

# A novela do DNA



**KOSSEL AFIRMA:**  
“é uma tarefa extremamente importante esclarecer a natureza química dessas substâncias”

## RECEITA DOS CIENTISTAS

Martha e Alfred ensinam a preparar uma misturinha de DNA!

## INDICADO AO NOBEL (DE NOVO)

Oswald Avery coleciona indicações, será que agora vai?



## ERROU?

Linus Pauling erra e choca a comunidade científica. Tristeza de alguns e felicidade de outros...

# FOTOS, TEORIAS E UM LIQUIDIFICADOR

A história com *prints*, *links* e vídeos



**Atribuição-NãoComercial-  
Compartilhual 4.0 Internacional**  
**([CC BY-NC-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/))**

**Você tem o direito de:**

**Compartilhar** — copiar e redistribuir o material em qualquer suporte ou formato

**Adaptar** — remixar, transformar, e criar a partir do material



**Atribuição** — Você deve dar o crédito apropriado, prover um link para a licença e indicar se mudanças foram feitas. Você deve fazê-lo em qualquer circunstância razoável, mas de nenhuma maneira que sugira que o licenciante apoia você ou o seu uso.



**NãoComercial** — Você não pode usar o material para fins comerciais.



**Compartilhual** — Se você remixar, transformar, ou criar a partir do material, tem de distribuir as suas contribuições sob a mesma licença que o original.

**Sem restrições adicionais** — Você não pode aplicar termos jurídicos ou medidas de caráter tecnológico que restrinjam legalmente outros de fazerem algo que a licença permita

**Arte da capa:**

"Albrecht Kossel" by Wellcome Collection ([Public Domain Mark 1.0](https://creativecommons.org/licenses/publicdomain/1.0/))

"Linus Pauling" by Ball Studio in Oregon State University Libraries ([Public Domain Mark 1.0](https://creativecommons.org/licenses/publicdomain/1.0/))

"Raymond Gosling tog Photo51, bilden som som blev avgörande för att knäcka gåtan om hur DNA-spiralen är uppbyggd. FOTO Magnus Sjöström" by magnus166 ([CC0 1.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)).

"Rosalind Franklin" by Faded Times ([Public Domain Mark 1.0](https://creativecommons.org/licenses/publicdomain/1.0/)).

Inspirado nas capas da revista brasileira "Minha novela".

**"Fotos, teorias e um liquidificador: a novela do DNA"**

Gabriela Dalzoto Mazzutti

2023

## APRESENTAÇÃO

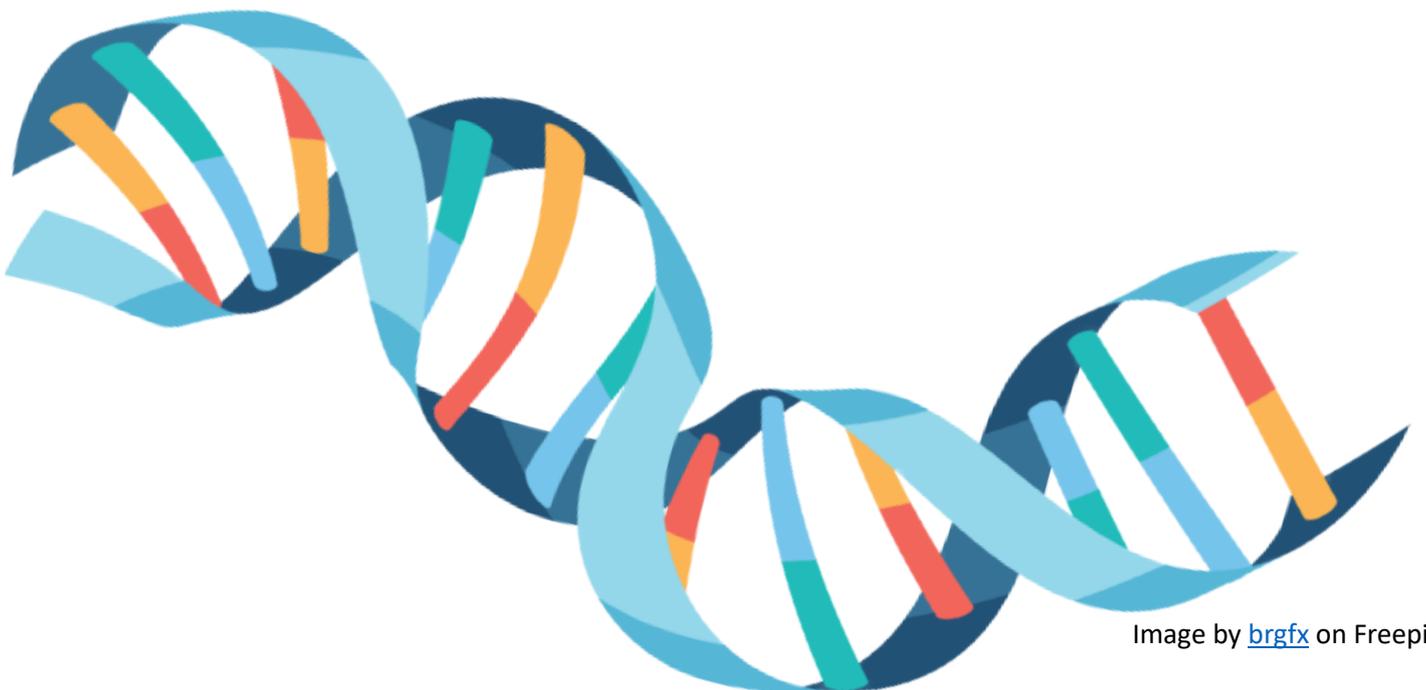
*Olá!*

Este *e-book* foi construído pensando na inclusão da História e Filosofia da Ciência no conteúdo de Biologia Molecular do Ensino Médio. Aqui você verá informações pessoais sobre os cientistas, *links* para trabalhos, curiosidades, vídeos de entrevistas, notícias e muito mais!

Trata-se de um *e-book* interativo, então você PODE e DEVE explorá-lo para ser dirigido às demais páginas *online*, para assim ver o conteúdo adicional que o torna tão interessante.

Espero que aproveite e se apaixone pelas histórias que demarcaram o avanço dos conhecimentos sobre o ácido desoxirribonucleico, cuja a sigla é ADN, entretanto, usamos aqui a mais conhecida: DNA.

*A autora*



# SUMÁRIO

## Capítulo 1 - A GRANDE DESCOBERTA

Friedrich Miescher descobre o DNA.....	1
A primeira observação.....	2
Isolando o DNA.....	3
Extração das bases nitrogenadas.....	5
O ácido nucleico.....	6
Outras termologias.....	6

## Capítulo 2 - AS TEORIAS INICIAIS

Phoebus Levene e o Tetranucleotídeo.....	8
Fator de transformação.....	11

## Capítulo 3 - PRIMEIRA FOTOGRAFIA

William Astbury, Florence Bell e os raios X.....	13
Biologia Molecular.....	16

## Capítulo 4 - CROMOSSOMOS = DNA?

Um breve histórico sobre o cromossomo e DNA.....	18
Teoria Cromossômica da Hereditariedade.....	20
46 cromossomos.....	22
Cromossomo = DNA?.....	24

## Capítulo 5 - O PAPEL DO DNA

Os genes vêm do DNA.....	27
O papel genético.....	29

## Capítulo 6 - LIGAÇÕES DE H

As bases são unidas por ligações de hidrogênio.....	32
---	----

## Capítulo 7 - COMPOSIÇÃO DO DNA

Como é a proporção de bases nitrogenadas?.....	34
Regras de Chargaff.....	35

## Capítulo 8 - QUANTIDADE DE DNA

Teria uma quantidade constante de DNA?.....	38
O contraposto.....	39
A confirmação.....	40

## Capítulo 9 - A ESTRUTURA DO DNA

A estrutura helicoidal de Furberg.....	42
A tripla hélice de Pauling e Corey.....	44
A dupla hélice de Watson e Crick.....	47

## Capítulo 10 - AS FOTOS DO DNA

A fotografia de Wilkins, Stoke e Wilson.....	49
--	----

A fotografia de Franklin e Gosling.....	51
E os créditos?.....	52
A foto 51.....	53
O que aconteceu depois?.....	55
REFERÊNCIAS.....	59

# A GRANDE DESCOBERTA

## Friedrich Miescher descobre o DNA

O bioquímico suíço **Johann Friedrich Miescher** (figura 1), comumente denominado com Friedrich Miescher nos conteúdos científicos, descobriu o DNA em **1869**, enquanto investigava sobre as proteínas de leucócitos.<sup>1</sup>

Durante os anos de 1800 ocorreu uma grande **seqüência de descobertas de aminoácidos**, que garantiram o melhor conhecimento das proteínas. Por essa razão, nesta época, as proteínas foram consideradas o principal alvo para compreender os mecanismos celulares. Friedrich realizou o primeiro processo de purificação do DNA e o nomeou como **nucleína**, pela presença no núcleo.<sup>1,2</sup>

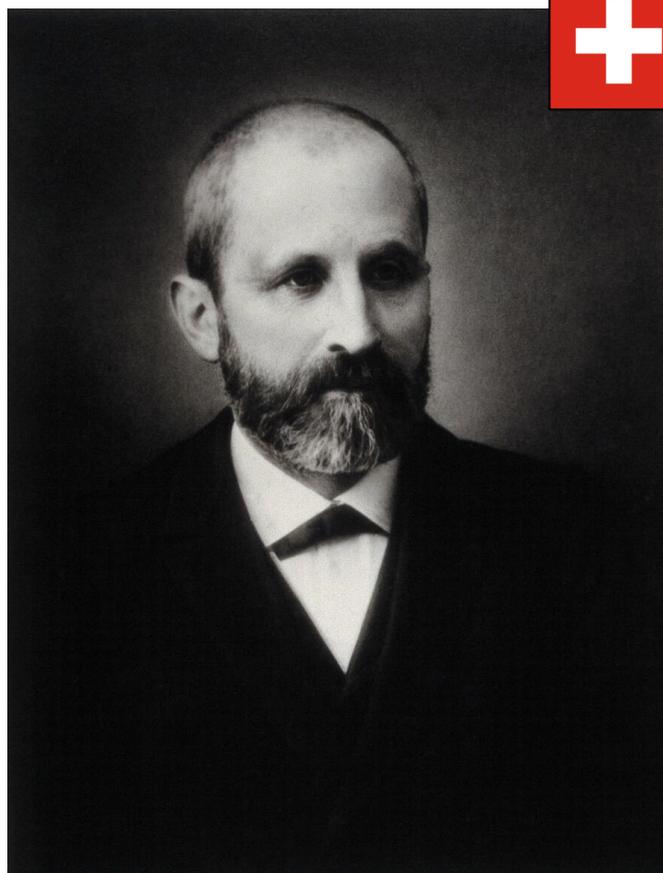


Figura 1. Friedrich Miescher  
Fonte: Wellcome Collection (Public Domain  
Mark 1.0)

### O que disse Friedrich Miescher?

“*Acredito que os resultados apresentados, embora fragmentados, são significativos o suficiente para convidar outros, em particular os químicos, a investigar mais a fundo o assunto. O conhecimento da relação entre substâncias nucleares, proteínas e seus produtos de conversão mais próximos ajudará gradualmente a levantar o véu que ainda oculta totalmente os processos internos do crescimento celular.*”

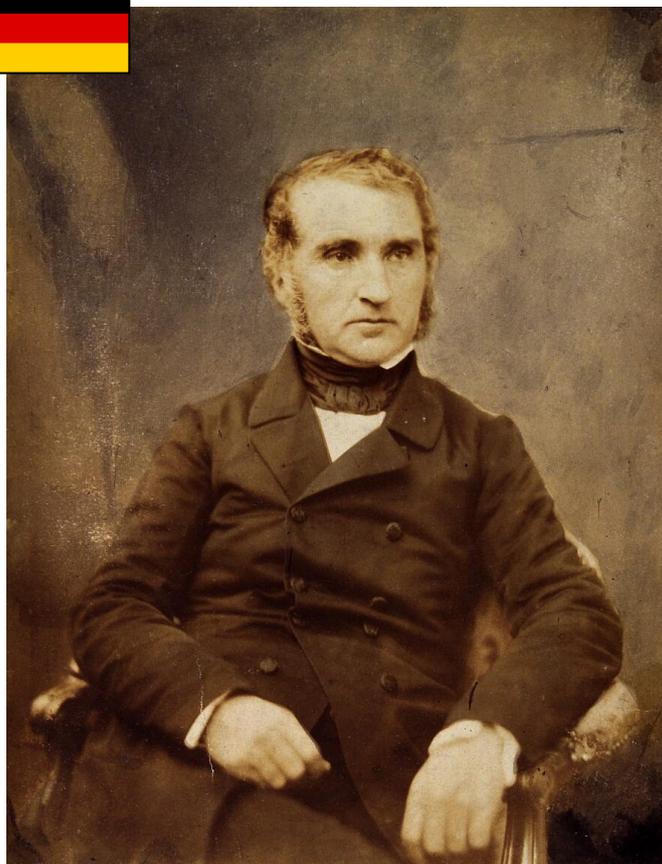


Figura 2. Justus von Liebig  
Fonte: Wellcome Collection (Public Domain Mark 1.0)

### Curiosidade:



Liebig também foi responsável por isolar, em 1846, por fusão de hidróxido de potássio, um composto cristalino da caseína, proteína do queijo. Para essa nova substância, deu o nome de tirosina, do grego *tyros*, que significa queijo!<sup>4,5</sup>

O trecho presente em *O que disse Friedrich Miescher?* É oriundo de sua publicação de 1871:

*Über die chemische Zusammensetzung der Eiterzellen*

### A primeira observação

Embora Miescher tenha sido o primeiro a ponderar sobre o DNA, até então nucleína, é estimado que a primeira observação ocorreu 20 anos antes, em 1847, pelo alemão **Justus Freiherr von Liebig** (figura 2), conhecido como um dos maiores fundadores da Química.<sup>3</sup>

Liebig relatou que em seu filtrado, feito a partir de músculo bovino, havia um material ácido, ao qual chamou de **ácido inosínico**.<sup>3</sup>

#### ácido inosínico

- relacionado à palavra fibra, em grego. Liebig associou por ter utilizado o músculo bovino.

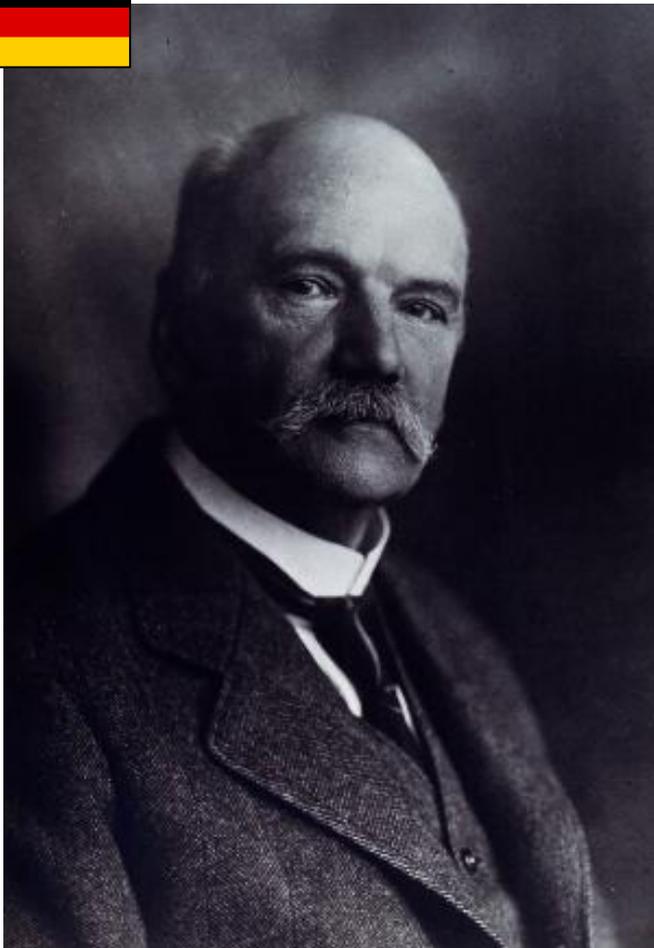
Entretanto, Liebig não observou a presença do **elemento fósforo na composição do DNA**, o que poderia ser uma atribuição de havia isolado um material diversificado dos demais.<sup>3</sup>



## Foi professor: Justus von Liebig

De acordo com „*Historische Stätten der Chemie: Justus von Liebig*“, Justus Freiherr von Liebig atuou como professor desde seus 21 anos! Foi professor de Química na *Ludwigs-Universität* localizada na Alemanha, em 1824. Tornou-se professor titular em 1825, ministrando aulas de Química e Farmácia. Seu salário era baixíssimo e recebia subsídios mínimos para equipamentos para o laboratório de Química, onde também realizava seus experimentos. Muitos dos materiais e dispositivos foram pagos com seu próprio dinheiro, para que pudesse ensinar. Mesmo nessa situação precária, Liebig ganhou reconhecimento pelos responsáveis da Universidade e grande carinho dos estudantes. Atualmente, a Universidade chama-se *Justus-Liebig-Universität Gießen*, em homenagem à Liebig.

## Isolando o DNA



O bioquímico e professor alemão **Ludwig Karl Martin Leonhard Albrecht Kossel** (figura 3), citado apenas de Albrecht Kossel, foi responsável pelo primeiro **isolamento** da nucleína, neste caso, das oriundas de leveduras. Este feito foi descrito em suas duas publicações, divididas em parte 1 (**1879**) e parte 2 (**1880**).<sup>6,7,8</sup>

### *Ueber das Nuclein der Hefe*

Os experimentos relativos à extração do DNA e isolamento deste só se tornaram possíveis após o conhecimento sobre a composição química das membranas plasmáticas. Para melhor conhecimento sobre o método, veja a **Seção pipoca**.

Figura 3. Albrecht Kossel

Fonte: Wellcome Collection (Public Domain Mark 1.0)

## Sessão pipoca



Confira quais são as três etapas básicas para realizar a **extração do DNA**, na vídeoaula elaborada por Maria Cristina Arias, Regina Celia Mingroni Netto, Cristina Yumi Miyaki, Luciana Amaral Haddad e Eduardo Gorab, da Universidade de São Paulo (USP).



Apresentação de protocolo - extração de DNA

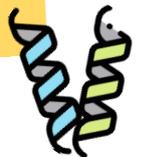
O trabalho de Kossel só seria apreciado anos depois, com seus experimentos envolvendo bases nitrogenadas. Confira ***O que disse Albrecht Kossel e Albert Neumann?*** Com o trecho de sua publicação de 1894:

*Darstellung und Spaltungsprodukte  
der Nucleinsaure (Adenylsaure)*

### ***O que disse Albrecht Kossel e Albert Neumann?***

“ *Uma série de fatos biológicos levam à conclusão de que os ácidos nucleicos, como componentes típicos do núcleo celular, são intimamente relacionados aos processos sintéticos do corpo animal. Desse ponto de vista, portanto, é uma tarefa extremamente importante esclarecer a natureza química dessas substâncias.* ”

### ***Curiosidade:***



Kossel também foi responsável por isolar o aminoácido histidina!<sup>12</sup>

---

Albrecht Kossel e Albert Neumann (1894)

## Extração das bases nitrogenadas

Nos anos seguintes, Kossel iniciou experimentos de extração de bases nitrogenadas. Com auxílio de um matadouro local, teve acesso a órgãos e tecidos de bezerros e utilizou estes para seus experimentos.<sup>8</sup>

Em 1885, isolou a **adenina** e a **guanina** após ferver o pâncreas de bezerro em ácido.<sup>9</sup> Junto ao químico alemão Albert Neumann, agora trabalhando com glândula timo de bezerro, isolaram a **timina** (1893)<sup>10</sup> e a **cistina** (1894).<sup>11</sup>

Esses procedimentos levaram muitos meses para serem feitos, utilizando em torno de **cem quilos de pâncreas** e **duzentos litros de ácido sulfúrico**!<sup>8</sup>



### Foi professor: Albrecht Kossel

De acordo com Mathew (1927), Albrecht Kossel atuou como professor de fisiologia na Heidelberg University. Kossel era um “verdadeiro homem científico”, simples, modesto e com uma imaginação brilhante, que passava horas trabalhando no laboratório. De acordo com o site do Nobel, Kossel foi qualificado como Professor de Química Fisiológica e Higiene, atuando também na Universitäten Marburg, na Alemanha. Gostava tanto de lecionar, que transmitiu essa paixão a seu filho, Walther Kossel, que atuou como professor universitário.



## 1870 - 1893

### o que acontecia no mundo?

**1871:** iniciou o Império Alemão.

**1872:** abre o Parque Nacional de **Yellowstone**, o primeiro Parque Nacional dos Estados Unidos da América (EUA).

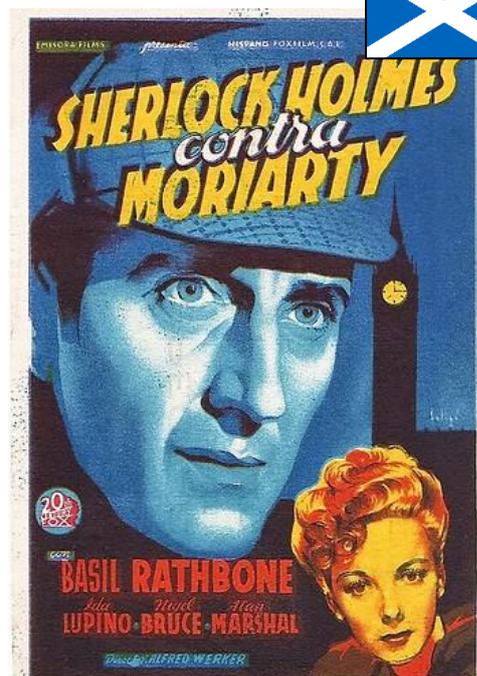
**1875:** houve a invenção do **telefone**! O crédito deste feito é extremamente debatido, sendo o mais comumente citado o escocês fonoaudiólogo Alexander Graham Bell.

**1882:** O estadunidense Henry W. Seely patenteia o **ferro de passar roupas elétrico**.

**1885:** É enviada da França para Nova Iorque a **Estátua da Liberdade**, sendo proposta por Edouard de Laboulaye e esculpida por Frédéric-Auguste Bartholdi. A inauguração ocorreu após um ano.

**1891:** Primeiro aparecimento do personagem **Sherlock Holmes**, criado pelo escocês Arthur Conan Doyle. A imagem de uma capa brasileira encontra-se abaixo.

**1893:** Nos EUA, ocorreu uma grave depressão econômica, causada pelo “Pânico de **1893**”.



"Sherlock Holmes contra Moriarty" by Kirby York (Public Domain Mark 1.0)

## O ácido nucleico

**Richard Altmann** foi um patologista, histologista e professor alemão, aluno de Friedrich Miescher. Em **1889**, cunhou o termo **ácido nucleico**, substituindo a denominação “nucleína” feita por seu professor, com base nos conceitos impostos pelo mesmo, de que essa molécula teria a presença de ácidos em sua composição. Altmann também ficou conhecido por seus estudos sobre as mitocôndrias, que denominou de “bioblastos”, em 1886.<sup>13, 14</sup>

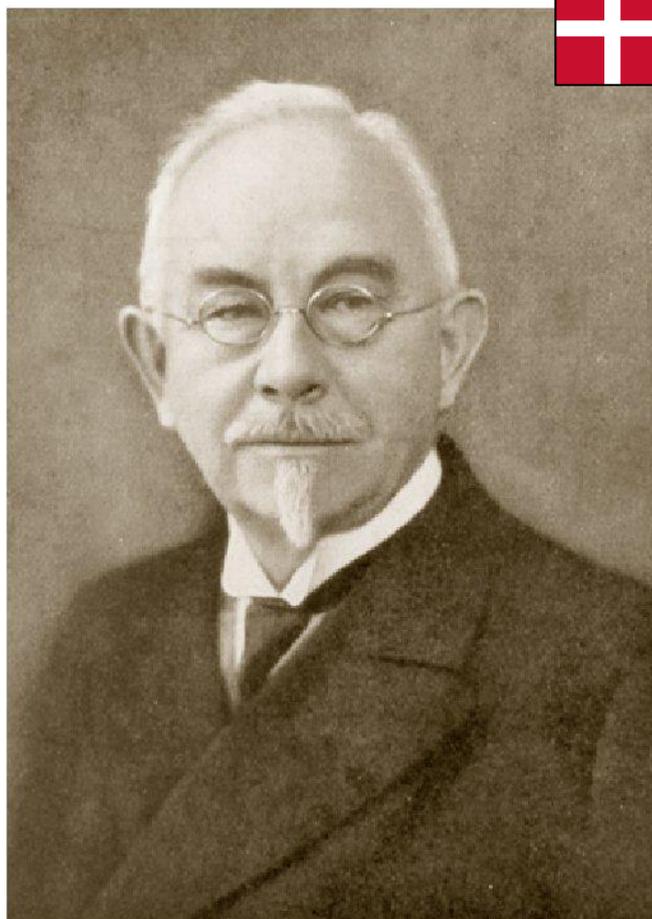


Figura 4. Wilhelm Johannsen  
Fonte: History of Information (Public Domain Mark 1.0)

### Outras termologias

O geneticista, botânico e professor dinamarquês **Wilhelm Ludvig Johannsen** (figura 4) foi responsável pela nomeação do **gene**, chamado até então de pangene, além das palavras genótipo e fenótipo. Suas termologias são explicadas em seu livro de **1909**.<sup>15</sup>

**Curiosidade:**



A herança genotípica proposta por Wilhelm Ludvig Johannsen





# RECONHECIMENTO NOBEL :

Nobel em Fisiologia ou Medicina 1910

Albrecht Kossel

“*Em reconhecimento às contribuições para o nosso conhecimento da química celular, feitas por meio de seu trabalho sobre proteínas, incluindo as substâncias nucleicas.*”

Leia sobre o prêmio!

O que acontecia no  
1870-1900

BRASIL?



**1870:** Finaliza a **Guerra do Paraguai**, que envolvia o Paraguai e a Tríplice Aliança (Império do Brasil, Argentina e Uruguai).

**1871:** É proclamada a **Lei do Ventre Livre** (**LEI Nº 2.040 DE 28 DE SETEMBRO DE 1871**)

**1877:** “Meu Deus, isso fala!” disse Dom Pedro II em frente à Bell, que demonstrava o telefone, em 1876. No ano seguinte, o primeiro telefone chega ao Brasil.

**1888:** Foi sancionado o **Projeto de Lei no 3.353**, pela Princesa Isabel, abolindo a escravidão no Brasil.

**1889:** Para de ser utilizada a bandeira do Império do Brasil, alterando para **Bandeira Republicana** de Ruy Barbosa, utilizada por 4 dias.

**1890:** A parte instrumental do **Hino Nacional brasileiro**, feito pelo professor, maestro e compositor Francisco Manuel da Silva, é oficializado.

**1893:** O padre **Roberto Landell de Moura**, nascido em Porto Alegre, realizou a **primeira transmissão de voz** por ondas eletromagnéticas sem fio.



“Hino Nacional Brasileiro (partitura)”, Governo do Brasil (Public Domain Mark)

# AS TEORIAS INICIAIS

## Phoebus Levene e o Tetranucleotídeo

Após as pesquisas de Kossel, diversos cientistas começaram a teorizar sobre como essas bases nitrogenadas estariam dispostas no DNA.

**Phoebus Aaron Theodor Levene**, (figura 5) bioquímico russo, propôs em **1909** uma teoria sobre a composição química do DNA, que ficou conhecida como a “**Teoria do Tetranucleotídeo**”.

Levene acreditava que o DNA apresentava repetições de adenosina, tirosina, citosina e a guanina (razão pela qual chamasse Teoria do TRETRANucleotídeo).

Isso o fez crer que essa molécula não seria apta para armazenar todas as informações química necessárias para codificar demais características, habilidade da qual sedia às proteínas<sup>1,2</sup>. Logo essa teoria seria contestada.



Figura 5. Phoebus Levene  
Fonte: The Rockefeller Archive Center  
(Educational Use Only)



### Como era o cientista?

“Levene era um homem culto, amante da arte e colecionador. As paredes de sua casa eram forradas com gravuras e pinturas ou estantes de livros transbordando. Levene era **fluyente** em russo, inglês, francês e alemão. Ele também falava razoavelmente espanhol e italiano. Sua experiência, conhecimento e generosidade fizeram dele um favorito entre colegas e amigos. Ele também foi considerado um **ótimo professor**, entusiasmado e solidário.”

*Cold Spring Harbor Laboratory*

Além de identificar as unidades do DNA como **nucleotídeos**, apresentou em **1919** que estes nucleotídeos eram formados na ordem fosfato-açúcar-base, e que as cadeias eram formadas por ligações entre os grupos de fosfato, formando assim a espinha dorsal do DNA. No **Print do Cientista** há a proposta destas ligações.<sup>2</sup>

Phoebus Levene cita diversos cientistas para apresentar a sua versão da união de nucleotídeo, como por exemplo, o alemão **Siegfried Josef Thannhauser**. Nesta época ocorria a Primeira Guerra Mundial (confira a **Sessão Pipoca**) e a troca de informações relativas às pesquisas ficou escassa e limitada.

Em ***O que disse Phoebus Levene?*** Há um trecho da publicação de 1919:

*The structure of yeast nucleic acid: iv.  
Ammonia hydrolysis*

em que é evidente como as pesquisas estavam operando quase isoladamente, neste momento.<sup>2</sup>



### Curiosidade:

O ucraniano Boris Magasanik ajudou a comprovar a improbabilidade da teoria de Levene!



## 1900 - 1930

### o que acontecia no mundo?

**1903:** A física e química polonesa **Marie Curie** ganha seu primeiro prêmio Nobel da Física, relativo aos fenômenos da radiação.

**1905-1915:** O físico alemão **Albert Einstein** publicou sobre a Teoria da Relatividade.

**1911:** Marie Curie ganha seu segundo Nobel, agora em Química, pela descoberta dos elementos rádio (Ra) e polônio (Po).

**1912:** **RMS Titanic** afundou no Oceano Atlântico Norte.

**1914-1918:** **Primeira Guerra Mundial**, envolvendo Reino Unido, França, Rússia, Alemanha e Áustria-Hungria. Para melhor compreensão, confira a **Sessão Pipoca**.

**1918-1919:** Ocorre a **Gripe espanhola**, afetando diversos países, tendo destaque a cobertura de notícias espanhola feita sobre essa pandemia.

**1919:** É assinado o **Tratado de Versalhes**, tratado de paz assinado que marcava o encerramento da Primeira Guerra Mundial.

**1920:** As mulheres conquistaram o **direito de votar**, nos EUA.

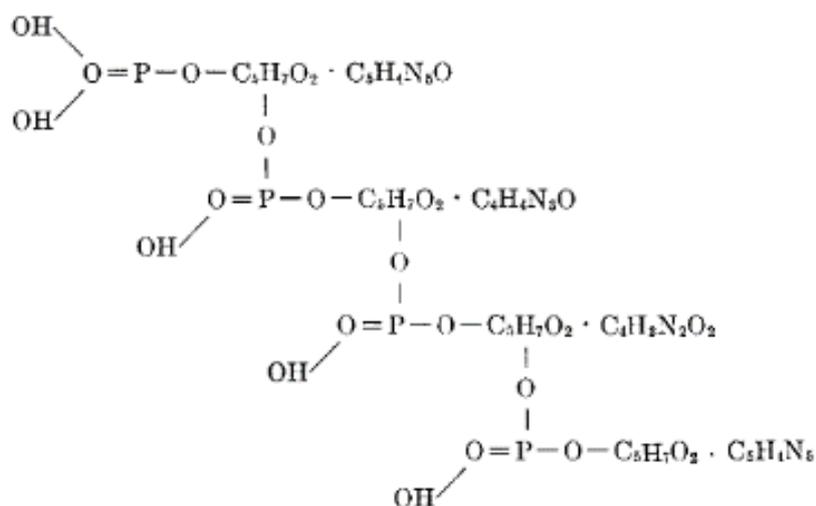
**1929:** Iniciou a **Grande Depressão**, choque econômico.



Marie Curie (LOC) " by pingnews.com (Public Domain Mark 1.0)

## Print do Cientista

On the basis of considerations such as these the linkage of the nucleotides could be expressed most simply in the following way:



"The structure of yeast nucleic acid. IV. Ammonia hydrolysis" (1919),



PRIMEIRA GUERRA MUNDIAL - Resumo Desenhado

## Sessão pipoca



Confira a história da **Primeira Guerra Mundial** no vídeo explicativo animado elaborado pelo canal no Youtube **HISTORIAR-TE**. A guerra durou em torno de quatro anos e influenciou drasticamente nas pesquisas.

## O que disse Phoebus Levene?

“

*É lamentável que, devido às condições de guerra, o trabalho de Thannhauser não era conhecido por nós antes, e aparentemente nosso trabalho também não era conhecido por Thannhauser.*

”

Phoebus Levene (1919)



## Fator de transformação

O bacteriologista inglês **Frederick Griffith** (figura 6) possuía interesses científicos na epidemiologia de doenças infecciosas, em que procurava identificar espécies de bactérias oriundas dos surtos ocasionados no pós-guerra, por essa razão, trabalhou com a tipagem de pneumococos.<sup>3</sup>

Griffith, em sua publicação de **1928** demonstrou que uma cepa de *Streptococcus pneumoniae* virou uma cepa diferente: a cepa S (do inglês, *smooth*, que significa lisa) que causava pneumonia, possuía uma **cápsula de polissacarídeo** que a auxiliava na resistência aos ataques do sistema imunológico. Enquanto que a cepa R (do inglês *rough*, que significa rugoso), não possuía essa cápsula e não causava pneumonia. Griffith, em testes com camundongos, submeteu essas cepas ao calor, como indicado abaixo e na próxima **Seção pipoca**.<sup>4</sup>



Figura 6. Frederick Griffith e Bobby  
Fonte: National Library of Medicine  
(Educational Use Only)

*cápsula de polissacarídeo*

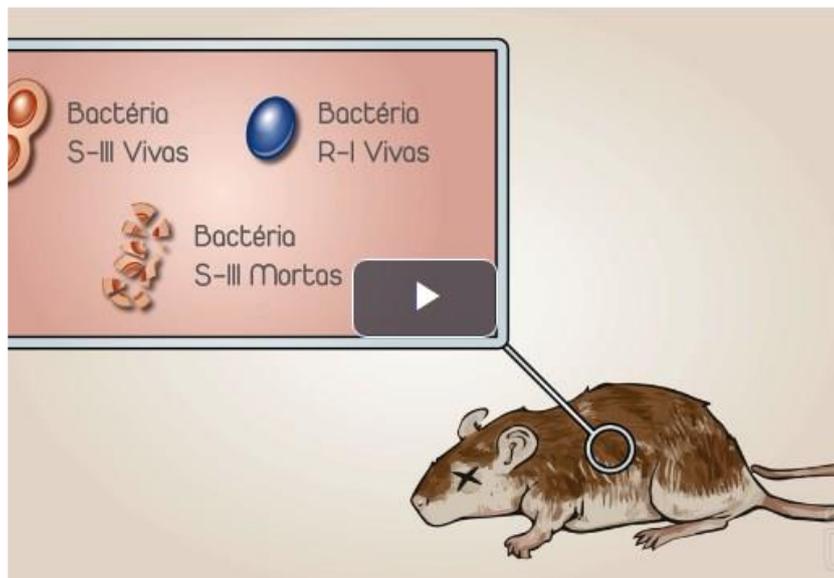
- também pode ser chamada de glicocálice, formada por carboidratos não polimerizados.



o que fez o cientista?

“ Griffith observou que **bactérias capsuladas mortas** pela ação do calor **perdiam a capacidade de causar doença**. Porém, quando se misturavam essas bactérias com bactérias vivas não capsuladas, a mistura provocava a morte dos camundongos. Ou seja, **bactérias não-capsuladas adquiriam a capacidade de causar a doença**, o que significava que elas haviam se transformado. Griffith imaginou a existência de um 'fator de transformação', mas não conseguiu explicá-lo. ”

Sandra Regina Gimenez Rosa (2008)



A identificação do material hereditário em bactérias

## Sessão pipoca



Confira essa vídeoaula da professora Regina Celia Mingroni Netto, da **Universidade de São Paulo (USP)**, sobre como Frederick Griffith realizou seus experimentos, com ilustrações para esquematizar os processos. A vídeoaula apresenta, juntamente, a atribuição do material hereditário.

## O que acontecia no 1900-1920 **BRASIL?**



**1900:** É criada a **Fundação Oswaldo Cruz** (na época chamada de Instituto Soroterápico Federal)

**1901:** **Alberto Santos Dumont**, aeronauta e inventor, nascido em Minas Gerais, recebe o Prêmio *Deutsch de la Meurthe*, na França, em que fez um percurso pela Torre Eiffel.

**1904:** Agora parte do Brasil, DECRETO Nº 5.206, DE 30 DE ABRIL DE 1904, organiza-se o **Território Federal do Acre**.



"Alberto Santos-Dumont" by United States Library of Congress (Public Domain Mark 1.0)

**1909:** O ciclo da **doença de Chagas** é descrito pelo biólogo e bacteriologista **Carlos Ribeiro Justiniano das Chagas**, nascido em Minas Gerais. Também é fundada a Escola de Aprendizes Artífices, sede que mais tarde seria a **Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)**.

**1919:** Chega ao Brasil a **Ford Motor Company Brasil Ltda**.

**1920:** Brasil participa pela primeira vez dos **Jogos Olímpicos de Verão**, que ocorreu na Bélgica. **Brasil conseguiu 3 medalhas** (ouro, prata e bronze) no tiro esportivo.



"Carlos Chagas" by Biblioteca Virtual Carlos Chagas (Public Domain Mark 1.0)

# PRIMEIRA FOTOGRAFIA

## William Astbury, Florence Bell e os raios X



Figura 7. William Astbury

Fonte: Special Collections & Archives Research Center (Educational Use Only)

Provavelmente você já ouviu falar ou leu sobre a famosa fotografia por difração de raios X do DNA feita por Rosalind Franklin e Maurice Wilkins, comumente citada como a primeira imagem gerada da molécula. A verdade é que essa não foi a primeira, mas sim, a de melhor qualidade (confira o capítulo 10 para descobrir como desenrolou essa história).

A primeira fotografia das cadeias de DNA através do método de difração de raios X foi obtida em **1938**, entretanto, não foi possível realizar muitas análises da estrutura devido à qualidade da imagem.<sup>1</sup> Para melhor compreensão do método de difração de raios X, confira a **Sessão pipoca**.

O crédito desta fotografia é comumente dado isoladamente ao professor, biólogo molecular e físico inglês **William Thomas Astbury** (figura 7)<sup>2</sup>.

### Curiosidade:

Veja a primeira fotografia por difração de raios X da cadeia do DNA!



Embora não seja creditada, a cientista inglesa **Florence Ogilvy Bell** (também citada como Florence Sawyer) (figura 8), foi coautora da publicação<sup>2</sup>:

### *X-Ray Study of Thymonucleic Acid*

Nesta consta a relação de como foi elaborada a fotografia e as considerações dos autores, como a apresentada em ***O que disse William Astbury e Florence Ogilvy Bell?***

Em sua tese de doutorado, Bell apresentou a fotografia.



Figura 8. Florence Ogilvy Bell  
Fonte: Encyclopedia Scholarly Community Encyclopedia (Educational Use Only)

### ***O que disse William Astbury e Florence Ogilvy Bell?***

“ Parece difícil de acreditar que não passa de uma coincidência que o ácido timonucleico consiste em uma longa sucessão de nucleotídeos espaçados a uma distância quase igual ao da longa sucessão de resíduos de aminoácidos em um polipeptídeo totalmente estendido. Pelo contrário, é um pensamento estimulante de que provavelmente a interação de proteínas e ácidos nucleicos nos cromossomos é amplamente baseado neste mesmo fato. ”

## William Astbury e Florence Ogilvy Bell (1938)



### Foi professor: William Astbury

De acordo com International Union of Crystallography, Astbury foi a para a University of Leeds (fotografia ao lado) em 1928, onde iria iniciar pesquisas sobre física e química da lã. Atuou como professor de Física têxtil e em 1945 tornou-se professor no Departamento e Laboratório de Estrutura Biomolecular, que havia acabado de ser criado.



"File:Parkinson Building, Leeds University, England-12Sept2010.jpg" by Tim Green from Bradford (CC BY 2.0)



Difração de Raio X

## Sessão pipoca



O professor Luiz Antônio de Oliveira Nunes, do canal do Youtube **Oficiencia** mostra o que é a difração de raio X, apresentando um contexto histórico e seus indivíduos que a descobriram e aperfeiçoaram seu uso.

## VIROU NOTÍCIA:



"Mulher cientista explica"

O jornal *Yorkshire Evening Press* apresentou dia 23 de março de 1939 a manchete "Mulher cientista explica", demonstrando uma fotografia de Bell no laboratório. Abaixo, indicaram que ela é formada em Cambridge e possuía apenas 25 anos. Não há menção aos trabalhos prévios de Bell.

Confira a notícia!

### Curiosidade:

Astbury e Bell foram responsáveis por apresentar a relação de ligações de hidrogênio nas estruturas secundárias de proteínas, na década de 1930.<sup>3</sup>



## 1930-1938

o que acontecia no mundo?

**1930:** Clyde William Tombaugh, estado-unidense, descobre o planeta anão Plutão.

**1931:** Max Knoll e Ernst Ruska desenvolvem o microscópio eletrônico.

**1932:** A pioneira de avião, Amelia Mary Earhart (foto abaixo) torna-se a primeira mulher a sobrevoar sozinha o oceano Atlântico.

**1935:** Charles Darrow, com as mecânicas de Elizabeth Magie Phillips, cria um jogo que posteriormente foi comprado pela empresa Parker Brothers: **Monopoly**.

**1936-1938:** Aconteceu o chamado "Grande Expurgo", a campanha de Joseph Stalin para solidificar seu poder.

**1938:** A Walt Disney Productions lança seu primeiro longa-metragem de animação: "Branca de Neve e os Sete anões".



National Archives Catalog (Educational Use Only)

## Biologia Molecular

No mesmo ano, 1938, foi cunhado o termo “Biologia Molecular” pelo matemático estadunidense **Warren Weaver** (figura 9). Em sua publicação<sup>4</sup>:

*Molecular biology: origin of the term*

Afirma que utilizou o termo para indicar um campo que iria investigar os detalhes dos processos vitais<sup>4</sup> (confira um trecho em *O que disse Warren Weaver?*).

Weaver era diretor da divisão de Ciências Naturais da **Fundação Rockefeller**, que juntamente com o Instituto de Tecnologia da Califórnia, eram instituições que corroboraram com as pesquisas relacionadas à Biologia Molecular entre os anos de 1930 à 1950.<sup>5</sup>



Figura 9. Warren Weaver  
Fonte: Rockefeller Archive Center  
(Educational Use Only)

**Curiosidade:**

Confira as pesquisas atuais da Fundação Rockefeller!

### O que disse Warren Weaver?

“ *Esbocei a seção de “ciências naturais” do Relatório Anual da Fundação Rockefeller de 1938, essa seção começava com uma parte de dezesseis páginas, páginas 203-219, intitulada, em letras grandes, BIOLOGIA MOLECULAR, sendo a primeira frase “Entre os estudos que a Fundação está apoiando há uma série em um campo relativamente novo, que pode ser chamado de biologia molecular, em que delicadas técnicas modernas estão sendo usadas para investigar detalhes cada vez mais minuciosos de certos processos vitais”.* ”

---

Warren Weaver (1938)

# O que acontecia no 1930-1940 BRASIL?



"Cristo Redentor" by Jorge Morales Piderit (Public Domain Mark)

**1930:** Ocorreu a chamada **Revolução de 1930**, marcando o fim da República Velha. Também foi criado o **Ministério dos Negócios da Educação e Saúde Pública** (DECRETO Nº 19.402, DE 14 DE NOVEMBRO DE 1930).

**1931:** No topo do morro do Corcovado, no Rio de Janeiro, é inaugurado o monumento do **Cristo Redentor**. Também foi criado o **Conselho Nacional de Educação (CNE)** (DECRETO Nº 19.850, DE 11 DE ABRIL DE 1931).

**1932:** É concedido às mulheres brasileiras o **direito ao voto**. Ocorre o **Manifesto dos Pioneiros da Educação Nova**, com a proposta de estabelecer um sistema escolar público para todos.

**1934:** Foi criada a **Universidade de São Paulo (USP)**. De acordo com Gladys Magalhães (2022), São Paulo perdeu a Revolução Constitucionalista de 1932, então, a universidade foi criada objetivando a formação de líderes paulistas. Foi solicitado que pesquisadores estrangeiros viessem para ministrar as aulas. No mesmo ano, foi aprovado o **Código Florestal** (DECRETO Nº 23.793, DE 23 DE JANEIRO DE 1934).



**1935:** Presidente Getúlio Vargas cria o programa de rádio "**A Hora do Brasil**"

**1936:** É inaugurado no Rio de Janeiro o **Aeroporto Santos Dumont**.

**1937:** Foi criado o **Museu Nacional de Belas Artes**, no Rio de Janeiro. Também foi criado o **Instituto Nacional do Livro** (DECRETO-LEI Nº 93, DE 21 DE DEZEMBRO DE 1937).

"Jornal Gazeta de Notícias" by Ensinar História (Educational Use Only)

**1938:** **Seleção Brasileira de futebol** masculina termina em terceiro lugar na Copa do Mundo da Federação Internacional de Futebol (FIFA) de 1938, na França.

**1940:** É instituído o salário mínimo (DECRETO-LEI Nº 2.162, DE 1º DE MAIO DE 1940).

# CROMOSSOMOS = DNA?

## Um breve histórico sobre o cromossomo e DNA

A história da Biologia não corre de maneira linear. Como poderiam conhecer o cromossomo e não conhecer o DNA? A realidade é que os cromossomos foram descobertos quando a divisão celular começou a ser estudada, por volta de 1880.

**Walther Flemming** (figura 10), professor e biólogo anatomista alemão, foi quem definiu em **1882**, a mitose como um modelo de divisão nuclear indireta, da qual eram originados núcleos-filhos que possuíam **cromossomos idênticos**, em seu livro<sup>1,2,3</sup>:

*Zellsubstanz, kern und zeltheilung*

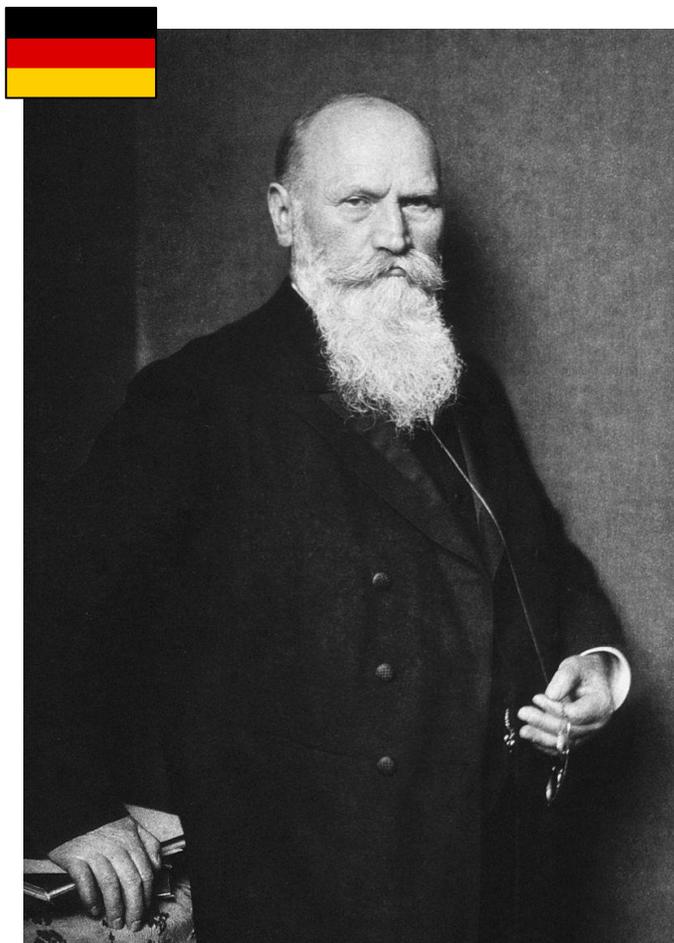
Neste momento, os nomeou de **cromatina**, sendo considerado o primeiro o que os visualizou, com o uso de **corantes de anilina** recém-sintetizados.<sup>4</sup> Suas ilustrações da movimentação dos cromossomos pelas fases da divisão mitótica podem ser vistas no **Print do Cientista**.



Figura 10. Walther Flemming  
Fonte: Alchetron (Public Domain Mark 1.0)

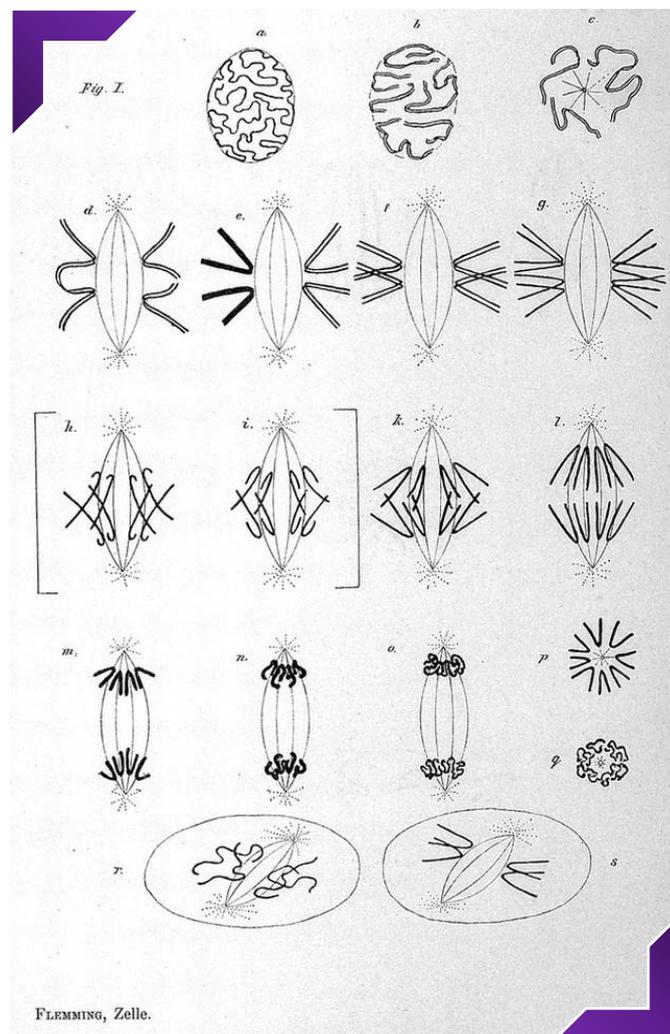
*corantes de anilina*

- líquido incolor feito a partir da planta índigo. Possui cor azul-escuro



Foi **Heinrich Wilhelm Gottfried von Waldeyer-Hartz** (figura 11), professor e anatomista alemão, quem introduziu o **termo cromossomo** em 1888.<sup>4,5</sup>

### Print do Cientista



"Zellsubstanz, kern und zelltheilung" (1882).<sup>1</sup>

**Figura 11.** Heinrich Waldeyer-Hartz  
Fonte: National Library of Medicine  
(Public Domain Mark 1.0)

### Curiosidade:



Waldeyer-Hartz também foi responsável pela "doutrina do neurônio", influenciando demais cientistas!



### Foi professor: Walther Flemming

De acordo Helmut Zacharias, Flemming trabalhou no Instituto de Anatomia da Universidade de Kiel (Christian-Albrechts-Universität zu Kiel) em 1876, onde atuou como **professor de Anatomia**. Teve dificuldades devido à falta de espaço, indicando que nem todos os alunos possuíam materiais necessários para seus estudos.



"Anatomisches Institut in der Hegewischstraße"  
By Sophus Williams (Public Domain Mark 1.0)



## Foi professor: Heinrich Waldeyer-Hartz

De acordo Scheuerlein, Henschke e Köckerling (2017), Waldeyer-Hartz atuou como professor em Breslau, Estrasburgo e Berlim. Por mais de 30 anos foi professor titular de Anatomia, assim como diretor do Instituto de Anatomia na Medizinische Fakultät of the Humboldt-Universität. Afirmam que seu talento como professor tornava suas palestras mais significantes:

“Seu principal mérito científico está em suas excelentes interpretações sintetizadoras de questões atuais de anatomia e evolução, o que mostra particularmente seu dom simultâneo como pesquisador e professor.”



"Kommode" by Berlin-lese (Public Domain Mark)

## Teoria Cromossômica da Hereditariedade

**Walter Stanborough Sutton** (figura 12), professor e geneticista estadunidense e **Theodor Heinrich Boveri** (figura 13), professor e zoólogo alemão, foram creditados, em **1902**, pelo desenvolvimento da Teoria Cromossômica da Hereditariedade.

Identificaram que os **genes ficam localizados nos cromossomos**, no qual Sutton propõe que no núcleo da célula há a informação genética.<sup>3,6</sup>

Essa relação é comumente relacionada à Genética Clássica, atribuindo aos conceitos propostos por Gregor Mendel. Confira essa associação na **Sessão pipoca**.



Figura 12. Walter Sutton

Fonte: KU Medical Center (Educational Use Only)

### Curiosidade:

Boveri foi quem nomeou o centrossomo e centríolo!



## Foi professor: Walter Sutton

De acordo com *KU Medical Center, The University of Kansas*, Sutton foi professor assistente de cirurgia na *University of Kansas School of Medicine* em Rosedale, Kansas. Tornou-se professor associado em 1911 e ingressou como primeiro-tenente no Corpo de Reserva Médica do Exército dos Estados Unidos.

## O que fizeram os cientistas?

“Analisando a meiose em uma espécie de gafanhoto, Sutton traçou um **paralelo entre a segregação dos homólogos** durante a meiose e o comportamento dos fatores mendelianos durante a produção dos gametas em ervilhas. Estudando ovos de ouriço-do-mar, Boveri observou que a **ausência de cromossomos alterava o desenvolvimento normal** e sugeriu que essas estruturas continham fatores que controlavam o desenvolvimento. Os experimentos realizados em *Drosophila melanogaster* no laboratório do norte-americano Thomas Hunt Morgan (1866-1945), a partir de 1909, trouxeram a comprovação definitiva da teoria cromossômica da herança.”

Genética e Biologia Molecular (USP E-disciplinas)

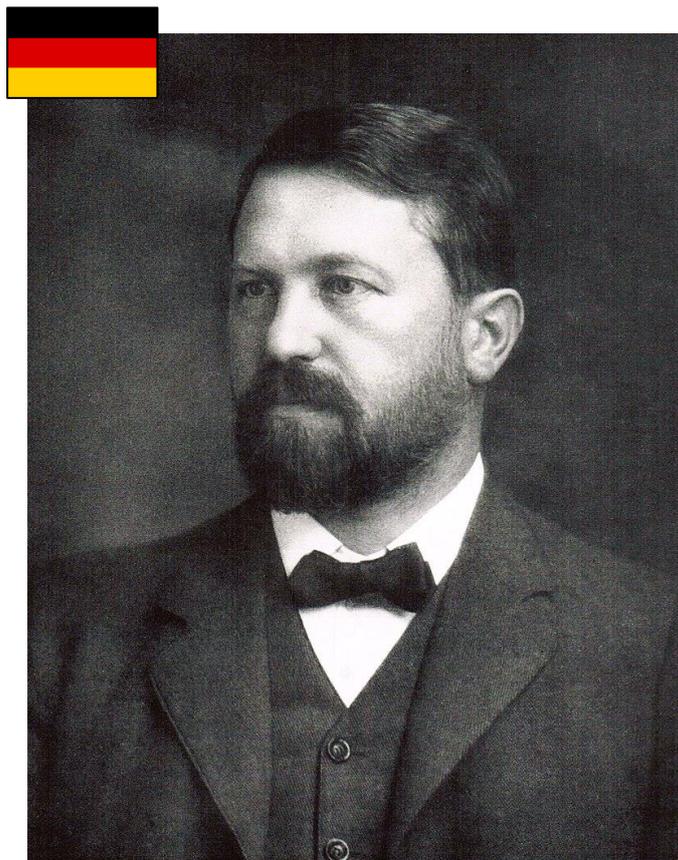


Figura 13. Theodor Boveri

Fonte: Bayerische Akademie der Wissenschaften (Public Domain Mark 1.0)

## Curiosidade:



A teoria é compreendida pelos estudantes brasileiros?

### segregação de cromossomos

- processo em que os cromossomos homólogos se separam

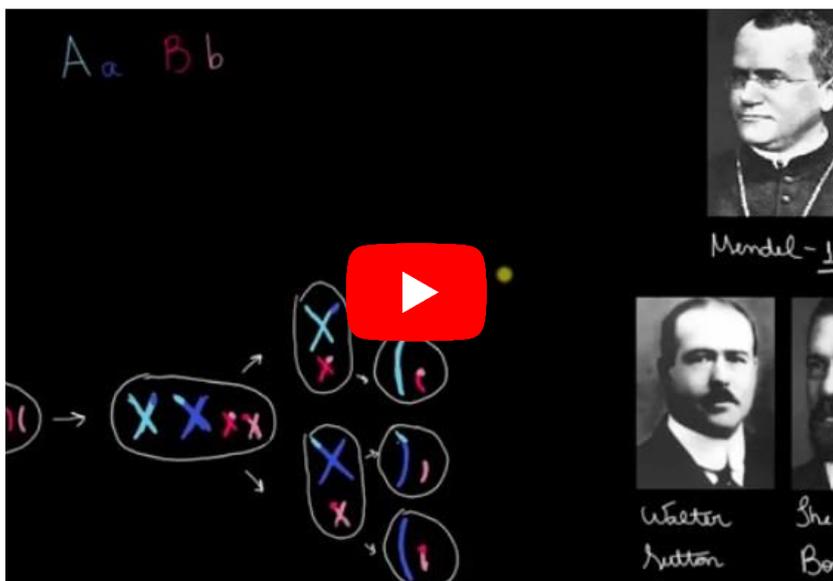


## Foi professor: Theodor Boveri

De acordo o site [DNA From the Begning](#), Boveri foi nomeado professor de Zoologia e Anatomia comparada na [Universität Würzburg](#) em 1893.



"Universität Würzburg" by Daderot (Public Domain Mark)



Teoria cromossômica de Boveri-Sutton

## Sessão pipoca



O canal no Youtube **Khan Academy Brasil** apresenta, em uma visão geral, como os cromossomos relacionados com os fatores hereditários de Gregor Mendel. O vídeo estabelece a conexão com a Genética Clássica.

## 46 cromossomos

**Theophilus Shickel Painter** (figura 14), professor e zoólogo estadunidense, fez pesquisas gratificantes sobre os cromossomos durante a década de **1920**. Atribuiu que o número de cromossomos humano variava entre 46 a 48; assimilou que a determinação do sexo humano teria relação com um par cromossômico heteromórfico, considerou como X e Y em:<sup>7,8</sup>

*The Y-chromosome in mammals*

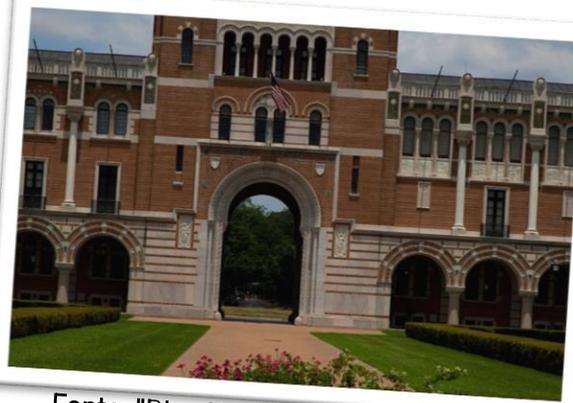


Figura 14. Theophilus Painter  
Fonte: The University of Texas at Austin  
(Educational Use Only)



## Foi professor: Theophilus Painter

De acordo com [Texas State Historical Association](#), Painter foi professor associado da [University of Texas](#) em 1921 e professor de Zoologia em 1939. Por um período atuou também como diretor, mas desistiu do cargo para se dedicar ao ensino. Foi professor até 1966, ano de sua aposentadoria.



Fonte: "Rice University Houston Texas" by eschipul is licensed under CC BY 2.0.

Apenas em **1956**, ocorreu a contagem correta de cromossomos humanos (46 cromossomos), pelo citogeneticista indonésio **Joe Hin Tjio** (figura 15) e o geneticista sueco **Albert Levan**, que indicaram que estes poderiam ser arranjados em pares, entretanto, apenas alguns desses eram individualmente distinguíveis.<sup>9</sup>

Os autores indicaram que trocaram informações com a cientista **Eva Hansen-Melander**, que junto com seu marido **Yngve Melander** e **Stig Kullander**, estudaram os cromossomos do fígado em embriões abortados, em que o número de cromossomos contado foi 46. Por essa razão, acreditavam que 46 era o valor correto quando associado ao tecido hepático humano.<sup>9</sup>

Para saber mais sobre o experimento e a vida de Joe Hin Tjio, confira a **Seção pipoca**.

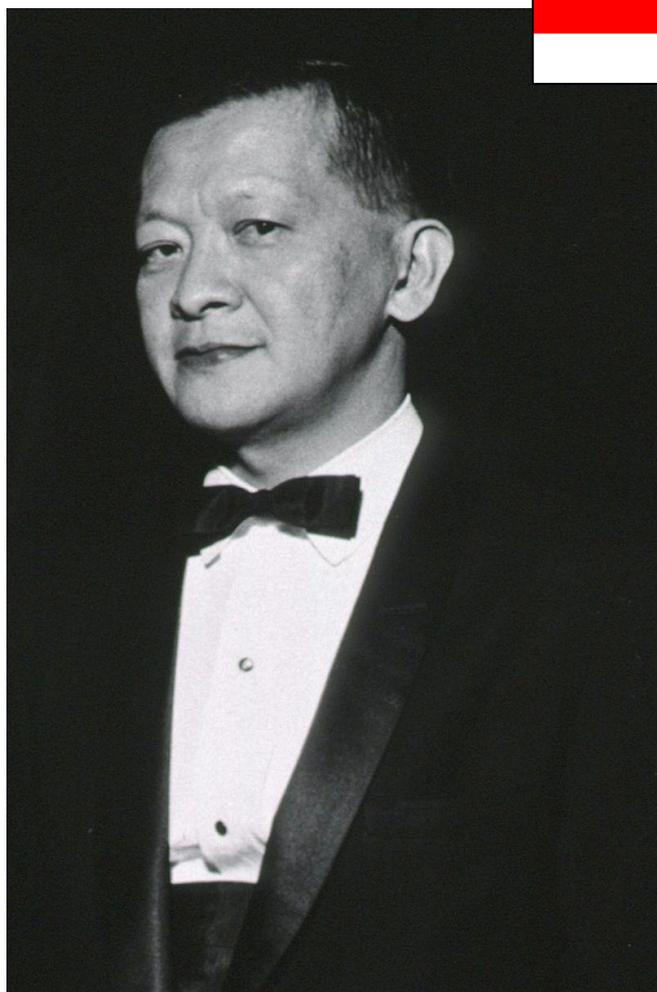


Figura 15. Joe Hin Tjio

Fonte: The National Library of Medicine (Public Domain Mark 1.0)



Joe Hin Tjio - Know Your Chromosomes

## Sessão pipoca



O canal no Youtube **Da Vinci** apresenta os experimentos de Joe Hin Tjio, contextualizando sobre sua vida acadêmica e seus esforços para tornar-se cientista. O vídeo está na língua inglesa, entretanto, é possível ligar as legendas.

## Cromossomo = DNA?

A relação entre os cromossomos e o DNA foi proposta em **1938** pelo geneticista e biólogo celular sueco **Torbjörn Oskar Caspersson** e **Jack Schultz**.

Todavia, o significado relativo desta associação não obteve uma resposta concreta.<sup>10,11</sup>

Em **1944**, o físico austríaco **Erwin Rudolf Josef Alexander Schrödinger** (figura 16) propôs que o material genético teria um “cristal aperiódico”, em que as informações ficariam armazenadas em um “código”.<sup>12</sup>

Confira um trecho na versão traduzida de seu livro de 1944: “O que é vida?: o aspecto físico da célula viva” (1997)<sup>13</sup> em *O que disse Erwin Schrödinger?*



Figura 16. Erwin Schrödinger

Fonte: DLR\_next (Public Domain Mark 1.0)

## Curiosidade:



O que é vida para Schrödinger?

## O que disse Erwin Schrödinger?

“ São esses cromossomos, ou, provavelmente, apenas um filamento esquelético axial daquilo que realmente vemos ao microscópio como um cromossomo, que contêm, em algum tipo de código, todo o padrão do desenvolvimento futuro do indivíduo e de seu funcionamento no estado maduro. Todo conjunto completo de cromossomos contém o código total. Assim existem, como regra, duas cópias desse código no óvulo fertilizado, que forma o estágio mais primitivo do futuro indivíduo. ”

---

Erwin Schrödinger (1944 – Traduzido 1997)

---

A citogeneticista estadunidense **Barbara McClintock** (figura 17) estudou as características hereditárias do milho, associando essas às mudanças em seus cromossomos. Discerniu sobre estar convencida de que **cada cromossomo é morfológicamente identificável**.<sup>14</sup>

Propôs, em:

*The stability of broken ends of chromosomes in Zea mays*

que os cromossomos quebrados possuem pontas adesivas, que possibilitam se unir com as demais, e levantou a hipótese de que essa fusão das pontas dependia da maneira como este cromossomo quebrou e às condições fisiológicas.<sup>15</sup>

Barbara atuou como pesquisadora em um momento em que mulheres não podiam frequentar a universidade.

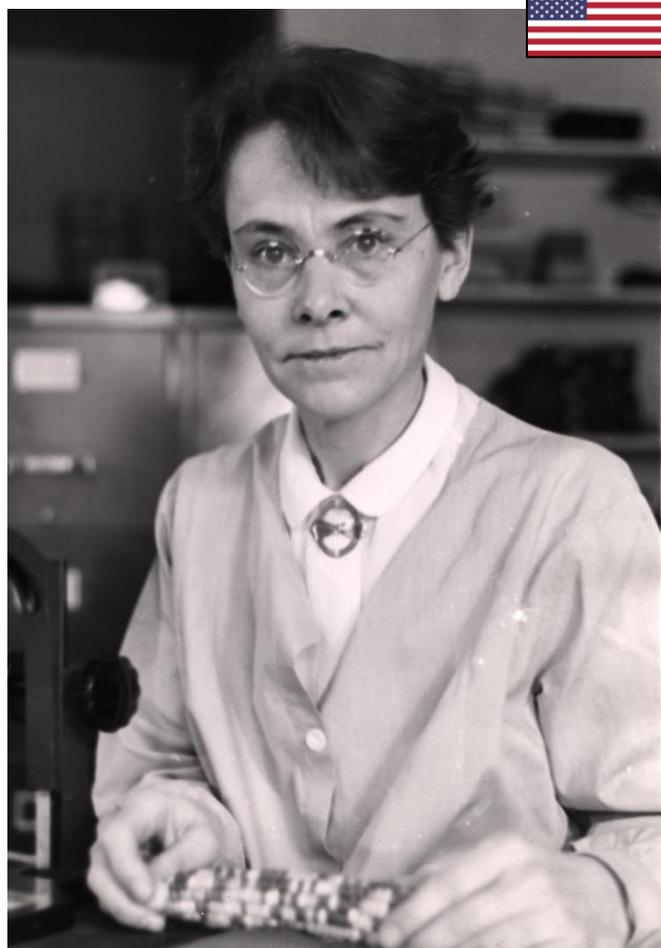


Figura 17. Barbara McClintock,  
Fonte: International Livestock Research  
Institute (CC BY-NC-SA 2.0)

McClintock resumiu suas pesquisas com milho no artigo de **1950**, explicando sobre a transposição:<sup>16</sup>

*The origin and behavior of mutable loci in maize*

Com isso, Barbara provou que a posição destes cromossomos pode mudar de acordo com determinados **elementos genéticos**, ocasionando, junto a isto, a inatividade ou atividade de genes próximos.



## Curiosidade:

A comunidade científica não deu credibilidade às descobertas de Barbara, que por sua vez, afirmou que sabia que estava certa e não cessaria suas pesquisas.



Profiles in Science - Barbara McClintock (1902-1992)

## Sessão pipoca



O canal no Youtube **National Library of Medicine** apresenta a história de Barbara McClintock, desde o momento que ingressou na Universidade e como essa relação foi estabelecida, demonstrando suas dificuldades encontradas. O vídeo está na língua inglesa, porém, apresenta legendas em português.



## RECONHECIMENTO NOBEL:

Nobel em Fisiologia ou Medicina 1983

Barbara McClintock

“

*por sua descoberta de elementos genéticos móveis*

”

Leia sobre o prêmio!

# O PAPEL DO DNA

## Os genes vêm do DNA

**Oswald Theodore Avery** (figura 18), médico e bioquímico canadense, consolidou em **1944** que os genes eram oriundos das moléculas de DNA, junto aos geneticistas **Maclyn McCarty**, estadunidense, e o canadense **Colin Munro MacLeod**,<sup>1</sup> em:

*Studies on the chemical nature of the substance inducing transformation of pneumococcal types*

Avery, McCarty e Macleod citam os experimentos de **Frederick Griffith** e apresentam novas evidências, pelo isolamento e purificação, de que o chamado “**princípio transformador**” do *Pneumococcus* tipo III tinha como unidade fundamental um ácido nucléico desoxirribose.<sup>1</sup>



Figura 18. Oswald Theodore Avery  
Fonte: National Library of Medicine, Digital Collections (Educational Use Only)

## Esnobado pelo Nobel: Oswald Avery

“ Curiosamente, Avery recebeu **38 indicações** para o **Prêmio Nobel de Química e Medicina** entre as décadas de 1930 e 1950, inicialmente por suas descobertas em imun química e posteriormente por sua identificação do princípio transformativo, conforme refletido no arquivo online dos prêmios. Mas, aparentemente, alguém no Comitê do Nobel foi obstinado em negar que os genes fossem feitos de outra coisa senão proteínas. ”

Javier Yanes (2019)



## 1939-1949

### o que acontecia no mundo?

**1939 – 1945:** Ocorre a **Segunda Guerra Mundial**. Confira a **Sessão pipoca** para saber mais sobre como ocorreu e quais os países envolvidos.

**1944:** Norma Jeane Mortenson, conhecida mundialmente como **Marilyn Monroe**, inicia seus trabalhos no universo da moda, para mais tarde atuar em curtas-metragens e filmes.

**1946:** Foi criado o primeiro computador, o **ENIAC** - Electronic Numerical Integrator and Computer (de grande escala, digital eletrônico).

**1947:** Fica estabelecido o **Código de Nuremberg**.



"Marilyn Monroe" by urcameras is marked (Public Domain Mark 1.0)

## O que disse Oswald Avery, Colin MacLeod e Maclyn McCarty?



*Assumindo que o desoxirribonucleato de sódio e o princípio ativo são uma e a mesma substância, então a transformação descrita representa uma mudança que é induzida quimicamente e dirigida especificamente por um composto químico conhecido. Se os resultados do presente estudo sobre a natureza química do princípio transformador forem confirmados, então os ácidos nucléicos devem ser considerados como possuidores de especificidade biológica cuja base química ainda é indeterminada.*

Oswald Avery  
Colin MacLeod  
Maclyn McCarty  
(1944)

### Sessão pipoca



Confira a história da **Segunda Guerra Mundial** no vídeo explicativo animado elaborado pelo canal no Youtube **HISTORIAR-TE**.



SEGUNDA GUERRA MUNDIAL - Resumo Desenhado



Figura 19. Martha Chase e Alfred Hershey  
Fonte: Cold Spring Harbor Archives  
(Educational Use Only)

### Curiosidade:



O liquidificador de *Waring* não era um equipamento profissional de laboratório...



## 1950-1952

o que acontecia no mundo?

**1950:** A **Coreia do Norte** invade a Coreia do Sul.

**1951:** Os primeiros **Jogos Pan-Americanos** acontecem em Buenos Aires, Argentina.

**1952:** **Elizabeth II** torna-se rainha do Reino Unido (foto abaixo).



Queensland State Archives (Public Domain)

## O papel genético

O papel genético do DNA foi comprovado em **1952**, quando os geneticistas estadunidenses **Martha Cowles Chase** e **Alfred Day Hershey** (figura 19) publicaram seu estudo:

*Independent functions of viral protein and nucleic acid in growth of bacteriophage*

no qual **separaram as proteínas e ácidos nucléicos** de bactérias através da análise de crescimento de um bacteriófago.<sup>2</sup>

O experimento, conhecido como **Hershey-Chase** ou experimento do liquidificador de *Waring*, mesmo equipamento utilizado de forma doméstica, teve como método utilizar um **radiomarcador** para substituir o enxofre de proteínas por um enxofre radioativo e o fósforo do DNA por um fósforo radiativo. Após a centrifugação, houve a separação das partículas mais leves das mais pesadas, desta forma, **concluíram que o material genético com fósforo radioativo gerou descendentes com a essa mesma característica**. Desta forma, que o DNA estava diretamente envolvido na replicação celular.<sup>3,4</sup> Para mais informações, confira a **Seção pipoca**.

## Sessão pipoca



O canal no Youtube **Aprender e Estudar em Casa**, de Cabo Verde, apresenta como ocorreu o experimento de Hershey e Chase e quais seus objetivos. O vídeo introduz sobre os vírus para contextualizar a experiência e o conteúdo que será abordado.



### Experiência de Alfred Hershey e Martha Chase

## RECONHECIMENTO NOBEL:

### Nobel em Fisiologia ou Medicina 1969

#### Alfred Hershey (1/3)

“

*por suas descobertas sobre o mecanismo de replicação e a estrutura genética dos vírus*

”

**Leia sobre o prêmio!**

## Esnobada pelo Nobel: Martha Chase

“Embora Chase tenha feito grande parte do trabalho no laboratório e ajudado a planejar os experimentos que sustentaram o Nobel de Hershey, algumas pessoas argumentam que era justo ela ficar de fora, já que Hershey era quem dirigia a pesquisa e ela estava mais na entrega final. Seu obituário no *New York Times*, publicado após sua morte em 2003, tem como título “Martha Chase, 75, uma pesquisadora que ajudou no experimento de DNA”, o que não é ruim, eu acho?”

Kat Arney (The Genetics Society Podcast)

“Martha Chase não foi incluída e Hershey nem mesmo reconheceu suas contribuições em seu discurso de aceitação. Talvez se Chase tivesse obtido mais crédito durante sua vida, teríamos mais informações preservadas sobre ela.”

Women in Science and Engineering at Cold Spring Harbor Laboratory (2018)

# O que acontecia no 1941-1952 BRASIL?



**1941:** É instituído o **Código de Processo Penal Brasileiro (CPP)** pelo DECRETO-LEI Nº 3.689, DE 3 DE OUTUBRO DE 1941. Também foi fundado o **Ministério da Aeronáutica**.

**1942:** Estabelece o **Ensino Secundário** como sistema educacional de três graus (DECRETO-LEI Nº 4.244, DE 9 DE ABRIL DE 1942).

**1945:** Inaugurado a sede do **Ministério da Educação e da Saúde** no Rio de Janeiro.

**1950:** A **TV Tupi** de São Paulo torna-se a primeira rede de televisão do Brasil.

**1951:** Institui uma Comissão para promover a **CAPES** (inicialmente chamada de Campanha Nacional de Aperfeiçoamento de pessoal de nível superior) (DECRETO Nº 29.741, DE 11 DE JULHO DE 1951). No mesmo ano é criado o primeiro **trio elétrico** no Brasil, por Dodô e Osmar, em Salvador.

**1952:** É criado o **Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA)** (DECRETO Nº 31.672, DE 29 DE OUTUBRO DE 1952)

# LIGAÇÕES DE H

## As bases são unidas por ligações de hidrogênio

A equipe de cientistas, sob a liderança do professor escocês **John Masson Gulland**, o professor de físico-química anglo-australiano **Denis Oswald Jordan** (conhecido e citado como Doj Jordan) e três alunos: Cedric J. Threlfall, H.F.W. Taylor e **James Michael Creeth** (figura 20) publicaram artigos explicativos de que a molécula de DNA apresentaria, entre as suas bases nucleotídicas, ligações de hidrogênio intramoleculares e/ou intermoleculares,<sup>1</sup> em **1947**.

O primeiro artigo focou em **produzir amostras de DNA** de timo de bezerro com alto grau de pureza, extraídas sem o uso de ácidos ou álcalis,<sup>2</sup> no segundo artigo houve a experimentação com **titulação eletrométrica**, em que o DNA apresentou uma variação de pH inesperada<sup>3</sup> e o terceiro visou medir a **viscosidade do DNA** utilizando um equipamento denominado viscosímetro capilar, que comprovou a presença de ligação de hidrogênio em seu interior.<sup>4</sup>



Figura 20. James Michael Creeth  
Fonte: University of Nottingham  
(Educational Use Only)

### Curiosidade:

Veja uma fotografia do escocês John Gulland e do australiano Doj Jordan

#### titulação eletrométrica

- Método de titulação química baseada em medições elétricas para análise da concentração ou quantidade de uma substância.

## VIROU NOTÍCIA:



"Expresso escocês bate (1947)"

Em 26 de outubro de 1947 ocorreu o acidente ferroviário de Goswick, próximo a Goswick, Northumberland, na Inglaterra.

O expresso *Flying Scotsman* descarrilou, matando em torno de 28 pessoas, incluído Gulland.

**Confira a notícia!**

A tese de doutorado de James Michael Creeth constituiu-se da proposta de que as bases nitrogenadas estavam **pareadas no interior da molécula** de DNA por ligações de hidrogênio entre os grupos amino e hidroxila, de bases opostas, de duas em duas, de modo que o açúcar e o fosfato **torneavam para o exterior**.<sup>5</sup>

Creeth dedica a tese a Gulland, que de acordo com sua nota de obituário, faleceu em um acidente de trem no mesmo ano, conhecido como *Goswick rail crash*.<sup>6</sup> Veja mais em *VIROU NOTÍCIA*.



**Foi professor: John Gulland**

De acordo com [Haworth \(1948\)](#), Gulland atuou como professor de química em 1926, estando envolvido diretamente na reorganização dos cursos e no ensino de química para estudantes de medicina e de biologia na [University of Oxford](#). Seus alunos afirmavam que suas aulas eram ministradas com muita clareza e entusiasmo, o que tornava o conteúdo fácil para compreensão.



Fonte: "University of Oxford" by Hugo Pardo Kuklinski is licensed under CC BY 2.0.

## Como era o cientista?

"Após concluir seu doutorado, se inscreveu na Universidade de Cambridge para uma bolsa de pesquisa. Ele não recebeu essa oferta, mas teve a chance de fazer outro doutorado lá, que recusou educadamente. Se ele tivesse feito isso, teria sido um vizinho próximo de Watson e Crick e é interessante especular o quão diferente a história da descoberta do DNA pode ter sido. Mike Creeth, como seus ex-supervisores, Jordan e Gulland, era um **verdadeiro cavalheiro** e altamente **metucioso** em relação à sua ciência - uma abordagem transmitida a todos os privilegiados por terem sido treinados por ele. Colegas científicos se unem a familiares e amigos no luto pela perda deste bom homem."

Steve Harding (2010)

# COMPOSIÇÃO DO DNA

## Como é a proporção de bases nitrogenadas?

Quando abordamos sobre a proporção de bases, o nome de Erwin Chargaff é o primeiro a surgir.

Entretanto, **Rollin Douglas Hotchkiss**, professor e bioquímico estadunidense, analisou a composição do DNA utilizando cromatografia em papel (confira a **Sessão pipoca**), em **1948**, semelhante ao trabalho de Chargaff que sairia mais tarde. Demonstrou a **diferença de padrões na composição** de bases entre o DNA pneumocócico purificado e o DNA do timo de bezerro.<sup>1</sup>

### Curiosidade:

Veja uma fotografia do estadunidense Rollin Douglas Hotchkiss!



#### DNA pneumocócico

- DNA oriundo de bactérias do gênero *Streptococcus pneumoniae*



#QUÍMICA - CROMATOGRAFIA EM PAPEL

### Sessão pipoca



O canal no Youtube **Coltec Tube**, do Colégio Técnico da Universidade Federal de Minas Gerais (COLTEC/UFMG) apresenta como realizar o método de cromatografia em papel, demonstrando na prática um experimento e seus resultados.



## Foi professor: Rollin Hotchkiss

De acordo com Evelyn M. Witkin (2009), Hotchkiss entrou no Rockefeller Institute (agora denominado Rockefeller University), atuando como professor em 1955. Foi professor de Biologia na State University of New York em 1983, atuando até 2002.



Fonte: "Founder's Hall - Rockefeller University" by ajay\_suresh is licensed under CC BY 2.0.

## Como era o cientista?

" Rollin tinha uma mente analítica brilhante e uma **imaginação científica viva**. Ele era gentil, generoso e empático, com uma inteligência e um senso irreprimível de diversão. Ele poderia resumir um simpósio com maestria e depois satirizar seus momentos mais controversos em hilariantes versos originais. Em uma conferência, ele poderia oferecer uma crítica penetrante das conclusões vulneráveis de um jovem cientista com tanta **delicadeza** que pareceria um conselho construtivo, e não um embaraço devastador. Ele tinha excelente integridade pessoal e científica e uma **preocupação genuína** com as consequências sociais da ciência. Ele era atencioso e respeitoso com todas as pessoas que encontrava. "

Evelyn M. Witkin (2009)

## Regras de Chargaff

**Erwin Chargaff** (figura 21) professor e bioquímico austríaco, refugiado da guerra, com os pesquisadores **Stephen Zamenhof** e **Charlotte Green**, publicaram em maio de 1950:<sup>2</sup>

### Human Desoxypentose Nucleic Acid

Acreditam serem os primeiros a isolar o ácido nucléico desoxipentose, como era denominado na época, de **origem humana**. Eles comparam esses dados com o material oriundo de boi, para qual aparentavam ser substâncias diferentes, porém, estreitamente relacionadas.<sup>2</sup>

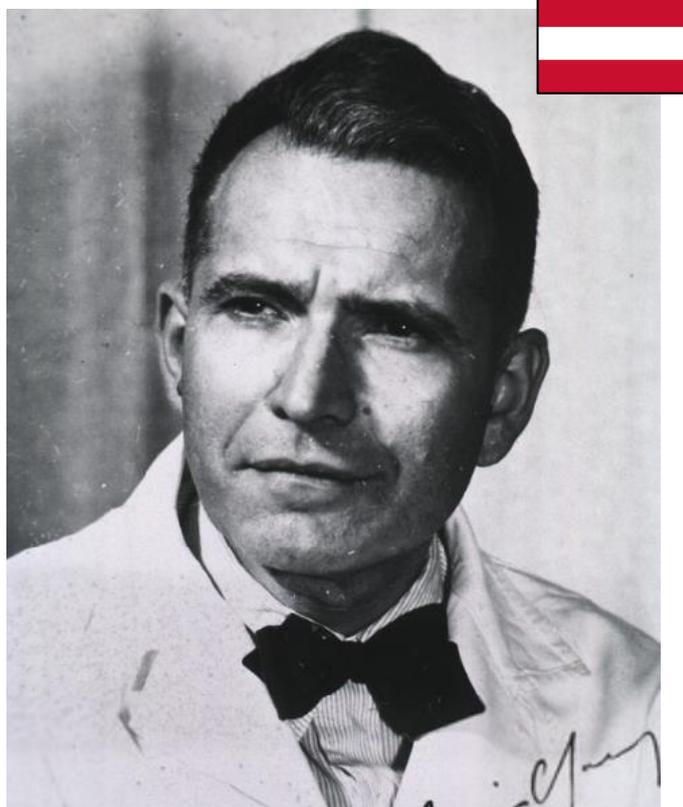


Figura 21. Erwin Chargaff  
Fonte: National Library of Medicine (Educational Use Only)

O ácido nucleico da desoxipentose de origem humana apresentou uma **divergência maior na proporção de bases nitrogenadas**. Dado como uma nota “acidental”, afirmaram que todos os ácidos nucleicos da desoxipentose examinados apresentaram **proporções molares semelhantes** de base purinas para bases pirimidinas.<sup>2</sup>

Em **1951**, Chargaff levantou a problematização que antes da determinação da estrutura dos ácidos nucleicos era necessário descobrir “quanto” estes carregam. Confira o trecho em ***O que disse Erwin Chargaff?*** Para isto, Chargaff publicou considerações que ficariam conhecidas como as **Regras de Chargaff**, em:<sup>3</sup>

*Some recent studies on the composition and structure of nucleic acids*

Neste estudo, discerniu que a composição dos ácidos nucleicos da desoxipentose **são característicos de cada espécie**, sendo o mesmo em todos os tecidos desta espécie, além de possuírem **proporções similares entre as purinas e pirimidinas**, confira em ***Print do Cientista***. Concluiu afirmando que a Teoria do Tetranucleotídeo, proposta por Phoebus A. T. Levene estava incorreta.<sup>3</sup>

***O que disse Erwin Chargaff?***  
**“A primeira pergunta que deve ser respondida antes que a determinação da estrutura dos ácidos nucleicos possa ser realizada é: quanto do que eles contêm? Pareceu-nos que no passado faltavam procedimentos adequados para esse fim e que nenhum progresso real era possível, a menos que as bases analíticas necessárias fossem lançadas.”**

## Erwin Chargaff (1951)

### Print do Cientista

CONSTITUENT	YEAST	
	Prep. 1	Prep. 2
Adenine	0.24	0.30
Guanine	0.14	0.18
Cytosine	0.13	0.15
Thymine	0.25	0.29
Recovery	0.76	0.92

“Some recent studies on the composition and structure of nucleic acids” (1951).<sup>3</sup>

### Entrevista com Chargaff:

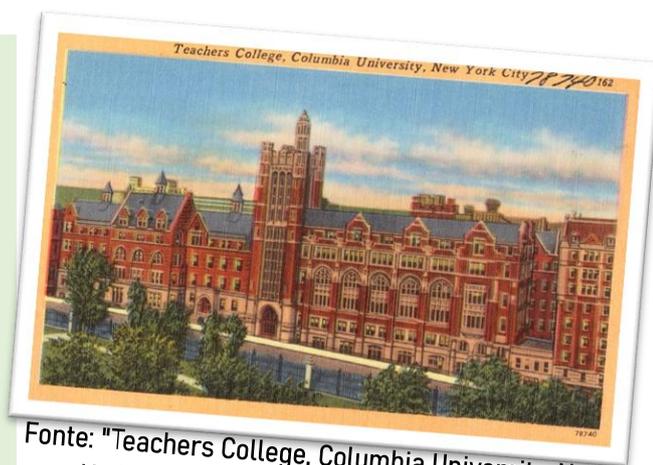
Chargaff ao vivo e em cores?

Assista a uma entrevista com Chargaff para o programa de *talk show* “Wortwechsel”!



## Foi professor: Erwin Chargaff

De acordo com o *site Bionity*, em 1935 Chargaff imigrou para Nova Iorque, onde trabalhou como pesquisador associado no Departamento de Bioquímica da Columbia University in the City of New York. Em 1938 atuou como professor assistente e em 1952 tornou-se um professor fixo. Entre 1970 e 1974 foi chefe do departamento, se aposentando como professor emérito.



Fonte: "Teachers College, Columbia University, New York City" by Boston Public Library is licensed under CC BY 2.0.

## Esnobado pelo Nobel: Erwin Chargaff

“ O trabalho de DNA de Chargaff, como o de Oswald Avery, nunca foi reconhecido pelo Comitê do Prêmio Nobel. Isso foi surpreendente, dado o papel fundamental que sua pesquisa desempenhou na descoberta da estrutura e do mecanismo de replicação do DNA. Há uma suspeita – como no caso de Fred Hoyle – de que as opiniões francas de Chargaff construíram uma **barreira impenetrável** entre ele e o Comitê do Nobel. [...] Chargaff tornou-se um crítico ferrenho da biologia molecular, particularmente de técnicas como a manipulação de genes e a clonagem. Ele se opôs moralmente a tecnologias como a modificação genética, que ele acreditava serem incrivelmente perigosas. ”

*Famous Scientists (2016)*

# QUANTIDADE DE DNA

## Teria uma quantidade constante de DNA?

Em 1948, os franceses **André Félix Boivin** (figura 22) médico, professor, biólogo e químico, **Roger Vendreley** e **Colette Vendreley** publicaram:

*L'acide desoxyribonucleique du noyau cellulaire, depositaire des caracteres hereditaires; arguments d'ordre analytique*

Em que estudaram o conteúdo de ácido desoxirribonucleico presente em diferentes tipos de tecidos de origem bovina, concluindo que a quantidade de **material genético** além de ser semelhante, era **constante**.<sup>1</sup>



Figura 22. André Félix Boivin  
Fonte: Institut Pasteur, Otto Pirou (CC BY-SA 4.0)



### Foi professor: Andre Felix Boivin

De acordo com **Cavaillon (2020)**, Boivin queria ser professor desde seus 16 anos. Frequentou aulas na **Ecole Normale**, em que obteve excelentes notas e pode ingressar na **Ecole Normale Supérieure** de Saint Cloud, visando atuar como professor de Ensino Médio. Infelizmente, a Primeira Guerra Mundial, acabou afetando completamente a sua vida, fazendo com que fosse para a área da medicina. Mesmo com todo seu sucesso em sua área de atuação, Boivin sempre afirmava que sentia falta de ensinar. Foi então que foi oferecido o cargo de professor de Biologia e Química na **Faculté de médecine de Strasbourg**. Para a tristeza de André, o câncer intestinal fez com que fosse hospitalizado em 1948 e em 1949, acabou falecendo.



Figura 23. Alfred Ezra Mirsky  
Fonte: Los Angeles Times (CC BY 4.0)

No mesmo ano, Roger e Colette Vendreley publicaram:

*La teneur du noyau cellulaire en acide desoxyribonucleique a travers les organes, les individus et les especes animales*

em que relatam que a quantidade de ácido desoxirribonucleico presente no **núcleo de células somáticas** é constante considerando qualquer tecido (da mesma espécie) e em **células haploides** (os espermatozoides do mesmo animal), essa quantidade é **equivalente ao dobro**.<sup>2</sup>

## O contraposto

Em contrapartida, um ano depois, o bioquímico, fisiologista e professor estadunidense **Alfred Ezra Mirsky** (figura 23) e com o citologista suíço **Hans Ris** (figura 24) publicaram:

*Variable and constant components of chromosomes*

em que citam Boivin e indicam que obtiveram resultados diferentes ao analisar tecidos de mamíferos.<sup>3</sup>



Figura 24. Hans Ris  
Fonte: Malecki (2000) (Educational Use Only)

**Curiosidade:**



Mirsky é creditado, junto a Linus Pauling, pela “Teoria da Desnaturação”!

## A confirmação

**Cecilie Leuchtenberger** (figura 25) médica e professora, publicou junto a Roger e Colette Vendreley em **1951** o estudo:

*A comparison of the content of desoxyribosenucleic acid (DNA) in isolated animal nuclei by cytochemical and chemical methods*

em que analisou o **DNA isolado de núcleos de animais** através de um método citoquímico e químico, confirmando havia a mesma quantidade de DNA em núcleos diplóides de diferentes tecidos de origem bovina e o dobro do presente no esperma (*Print do Cientista*), **contrariando assim**, os resultados de Mirsky e Ris.<sup>4</sup> Confira **O que disse Cecilie Leuchtenberger, Roger e Colette Vendreley?** Para ler na íntegra.

Cecilie Leuchtenberger já havia publicado junto a **Franz Schrader**, uma relação entre diferentes tamanhos de núcleos e as quantidades de proteínas

### *Nota da autora:*

Infelizmente, há poucas informações disponíveis sobre Cecilie e Colette. O pouco atribuído aqui foi retirado de suas publicações em revistas científicas.



Figura 25. Cecilie Leuchtenberger  
Fonte: National Library of Medicine  
(Educational Use Only)

### **O que disse Cecilie Leuchtenberger, Roger e Colette Vendreley?**

*O DNA foi determinado pela mesma preparação de isolamento de núcleos animais, por um método citoquímico e químico. Ao contrário dos achados de Mirsky e Ris, descobrimos por ambos os métodos que os núcleos diplóides de vários tecidos de carne bovina contêm a mesma quantidade de DNA e o dobro do esperma.*

**Cecilie Leuchtenberger,  
Roger Vendreley  
Colette Vendreley  
(1951)**

## Print do Cientista

### COMPARISON OF THE AMOUNT OF DESOXYRIBOSENUCLEIC ACID (DNA) IN ISOLATED NUCLEI OF DIFFERENT TISSUES OF BEEF AND RAT BY CHEMICAL AND CYTOCHEMICAL ANALYSIS

TYPE OF ANIMAL	TYPE OF TISSUE	CYTOCHEMICAL ANALYSIS		CHEMICAL ANALYSIS, AMOUNT OF DNA PER NUCLEUS ( $10^{-6}$ $\gamma$ )
		NO. OF NUCLEI MEASURED	MEAN AMOUNT OF DNA PER NUCLEUS (ARBITRARY UNITS)	
Beef	Liver	30	3.3 $\pm$ 0.11	6.8
Beef	Spleen	23	3.0 $\pm$ 0.08	7.0
Beef	Kidney	26	3.3 $\pm$ 0.10	6.4
Beef	Sperm	25	1.6 $\pm$ 0.03	3.3 <sup>a</sup>
Rat	Liver	15	3.3 $\pm$ 0.08	8.2
Rat	Liver	21	6.6 $\pm$ 0.24	
Rat	Liver	7	12.1 $\pm$ 0.50	
Rat	Kidney	38	3.3 $\pm$ 0.06	5.5

<sup>a</sup> This value is taken from previous analyses by Vendrely and Vendrely.<sup>3</sup>

NOTE: The amount of DNA determined by cytochemical analysis is given in arbitrary units.

"A comparison of the content of desoxyribonucleic acid (DNA) in isolated animal nuclei by cytochemical and chemical methods" (1951).<sup>4</sup>



### Foi professor: Alfred Ezra Mirsky

De acordo com Seymour S. Cohen (1998), Mirsky deu aulas para alunos do Ensino Médio em 1959. Atuou (1965 a 1972) como bibliotecário da Rockefeller University, sendo que em 1971 tornou-se professor emérito após quarenta e quatro anos na Rockefeller.

# A ESTRUTURA DO DNA

## A estrutura helicoidal de Furberg

**Sven Verner Furberg** (figura 26) professor, biólogo e cristalógrafo norueguês, é considerado o primeiro a propor uma **estrutura helicoidal do DNA**, em sua tese de doutorado em 1949<sup>1</sup> cujo detalhes da estrutura foi publicado em 1952.<sup>2</sup> A estrutura do DNA de Furberg, chamada por ele de configuração padrão, era constituída por uma **única cadeia** e através da estrutura cristalina, deduziu que o DNA forma uma hélice, sugerindo modificações do modelo proposto por Astbury. Furberg afirmou também que as pentoses estariam, ao longo eixo da molécula, distribuídas de **maneira paralela**,<sup>2</sup> confira no **Print do Cientista**.



Figura 26. Sven Verner Furberg  
Fonte: Store Norske Leksikon  
(Educational Use Only)

### O que disse Sven Verner Furberg?

“*As considerações estereoquímicas e as determinações de estrutura realizadas até agora são a favor da configuração padrão e, até que evidências contraditórias apareçam, parece razoável supor que os nucleotídeos tenham aproximadamente essa forma nos ácidos nucleicos. Este ponto provavelmente apenas poderá ser estabelecido definitivamente por uma detalhada determinação de estrutura por raios X de vários nucleotídeos, ou preferencialmente polinucleotídeos.*”

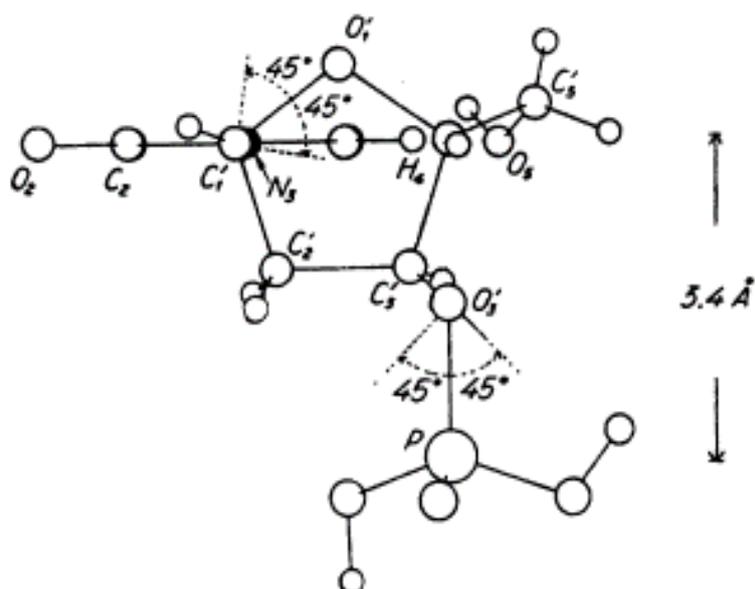


Fig. 1. A pyrimidine nucleotide of the "standard" configuration. The plane of the pyrimidine ring, as well as the bond  $N_3-C_1'$ , is perpendicular to the plane of the paper.

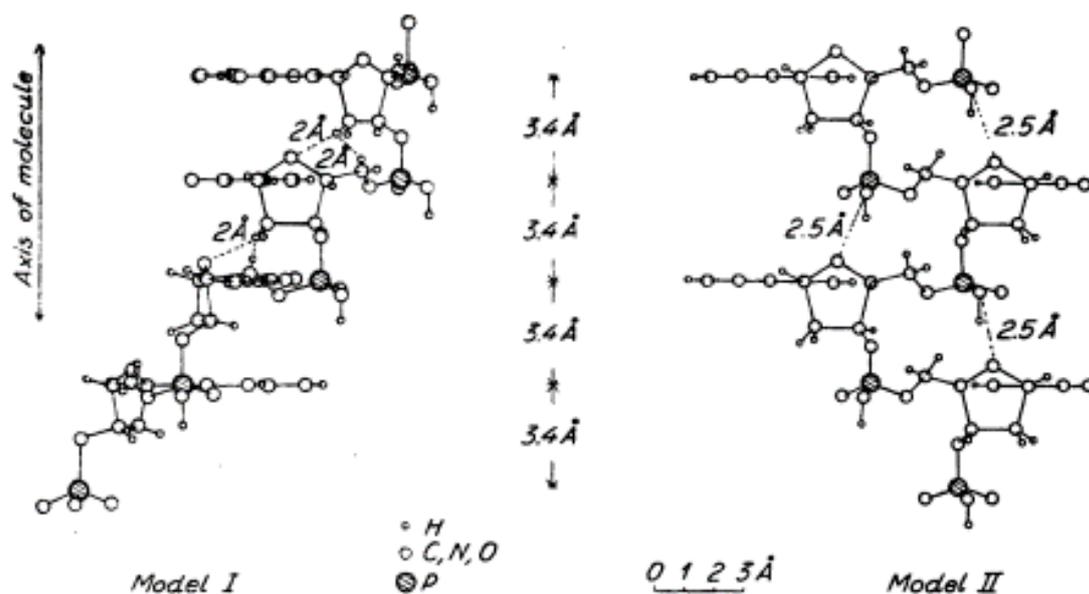


Fig. 2. Two models of thymonucleic acid based on nucleotides of the "standard" configuration. The planes of the purine and pyrimidine rings are perpendicular to the plane of the paper.



## Foi professor: Sven Furberg

De acordo com Bjørn Pedersen, na Store Norske Leksikon, Furberg atuou como professor de Química Quântica e Termodinâmica em Bergen e Oslo. Na Universitetet i Bergen foi professor de Físico-Química.

## A tripla hélice de Pauling e Corey

Os estadunidenses **Linus Carl Pauling** (figura 27), químico, bioquímico, professor e **Robert Brainard Corey** (figura 28), também bioquímico e professor, apresentam em dezembro de **1952** e publicam no início de **1953** o conceito de tripla hélice para a estrutura do DNA:<sup>3</sup>

### A Proposed Structure For The Nucleic Acids

propondo juntamente, a presença de grupos fosfato neutros. As **fitas se uniam e formavam um núcleo central**, em que poderia estar as bases nitrogenadas, os grupos fosfato ou os açúcares.<sup>3</sup> Confira a estrutura proposta no próximo *Print do Cientista* e a estrutura 3D na **Sessão pipoca**. Pauling e Corey citam os trabalhos de Astbury e Bell na publicação, incluindo o pensamento da **necessidade de melhores fotografias em difração de raios X** para corroborar com a comprovação da estrutura.<sup>3</sup> Veja o trecho presente em **O que disse Linus Pauling e Robert Corey?**

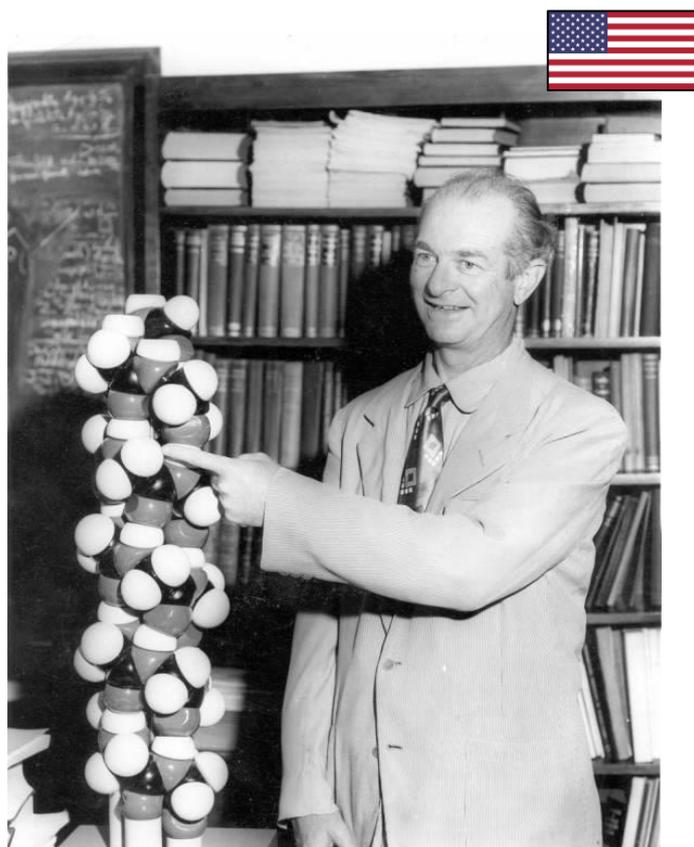
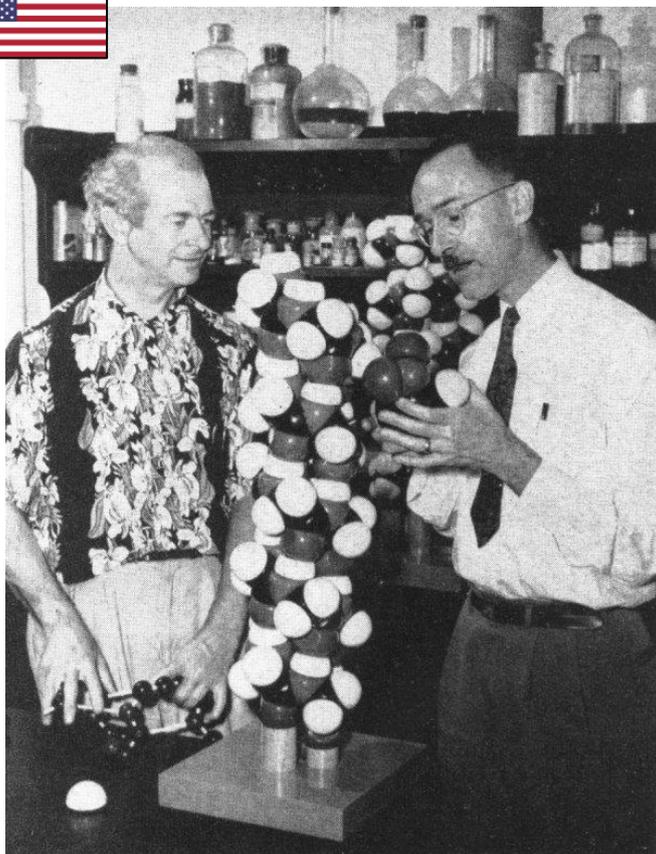


Figura 27. Linus Pauling

Fonte: Special Collections & Archives Research Center, Oregon State University Libraries (Educational Use Only)

## Entrevista com Pauling:

Linus Pauling ao vivo e em cores! Assista uma entrevista para a *“Conversations with History”* de 1983.



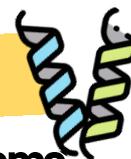
## O que disse Linus Pauling e Robert Corey?

“ Esta é a primeira estrutura precisamente descrita para os ácidos nucléicos sugeridos por qualquer investigador. A estrutura explica algumas das características das radiografias; mas cálculos detalhados de intensidade ainda não foram feitos, e a estrutura não pode ser considerada correta. ”

Linus Pauling  
Robert Corey  
(1953)

Figura 28. Linus Pauling e Robert Corey  
Fonte: Special Collections & Archives  
Research Center, Oregon State University  
Libraries (Educational Use Only)

### Curiosidades:

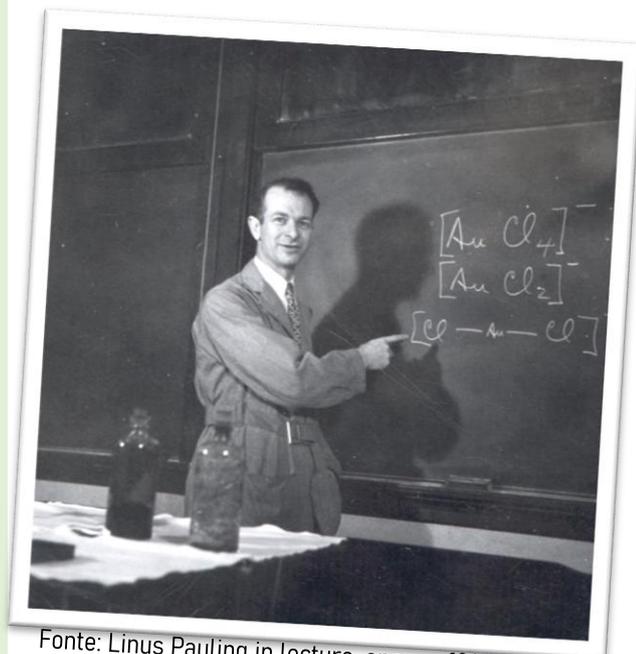


Linus Pauling conta como descobriu a alfa-hélice!



### Foi professor: Linus Pauling

De acordo com a Oregon State University, Pauling atuou como professor de Química para os calouros na Caltech em 1930. Seus alunos o descreviam como carismático, energético, cuja abordagem teórica moderna da química tornava suas aulas mais interessantes e ele, um professor extremamente popular. Comumente realizava demonstrações de laboratório com exibições pirotécnicas. Sempre comunicou aos alunos sobre suas pesquisas atuais, associando seu ensino com os novos trabalhos da área. Publicou o livro “General Chemistry”, em que apresenta uma nova abordagem para o ensino de química, influenciando significativamente todo o mundo. Pauling quase visitou Franklin, porém teve seu passaporte confiscado.



Fonte: Linus Pauling in lecture. approx. 1940. Special Collections & Archives Research Center, Oregon State University Libraries (Educational Use Only)



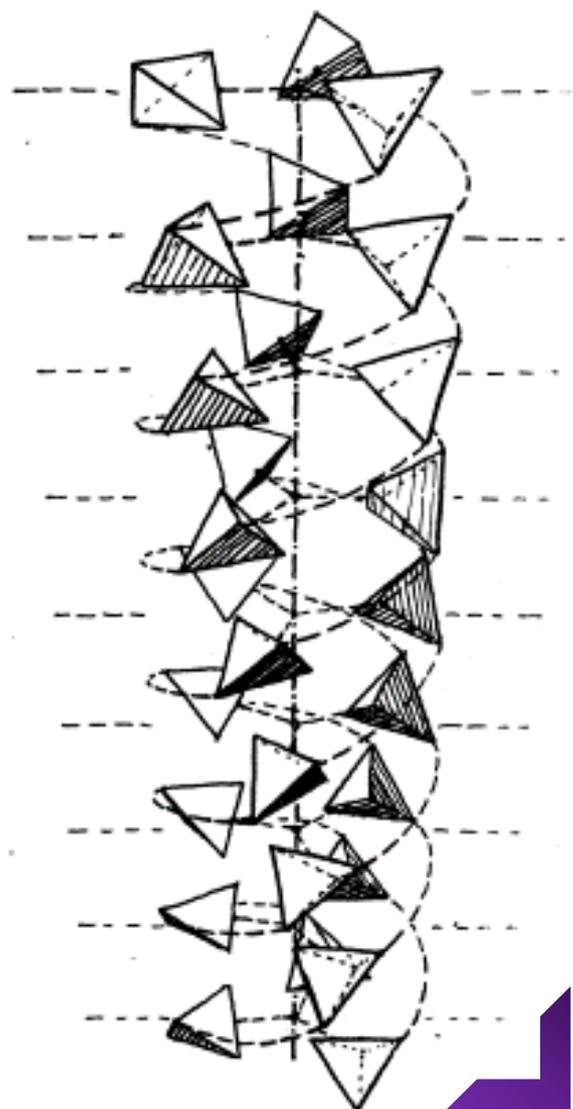
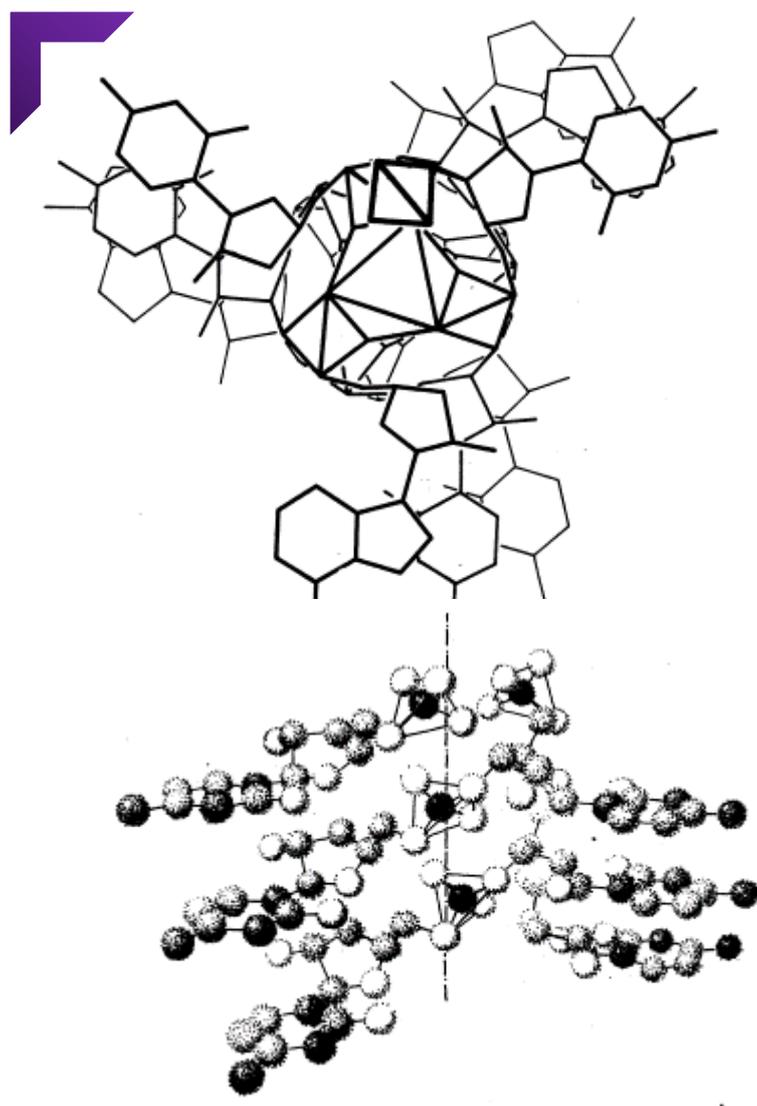
Triple Helix

## Sessão pipoca



O canal no Youtube **DNA Learning Center** apresenta uma animação em 3D da estrutura do DNA de Pauling e Corey, demonstrando as bases nitrogenadas voltadas para fora da hélice e as três cadeias conectadas.

## Print do Cientista



## A dupla hélice de Watson e Crick

O biólogo **James Dewey Watson** (figura 29) e o físico **Francis Harry Compton Crick** (figura 30) propuseram, em **1953**, uma estrutura para o DNA em um artigo na revista Nature:<sup>4</sup>

*Molecular structure of nucleic acids: a structure for deoxyribose nucleic acid*

Este modelo apresentava uma estrutura com **duas cadeias helicoidais**, enroladas no mesmo eixo, as bases estão voltadas para dentro, enquanto os fosfatos e açúcares estariam com a configuração **voltada para fora**, afirmando ser uma relação semelhante à proposta de Furberg.<sup>4</sup> Confira a estrutura no **Print do Cientista** e uma entrevista dos cientistas **Sessão pipoca**.

Print do Cientista



"Molecular structure of nucleic acids: a structure for deoxyribose nucleic acid"  
(1953)<sup>4</sup>

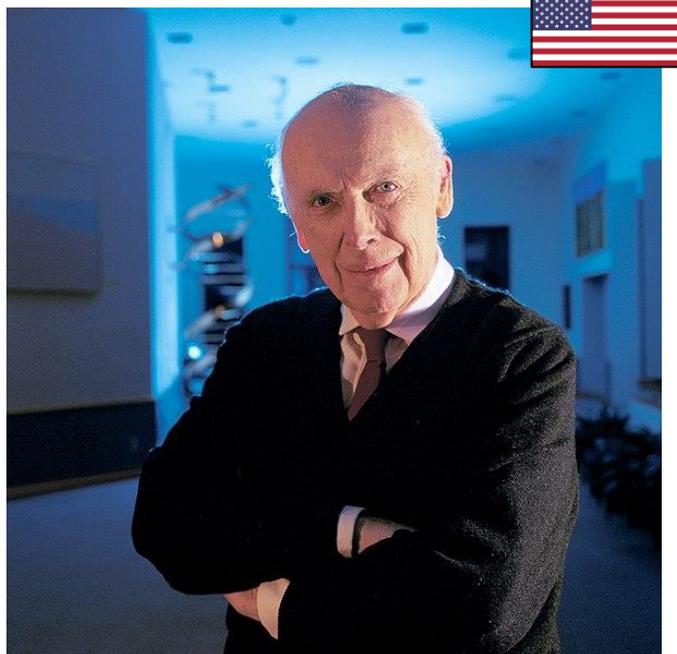


Figura 29. James Watson

Fonte: Cold Spring Harbor Laboratory.  
(Public Domain Mark 1.0)

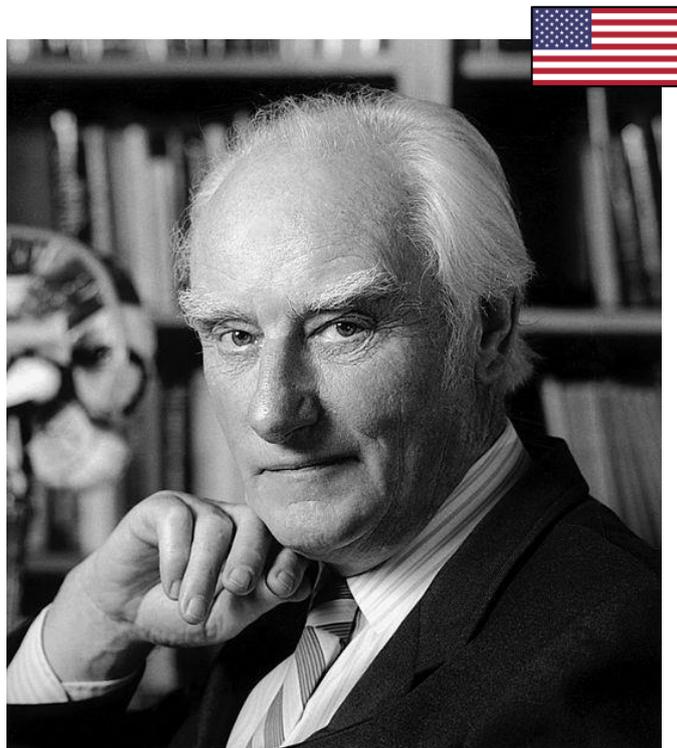


Figura 30. Francis Crick

Fonte: Marc Lieberman (CC BY 2.5)

**Curiosidade:**

Os motivos pelo qual Watson seria cancelado no Twitter



Developing an Idea of the DNA Structure

## Sessão pipoca



Assista ao trecho do documentário "The DNA Story" da VSM Productions em que Watson e Crick discutem como eles supostamente chegaram às conclusões sobre a estrutura do DNA.

### Nota da autora:

No próximo capítulo falaremos sobre como a história da estrutura de Watson e Crick realmente ocorreu. Por agora, precisamos estabelecer que ambos são **creditados** pela descoberta da ESTRUTURA do DNA, pois, como vimos no capítulo 1, o ácido desoxirribonucleico já era de conhecimento de muitos cientistas. Entretanto, muitas fontes incluem o trabalho de Watson e Crick como **descoberta do DNA**, incluindo os próprios cientistas.



Fonte: How I discovered DNA – James Watson (TED-Ed)

# AS FOTOS DO DNA

## A fotografia de Wilkins, Stoke e Wilson

**Maurice Hugh Frederick Wilkins** (figura 31), biofísico neozelandês, seguiu o trabalho de William Astbury e Florence Bell e conseguiu a reprodução de **imagens da estrutura de DNA** em melhor qualidade, sendo essa a suposta inspiração para Watson e Crick produzirem seu trabalho.<sup>1</sup>

Maurice Wilkins publicou, na mesma edição da *Nature*, junto ao físico galês **Herbert Rees Wilson** e o físico britânico **Alexander Rawson Stokes**, um trabalho que serviu como “complementar” às ideias propostas por Watson e Crick:

*Molecular structure of nucleic acids:  
molecular structure of deoxypentose  
nucleic acids*

Afirmando que seus dados experimentais e sua fotografia em difração de raios X do DNA (confira no *Print do Cientista*), confirmavam o tipo de modelo descrito no trabalho nas páginas anteriores da revista.<sup>2</sup>

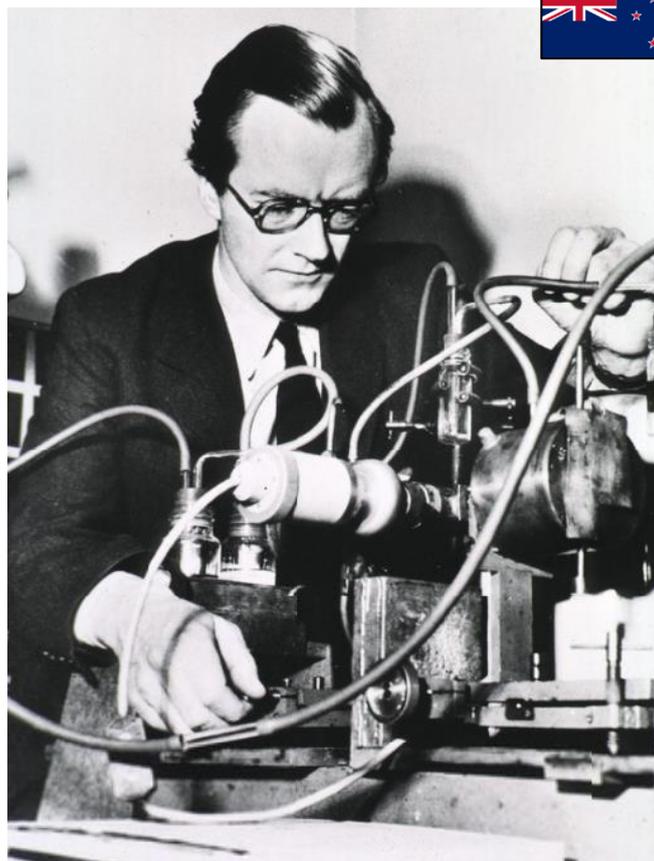
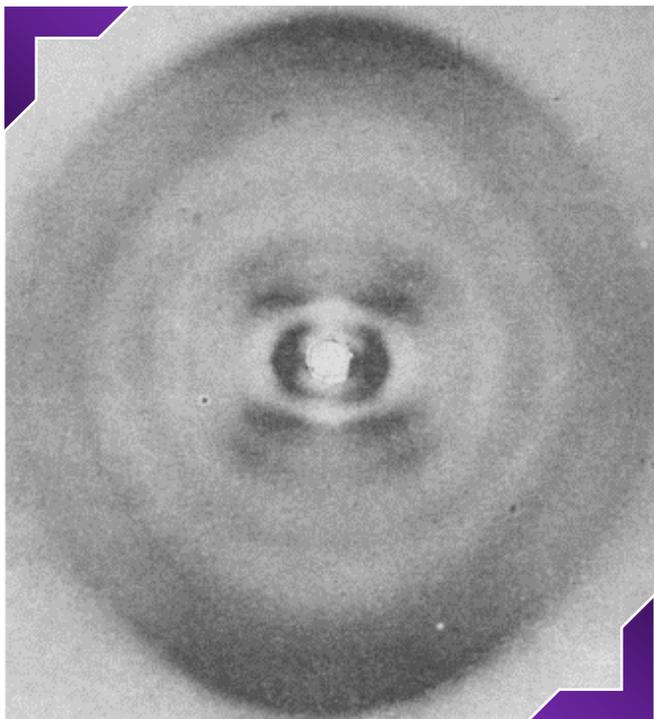


Figura 31. Maurice Wilkins  
Fonte: National Library of Medicine  
(Educational Use Only)

### Curiosidade:

“O Terceiro Homem da Dupla Hélice”, a autobiografia de Wilkins

## Print do Cientista



"Molecular structure of nucleic acids: molecular structure of deoxyntose nucleic acids" (1953)<sup>2</sup>

A realidade é que seria com as imagens ainda melhores da química inglesa Rosalind Franklin, usadas sem seu consentimento, que Watson e Crick desenvolveram a estrutura,<sup>1</sup> assunto abordado no próximo tópico.

Confira um trecho do trabalho em *O que disse Maurice Wilkins, Alexander Stokes e Herbert Wilson?*

E uma entrevista com Wilkins para um documentário na *Sessão pipoca*.

### *O que disse Maurice Wilkins, Alexander Stokes e Herbert Wilson?*

“O objetivo desta comunicação é descrever, de forma preliminar, algumas das evidências experimentais para a configuração da cadeia polinucleotídica sendo helicoidal, e existindo nesta forma em seu estado natural.”

Maurice Wilkins  
Alexander Stokes  
Herbert Wilson  
(1952)



Initial Investigations by Maurice Wilkins

### Sessão pipoca



Assista ao trecho do documentário "The DNA Story" da VSM Productions em Wilkins discute suas hipóteses iniciais para conduzir os experimentos que levaram à fotografia do DNA.



## RECONHECIMENTO NOBEL :

Nobel em Fisiologia ou Medicina 1962

Francis Crick, James Watson e Maurice Wilkins

“

*por suas descobertas sobre a estrutura molecular dos ácidos nucleicos e seu significado para a transferência de informações em materiais vivos*

”

[Leia sobre o prêmio!](#)

### A fotografia de Franklin e Gosling

A autora Kimberly Bradley no livro:

*She Persisted: Rosalind Franklin*

aborda que a relação entre Maurice e **Rosalind Elsie Franklin** (figura 32) era de extremo conflito. Porém, Rosalind o **ensinou** como preparar materiais e a utilizar equipamentos mais modernos. Franklin **palestrou sobre sua pesquisa**, demonstrando as primeiras fotografias por difração de raios X do DNA, em novembro de **1951**.<sup>3</sup>

Concluiu que o DNA girava em torno de si mesmo, formando a hélice, com a presença dos grupos fosfato voltados para fora. James Watson estava presente e **não concordou** com as afirmações de Franklin.<sup>3</sup>



Figura 32. Rosalind Franklin  
Fonte: Faded Times (Public Domain Mark 1.0)

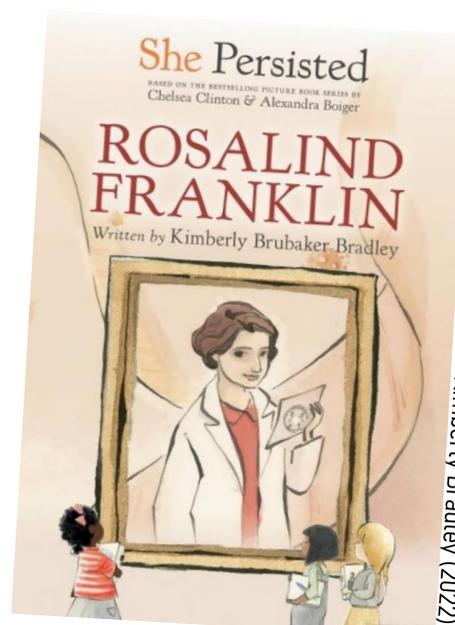
O chefe de Rosalind, **John Randall**, foi quem entrou em contato com os demais pesquisadores da **Universidade de Cambridge**, para dialogar sobre os trabalhos realizados por ela. James Watson veio até Rosalind, em **janeiro de 1953**, e acabaram discutindo sobre as afirmações de Franklin, das quais James acreditava ser errôneas.<sup>3</sup>

Entretanto, **Maurice Wilkins** foi quem mostrou as imagens geradas por Rosalind. Semanas após o ocorrido, Rosalind conseguiu um novo emprego e seus trabalhos tiveram que **permanecer nas locações de Cambridge**. Watson e Crick alteraram seu trabalho e fizeram sua publicação em abril de 1953.

## 📄 os créditos?

Alguns defensores de Franklin afirmam que Watson, Crick e Wilkins nem sequer a mencionam em seus trabalhos, o que não é verdade. A menção é feita **em forma de agradecimento** e em colocações de pesquisa, como pode ser observado ao lado.

O problema é que em nenhum momento é afirmado o **uso da fotografia como crucial** para a compreensão do que é apresentado na publicação, desmerecendo o trabalho de Franklin e seu papel para a “descoberta”.



### **O que disse Maurice Wilkins, Alexander Stokes e Herbert Wilson?**

*A correspondência mais marcante com a Fig. 2 é mostrado pela excepcional fotografia obtida por nossos colegas, R. E. Franklin e R. G. Gosling, da desoxipentose nucleada de timo de bezerra.*

---

**Maurice Wilkins  
Alexander Stokes  
Herbert Wilson  
(1953)**

### **O que disse James Watson e Francis Crick?**

*Também fomos estimulados pelo conhecimento da natureza geral dos resultados experimentais inéditos e das ideias dos Drs. M. H. F. Wilkins, Dr. R. E. Franklin e seus colaboradores no King's College.*

---

**James Watson  
Francis Crick  
(1953)**

## A foto 51

Rosalind Franklin, junto ao físico e professor inglês **Raymond George Gosling** (figura 33) o artigo:

### *Molecular Configuration in Sodium Thymonucleate*

apresentando a foto 51, considerada a fotografia do DNA por difração de raios X de **mais alta qualidade já obtida**.<sup>4</sup>

Franklin e Gosling apontam que devido à fotografia (confira no **Print do Cientista**) e as análises de cristalografia, é **evidente** que a molécula apresenta uma hélice e o açúcar e a base deveriam estar voltados para o interior do eixo helicoidal.<sup>4</sup>

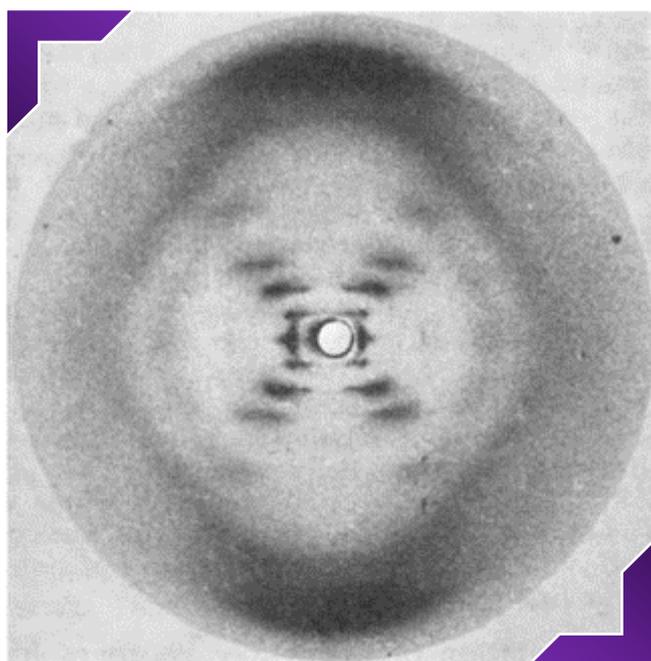
A **consolidação** de que os grupos fosfato estariam voltados para o exterior da estrutura já havia sido proposto pelos autores, que citam os trabalhos de Gulland e seus colaboradores. Concluem que com essa conformação, os grupos fosfatos ficam disponíveis para interações com proteínas.<sup>4</sup>

Nota-se como essas conclusões seriam determinantes para a estrutura proposta. Todos os artigos foram publicados no mesmo volume da mesma revista da *Nature*, entretanto, o trabalho de Franklin e Gosling ficou por último. Veja mais sobre isso na **Seção pipoca**.



Figura 33. Raymond Gosling  
Fonte: Magnus Sjöström (Public Domain Mark 1.0)

### **Print do Cientista**



"Molecular Configuration in Sodium Thymonucleate" (1953)<sup>4</sup>



Rosalind Franklin: a heroína injustiçada do DNA

## Sessão pipoca



O canal do Youtube **TED-Ed**, apresenta a história de Rosalind Franklin, demonstrando a dificuldade para ter acesso à educação, as limitações na universidade e como ocorreu o início de suas pesquisas.



## Foi professor: Ray Gosling

De acordo com [Martin Childs \(2015\)](#) Gosling atuou como professor no **Queen's College**. Em 1967, quando voltou à Inglaterra lecionou sobre doenças arteriais e auxiliou no desenvolvimento do ultrassom *doppler*. Em 1984, atuou como professor de Física Aplicada à Medicina. Gosling era muito amado por seus alunos, que o categorizavam como caloroso e inclusivo. Ele costumava lecionar aulas de Ciências em sua sala e em sua garagem, a qual foi transformada em um laboratório improvisado.



Ray Gosling on DNA research

## Sessão pipoca



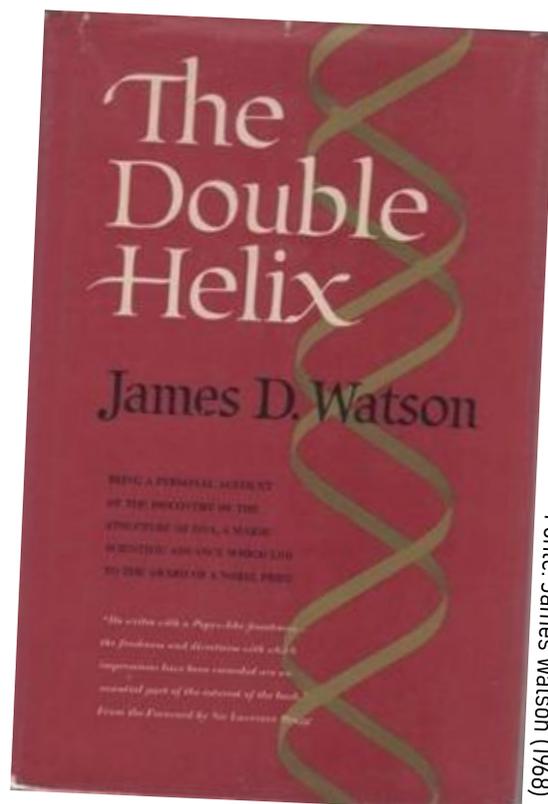
O canal do Youtube **King's College London**, apresenta a uma entrevista com Ray Gosling, falando sobre como foi a sensação de produzir a fotografia por difração de raios X do DNA junto à Rosalind Franklin.

## O que aconteceu depois?

James Watson publicou em **1968**.<sup>5</sup>

*The Double Helix: a Personal Account of the Discovery of the Structure of DNA*

Em que apresenta uma versão distorcida dos fatos que levaram à descoberta da estrutura do DNA.<sup>5</sup> Dentre todas as passagens em livro, a que é mais citada pelos defensores de Franklin é a maneira como Watson aborda sobre ela. Na **Sessão pipoca**, há uma conferência feita pelo Google, em que ele afirma: “agora eles irão fazer filmes sobre Rosalind Franklin e eu serei o vilão”.



Fonte: James Watson (1968)

### Curiosidade:

A carta que Crick escreveu sobre o livro, para Watson



"DNA and the Brain" - Dr. James Watson speaks at Google

### Sessão pipoca



O canal do Youtube do **Google** apresenta um conferência feita por James Watson, na qual ele aborda sobre doenças, pesquisas realizadas pelos cientistas do *Cold Spring Harbor Laboratory*, e demais questões atribuídas a descoberta da estrutura do DNA. Na marca dos 28 minutos inicia a conversa sobre a representação na mídia e suas considerações sobre isso.

Franklin faleceu em 1958, devido à câncer de ovário, 4 anos antes do prêmio Nobel e 10 anos antes do livro ser lançado.

Raymond Gosling, em conversa com **Naomi Attar (2013)**, afirma que na época ficou com raiva da maneira que Rosalind havia sido representada, entretanto, hoje encontra-se satisfeito pelas inúmeras pessoas que defendem Franklin.<sup>6</sup>

Indica que Watson, devido ao alarde criado por seu livro, foi diretamente responsável por essa admiração, o que obviamente não era seu intuito.<sup>6</sup> Confira trechos dessa entrevista em *Entrevista com Gosling*.

## Entrevista com Gosling:



“Gosling, como Franklin, percebeu instantaneamente que o modelo estava errado, mas não se juntou a ela para espetar suas inadequações. Por que não?”

**Gosling:** “Eu deixei isso com ela. Eu não precisava discutir isso, quer dizer, ela estava... ela estava na sua melhor forma! Minha palavra, não.”

“Talvez o famoso retrato negativo de Franklin no livro de Jim Watson 'The Double Helix' tenha sido uma vingança por este momento?”

**Gosling:** “Sim. Ah, eu nunca tinha pensado nisso, mas sim, é verdade. A humilhação. Ele deve ter se sentido – essa é a palavra – ele deve ter se sentido humilhado. Quem diabos é essa mulher me dizendo... Sim, você pode ver isso mais claramente olhando para trás, não pode?”

### *Leia na íntegra!*

Naomi Attar (2013): Raymond Gosling: the man who crystallized genes.

## Entrevista com Crick:



“Uma nota é exigida aqui. Francis Crick tem sido muito generoso com seu tempo e suas opiniões, generosidade pela qual estou profundamente grata. Eu me abstenho de relatar todas as suas opiniões sobre indivíduos, mas acho que sua opinião de que ele considera The Double Helix como um”

**Crick:** “pacote desprezível de absurdos malditos”

“não deve ser suprimida. Ele expressou a mesma opinião a outros em termos semelhantes”

Anne Sayre (2000):  
“Rosalind Franklin and DNA”.

Gosling afirmou, na mesma entrevista, que Wilkins e Crick escreveram para Harvard, pedindo para que o livro não fosse publicado, entretanto, outra editora publicou.<sup>6</sup>

Anne Sayre (2000), em seu livro, demonstrou que Crick não estava de acordo com o conteúdo do livro de Watson.<sup>7</sup> Confira o trecho em *Entrevista com Crick*.

## VIROU NOTÍCIA:



NO BRASIL!

“Tôda a nossa vida,  
no caminho do DNA” (1969)

Na matéria do jornal “Estado de S. Paulo”, na edição de 27 de novembro de 1969, há a relação da descoberta do DNA, material genético e a possibilidade do que chamam de “**o homem artificial**”. Citam Watson e Crick.

**Confira na íntegra!**

“Fraude e Trapaça nos domínios da  
Ciência” (1985)

Na matéria do jornal “Estado de S. Paulo”, na edição de 3 de fevereiro de 1985, citam **Rosalind Franklin** ao abordar do livro de Watson, indicando que ele se gabou por ter conseguido os dados.

**Confira na íntegra!**

# REFERÊNCIAS:

## CAPÍTULO 1 - A GRANDE DESCOBERTA

1. DAHM, R. Friedrich Miescher and the Discovery of DNA. *Developmental Biology*, v. 278, n. 2, p. 274–288, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ydbio.2004.11.028>.
2. MIESCHER, F. *Über die chemische Zusammensetzung der Eiterzellen*. Berlin: August Hirschwald, 1871.
3. LEVENE, P. A.; BASS, L. W. *Nucleic Acids*. Nova Iorque: The Chemical Catalog Company Inc., 1931.
4. ROSENFELD, L. *Origins of Clinical Chemistry: The Evolution of Protein Analysis*. Nova Iorque: Academic Press Inc, 1982.
5. PLIMMER, R. H. A. *The Chemical Constitution of the Proteins: Part 1*. Londres: Longmans, Green & Company, 1908.
6. KOSSEL, A. Ueber das Nuclein der Hefe, I. *Zeitschrift für Physiologische Chemie*, v. 3, p. 284–291, 1879. Disponível em: <https://vlp.mpiwgberlin.mpg.de/library/data/lit16296>.
7. KOSSEL, A. Ueber das Nuclein der Hefe, II. *Zeitschrift für Physiologische Chemie*, v. 4, p. 290–295, 1880. Disponível em: <https://vlp.mpiwgberlin.mpg.de/library/data/lit16374>.
8. WILLIAMS, G. *Unravelling the Double Helix: The Lost Heroes of DNA*. Nova Iorque: Pegasus Books, 2019.
9. KOSSEL, A. Ueber eine neue Base aus dem Thierkörper. *Berichte Der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, v. 18, n. 1, p. 79–81, 1885. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/cber.18850180119>.
10. KOSSEL, A.; NEUMANN, A. Ueber das Thymin, ein Spaltungsproduct der Nucleinsäure. *Berichte Der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, v. 26, n. 3, p. 2753–2756, 1893. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/cber.18930260379>.
11. KOSSEL, A.; NEUMANN, A. Darstellung und Spaltungsprodukte der Nucleinsäure (Adenylsäure). *Berichte Der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, v. 27, n. 2, p. 2215–2222, 1894. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/cber.189402702206>.
12. KOSSEL, A. Ueber die basischen Stoffe des Zellkerns. *Hoppe-Seyler's Zeitschrift Für Physiologische Chemie*, v. 22, n. 2, p. 176–187, 1897. Disponível em: <https://doi.org/10.1515/bchm2.1897.22.2.176>.
13. GRIBBIN, J. *The Scientists: A History of Science Told Through the Lives of Its Greatest Inventors*. Nova Iorque: Random House Publishing Group, 2003.
14. ALTMANN, R. Über Nucleinsäuren. In: *Archiv für Anatomie und Physiologie, Physiologische Abteilung*. Leipzig: 1889, p. 524–536. Disponível em: <https://www.biodiversitylibrary.org/item/109693#page/536/mode/1up>.
15. JOHANNSEN, W. L. *Elemente der exakten erblichkeitslehre*: Deutsche wesentlich erweiterte ausgabe in fünfundzwanzig vorlesungen. Jena, Alemanha: Gustav Fischer, 1909.

### Outras referências:

- BBC News Brasil. Entenda em 4 minutos a Guerra do Paraguai, a mais sangrenta da história do continente. **Youtube**, **BBC News Brasil**. 18 ago. 2020. Disponível em: <https://youtu.be/f6Oc4fK01qw>.
- Canal History Brasil. A inauguração da Estátua da Liberdade | CONSTRUÇÕES QUE MUDARAM O MUNDO | HISTORY. **Youtube**, **Canal History Brasil**. 5 mai. 2022. Disponível em: <https://youtu.be/YGXcegGUDfY>.
- CLEARY, S. The Panic of 1893. **Youtube**, **Seana Cleary**. 12 out. 2015. Disponível em: <https://youtu.be/2mJDQyiScMc>.
- ETTORE, J. Qual é a história do HINO NACIONAL BRASILEIRO?. **Youtube**, **Júlio Ettore**. 7 set. 2022. Disponível em: [https://youtu.be/9YuH60\\_7IXs](https://youtu.be/9YuH60_7IXs).
- FIGUEIREDO, F. História das bandeiras do Brasil. **Youtube**, **Nerdologia**. 7 set. 2021. Disponível em: <https://youtu.be/1cvIEcTubFk>.
- JUSTINA, L. A. D. *et al.* A herança genotípica proposta por Wilhelm Ludwig Johannsen. *Filosofia e História da Biologia*, v. 5, n. 1, p. 55–71, 2010. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/134531>.
- MATHEWS, A. P. Professor Albrecht Kossel. *Science*, v. 66, n. 1709, p. 293, 1927. Disponível em: <https://doi.org/10.1126/science.66.1709.293>.
- National Park Service. **Learn & Explore**. Disponível em: <https://www.nps.gov/learnandexplore/index.htm>.

SCHMITZ, W. I. A história da invenção do Telefone. **Youtube, Invenções na História**. 19 abr. 2019. Disponível em: <https://youtu.be/u08DPJ9w7GU>.

SILVA, A. LEI ÁUREA - HISTÓRIA EM MINUTOS. **Youtube, ADRIANO DA SILVA - HISTÓRIA EM MINUTOS**. 4 out. 2020. Disponível em: <https://youtu.be/nldSCthZbKg>.

The Arthur Conan Doyle Encyclopedia contributors. A Study in Scarlet. The Arthur Conan Doyle Encyclopedia. 15 abr. 2023. Disponível em: [https://www.arthur-conan-doyle.com/index.php?title=A\\_Study\\_in\\_Scarlet&oldid=107831](https://www.arthur-conan-doyle.com/index.php?title=A_Study_in_Scarlet&oldid=107831).

The Nobel Prize. **Albrecht Kossel: Biographical**. Disponível em: <https://www.nobelprize.org/prizes/medicine/1910/kossel/biographical/>.

The Nobel Prize. **The Nobel Prize in Physiology or Medicine 1910: Albrecht Kossel**. Disponível em: <https://www.nobelprize.org/prizes/medicine/1910/summary/>.

Tudo é História. História em dois Minutos: Lei do Ventre livre – 1871. **Youtube, Tudo é História**. 21 jan. 2021. Disponível em: <https://youtu.be/qfYTvR2f5i0>.

TV Cultura. Os 150 anos da proclamação do Império Alemão. **Cultura UOL**. 18 jan. 2021. Disponível em: [https://cultura.uol.com.br/noticias/dw/56265204\\_os-150-anos-da-proclamacao-do-imperio-alemao.html](https://cultura.uol.com.br/noticias/dw/56265204_os-150-anos-da-proclamacao-do-imperio-alemao.html).

## CAPÍTULO 2 - AS TEORIAS INICIAIS

1. THIEMANN, O. H. A descoberta da estrutura do DNA: de Mendel a Watson e Crick. **Química Nova na Escola**, n. 17, p. 13-19, 2003. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc17/17-a04.pdf>.

2. LEVENE, P. A. The structure of yeast nucleic acid: IV. Ammonia hydrolysis. **Journal of Biological Chemistry**, v. 40, n. 2, p. 415-424, 1919. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0021-9258\(18\)87254-4](https://doi.org/10.1016/S0021-9258(18)87254-4).

3. DOWNIE, A. W. Pneumococcal Transformation – A Backward View Fourth Griffith Memorial Lecture. **Microbiology**, v. 73, n. 1, 1972. Disponível em: <https://doi.org/10.1099/00221287-73-1-1>.

4. GRIFFITH, F. The Significance of Pneumococcal Types. **Journal of Hygiene**, v. 27, n. 02, p. 113-159, 1928. Disponível em: <https://doi.org/10.1017/s0022172400031879>.

### Outras referências:

BALTHAZAR, P. Crise de 1929. **Youtube, Terra à vista**. 5 ago. 2020. Disponível em: <https://youtu.be/ganb4CQwV4k>.

Canal Futura. Alberto Santos Dumont | Um Cientista, Uma História. **Youtube, Canal Futura**. 20 out. 2015. Disponível em: <https://youtu.be/dMRHfuqKDd0>.

COSTA, C.; PAIS, A. O que é a teoria da relatividade geral de Einstein?. **BBC NEWS Brasil**. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/geral-48398691>.

CROOKS, M. Apr 15, 1912 CE: Titanic Sinks. **National Geographic**. Disponível em: <https://education.nationalgeographic.org/resource/titanic-sinks/>.

Globalizando Conhecimento. HISTÓRIA DO ACRE | O Estado mais Ocidental do Brasil. **Youtube, Globalizando Conhecimento**. 17 fev. 2023. Disponível em: <https://youtu.be/3YuHZehizaQ>.

GONÇALVES, G. et al. Carlos Chagas - Ciência em Gotas. **Youtube, Fiocruz**. 13 fev. 2017. Disponível em: <https://youtu.be/9nkysMzPWzQ>.

GOUVEIA, R. Uma BREVE História da FORD no BRASIL. **Youtube, Urbanizar**. 18 jan. 2021. Disponível em: <https://youtu.be/35efHula9q8>.

História Contada. O Tratado de Versalhes (1919): Resumo completo - História Contada. **Youtube, História Contada**. 3 jul. 2017. Disponível em: <https://youtu.be/lfEwKerMMgQ>.

Historiar-te. PRIMEIRA GUERRA MUNDIAL - Resumo Desenhado. **Youtube, Historiar-te**. 12 mar. 2019. Disponível em: <https://youtu.be/ZfZAle8CVgg>.

Jornal Futura. A história da primeira medalha olímpica do Brasil. **Youtube, Jornal Futura - Canal Futura**. 2 ago. 2016. Disponível em: <https://youtu.be/Hbql2N0tkYs>.

MAGASANIK, B. *et al.* The separation and estimation of ribonucleotides in minute quantities. **Journal of Biological Chemistry**, v. 186, n. 1, p. 37-50, 1950. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0021-9258\(18\)56284-0](https://doi.org/10.1016/S0021-9258(18)56284-0).

NETTO, R. C. M. A identificação do material hereditário em bactérias. **USP e-aulas: Portal de Videoaulas**. Disponível em: <https://eaulas.usp.br/portal/video.action?idItem=6342>.

PEREIRA, G. Há 100 anos, sufragistas americanas conquistavam direito ao voto feminino. **CNN Brasil**. 18 ago. 2020. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/internacional/ha-100-anos-sufragistas-americanas-conquistavam-direito-ao-voto-feminino/>.

ROSA, Sandra R. G. **História e filosofia da ciência nos livros didáticos de biologia do ensino médio: análise do conteúdo sobre o episódio da transformação bacteriana e a sua relação com a descoberta do DNA como material genético**. 2008 108ff. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) - Universidade Estadual de Londrina, 2008.

SILVA, D. N. Gripe espanhola. **História no Mundo**. Disponível em: <https://www.historiadomundo.com.br/idade-contemporanea/gripe-espanhola.htm>.

The Nobel Prize. **The Nobel Prize in Chemistry 1911: Marie Curie, née Sklodowska**. Disponível em: <https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/1911/summary/>.

## CAPÍTULO 3 - PRIMEIRA FOTOGRAFIA

The Nobel Prize. **The Nobel Prize in Physics 1903: Marie Curie Facts**. Disponível em: <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/1903/marie-curie/facts/>.

1. MORANGE, M. **The Black Box of Biology: A History of the Molecular Revolution**. Cambridge: Harvard University Press, 2020.

2. ASTBURY, W. T.; BELL, F. O. X-Ray Study of Thymonucleic Acid. **Nature**, v. 141, n. 3573, p. 747-748, 1938. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/141747b0>.

3. ASTBURY, W. T.; BELL, F. O. Nature of the Intramolecular Fold in Alpha-Keratin and Alpha-Myosin. **Nature**, v. 147, n. 3736, p. 696-699, 1941. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/147696a0>.

4. WEAVER, W. Molecular Biology: Origin of the Term. **Science**, v. 170, n. 3958, p. 581-582, 1970. Disponível em: <https://doi.org/10.1126/science>.

5. KAY, L. E. **The Molecular Vision of Life: Caltech, the Rockefeller Foundation, and the Rise of the New Biology**. Oxônia: Oxford University Press, 1993.

### Outras referências:

Agência Brasil. Cristo Redentor completa 90 anos; curiosidades do cartão postal do Brasil. **Exame**. 12 out. 2021 Disponível em: <https://exame.com/casual/cristo-redentor-completa-90-anos-curiosidades-do-cartao-postal-do-brasil/>.

BELLIS, M. Charles Darrow and the Monopoly of Monopoly. **Thought Co**. 30 mai. 2019. Disponível em: <https://www.thoughtco.com/monopoly-monopoly-charles-darrow-4079786>.

BORTHOLE, F. *et al.* AMELIA EARHART - A história de uma INSPIRAÇÃO para as MULHERES. **Youtube, Aero Por Trás da Aviação**. Disponível em: <https://youtu.be/iltUC9kVIHc>.

d'AVILA, C. O que foi a Revolução de 1930?. **Youtube, História Chico Hits**. 26 out. 2020. Disponível em: <https://youtu.be/QvODMr6Aeso>.

DOMINGUES, J. E. Criado o programa de rádio "A Hora do Brasil". **Blog Ensinar História**. Disponível em: <https://ensinarhistoria.com.br/linha-do-tempo/criado-o-programa-de-radio-hora-do-brasil/>.

DOMINGUES, J. E. Estabelecido o voto feminino no Brasil. **Blog Ensinar História**. Disponível em: <https://ensinarhistoria.com.br/linha-do-tempo/estabelecido-o-voto-feminino-no-brasil/>.

IUCr Publications. William Thomas Astbury 1898-1961. IUCr. Disponível em: <https://www.iucr.org/publ/50yearsofxyraydiffraction/full-text/astbury>.

MAGALHÃES, G. Memória: conheça um pouco da história da USP. **Gazeta de São Paulo**. 15 dez. 2022. Disponível em: <https://www.gazetasp.com.br/estado/memoria-conheca-um-pouco-da-historia-da-usp/1118543>.

Museus do Rio. Histórico: Espaço Físico: prédio, território e entorno. **Museus do Rio**. Disponível em: <https://www.museusdorio.com.br/site/index.php/museus-cidade-do-rio/area-de-planejamento-1/item/69-museu-nacional-de-belas-artes-mnba>.

NUNES, L. A. O. Difração de Raio X. **Youtube, Oficiencia**. 22 jul. 2019 Disponível em: <https://youtu.be/wDhIK5A76vU>.

SACANI, S. COMO PLUTÃO foi DESCOBERTO. **Youtube, Cortes do Ciência Sem Fim [OFICIAL]**. 10 mar. 2023. Disponível em: <https://youtu.be/NUqIKasiEgw>.

SOUSA, L. Um dos aeroportos MAIS LINDOS do MUNDO é BRASILEIRO! | EP. 1093. **Youtube, Aviões e Músicas**. 5 fev. 2023. Disponível em: <https://youtu.be/ZV200HwCAWU>.

SOUZA, M. C. Copa do Mundo de 1938: História Completa. **Youtube, Dicas Educação Física**. 1 ago. 2022. Disponível em: <https://youtu.be/N67p57bDFpY>.

Thermo Scientific EM & Spectroscopy. 2 The Principle of the Electron Microscope. **Youtube, Thermo Scientific EM & Spectroscopy**. 19 dez. 2016. Disponível em: <https://youtu.be/ljTEG-B-kGc>.

## CAPÍTULO 4 - CROMOSSOMOS = DNA?

TheWorldofTrailers. Snow White and the Seven Dwarfs (1937): Trailer 1 HQ. **Youtube, TheWorldofTrailers**. 10 mar. 2010. Disponível em: <https://youtu.be/t1mEHegDehg>.

1. FLEMMING, W. **Zellsubstanz, Kern und Zelltheilung**. Alemanha: F.C.W Vogel, 1882.
2. WAYNE, R. O. **Plant Cell Biology: From Astronomy to Zoology**. Cambridge: Academic Press, 2009.
3. REZENDE, L. **Chronology Of Science**. Nova Iorque: Facts On File, 2006.
4. DAINTITH, J. **Biographical encyclopedia of scientists**. 3. ed. Nova Iorque: CRC Press, 2009.
5. CREMER, T.; CREMER, C. Centennial of Wilhelm Waldeyer's introduction of the term "chromosome" in 1888. *Cytogenetics and cell genetics*, v. 48, n. 2, p. 65–67, 1988. Disponível em: <https://doi.org/10.1159/000132590>.
6. HAND, C. **Cell Theory: The Structure and Function of Cells**. Nova Iorque: Cavendish Square Publishing, 2019.
7. PAINTER, T. S. The Y-chromosome in mammals. **Science**, v. 53, n. 1378, p. 503–504, 1921. Disponível em: <https://doi.org/10.1126/science.53.1378.503>.
8. PAINTER, T. S. Studies in mammalian spermatogenesis. II. The spermatogenesis of man. **Journal of Experimental Zoology**, v. 37, n. 3, p. 291–336, 1923. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/jez.1400370303>.
9. TIJO, J. H.; LEVAN, A. The chromosome number of man. **Hereditas**, v. 42, p. 1–6, 1956. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1601-5223.1956.tb03010.x>.
10. CASPERSSON, T.; SCHULTZ, J. Nucleic Acid Metabolism of the Chromosomes in Relation to Gene Reproduction. *Nature*, v. 142, n. 3589, p. 294–295, 1938. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/142294a0>.
11. MORANGE, M. **A History of Biology**. Nova Jersey: Princeton University Press, 2021.
12. SCHRÖDINGER, E. **What Is Life? The Physical Aspect of the Living Cell**. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1944.
13. SCHRÖDINGER, E. **O que é vida? O aspecto físico da célula viva**. Brasil: Ed. UNESP, 1997.
14. McCLINTOCK, B. Chromosome morphology in *Zea mays*. **Science**, v. 69, n. 1798, p. 629–629, 1929. Disponível em: <https://doi.org/10.1126/science.69.1798.629>.
15. McCLINTOCK, B. The stability of broken ends of chromosomes in *Zea mays*. *Genetics*, v. 26, n. 2, p. 234–282, 1941. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/genetics/26.2.234>.
16. McCLINTOCK, B. The origin and behavior of mutable loci in maize. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 36, n. 6, p. 344–355, 1950. Disponível em: <https://doi.org/10.1073/pnas.36.6.344>.

### Outras referências:

BOVERI, T. Über die Befruchtungs- und Entwicklungsfähigkeit kernloser Seeigel-Eier und über die Möglichkeit ihrer Bastardirung. **Archiv für Entwicklungsmechanik der Organismen**, v. 2, p. 394–443, 1895. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/BF02084312>.

CAPOZZI, R. ERWIN SCHRÖDINGER E A HISTÓRIA DOS FÍSICOS NA BIOLOGIA. **Youtube, Tópicos em História das Ciências**. 5 mai. 2021. Disponível em: <https://youtu.be/c3X9TLJnvJk>.

Da Vinci. Joe Hin Tjio - Know Your Chromosomes | One Stop Science Shop. **Youtube, Da Vinci**. 2 nov. 2018. Disponível em: <https://youtu.be/kCQJ26xRocw>.

DNA From the Beginning. Concept 8: Sex cells have one set of chromosomes; body cells have two. **DNAftb**. Disponível em: <http://www.dnaftb.org/8/bio.html>.

Genética e Biologia Molecular (USP E-disciplinas). Teoria cromossômica da herança: Comprovando a teoria. **USP E-disciplinas: Apoio às disciplinas**. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/mod/book/view.php?id=2438524&chapterid=20628>.

Handbook of Texas Online. Painter, Theophilus Shickel. **Texas State Historical Association**. Disponível em: <https://www.tshaonline.org/handbook/entries/painter-theophilus-shickel>.

HULSTON, N. Walter S. Sutton, MD: A Genius Goes To War. **KU Medical Center**. Disponível em: <https://www.kumc.edu/school-of-medicine/academics/departments/history-and-philosophy-of-medicine/archives/wwi/essays/biography/walter-sutton.html>.

Khan Academy Brasil. Teoria cromossômica de Boveri-Sutton| Genética clássica e genética molecular. **Youtube, Khan Academy Brasil**. 5 out. 2016. Disponível em: <https://youtu.be/u5SGwPEMh9c>.

National Library of Medicine. Profiles in Science - Barbara McClintock (1902-1992). **Youtube, National Library of Medicine**. 1 fev. 2021. Disponível em: <https://youtu.be/LrY78SwZ3lI>.

RAVINDRAN, S. Barbara McClintock and the discovery of jumping genes. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v.109, n. 50, p. 20198-20199, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1073/pnas.1219372109>.

SANTOS, F. D.; SILVA, A. F. G.; FRANCO, F. F. 110 anos após a hipótese de Sutton-Boveri: a teoria cromossômica da herança é compreendida pelos estudantes brasileiros?. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 21, n. 4, p. 977-989, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1516-731320150040012>.

SCHEUERLEIN, H. *et al.* Wilhelm von Waldeyer-Hartz-A Great Forefather: His Contributions to Anatomy with Particular Attention to "His" Fascia. **Frontiers in surgery**, v. 4, n. 74, 2017. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5723023/>.

SALLET, P. C. Prêmio Nobel: dinamite, neurociências e outras ironias. **Archives of Clinical Psychiatry (São Paulo)**, v. 36, n. 1, p. 38-40, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0101-60832009000100007>.

The Nobel Prize. **The Nobel Prize in Physiology or Medicine 1983: Barbara McClintock**. Disponível em: <https://www.nobelprize.org/prizes/medicine/1983/summary/>.

ZACHARIAS, H. Famous scholars from Kiel: Walther Flemming. **Christian-Albrechts-Universität zu Kiel**. Disponível em: <https://www.uni-kiel.de/grosse-forscher/index.php>.

## CAPÍTULO 5 - O PAPEL DO DNA

1. AVERY, O. T.; MacLEOD, C.; McCARTY, M. Studies on the chemical nature of the substance inducing transformation of pneumococcal types: induction of transformation by a desoxyribonucleic acid fraction isolated from pneumococcus type III. **Journal of Experimental Medicine**, v. 79, n. 2, p. 137-158, 1944. Disponível em: <https://doi.org/10.1084/jem.79.2.137>.

2. HERSHEY, A. D.; CHASE, M. C. Independent functions of viral protein and nucleic acid in growth of bacteriophage. **The Journal of general physiology**, v. 36, n. 1, p. 39-56, 1952. Disponível em: <https://doi.org/10.1085/jgp.36.1.39>.

3. HOLMES, F. L. **Meselson, Stahl, and the replication of DNA: a history of "the most beautiful experiment in biology"**. New Haven: Yale University Press, 2001.

4. MARKEL, H. **The Secret of Life: Rosalind Franklin, James Watson, Francis Crick, and the Discovery of DNA's Double Helix**. Nova Iorque: W. W. Norton Company, 2021.

### Outras referências:

Archivodichiara-por. Jogos Pan-Americanos em Buenos Aires 1951 – ARQUIVO. **Youtube, archivodichiara-por**. 22 fev. 2019. Disponível em: <https://youtu.be/xST5nPB1bHY>.

ARNEY, K. Martha Chase. **The Genetics Society Podcast**. Disponível em: <https://geneticsunzipped.com/transcripts/2019/3/28/kitchen-aid-martha-chase>.

Canal História e Tu. Mulheres na História #117: RAINHA ELIZABETH II, o reinado mais longo da história da Inglaterra. **Youtube, Canal História e Tu**. 10 nov. 2022. Disponível em: [https://youtu.be/\\_4eJBgd50MY?t=184](https://youtu.be/_4eJBgd50MY?t=184).

Computer History Archives Project ("CHAP"). Computer History: 1946 ENIAC Computer History Remastered FULL VERSION First Electronic Computer U.S. **Youtube, Computer History Archives Project ("CHAP")**. 14 mai. 2015. Disponível em: <https://youtu.be/bGk9W65vXNA>.

Cultura nordestina. História e evolução do Trio Elétrico. **Guia de turismo e viagem de Salvador, Bahia e Nordeste Brasileiro**. Disponível em: <https://www.bahia.ws/historia-do-trio-eletrico/>.

Força Aérea Brasileira. FAB comemora 77 anos da criação do Ministério da Aeronáutica. **Youtube, Força Aérea Brasileira**. 18 jan. 2018. Disponível em: <https://youtu.be/Mk3iZA5EVLw>.

GEORGINO, E. NASCE A TV BRASILEIRA: HÁ 70 ANOS, ACONTECIA A ESTREIA DA TV TUPI. **Aventuras na História**. 18 set. 2020. Disponível em: <https://aventurasnahistoria.uol.com.br/noticias/reportagem/historia-rede-tupi-tv.phtml>.

Historiar-te. SEGUNDA GUERRA MUNDIAL - Resumo Desenhado. **Youtube, Historiar-te**. 1 mai. 2019. Disponível em: <https://youtu.be/Vq90lj2ecU8>.

Jornal Nacional. Pesquisas científicas com humanos devem respeitar código de ética estabelecido há 74 anos. **G1 Globo**. 24 set. 2021. Disponível em: <https://g1.globo.com/jornal-nacional/noticia/2021/09/24/pesquisas-cientificas-com-humanos-devem-respeitar-codigo-de-etica-estabelecido-ha-74-anos.ghtml>.

Marilyn Monroe Video Archives. Marilyn Monroe At The Flower Shop - "Ladies Of The Chorus" 1948. **Youtube, Marilyn Monroe Video Archives**. 18 mar. 2016. Disponível em: <https://youtu.be/tvzS5i5J2s>.

MOTA, C. V. Como a Coreia virou dois países (e qual foi o papel de EUA e União Soviética). **Youtube, BBC News Brasil**. 10 jan. 2021. Disponível em: <https://youtu.be/FB7iCvS8FFI>.

TAVARES, M. Experiência de Alfred Hershey e Martha Chase. **Youtube, Aprender e Estudar em Casa**. 13 ago. 2021. Disponível em: <https://youtu.be/392kjeu77ak>.

Women in Science and Engineering. Martha Chase. **Cold Spring Harbor Laboratory**. 14 mar. 2018. Disponível em: <https://cshlwise.org/wise-wednesdays/martha-chase/>.

YANES, J. Oswald Avery, the Greatest Injustice in the History of the Nobel. **Open Mind BBVA**. 20 fev. 2019. Disponível em: <https://www.bbvaopenmind.com/en/science/leading-figures/oswald-avery-the-greatest-injustice-in-the-history-of-the-nobel/>.

## CAPÍTULO 6 - LIGAÇÕES DE H

1. HARDING, S.; CHANNELL, G.; PHILLIPS-JONES, M. K. The discovery of hydrogen bonds in DNA and a re-evaluation of the 1948 Creeth two-chain model for its structure. **Biochemical Society transactions**, v. 46, n. 5, p. 1171-1182, 2018. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6195643/>.

2. GULLAND, J. M.; JORDAN, D. O.; THRELFALL, C. J. Deoxypentose nucleic acids, part I. Preparation of the tetrasodium salt of the deoxypentose nucleic acid of calf thymus. **Journal of the Chemical Society**, v. 212, p. 1129-1130, 1947. Disponível em: <https://doi.org/10.1039/jr9470001129>.

3. GULLAND, J.M.; JORDAN, D.O.; TAYLOR, H.F.W. Deoxypentose nucleic acids, part II. Electrometric titration of the acidic and basic groups of the deoxypentose nucleic acid of calf thymus. **Journal of the Chemical Society**, v. 213, p. 1131-1141, 1947. Disponível em: <https://doi.org/10.1039/jr9470001131>.

4. CREETH, J.M.; GULLAND, J.M.; JORDAN, D.O. Deoxypentose nucleic acids, part III. Viscosity and streaming birefringence of solutions of the sodium salt of the deoxypentose nucleic acid of calf thymus. **Journal of the Chemical Society**, v. 214, p. 1141-1145, 1947. Disponível em: <https://doi.org/10.1039/jr9470001141>.

5. CREETH, J.M. **Some Physico-chemical Studies on Nucleic Acids and Related Substances**. 1947. Tese (Doutorado em Filosofia). University of London, Londres, 1947.

6. COOK, J. W. Obituary Notice (John Masson Gulland, 1898-1947). **Biochemical Journal**, v. 43, n. 2, p. 161-162, 1948. Disponível em: <https://doi.org/10.1042/bj0430161>.

### Outras referências:

British Pathé. Scottish Express Crashes (1947). **Youtube, British Pathé**. 13 abr. 2014. Disponível em: <https://youtu.be/g1N0fWbg3p8>.

Harding, S. Dr Michael Creeth: Scientist who helped pave the way for Watson and Crick. **Independent**. 30 mar. 2010. Disponível em: <https://www.independent.co.uk/news/obituaries/dr-michael-creeth-scientist-who-helped-pave-the-way-for-watson-and-crick-1930695.html>.

HAWORTH, R. D. John Masson Gulland 1898–1947. **Obituary Notices of Fellows of the Royal Society**, v. 6, n. 17, p. 67–82, 1948. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/768912>.

## CAPÍTULO 7 - COMPOSIÇÃO DO DNA

1. HOTCHKISS R. D. The quantitative separation of purines, pyrimidines, and nucleosides by paper chromatography. **The Journal of biological chemistry**, v. 175, n. 1, p. 315–332, 1948. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0021-9258\(18\)57261-6](https://doi.org/10.1016/S0021-9258(18)57261-6).
2. CHARGAFF, E.; ZAMENHOF, S.; GREEN, C. Human Desoxypentose Nucleic Acid: Composition of Human Desoxypentose Nucleic Acid. **Nature**, v. 165, n. 4202, p. 756–757, 1950.
3. CHARGAFF, E. Some recent studies on the composition and structure of nucleic acids. **Journal of Cellular and Comparative Physiology**, v. 38, n. S1, p. 41–59, 1951. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/jcp.1030380406>.

### Outras referências:

Bionity. Erwin Chargaff. **Bionity.com**. Disponível em: [https://www.bionity.com/en/encyclopedia/Erwin\\_Chargaff.html](https://www.bionity.com/en/encyclopedia/Erwin_Chargaff.html).

Coltec Tube. #QUÍMICA - CROMATOGRAFIA EM PAPEL. **Youtube, Coltec Tube**. 6 mai. 2017. Disponível em: <https://youtu.be/ASHaCoswGtQ>.

Famous Scientists. Erwin Chargaff. **Famous Scientists: the art of genius**. Disponível em: <https://www.famousscientists.org/erwin-chargaff>.

PhilosophieKanal. Erwin Chargaff (1905–2002) - Gespräch 1/4. **Youtube, PhilosophieKanal**. 5 fev. 2011. Disponível em: <https://youtu.be/Xs05dZiEX5A>.

WTKIN, E. M. **Rollin Douglas Hotchkiss 1911 – 2004**. Washington, D.C.: National Academy Of Sciences, 2009. Disponível em: <http://www.nasonline.org/publications/biographical-memoirs/memoir-pdfs/hotchkiss-rollin.pdf>.

## CAPÍTULO 8 - QUANTIDADE DE DNA

1. BOIVIN, A.; VENDRELY, R.; VENDRELY, C. L'acide désoxyribonucléique du noyau cellulaire, dépositaire des caractères héréditaires; arguments d'ordre analytique. **Comptes rendus hebdomadaires des seances de l'Academie des sciences**, v. 226, n. 13, p. 1061–1063, 1948. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18862109/>.
2. VENDRELY, R.; VENDRELY, C. La teneur du noyau cellulaire en acide désoxyribonucléique à travers les organes, les individus et les espèces animales. **Experientia**, v. 4, n. 11, p. 434–436, 1948. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/bf02144998>.
3. MIRSKY, A. E.; RIS, H. Variable and Constant Components of Chromosomes. **Nature**, v. 163, n. 4148, p. 666–667, 1949. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/163666a0>.
4. LEUCHTENBERGER, C.; VENDRELY, R.; VENDRELY, C. A comparison of the content of desoxyribosenucleic acid (DNA) in isolated animal nuclei by cytochemical and chemical methods. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 37, n. 1, p. 33–38, 1951. Disponível em: <https://doi.org/10.1073/pnas.37.1.33>.
5. LEUCHTENBERGER, C.; SCHRADER, F. Relationship between nuclear volumes, amount of intranuclear proteins and desoxyribosenucleic acid (DNA) in various rat cells. **The Biological Bulletin**, v. 101, n. 1, p. 95–98, 1951. Disponível em: <https://doi.org/10.2307/1538504>.

### Outras referências:

CAVAILLON, J. M. “André Boivin: A pioneer in endotoxin research and an amazing visionary during the birth of molecular biology. **Innate immunity**, v. 26, n. 3 p. 165–171, 2020. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7144033/>.

COHEN, S. S. **Biographical Memoirs**: Volume 73 Alfred Ezra Mirsky. National Academies of Sciences, Engineering and Medicine. Washington, D.C.: The National Academies Press, 1998. Disponível em: <https://doi.org/10.17226/9650>.

MALECKI, M. Hans Ris—from chromatin fibres, through nuclear tracks, to nuclear pores. **Trends in cell biology**, v. 10, n. 11, 494–499, 2000. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/s0962-8924\(00\)01805-5](https://doi.org/10.1016/s0962-8924(00)01805-5).

MIRSKY, A. E.; PAULING, L. C. On the Structure of Native, Denatured, and Coagulated Proteins. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 22, n. 7, p. 439–447, 1936. Disponível em: <https://doi.org/10.1073/pnas.22.7.439>.

## CAPÍTULO 9 - A ESTRUTURA DO DNA

1. FURBERG, S. V. **An X-ray study of some nucleosides and nucleotides**. 1949. Tese (Doutorado). University of London, Londres, 1949.
2. FURBERG, S. V. On the structure of nucleic acids. *Acta Chemica Scandinavica*, v. 6, p. 634-640, 1952. Disponível em: [http://actachemscand.org/pdf/acta\\_vol\\_06\\_p0634-0640.pdf](http://actachemscand.org/pdf/acta_vol_06_p0634-0640.pdf).
3. PAULING, L. C.; COREY, R. B. A Proposed Structure For The Nucleic Acids. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 39, n. 2, p. 84-97, 1953. Disponível em: <https://doi.org/10.1073/pnas.39.2.84>.
4. WATSON, J. D.; CRICK, F. H. C. Molecular Structure of Nucleic Acids: A Structure for Deoxyribose Nucleic Acid. *Nature*, v. 171, n. 4356, p. 737-738, 1953. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/171737a0>.

### Outras referências:

- BELLUZ, J. DNA scientist James Watson has a remarkably long history of sexist, racist public comments. *Vox*. 15 jan. 2019. Disponível em: <https://www.vox.com/2019/1/15/18182530/james-watson-racist>.
- DNA Learning Center. Triple Helix. **Youtube, DNA Learning Center**. 22 mar. 2010. Disponível em: <https://youtu.be/pR0zwrLSai4>.
- Linus Pauling and The Race for DNA. Denied Passport. (1:30). **Special Collection & Archives Research Center**. Disponível em: <http://scarc.library.oregonstate.edu/coll/pauling/dna/video/1977v.1-passport.html>.
- Linus Pauling and The Race for DNA. Developing an Idea of the DNA Structure. (1:38). **Special Collection & Archives Research Center**. Disponível em: <http://scarc.library.oregonstate.edu/coll/pauling/dna/video/1973v.3-irregular.html>.
- Linus Pauling and The Race for DNA. Pauling Discovers the Alpha-Helix. (2:40). **Special Collection & Archives Research Center**. Disponível em: <http://scarc.library.oregonstate.edu/coll/pauling/dna/video/1973v.3-alpha.html>.
- Oregon State University. **Linus Pauling Biography**. Disponível em: <https://pi.oregonstate.edu/about/linus-pauling-biography>.
- PEDERSEN, B. Sven Furberg. **Store Norske Leksikon**. 8 mar. 2023. Disponível em: [https://snl.no/Sven\\_Furberg](https://snl.no/Sven_Furberg).
- University of California Television (UCTV). Linus Pauling - Conversations with History. **Youtube, University of California Television (UCTV)**. 15 ago. 2008. Disponível em: <https://youtu.be/WHzG3nTA27M>.
- WATSON, J. How I discovered DNA - James Watson. **Youtube, TED-Ed**. 26 jul. 2013. Disponível em: <https://youtu.be/RvdxGDJogtA>.

## CAPÍTULO 10 – AS FOTOS DO DNA

1. MORANGE, M. **A History of Biology**. Nova Jersey: Princeton University Press, 2021.
2. WILKINS, M. H. F.; STOKES, A. R.; WILSON, H. R. Molecular Structure of Nucleic Acids: Molecular Structure of Deoxypentose Nucleic Acids. *Nature*, v. 171, n. 4356, p. 738-740, 1953. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/171738a0>.
3. BRADLEY, K. B. **She Persisted**: Rosalind Franklin. Nova Iorque: Penguin Random House LLC, 2022.
4. FRANKLIN, R. E.; GOSLING, R. G. Molecular Configuration in Sodium Thymonucleate. *Nature*, v. 171, n. 4356, p. 740-741, 1953. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/171740a0>.
5. WATSON, J. D. **The Double Helix**: a Personal Account of the Discovery of the Structure of DNA. Nova Iorque: New American Library, 1968.
6. ATTAR, N. Raymond Gosling: the man who crystallized genes. *Genome biology*, v. 14, n. 4, 2013. Disponível em: <https://genomebiology.biomedcentral.com/articles/10.1186/gb-2013-14-4-402>.
7. SAYRE, A. **Rosalind Franklin and DNA**. Reino Unido: W. W. Norton & Company, 2000.

### Outras referências:

- CHILDS, M. Professor Raymond Gosling: The pioneer in X-ray diffraction photography. *Independent*. 9 jul. 2015. Disponível em: <https://www.independent.co.uk/news/obituaries/professor-raymond-gosling-the-pioneer-in-xray-diffraction-photography-10375951.html>.
- Google. "DNA and the Brain" - Dr. James Watson speaks at Google. **Youtube, Google**. 16 jul. 2007. Disponível em: <https://youtu.be/Z6ZfrXHgiVY>.

GUERRA, C. L.; BISHOP, C. Rosalind Franklin: a heroína injustiçada do DNA. **Youtube, TED-Ed**. 11 jul. 2016. Disponível em: <https://youtu.be/BIP0lYrdirI>.

King's College London. Ray Gosling on DNA research. **Youtube, King's College London**. 17 out. 2011. Disponível em: [https://youtu.be/e9-ti4\\_LY68](https://youtu.be/e9-ti4_LY68).

Linus Pauling and The Race for DNA. Initial Investigations by Maurice Wilkins. (2:12). **Special Collection & Archives Research Center**. Disponível em: <http://scarc.library.oregonstate.edu/coll/pauling/dna/video/1973v.3-wilkins.html>.

The Nobel Prize. **The Nobel Prize in Physiology or Medicine 1962**: Francis Crick, James Watson, Maurice Wilkins. Disponível em: <https://www.nobelprize.org/prizes/medicine/1962/summary/>.

WILKINS, M. **Maurice Wilkins: The Third Man of the Double Helix: An Autobiography**. Reino Unido, OUP Oxford, 2005.

# ÍCONES:



Pipoca ícones criados por  
**justicon** - Flaticon



Planeta ícones criados  
por **Freepik** - Flaticon



Microfone ícones criados  
por **Freepik** - Flaticon



School ícones criados por  
**Freepik** - Flaticon



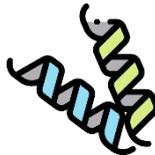
Art ícones criados por  
**Freepik** - Flaticon



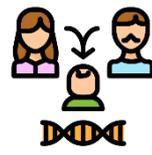
Newspaper ícones criados  
por **Uniconlabs** - Flaticon



Cheese ícones criados  
por **Freepik** - Flaticon



Protein ícones criados  
por **Freepik** - Flaticon



Heredity ícones criados  
por **dDara** - Flaticon



Question ícones criados  
por **Freepik** - Flaticon



Bactérias ícones criados  
por **Freepik** - Flaticon



Câmera instantânea ícones  
criados por **Freepik** - Flaticon



Questão ícones criados  
por **Freepik** - Flaticon



Neurônio ícones criados  
por **Freepik** - Flaticon



Brasil ícones criados por  
**Freepik** - Flaticon



Milho ícones criados por  
**Freepik** - Flaticon



Caderno ícones criados por  
**surang** - Flaticon



Liquidificador ícones criados  
por **Freepik** - Flaticon