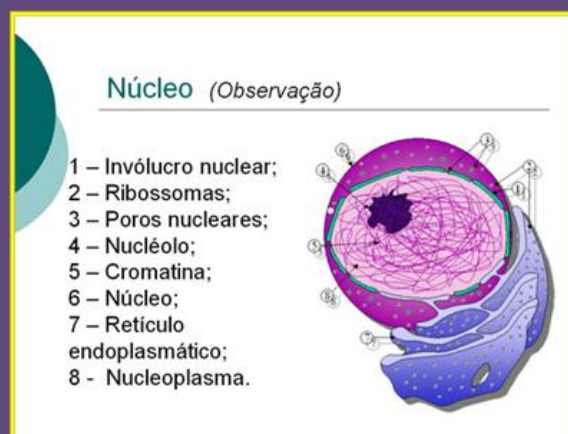


Figura 14 - Citoplasmático fibrilar filamentosar

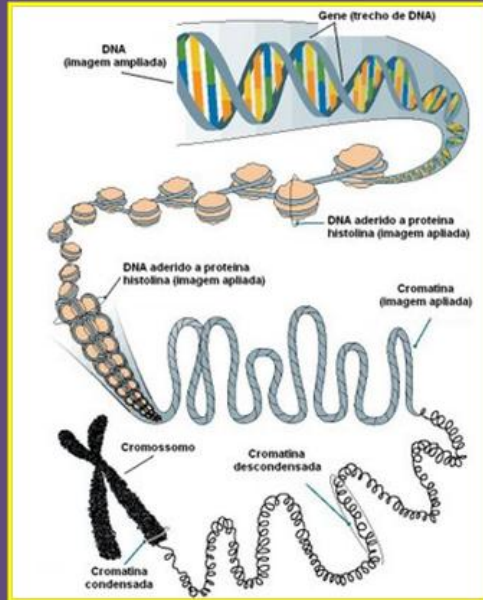
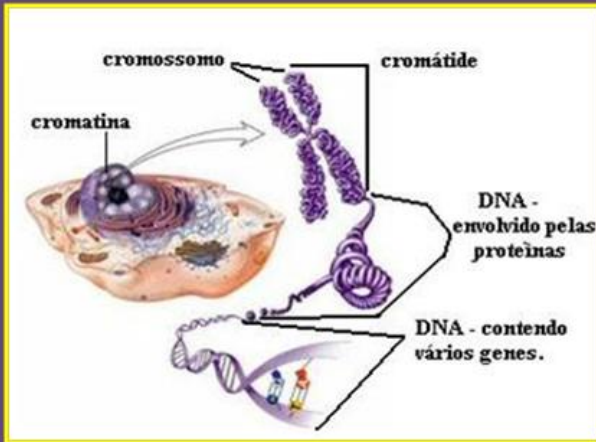


## Cromatina

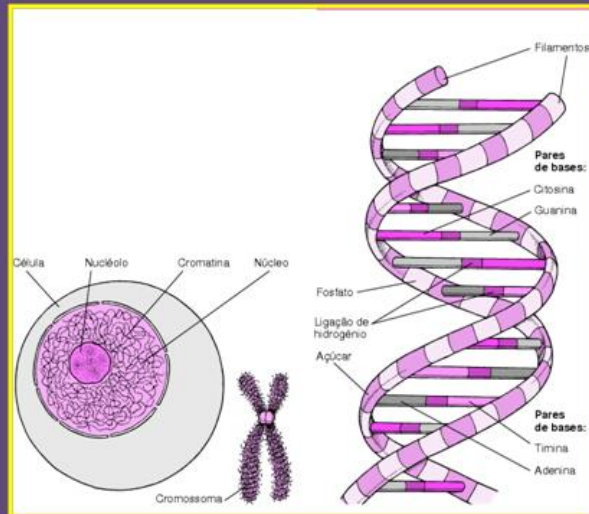
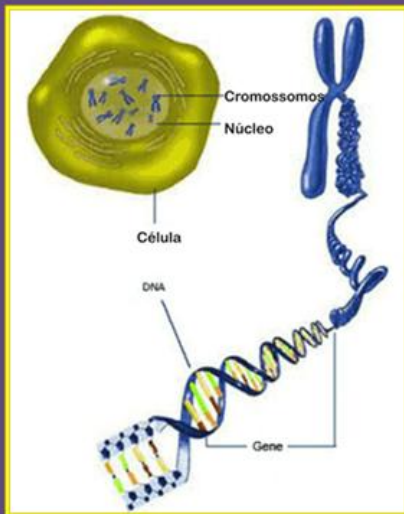
A cromatina (do grego *chromatos*, cor) é um conjunto de fios, cada um deles formado por uma longa molécula de DNA associada a moléculas de histonas, um tipo especial de proteína. Esses fios darão origem aos cromossomos.



# Cromatina

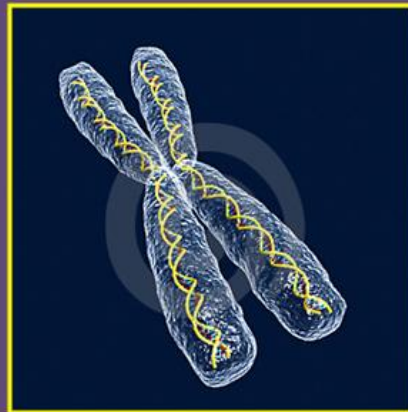
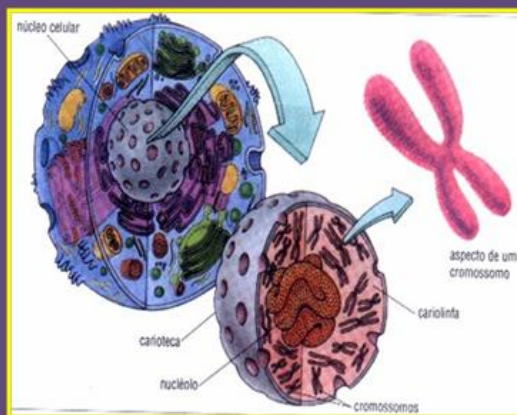


# Cromatina



# Cromossomos

Cromossomos são estruturas compostas de DNA que, por sua vez, carregam os genes de um ser vivo, responsáveis por definir as características físicas particulares de cada indivíduo.

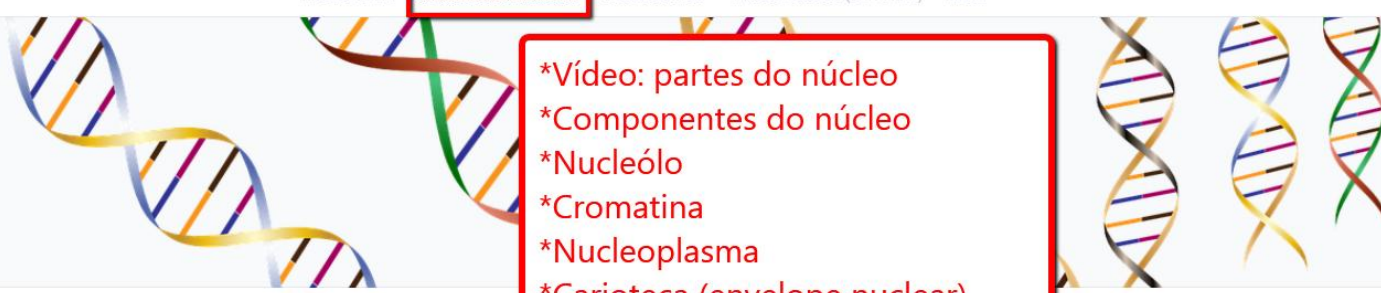


**FIM!**

## APÊNDICE 5

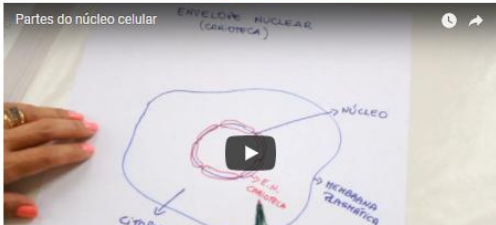
## GENÉTICA E QUÍMICA

1. Núcleo celular    **2. Partes do Núcleo Celular**    3. Cromossomos    4. Ácidos Nucleicos (DNA e RNA)    mais...




- \*Vídeo: partes do núcleo
- \*Componentes do núcleo
- \*Nucleólo
- \*Cromatina
- \*Nucleoplasma
- \*Carioteca (envelope nuclear)

Vídeo: partes do núcleo  
11/8/2017



Partes do núcleo celular

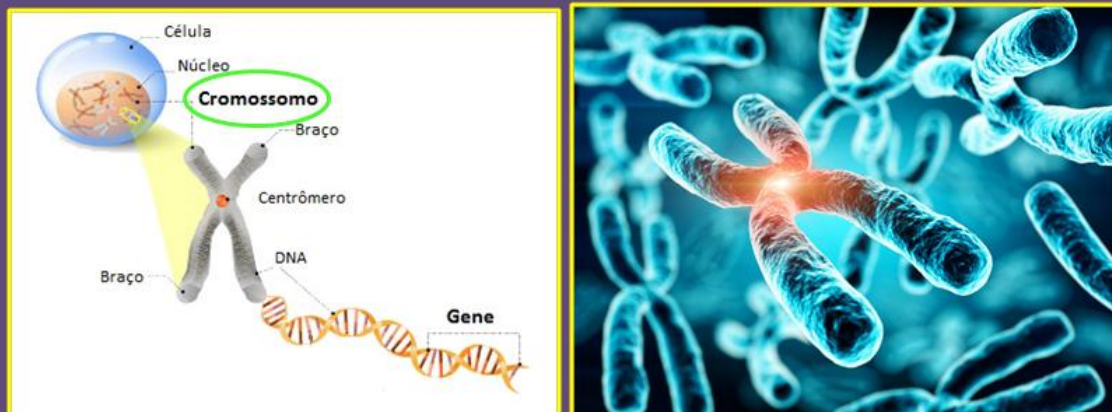


Sobre a autora

Meu nome é Paula  
Costallat Cantão, sou

## APÊNDICE 6

## Cromossomos

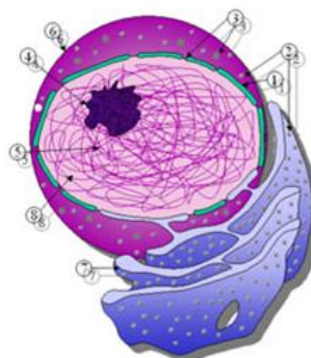


Paula Costallat Cantão

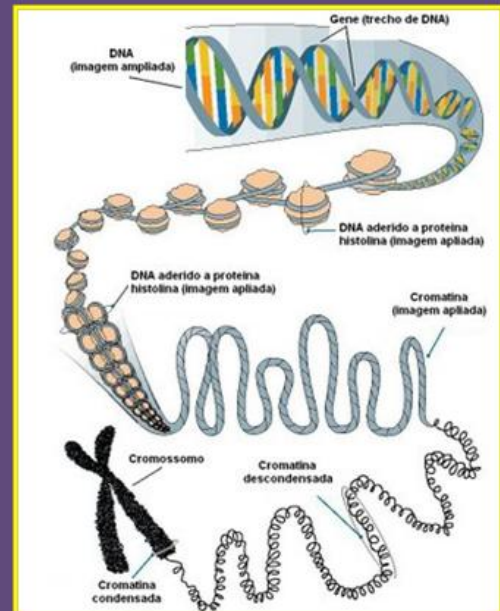
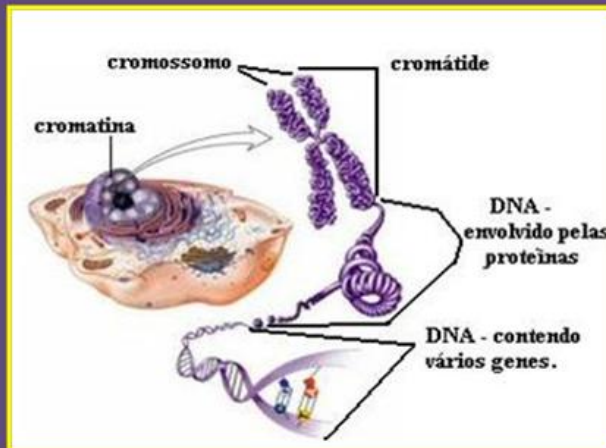
## Lembrando da Cromatina...

### Núcleo (Observação)

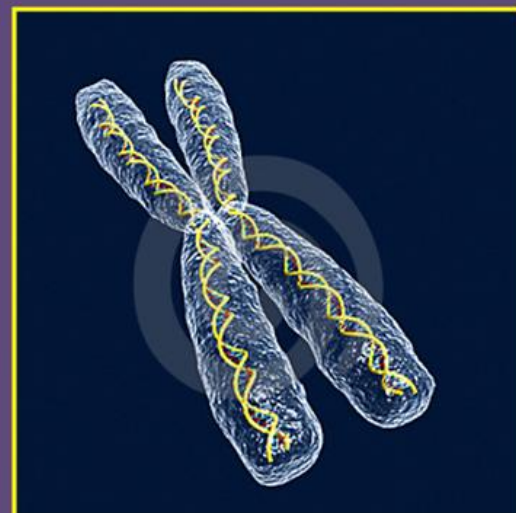
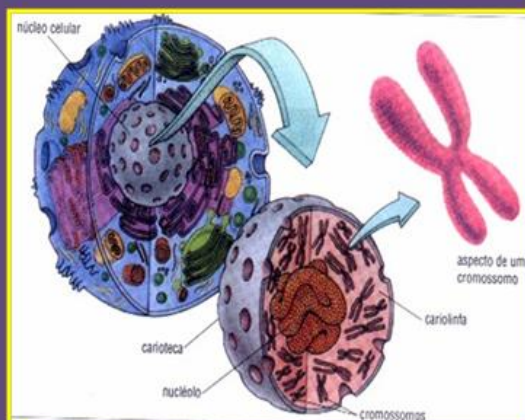
- 1 – Invólucro nuclear;
- 2 – Ribossomas;
- 3 – Poros nucleares;
- 4 – Nucléolo;
- 5 – Cromatina;
- 6 – Núcleo;
- 7 – Retículo endoplasmático;
- 8 - Nucleoplasma.



## Arquitetura dos cromossomos

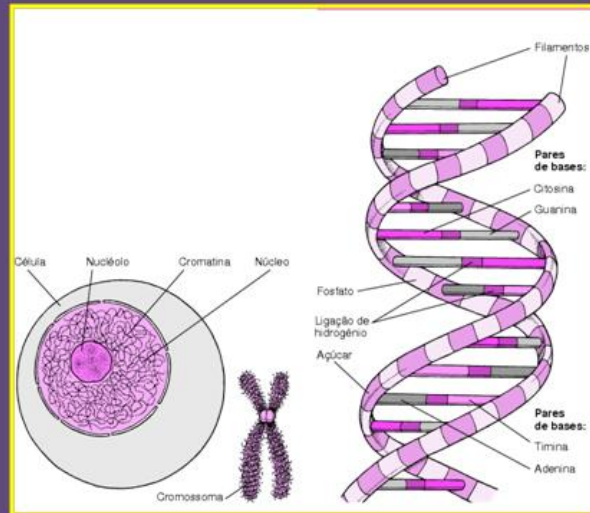
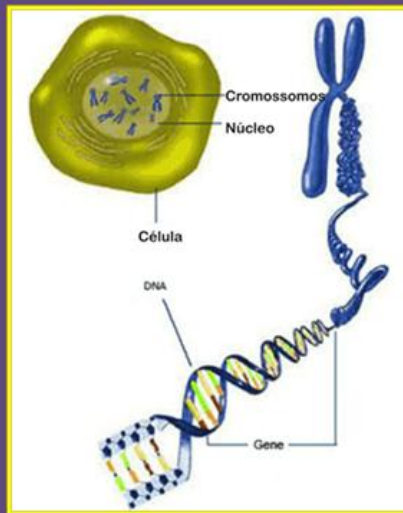


## Composição dos cromossomos



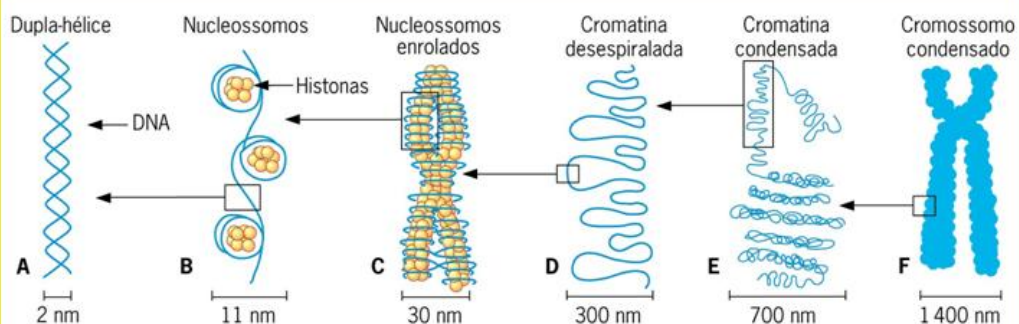


## Cromatina/Cromossomos

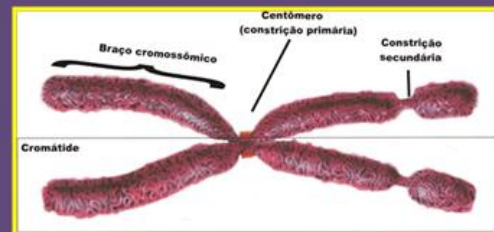
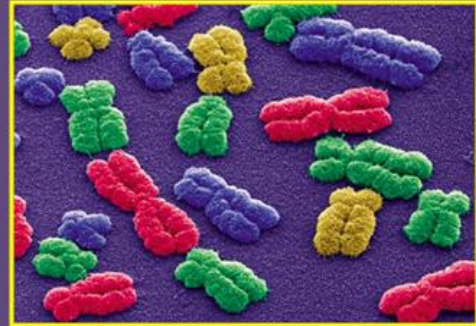
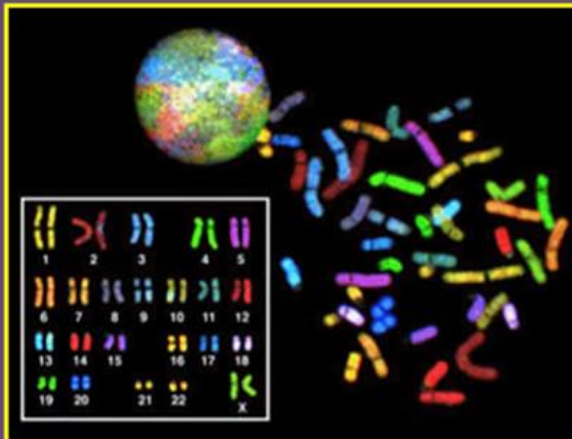


## Níveis de organização dos cromossomos

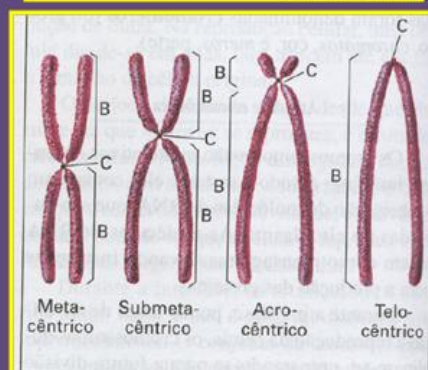
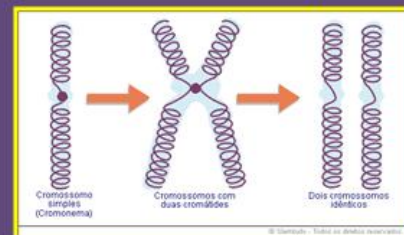
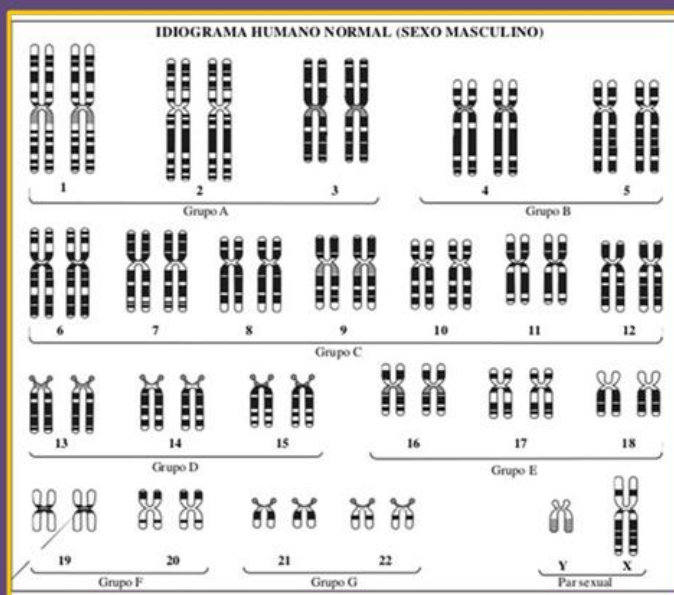
### Níveis de organização no cromossomo de eucariontes



# Morfologia dos Cromossomos



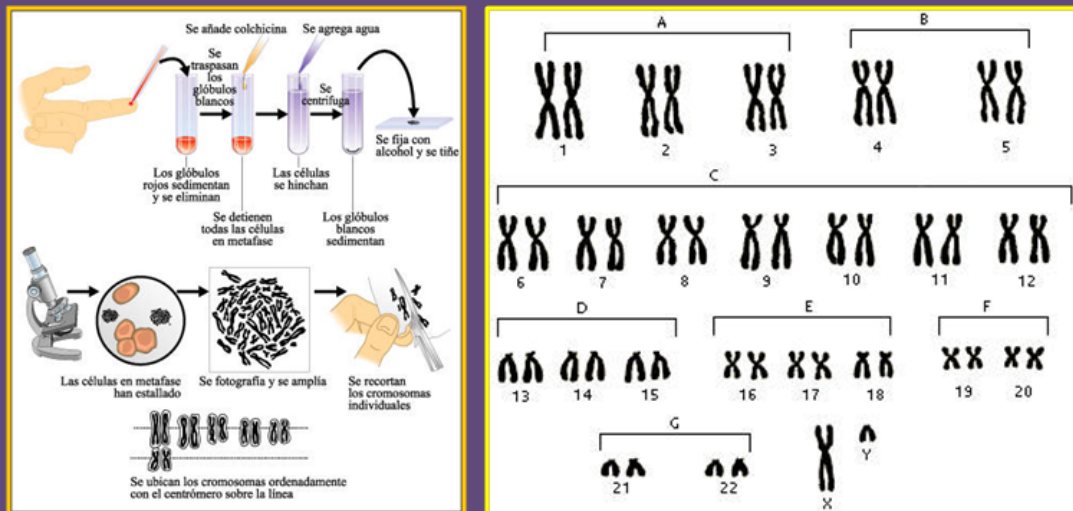
# Classificação dos cromossomos



**Figura 8.5** Classificação dos cromossomos de acordo com a posição do centrômero (C). A letra B indica os braços cromossômicos.

## Idiograma

Organização dos cromossomos por ordem decrescente de tamanho e de acordo com a posição dos centrômeros.



## Genoma

Conjunto de moléculas de DNA de uma espécie. Contém todos os genes característicos da espécie.

**Gene:** é um segmento de um cromossomo a que corresponde um código distinto, uma informação para produzir uma determinada característica, como a cor dos olhos.

### Aconselhamento Genético



## Genoma

**Constituição:** 24 moléculas de DNA que formam os 24 tipos de cromossomos humanos.

**Cromossomos humanos:**

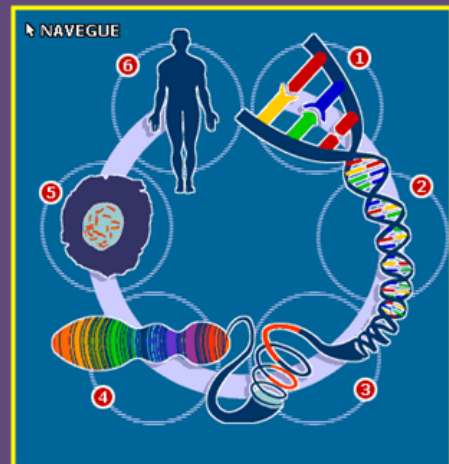
22 autossomos (1 a 22)

2 sexuais (X e Y)

**Célula humana:**

46 cromossomos

(44 autossomos e 2 sexuais)



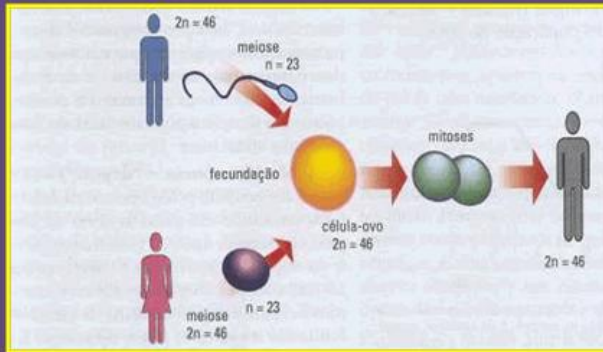
## Cariótipo Humano

É o **conjunto de características morfológicas** dos cromossomos de uma célula.

Mulher normal: **22AA+XX** ou **46,XX (2AXX)**

Homem normal: **22AA+XY** ou **46,XY (2AXY)**

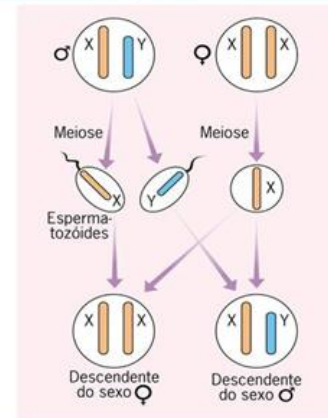
## Fecundação



**Células haplóides:** (n) células que apresentam apenas um lote de cromossomos. Ex: óvulo e espermatozoide.

**Células diplóides:** (2n) células que apresentam pares de cromossomos homólogos. Ex: todas as nossas células do corpo, com exceção dos gametas.

### Determinação do sexo na espécie humana

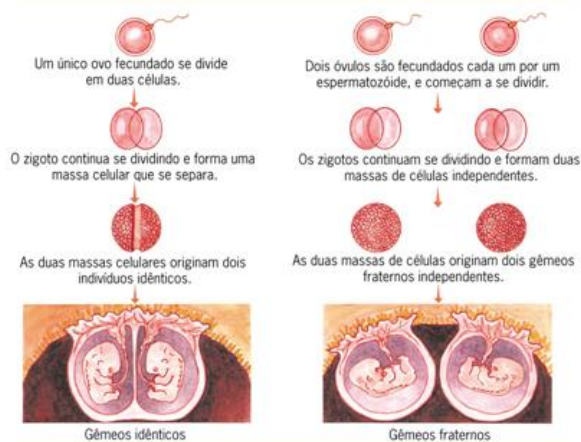


Editora  
Saraiva

Biologia — César e Sezar

## Fecundação - Gêmeos

### Gêmeos idênticos e gêmeos fraternos



Editora  
Saraiva

Biologia — César e Sezar

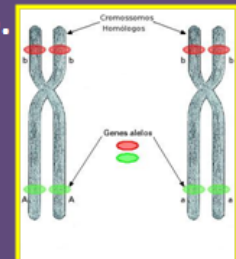


## Cromossomos Homólogos

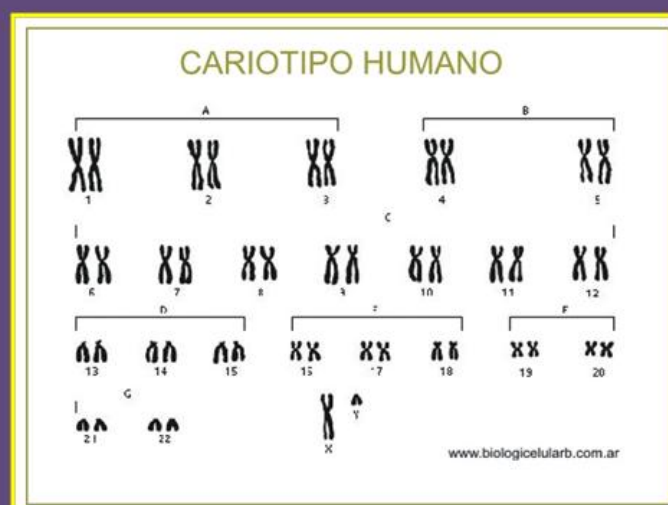
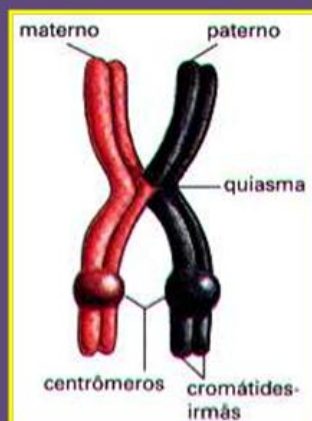
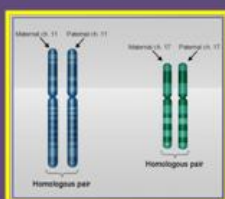
Cromossomos iguais entre si, que juntos formam um par.

São cromossomos de origem paterna e materna que apresentam genes para as mesmas características.

- Mesmo tamanho;
- Mesma forma;
- Mesma posição do centrômero;
- Genes equivalentes (localizados nas mesmas posições);
- Faixas transversais típicas para cada cromossomo.



## Cromossomos Homólogos



## Aberrações cromossômicas na espécie humana

Desvios em relação ao cariótipo normal.

Tamanho }  
Forma } Cromossomos: constantes entre indivíduos de mesma  
Número } espécie.

### Consequências:

- Causam transtornos ao funcionamento celular;
- Produzem doenças graves;
- Morte das pessoas portadoras.

### Classificação:

- **Numéricas:** quando afetam o número de cromossomos da célula;
- **Estruturais:** quando afetam a estrutura de um ou mais cromossomos do cariótipo.

## Aberrações cromossômicas na espécie humana

### Síndrome de Down (aberração numérica)

1 a cada 1000 nascimentos

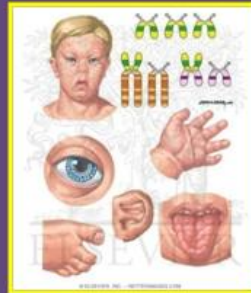
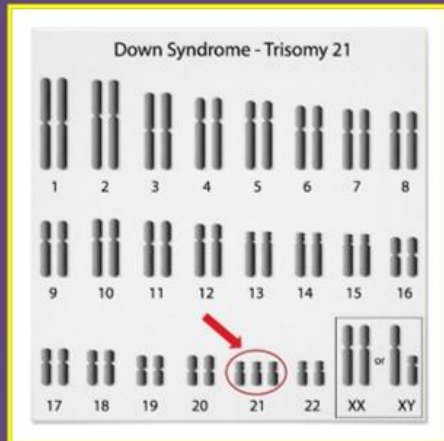
**Trissomia do cromossomo 21:** as células da pessoa afetada têm três exemplares do cromossomo designado pelo número 21, ao invés de apenas dois (um par).

**Consequências:** retardo mental  
geralmente sobrevivem

**Expectativa de vida:** 60 a 70 anos.



## Síndrome de Down



## Aberrações cromossômicas na espécie humana

### Síndrome de Turner (aberração numérica)

1 a cada 2500 nascimentos

**Número total de autossomos**, mas apenas um cromossomo sexual X, sendo sempre do sexo feminino. (XO) 45, XO

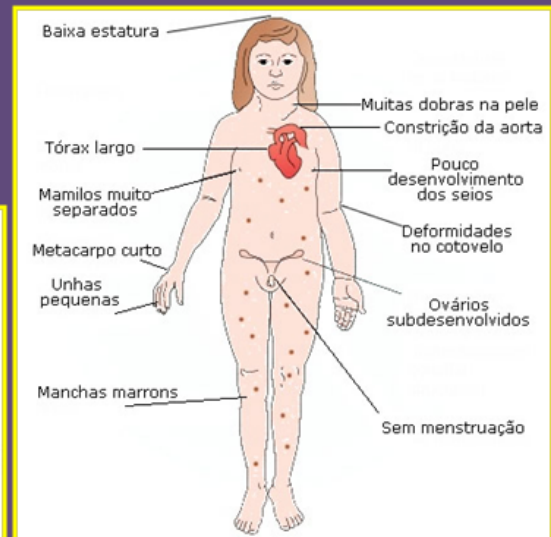
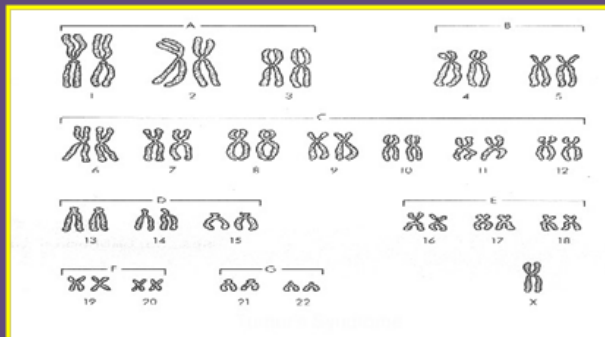
#### Consequências:

Problemas no desenvolvimento e na maturação dos órgãos genitais;  
 Infertilidade;  
 Retardo mental leve;  
 Pescoço alado.

**Expectativa de vida:** normal



## Síndrome de Turner



## Aberrações cromossômicas na espécie humana

### Síndrome de Klinefelter (aberração numérica)

1 a cada 500 nascimentos.

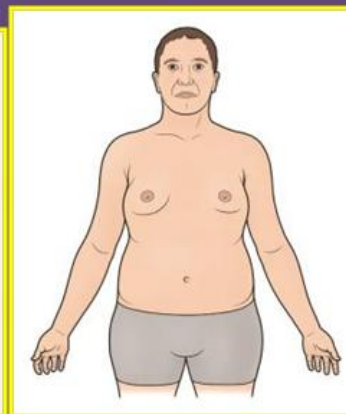
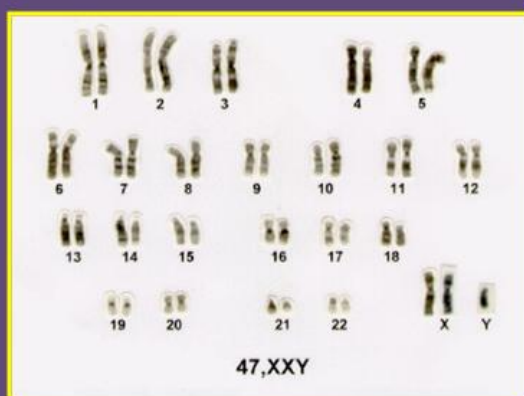
Número normal de autossomos, mas três cromossomos sexuais, dois XX e um Y, sendo sempre do sexo masculino. (47, XXY)

#### Consequências:

Problemas no desenvolvimento dos órgãos genitais;  
 Infertilidade;  
 Retardo mental leve;  
 Estatura elevada;  
 Desenvolvimento do tecido mamário;  
 Testículos pequenos.

**Expectativa de vida:** normal

## Síndrome de Klinefelter



## Aberrações cromossômicas na espécie humana

### Síndrome de Cri du Chat (aberração estrutural)

1 a cada 50.000 nascimentos.

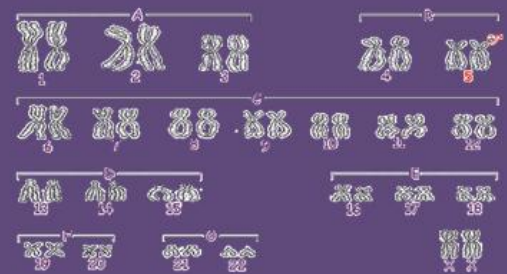
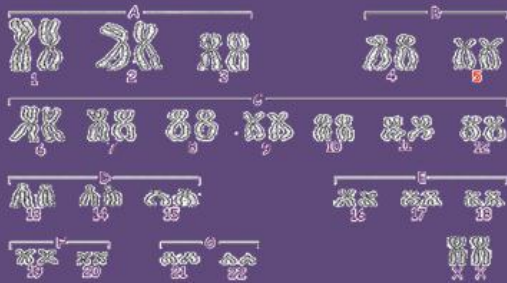
**Síndrome do Miado do Gato:** apagamento de uma porção significativa do material genético do braço curto de um dos pares do cromossomo 5.

#### Consequências:

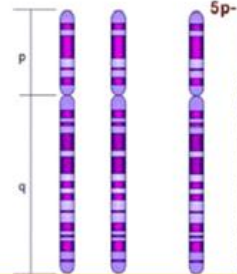
Retardo mental;  
Microcefalia;  
Aspecto arredondado da face;  
Choro semelhante a um miado de gato.

**Expectativa de vida:** normal

# Síndrome de Cri du Chat



5p- syndrome = cri du chat syndrome



**FIM!**

## APÊNDICE 7

## GENÉTICA E QUÍMICA

1. Núcleo celular   2. Partes do Núcleo Celular   **3. Cromossomos**   4. Ácidos Nucleicos (DNA e RNA)   mais...

Mini-casos:

- \*Partes dos cromossomos
- \*Idiograma
- \*Classificação dos cromossomos
- \*Aberrações cromossômicas na espécie humana
- \*Arquitetura dos cromossomos
- \*Genoma



### Morfologia dos Cromossomos



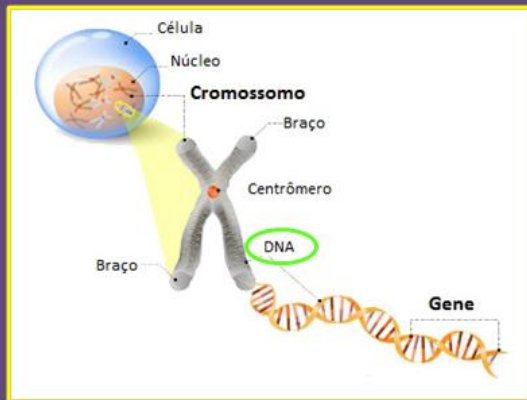


Sobre a autora

Meu nome é Paula  
Costallat Cantão, sou

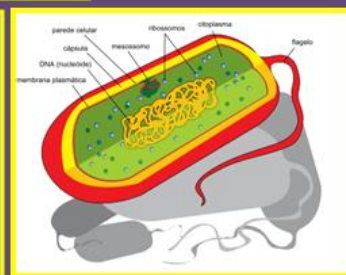
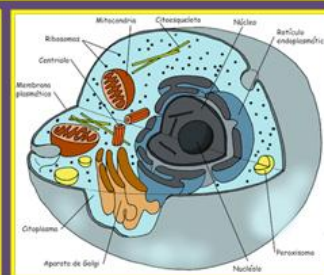
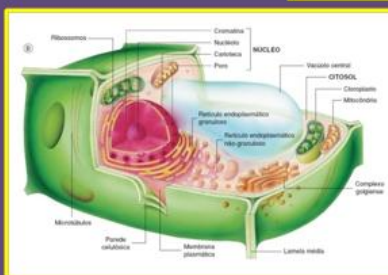
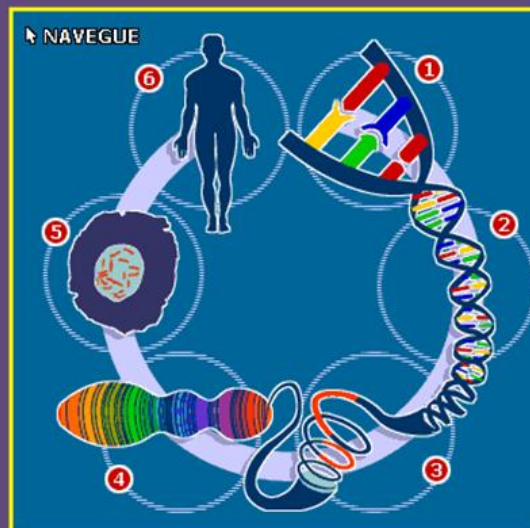
APÊNDICE 8

# Ácidos Nucleicos



Paula Costalat Cantão

Lembrando...



## ÁCIDOS NUCLEICOS

São assim chamados por terem sido originalmente descobertos no núcleo das células e por possuírem caráter ácido.

Os ácidos nucleicos formam os genes, responsáveis pela herança biológica.

**Existem dois tipos de Ácidos Nucléicos:**

- a) DNA (Ácido Desoxirribonucleico)
- b) RNA (Ácido Ribonucleico)



**Composição Química:**

Os Ácidos Nucléicos são compostos por monômeros chamados nucleotídeos.

## ÁCIDOS NUCLEICOS

Os Ácidos Nucléicos são macromoléculas, formadas por sequências de nucleotídeos, especializadas no armazenamento, na transmissão e no uso da informação genética.

São substâncias orgânicas que comandam as atividades celulares e transmitem as instruções hereditárias ao longo das gerações.

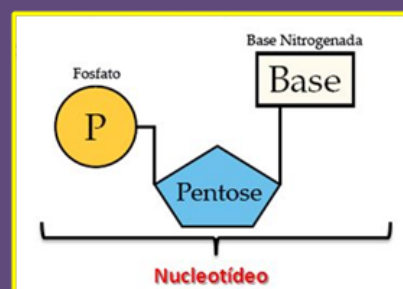
**Composição dos Nucleotídios:**

São trios moleculares compostos por glicídio, ácido fosfórico e base nitrogenada.

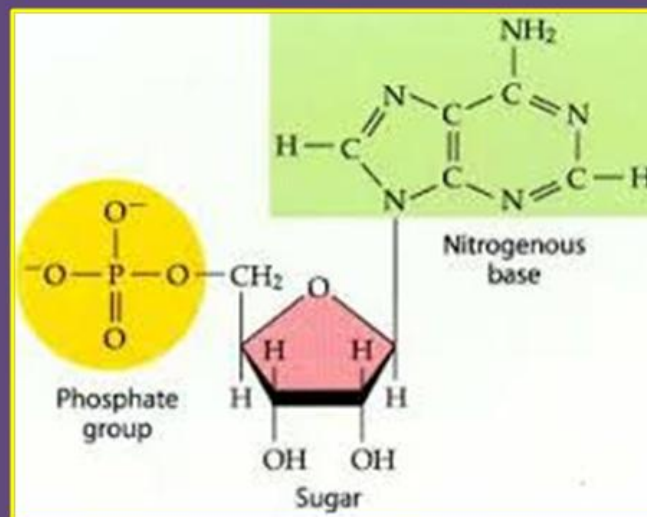
Encadeiam-se às centenas ou aos milhares para formar a molécula de ácido nucleico.

**Estrutura de um nucleotídeo:**

- 1 Grupo Fosfato
- 1 Glicídio (Pentose)
- 1 Base Nitrogenada



# Nucleotídio



# Ácido Desoxirribonucleico (DNA)

## Constituição:

- Bases Nitrogenadas: Adenina (A)  
Citosina (C)  
Guanina (G)  
Timina (T)
- Tipo de Glicose: Desoxirribose

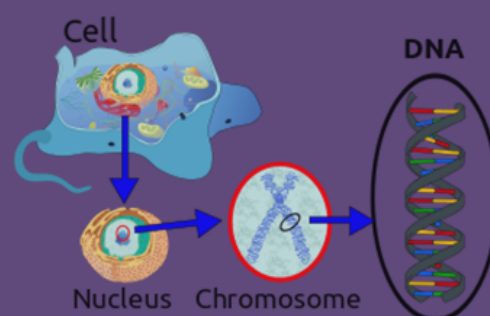
## Estrutura:

- Duas cadeias de nucleotídeos enroladas uma sobre a outra (escada helicoidal)
- Ligação: Ligação de Hidrogênio entre os pares de Bases Nitrogenadas

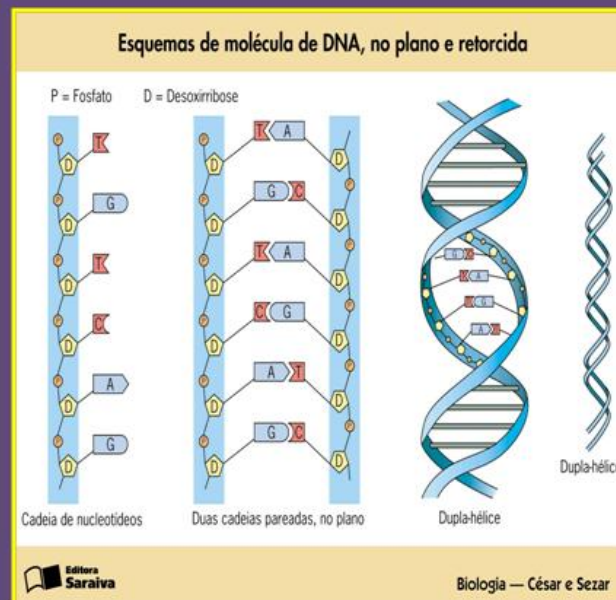
ADENINA – TIMINA  
GUANINA – CITOSINA

## Função:

- Guardar a informação genética.



# Ácido Desoxirribonucleico (DNA)



# Ácido Ribonucleico (RNA)

## Constituição:

- Bases Nitrogenadas: Adenina (A)  
Citosina (C)  
Guanina (G)  
Uracila (U)
- Tipo de Glicose: Ribose



## Estrutura:

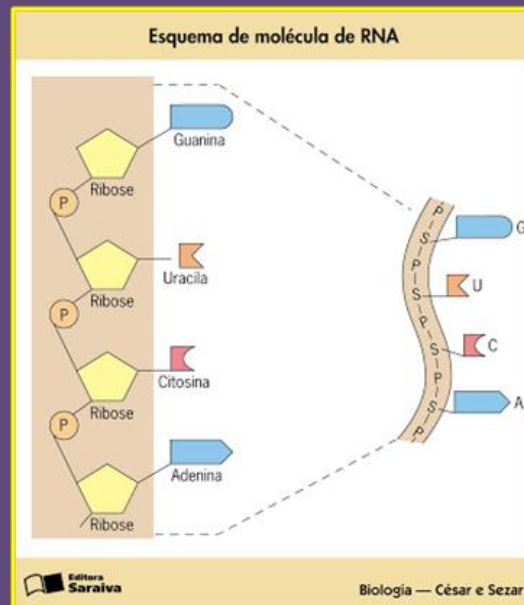
- Cadeia única de nucleotídeos que se enrola sobre si mesma
- Ligação: Ligação de Hidrogênio entre os pares de Bases Nitrogenadas  
ADENINA – URACILA  
GUANINA – CITOSINA

## Função:

- Síntese proteica.



# Ácido Ribonucleico (RNA)

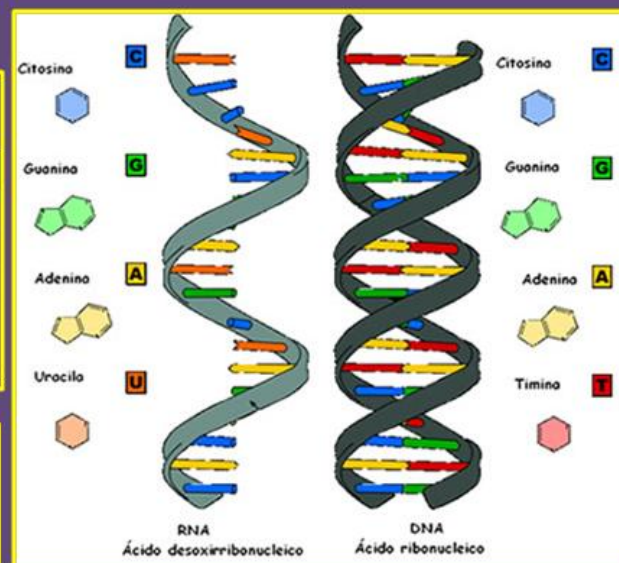


## Diferenças entre o RNA e o DNA

### DIFERENÇAS DNA E RNA

	DNA	RNA
<b>Açúcar</b>	desoxirribose	ribose
<b>Filamento</b>	duplo	simples
<b>Função</b>	inf. genética	sint. proteínas
<b>Bases Nitrogenadas</b>	<b> Piridiminas:</b> Citosina e <b>Timina</b> <b> Purinas:</b> Adenina e Guanina	<b> Piridiminas:</b> Citosina e <b>Uracila</b> <b> Purinas:</b> Adenina e Guanina

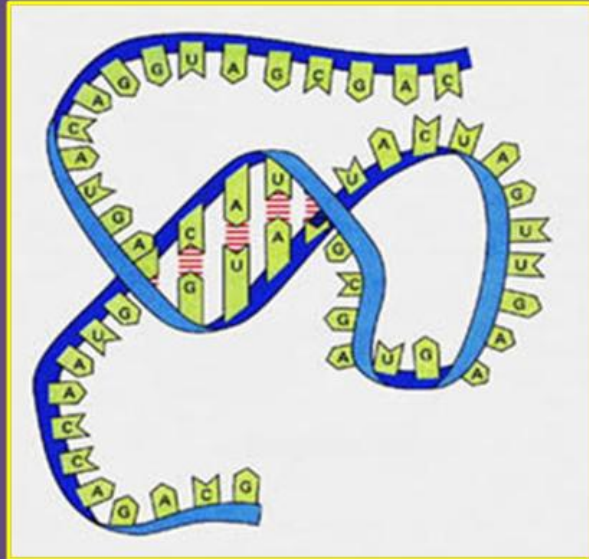
O que também não varia em nucleotídeos de DNA e RNA é o Grupo Fosfato.



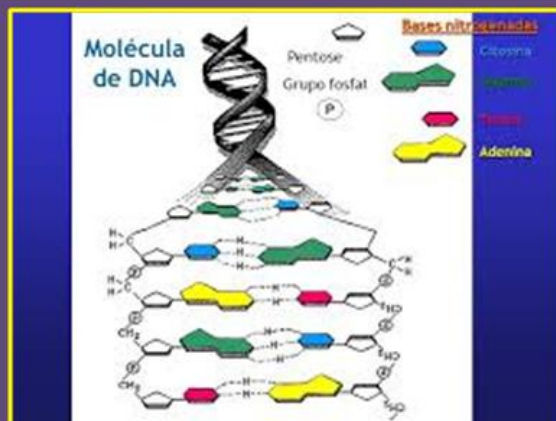
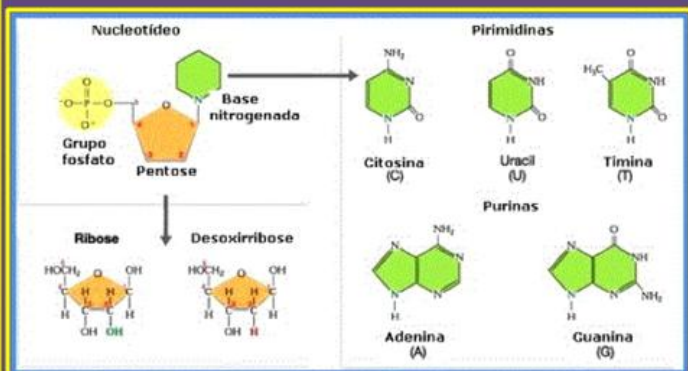
# Ligação de Hidrogênio

**Estrutura do DNA e RNA**

Timina  
Uracila  
Citosina  
Adenina  
Guanina

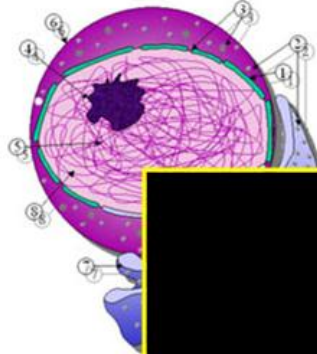


Bases  
Guanina  
Citosina  
Timina  
Adenina  
Estrutura de açúcar e fosfato  
Nucleótido



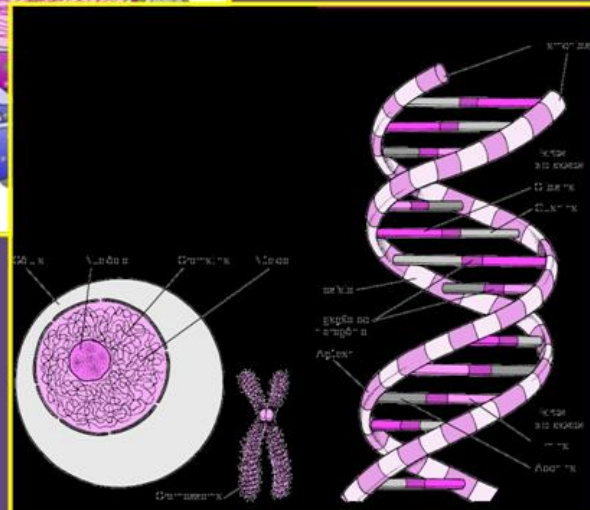
## Núcleo (Observação)

- 1 – Invólucro nuclear;
- 2 – Ribossomas;
- 3 – Poros nucleares;
- 4 – Nucléolo;
- 5 – Cromatina;
- 6 – Núcleo;
- 7 – Retículo endoplasmático;
- 8 - Nucleoplasma.

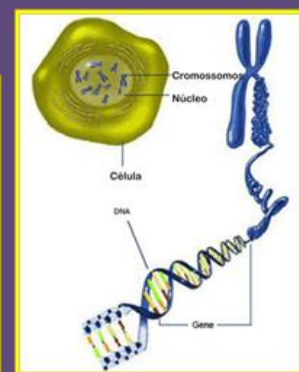
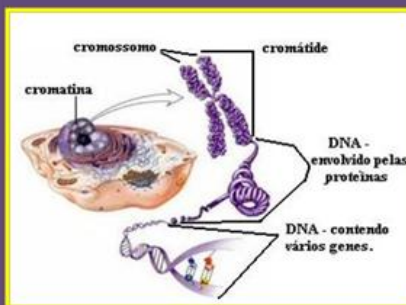
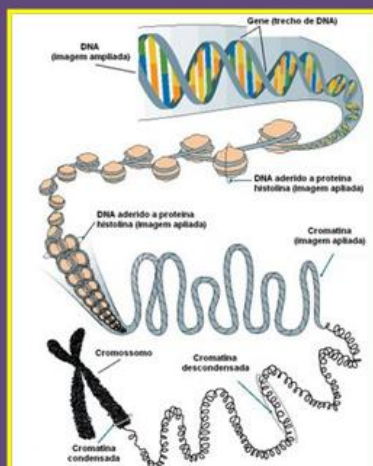
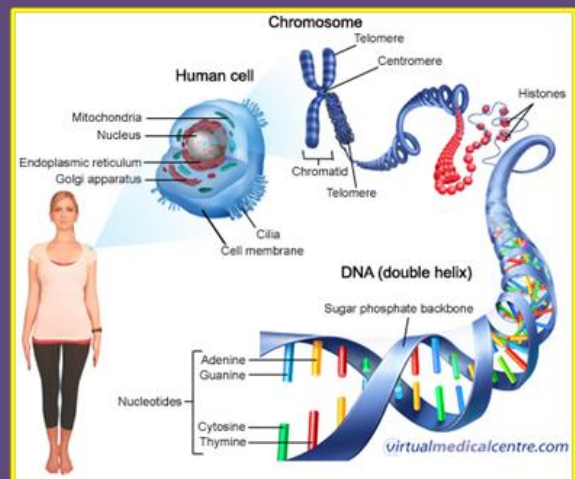


De cromatina...

...a formação dos cromossomos.

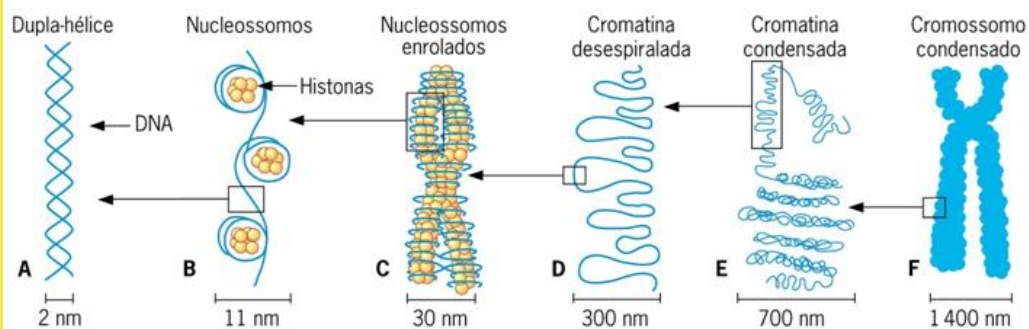


## Arquitetura dos cromossomos...



## Níveis de organização dos cromossomos de células eucariontes

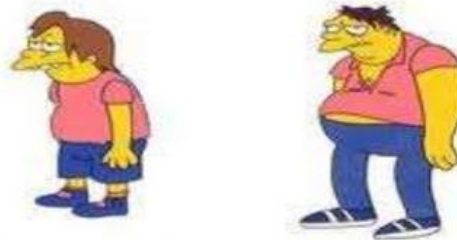
### Níveis de organização no cromossomo de eucariontes



### Por que os ácidos nucleicos são importantes?

Todas as informações para o funcionamento celular, características individuais e da espécie estão armazenadas nessas duas moléculas.

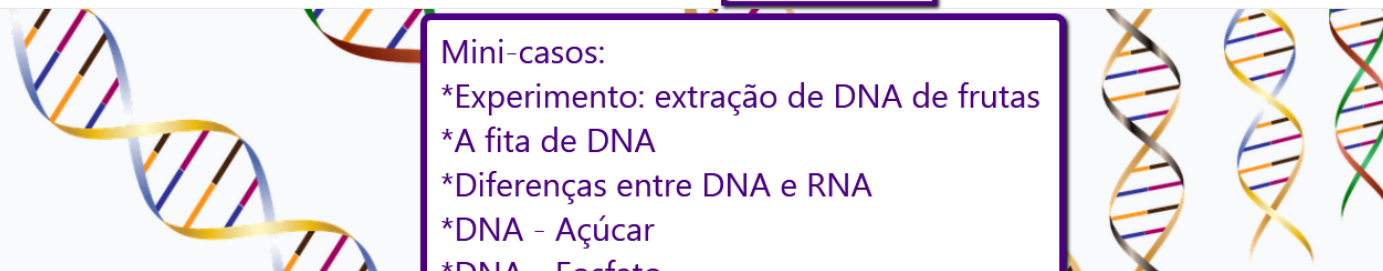
### **Precisa de Exame de DNA?**



## APÊNDICE 9

## GENÉTICA E QUÍMICA



1. Núcleo celular   2. Partes do Núcleo Celular   3. Cromossomos   **4. Ácidos Nucleicos (DNA e RNA)**   mais...



Mini-casos:

- \*Experimento: extração de DNA de frutas
- \*A fita de DNA
- \*Diferenças entre DNA e RNA
- \*DNA - Açúcar
- \*DNA - Fosfato
- \*DNA - Bases nitrogenadas

Experimento: e  
7/16/2016



Sobre a autora

Meu nome é Paula  
Costallat Cantão, sou

## APÊNDICE 10

**Experimento referente ao assunto DNA e RNA - Caso 4**

**Experiência:** Extração de DNA

**DISCIPLINA:** Biologia

**SÉRIE:** 2ª Série do Ensino Médio

**INTRODUÇÃO TEÓRICA**

A sigla DNA significa, traduzindo para o português, ácido desoxirribonucleico. Por essa razão, é comum chamá-la de ADN. Essas moléculas se tratam de ácidos nucleicos e são encontradas, na sua maioria, no núcleo ou na região nucleóide da célula, sendo que também são encontradas nas mitocôndrias e nos cloroplastos (organelas citoplasmáticas).

**PROBLEMATIZAÇÃO**

Como podemos observar a presença de DNA nos organismos?

**OBJETIVO**

O objetivo dessa experiência é entender os conceitos de genética básica e demonstrar como podemos identificar e extrair o DNA da banana como um bom modelo para esse tipo de estudo e atividade prática.

**MATERIAIS E REAGENTES**

- ½ banana (pode ser substituído por 2 ou 3 Morangos ou ½ tomate);
- Saco plástico comum transparente;
- Detergente comercial;
- Água;
- Béquer ou copo;
- Colher de medida (colher de café);
- Proveta ou outro frasco com graduação volumétrica;
- Álcool etílico absoluto ou álcool etílico doméstico (>90oG.L). (Deve ser mantido gelado até o momento da sua utilização);
- Gaze para filtrar;
- Tubo de ensaio;
- Cloreto de sódio (sal de cozinha);
- Funil;
- Faca;
- Bastão de vidro ou palito de madeira;
- Pipeta Pasteur, seringa ou conta-gotas.

**PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL**Preparo da Solução de Lise:

1) Misturar 6 ml de detergente, 4g de NaCl (ou seja, aproximadamente 4 colheres de café cheias de sal de cozinha) e água suficiente para formar 60 ml de solução.

Extração do DNA

2) Cortar e macerar a banana com a solução de “lise”, num saco plástico, até obter uma solução liquefeita da polpa do fruto, o que facilitará a filtração.

3) Misturar a solução durante 2 a 3 minutos e, em seguida, filtrar o conteúdo do saco, utilizando a gaze, o funil e o tubo de ensaio.

4) Depois de realizar a filtração, acrescentar lentamente o álcool etílico gelado, com o auxílio de uma pipeta ou conta-gotas, até dobrar o volume inicial da solução.

**DISCUSSÕES E RESULTADOS**

1. Como se apresentou o DNA extraído? Descreva qual o seu aspecto e em que região da solução do tubo de ensaio ele foi visualizado.

---

---

---

---

2. Qual a importância da etapa de maceramento?

---

---

---

---

3. Qual o papel da solução de “lise”? Responda, especificando as funções do detergente e do sal.

---

---

---

---

4. Qual o papel do álcool etílico na extração do DNA?

---

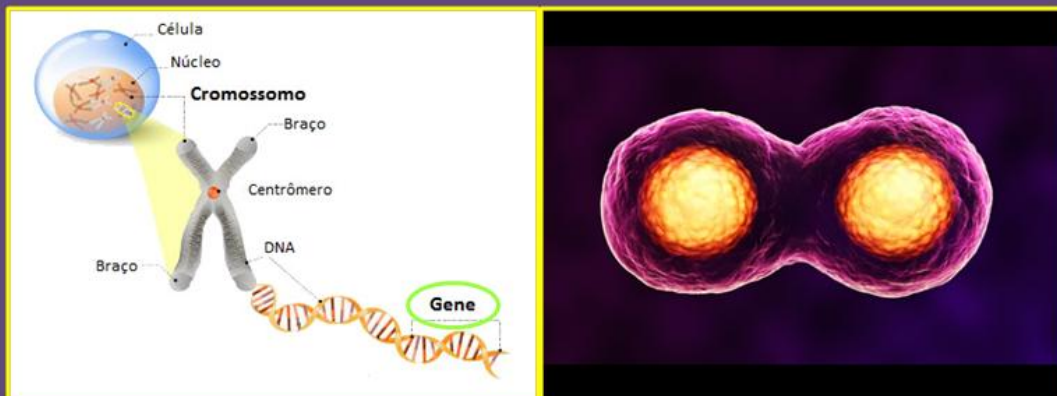
---

---

---

## APÊNDICE 11

## Meiose na Genética



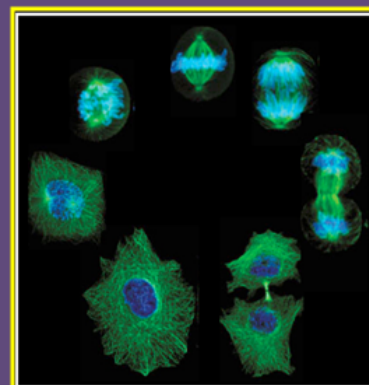
Paula Costallat Cantão

## Ciclo Celular

Semelhante ao organismo vivo, a célula também apresenta períodos em sua existência, períodos esses em que a célula pode se dividir. Ciclo celular é o período que se inicia com o surgimento de uma célula a partir da divisão de outra preexistente.

**Dividido em dois:**  
 Interfase e divisão celular } Mitose e Meiose  
 Citocinese

**Mitose e Meiose** (divisão do núcleo)  
**Citocinese** (divisão do citoplasma)

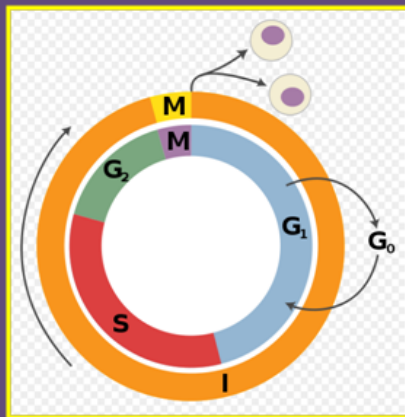




## Ciclo Celular

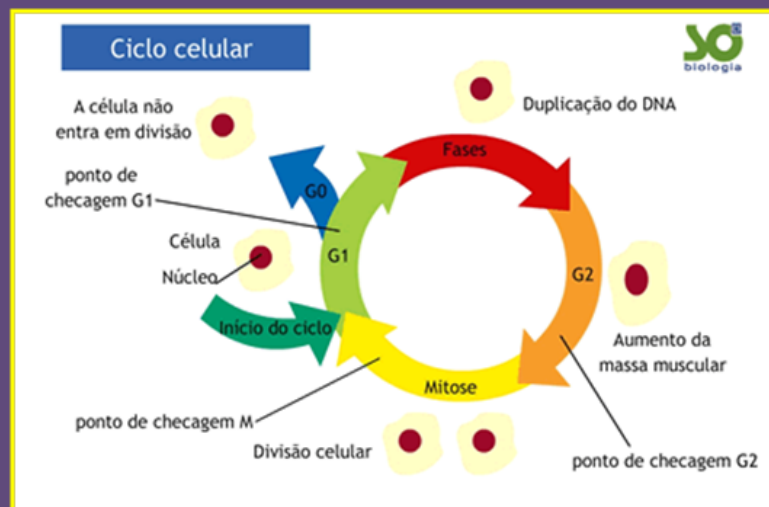
Durante a interfase, a organização celular está em constante atividade, produzindo substâncias diversas, realizando processos químicos e físicos e desempenhando suas funções, contribuindo assim para a sobrevivência do organismo e do indivíduo, conseqüentemente.

Podemos dividir este período de interfase em três fases – G<sub>1</sub> ou G<sub>0</sub>, S e G<sub>2</sub>.



- **G<sub>1</sub>**: crescimento das células  
síntese de RNA e proteínas
- **S**: duplicação do DNA
- **G<sub>2</sub>**: completa o crescimento  
forma o fuso mitótico  
alta taxa respiratória

## Ciclo Celular



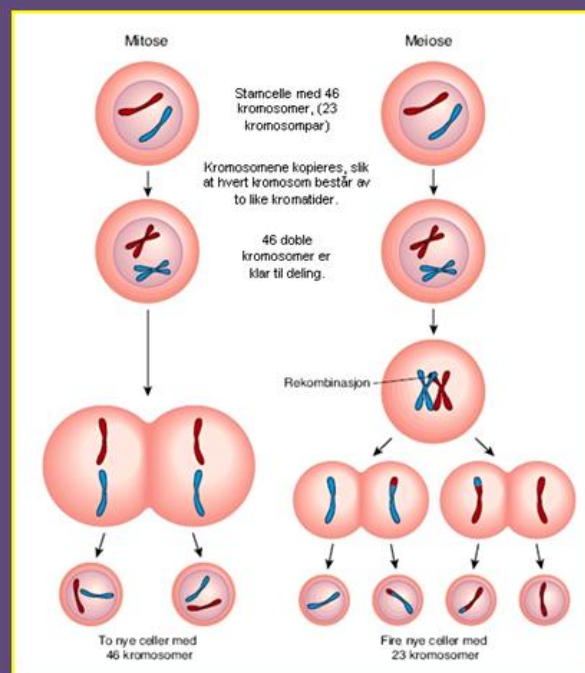
## Divisão Celular

**Mitose:** divisão celular em que uma **célula-mãe** divide-se em **duas células-filhas**, geneticamente idênticas e com o mesmo número de cromossomos. ( $2n = 2n$  e  $2n$ )

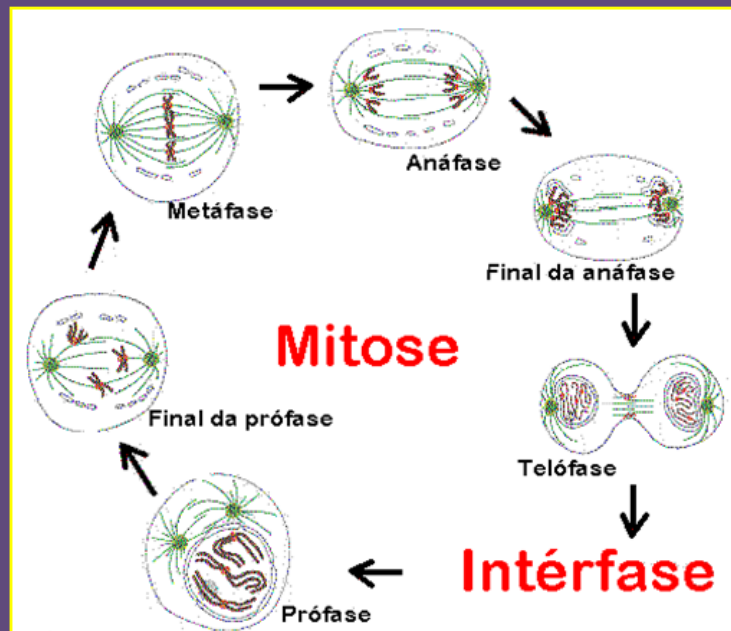
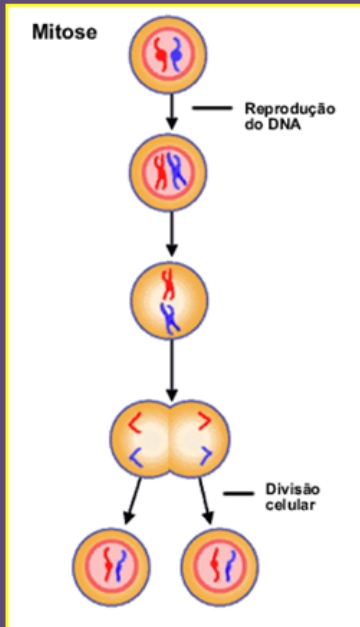
**Meiose:** divisão celular em que uma **célula-mãe** gera **quatro células-filhas**, geneticamente diferentes (com a metade do número de cromossomos). ( $2n = n, n, n$  e  $n$ )

$n$  = número de cromossomos diferentes  
 $2n = 46$  (células diplóides)  
 $n = 23$  (células haplóides)

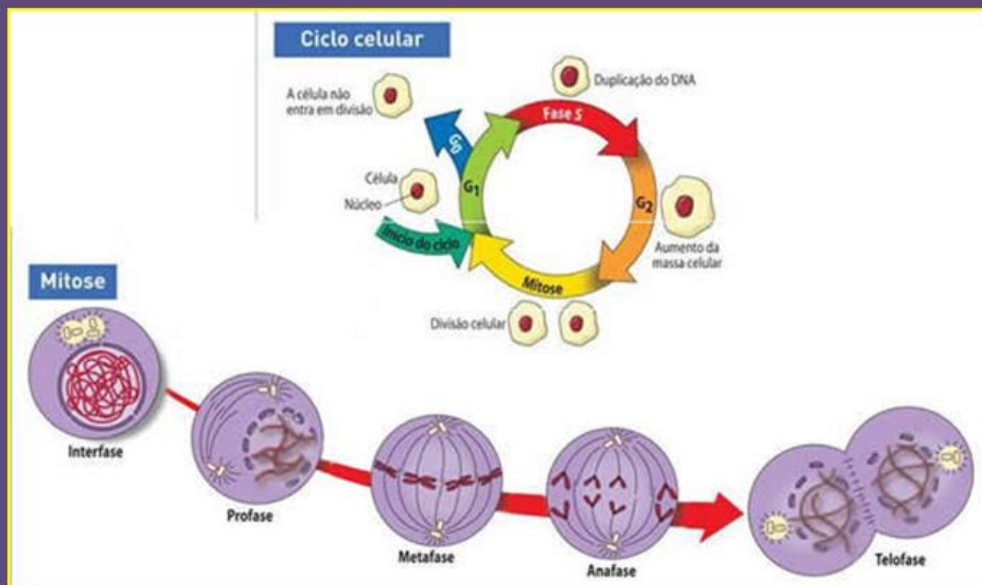
## Divisão Celular



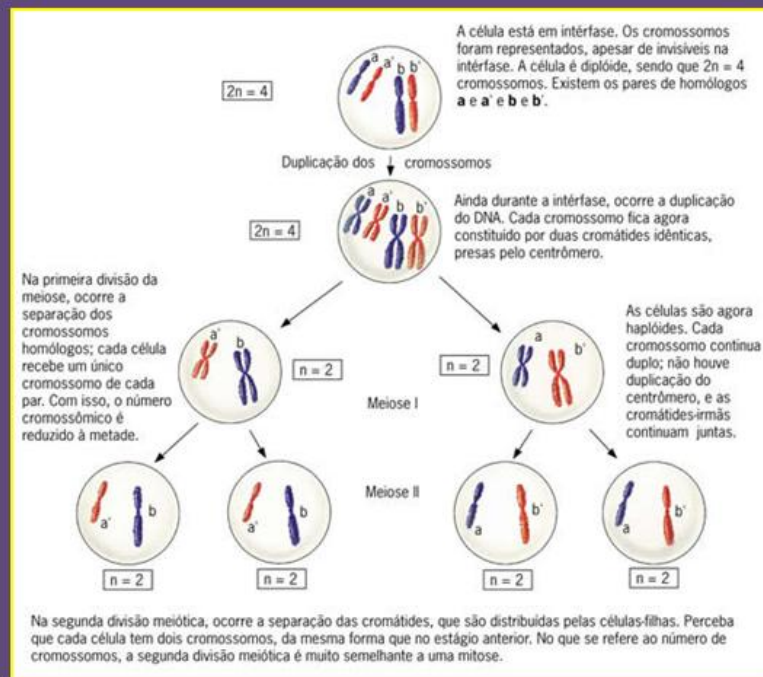
# Mitose



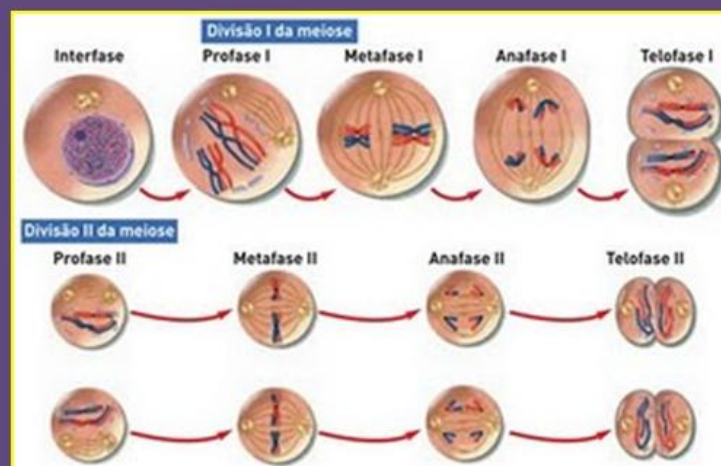
# Mitose



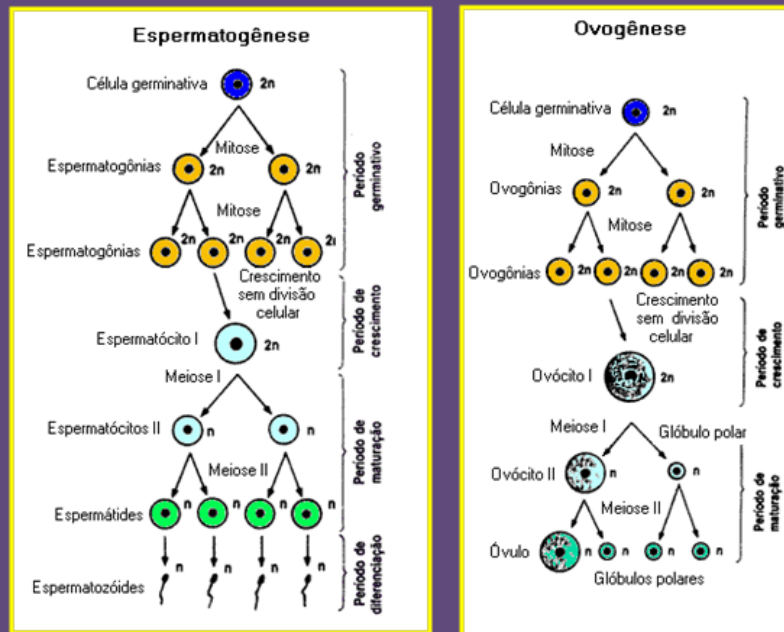
# Meiose



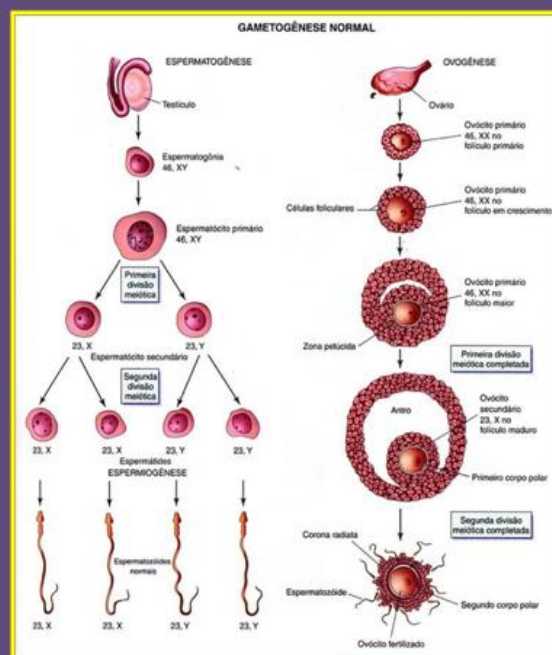
# Meiose



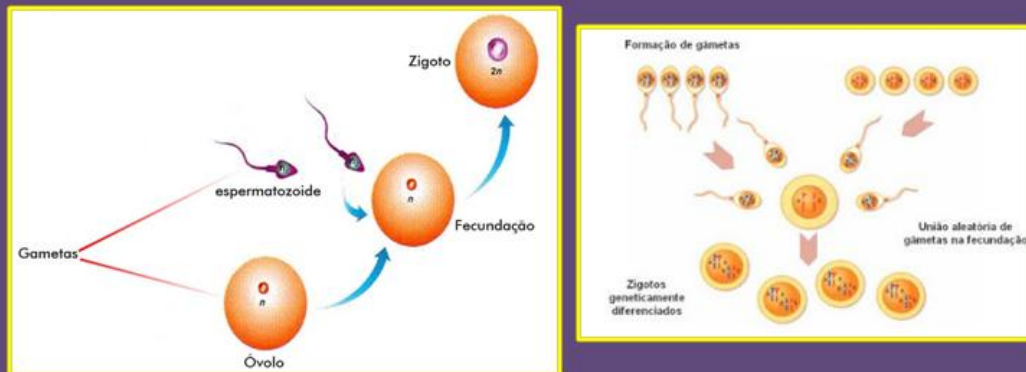
# Gametogênese



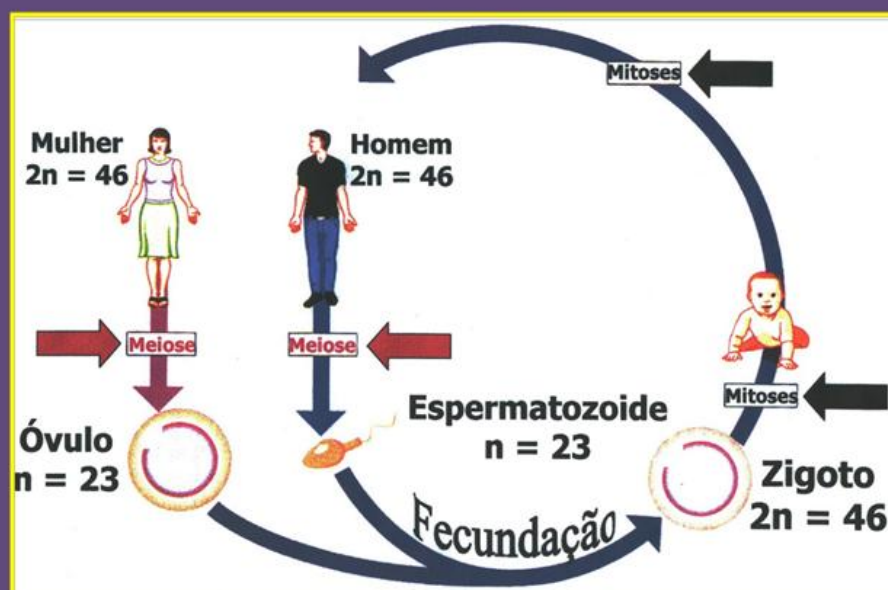
# Gametogênese



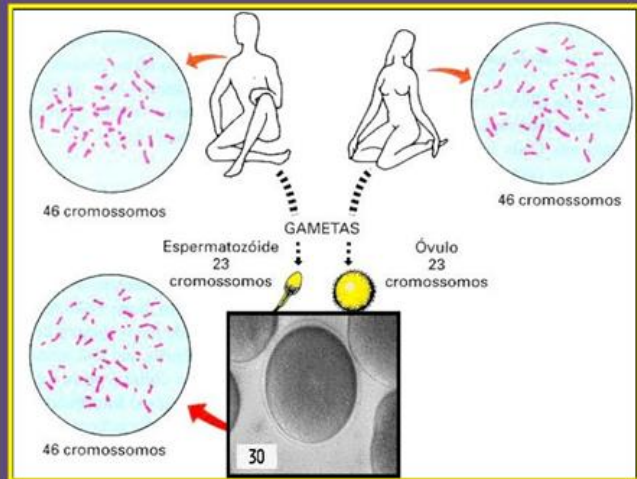
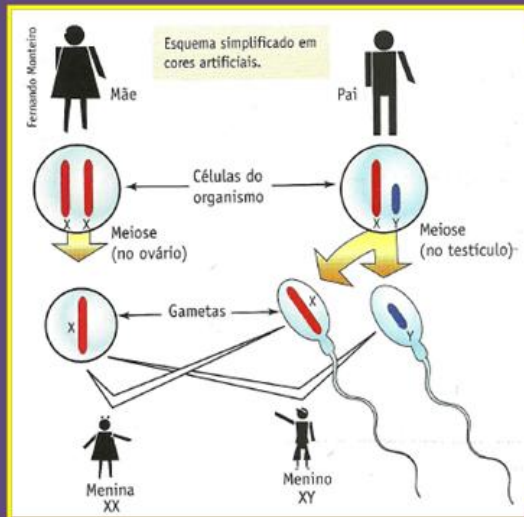
## Gametas (óvulo e espermatozoides)



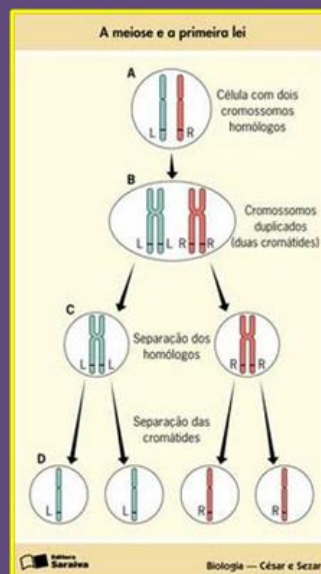
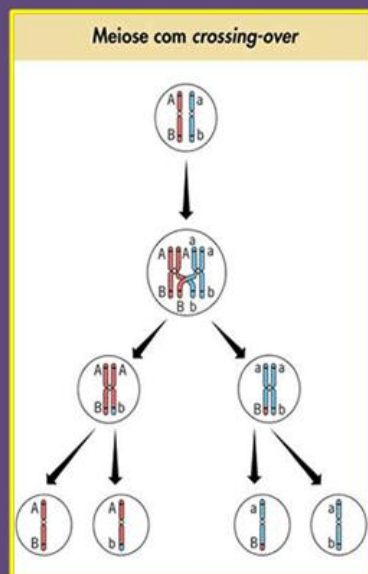
## Fecundação



# Fecundação

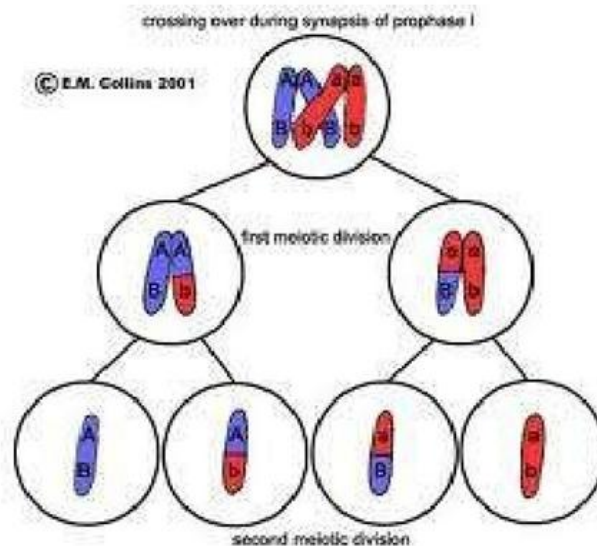


# Meiose na Genética

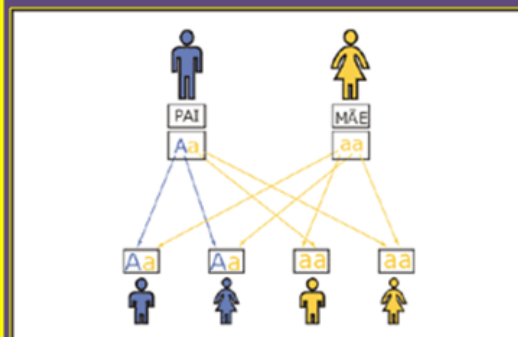
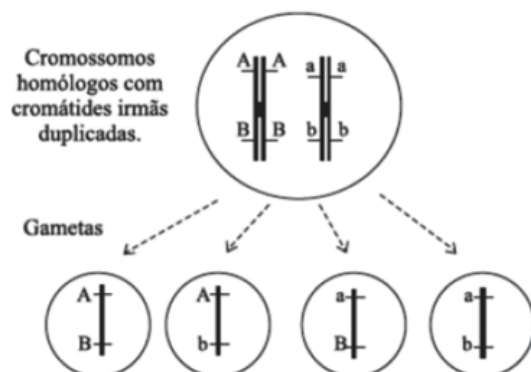


## Meiose na Genética

- O crossing-over é um processo que ocorre aleatoriamente:

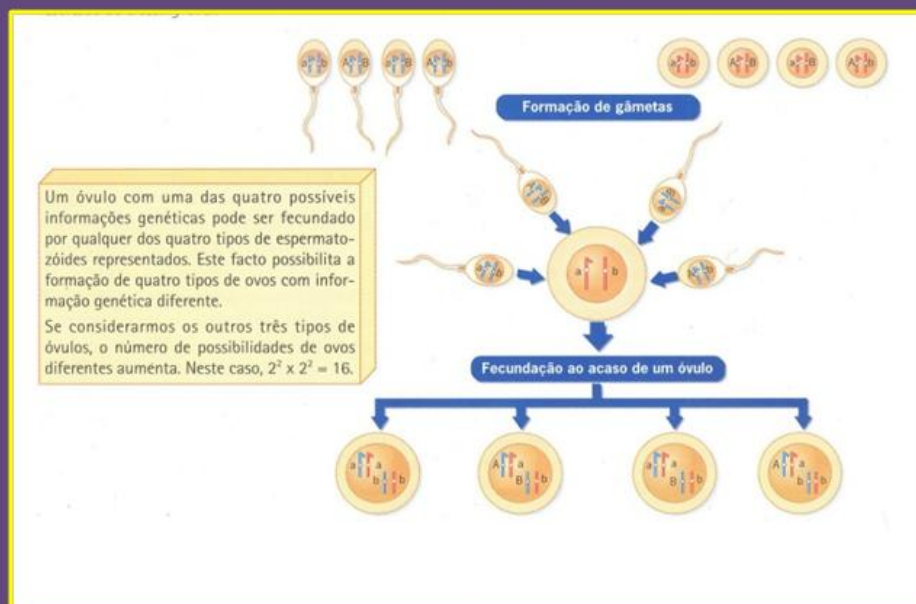


## Meiose na Genética

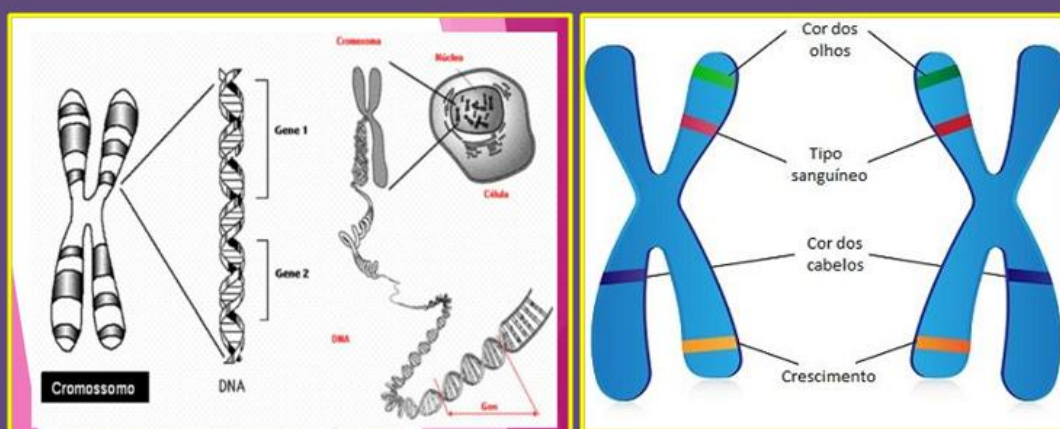




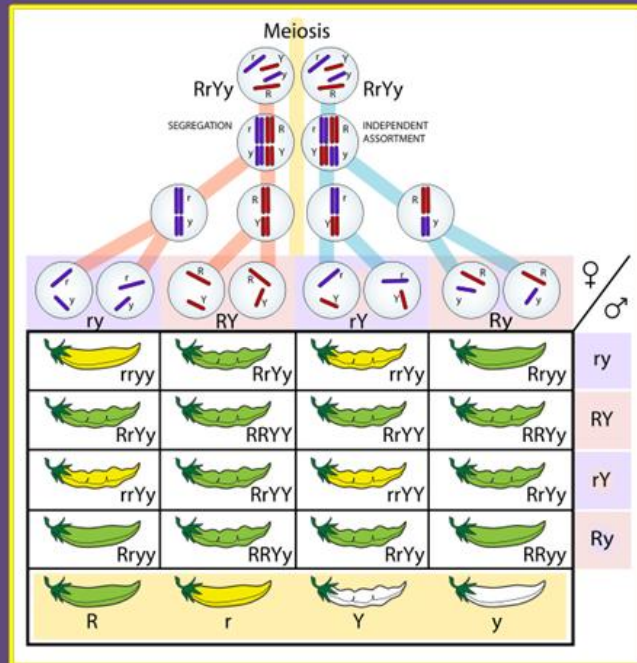
## Meiose na Genética



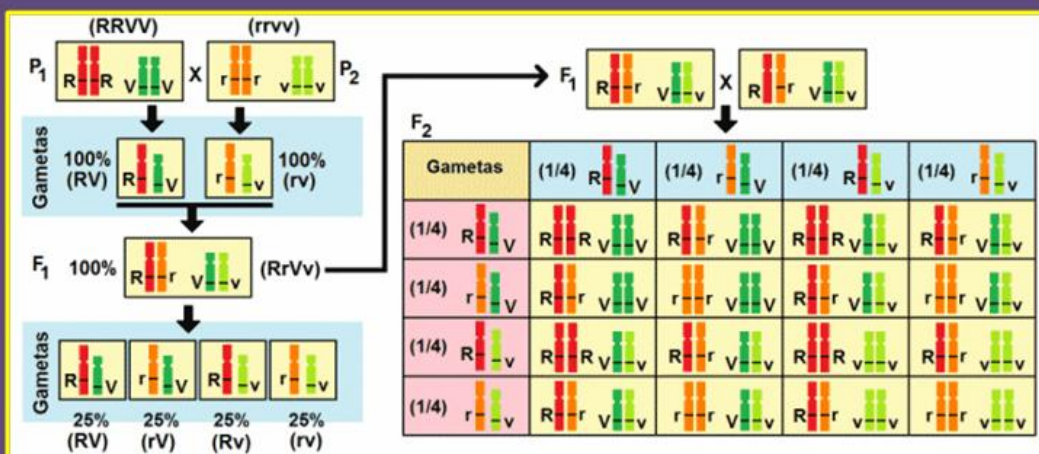
## Meiose na Genética



# Meiose e os cruzamentos de Genética



# Meiose e os cruzamentos de Genética



## APÊNDICE 12

**GENÉTICA E QUÍMICA**

1. Núcleo celular 2. ... (DNA e RNA) mais...

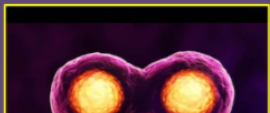
### 5. Meiose na Genética


Mini-casos:

- \*Ciclo celular
- \*Divisão celular (mitose e meiose)
- \*Gametogênese e fecundação

Ciclo celu  
11/8/2017

**Meiose na Genética**





Sobre a autora  
Meu nome é Paula

**ANEXOS**

# TEMAS DE BIOLOGIA

PROPOSTAS PARA DESENVOLVER EM SALA DE AULA  
NÚMERO 4 JANEIRO DE 1997 EDITORA MODERNA

## ORGANIZANDO OS CROMOSSOMOS HUMANOS: IDIOGRAMA

J. M. Amabis\* e G. R. Martho

A identificação dos cromossomos humanos é de grande importância para o diagnóstico e para a prevenção de muitas doenças hereditárias. A análise cromossômica pode ser decisiva no aconselhamento genético, ajudando a evitar o nascimento de crianças portadoras de doenças hereditárias. Nosso principal objetivo, neste número, é despertar o interesse para a Genética Humana por meio de uma atividade que simula o trabalho dos citogeneticistas na identificação e organização dos cromossomos humanos.

A análise de cromossomos humanos é hoje realizada rotineiramente em qualquer serviço de aconselhamento genético. Técnicas modernas permitem preparar lâminas de microscopia com os cromossomos bem individualizados, condição fundamental para estudá-los.

No período anterior ao surgimento dessas técnicas, os citogeneticistas estudavam os cromossomos humanos em cortes histológicos. Era impossível determinar o número de cromossomos, que variava de 8 a 50 na contagem de diferentes pesquisadores. Em células diplóides, as contagens mais criteriosas apontavam 48 cromossomos.

Na primeira metade do século XX descobriu-se que a droga colchicina (ou colquicina), um alcalóide extraído do bulbo de plantas do gênero *Colchicum*, impede a formação do fuso mitótico. Isso faz com que as células em divisão permaneçam em metáfase, quando os cromossomos estão condensados, o que favorece sua análise morfológica.

Em 1956, os pesquisadores Jo Hin Tjio e Albert Levan utilizaram colchicina para tratar células humanas que, após algum tempo, foram transferidas para uma solução hipotônica e esmagadas entre a lâmina e a lamínula de microscopia. Em solução hipotônica a célula absorve água e incha, o que faz com que seus cromossomos separem-se uns dos outros. Com as inovações introduzidas por Tjio e Levan constatou-se que o número cromossômico diplóide da espécie humana é 46, e não 48, como se pensava. Além disso, a nova metodologia permitiu identificar a maioria dos cromossomos humanos.

Em 1958, Jérôme Lejeune descobriu que uma criança afetada pela síndrome de Down tinha 47 cromossomos: em vez de dois, havia três cromossomos 21 em cada célula. Essa descoberta causou grande impacto no mundo científico, e o interesse dos geneticistas pelo estudo dos cromossomos humanos aumentou.

Na década de 1960 descobriu-se que extratos de semente de feijão comum, *Phaseolus vulgaris*, contêm uma substância denominada fito-hemaglutinina, que induz a divisão celular em linfócitos do sangue humano

cultivados *in vitro*. A partir de então, os estudos citogenéticos de células humanas passaram a empregar largamente os linfócitos.

Na década de 1970 descobriu-se que certos tratamentos faziam surgir bandas (faixas transversais) nos cromossomos, o que permitiu identificar cada um dos 23 pares cromossômicos do cariótipo humano. A posição e a espessura das faixas são típicas para cada cromossomo, que pode ser reconhecido com relativa facilidade.

O conjunto cromossômico de uma célula é o **cariótipo**. Nas lâminas de microscopia, cada conjunto cromossômico é fotografado, e os cromossomos são recortados individualmente da foto. Em seguida eles são comparados, identificados e colados sobre uma folha de papel. Essa montagem constitui o **idiograma**.

Neste número sugerimos uma atividade de reconhecimento de cromossomos humanos desenhados e de montagem de um idiograma. O padrão de bandeamento apresentado nos desenhos segue as normas definidas no 4º Congresso Internacional de Genética Humana, realizado em Paris, em 1971.



Fotomicrografia, ao microscópio óptico, de um conjunto cromossômico humano preparado por uma técnica de bandeamento.

WELMATE, EAST ANGLIAN REGIONAL GENETICS SERVICE/BEI-STOCK PHOTOS

\* Professor do Departamento de Biologia do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo

## SUGESTÃO DE ATIVIDADE

**N**as próximas páginas apresentamos as informações necessárias para que os estudantes montem um idiograma humano normal, semelhante aos utilizados pelos geneticistas para estudar eventuais desordens cromossômicas nos pacientes.

Para a montagem do idiograma, cada estudante ou grupo de estudantes deve receber xerocópias da página de atividades (ao lado), da página de desenhos, com os cromossomos para recortar (mais à direita), e do gabarito onde o idiograma será montado (no verso da folha de desenhos).

A atividade propiciará aos estudantes oportunidade de se familiarizar com conceitos relativos ao número, forma e classificação dos cromossomos de forma lúdica.

O processo para identificar os cromossomos é quase um jogo de seguir pistas e simula o grau de detalhamento necessário ao trabalho do citogeneticista, na pesquisa de possíveis anormalidades cromossômicas e genéticas.

A atividade será mais bem aproveitada se os estudantes já tiverem conhecimento sobre o núcleo celular e seus componentes, e também sobre a mitose. Outro aspecto importante é compreender a técnica laboratorial empregada na preparação dos cromossomos.

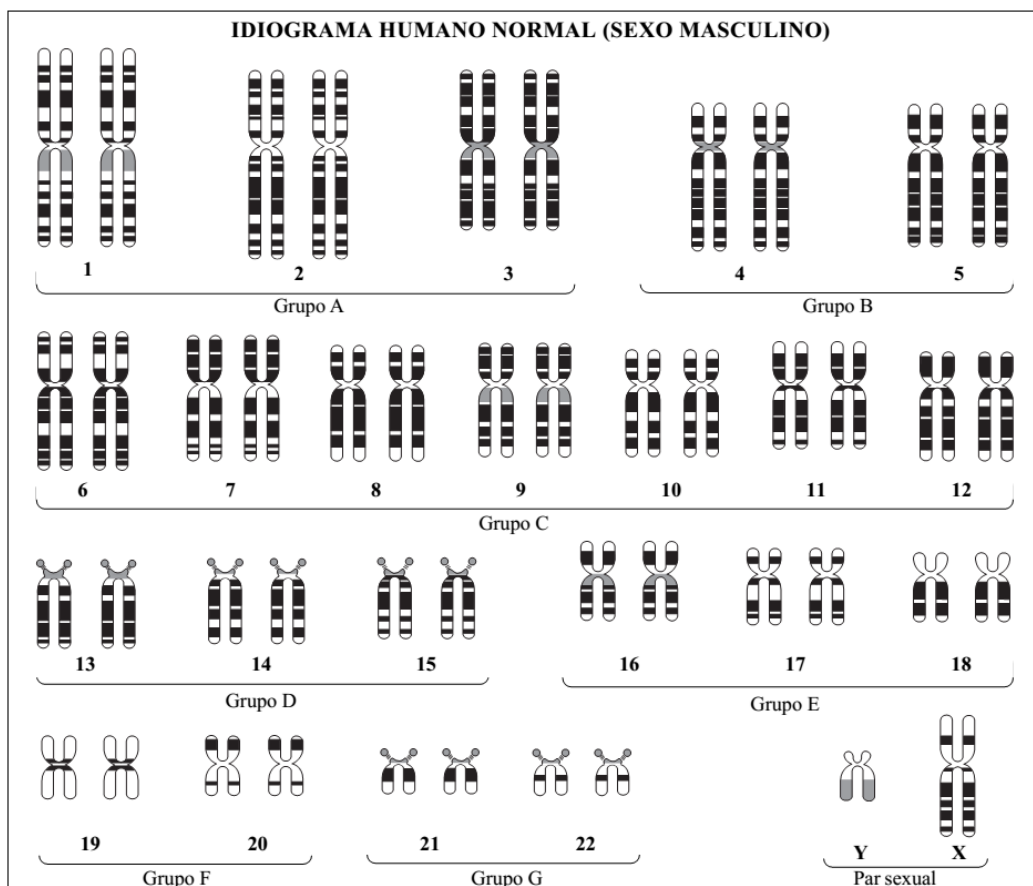
Em nossas obras de Biologia os assuntos apresentados neste folheto podem ser encontrados nos seguintes volumes:

AMABIS, J. M. & MARTHO, G. R. *Fundamentos da Biologia moderna*, São Paulo, Ed. Moderna, 1990:

- O núcleo celular (págs. 100-103);
- A reprodução celular: mitose (págs. 111-118);
- Doenças causadas por aberrações cromossômicas (págs. 357-359).

— . *Biologia das células* (vol. 1), São Paulo, Ed. Moderna, 1994:

- A estrutura dos cromossomos (págs. 178-185);
- Os cromossomos humanos (págs. 187-191);
- Divisão celular (I): mitose (págs. 202-212).



**ATIVIDADE: ORGANIZANDO OS CROMOSSOMOS HUMANOS: IDIOGRAMA**

Nome: \_\_\_\_\_ Série: \_\_\_\_\_

O objetivo desta atividade é a montagem de um idiograma humano normal. O trabalho será parecido com o de citogeneticistas, que montam idiogramas de pacientes para descobrir eventuais problemas em seus cromossomos. Em vez de usar fotos dos cromossomos, como fazem os citogeneticistas, usaremos desenhos, para simplificar o trabalho de identificação.

**MATERIAL NECESSÁRIO**

- 3 Tesoura
- 3 Régua milimetrada
- 3 Cola (de preferência em bastão)
- 3 Conjunto de cromossomos para recortar (xerox)
- 3 Gabarito para colar os cromossomos (xerox)

**ORIENTAÇÕES GERAIS**

Além desta folha de atividades, você recebeu duas outras folhas xerocopiadas: uma delas tem desenhos de cromossomos humanos para recortar, e a outra tem marcas de orientação para montar o idiograma (gabarito).

Siga as instruções de 1 a 11 para identificar os cromossomos. Em alguns casos você terá de medi-los com a régua, para auxiliar a identificação, pois os cromossomos devem ser dispostos por ordem decrescente de tamanho. Recorte os cromossomos com a tesoura e organize-os sobre o gabarito. É preferível colar os cromossomos apenas no final, para evitar enganos.

Ao recortar os cromossomos da folha de desenhos deixe uma pequena margem dos lados, como foi sugerido para o cromossomo 1.

Cole cada cromossomo recortado no local correspondente ao seu número, na folha de gabarito, fazendo o centrômero coincidir com a linha tracejada. A título de exemplo, um dos homólogos do par cromossômico 1 já foi aplicado no gabarito. Oriente cada cromossomo com o braço mais longo para baixo da linha tracejada.

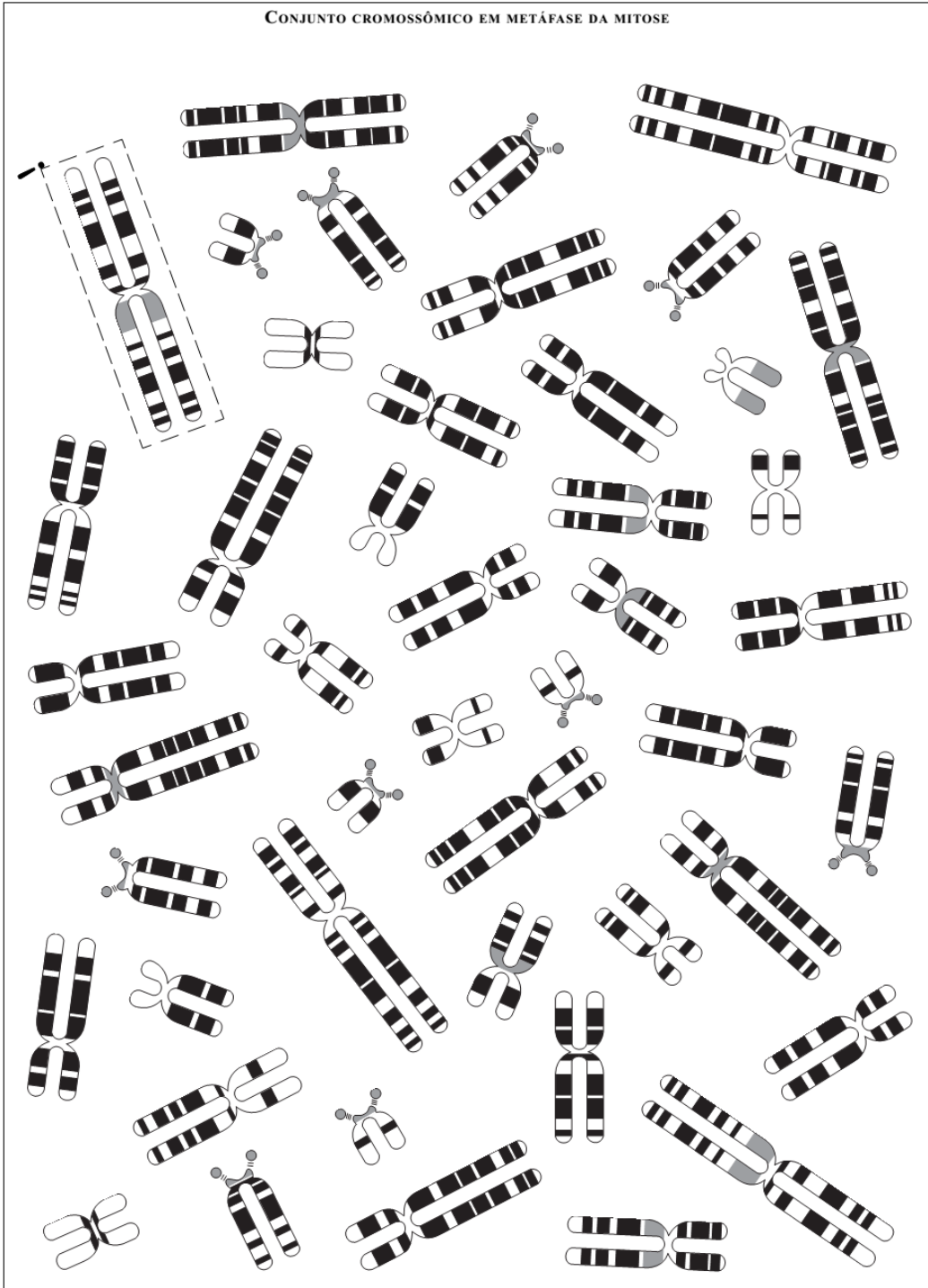
**IDENTIFICANDO OS CROMOSSOMOS E MONTANDO O IDIOGRAMA**

1. Localize os três pares cromossômicos de maior tamanho, que constituem o grupo A. Os cromossomos dos pares 1 e 3 são do tipo metacêntrico (centrômero em posição aproximadamente central), e os do par 2 são submetacêntricos (centrômero um pouco deslocado do centro). Oriente os cromossomos 1 e 3 com os braços que têm a faixa cinzenta para baixo da linha tracejada.
2. Dos cromossomos restantes, identifique os dois pares de maior tamanho, que constituem o grupo B. São grandes, pouco menores que o cromossomo 3, e submetacêntricos. O que tem uma faixa cinzenta na região do centrômero é o cromossomo 4.
3. Localize agora os pares de cromossomos 21 e 22, que constituem o grupo G. São os menores do conjunto e do tipo acrocêntrico (centrômero localizado perto da extremidade). O braço menor desses cromossomos possui uma pequena esfera terminal chamada satélite. O cromossomo que apresenta faixa negra mais larga é o 21.
4. Procure os pares de cromossomos 19 e 20, que constituem o grupo F. Eles são um pouco maiores que os do grupo G e quase metacêntricos. O cromossomo 19 apresenta uma faixa negra em torno do centrômero. O cromossomo 20 tem uma faixa negra larga no braço ligeiramente menor (superior), e outra mais estreita no braço ligeiramente maior.
5. Localize os pares cromossômicos 13, 14 e 15, que constituem o grupo D. Eles são do tipo acrocêntrico, com satélites no braço menor. O que apresenta faixas negras mais largas é o cromossomo 13; o que tem faixas um pouco mais estreitas é o 14, e o 15 apresenta faixas ainda mais estreitas.
6. Identifique os pares de cromossomos 6 e 7, os primeiros do grupo C. Eles são os maiores entre os cromossomos que restaram, e são do tipo submetacêntrico. O maior dos dois, com faixas negras mais estreitas no braço menor, é o cromossomo 6.
7. Dos cromossomos restantes, descubra agora os três pares de menor tamanho, de tipo submetacêntrico. São os cromossomos 16, 17 e 18, que constituem o grupo E. O cromossomo 18 é facilmente identificável por não apresentar nenhuma faixa escura no braço menor. O cromossomo 16 possui, no braço menor, uma faixa negra mais larga que a apresentada pelo 17.
8. Selecione o menor dos cromossomos restantes. Trata-se do cromossomo sexual Y. Além de não apresentar homólogo, ele é do tipo acrocêntrico (centrômero localizado próximo à extremidade), e tem uma faixa cinzenta larga no braço maior.
9. Dos onze cromossomos restantes, identifique o cromossomo sexual X. Ele apresenta uma faixa negra estreita no braço menor, e é o único que não apresenta homólogo, pois trata-se de um cariótipo masculino.
10. Selecione, dos cromossomos restantes, o par que possui três faixas negras largas no braço curto: é o cromossomo 9. Procure agora o par que apresenta apenas uma faixa negra larga no braço menor: trata-se do cromossomo 12.
11. Faltam apenas três pares de cromossomos para identificar. O que apresenta faixas negras mais largas no braço maior é o cromossomo 8. Dos dois pares restantes, o que tem o centrômero mais deslocado para a extremidade é o cromossomo 10.

**CÉLULA DIPLÓIDE HUMANA MASCULINA**

CONJUNTO CROMOSSÔMICO EM METÁFASE DA MITOSE

©Amabis e Marinho / Editora Medema - Reprodução autorizada





© Amabis e Martho / Editora Moderna  
Reprodução autorizada

### IDIOGRAMA HUMANO NORMAL (SEXO MASCULINO)

Montado por: \_\_\_\_\_ Série: \_\_\_\_\_

