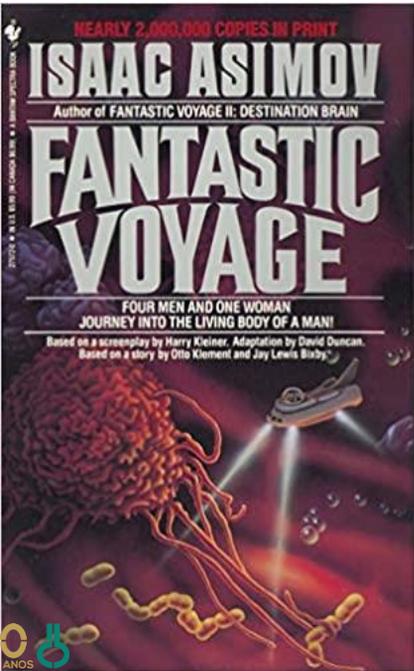




1

- **INTRODUÇÃO (4 slides)**
- **História (10 slides)**
- **Conceitos (13 slides)**
 - **O que é virulência? (6 slides)**
 - **Epidemiologia (4 slides)**
- **Morfologia dos Parasitas (2 slides)**
- **Biologia Celular e Molecular dos Parasitas (3 slides)**
- **Imunologia dos Parasitas (5 slides)**
- **Biologia Comparada e Evolução (14 slides)**
 - **Evolução do Parasitismo (6 slides)**

2

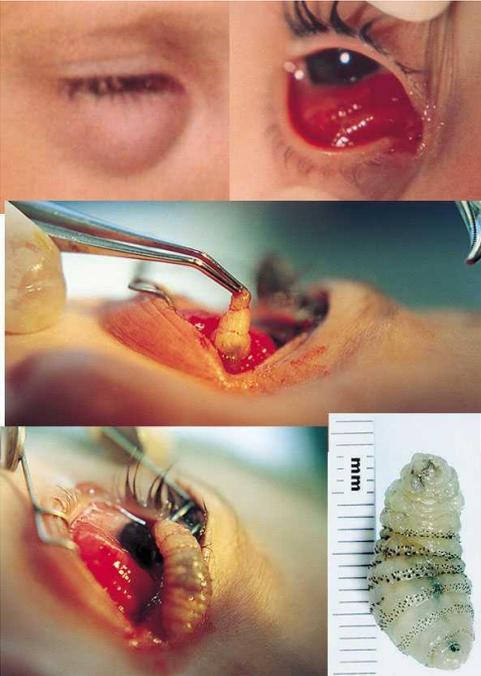


Parasitologia, a viagem dos parasitas pelo corpo humano!

E o que eles encontram pelo caminho...

03/78

3



Como um parasita pode afetar o seu hospedeiro

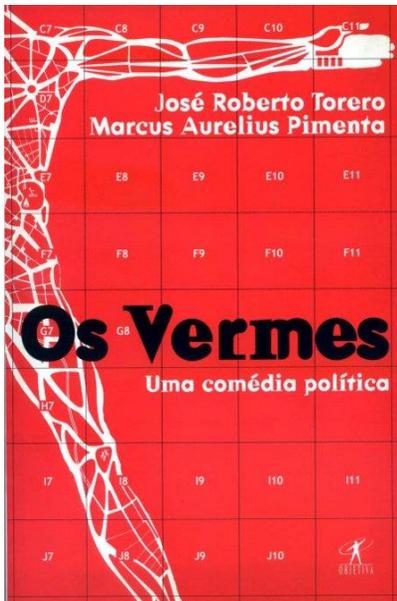
Ovos de *Dermatobia hominis*

Caso raro de miíase ocular

04/78

4

O desprezo pelos parasitas



“Vermes e políticos têm mais em comum do que se pensa. Ambos fazem caminhos tortuosos, estão em todos os lugares e preocupam-se antes de tudo, com sua sobrevivência. Há porém uma diferença: os políticos tentam entender a natureza da política, os vermes a política da natureza. Eu, que conheci esses dois tipos de seres, sei do que estou falando.”

Nicolau Maquiavel
(psicografado por Torero & Pimenta)



05/78

5

Parasitoses em humanos



Categoria de Doença	Infectados	Mortes por ano
Todos os Helmintos	4,46 bilhões	
<i>Ascaris lumbricoides</i>	1221 milhões	60 mil
Ancilostomídeos	740 milhões	65 mil
<i>Trichuris trichiura</i>	795 milhões	10 mil
Filárias	657 milhões	20-50+ mil
Esquistossomas	200 milhões	20 milhões
Malária	298-659 milhões	1-2 milhões
<i>Entamoeba histolytica</i>	50 milhões	40 mil



modif. de Schmidt & Robert's Foundations of Parasitology - 8a. edição

06/78

6

HISTÓRIA



Sam Eliot – Universidade Federal de Viçosa - 2021

07/78

7

“Se você não sabe de onde vem, não sabe onde está, e se não sabe onde está, não sabe para onde está indo. E se você não sabe para onde está indo, provavelmente está indo para o lugar errado.”

Terry Pratchett, *I Shall Wear Midnight*

Livros disponíveis em: <https://www.biodiversitylibrary.org>
ou <https://www.europeana.eu/en>



08/78

8

Os parasitas antes da parasitologia

Vaso de libações de Gudea (século XXI AEC)



"Ao deus NINGISZIDA, SEU DEUS, GUDEA, ENSI (GOVERNADOR) DE LAGASH, PELO PROLONGAMENTO DE SUA VIDA, DEDICOU ESTE "



Papiro de Ebers (1550-1536 AEC)



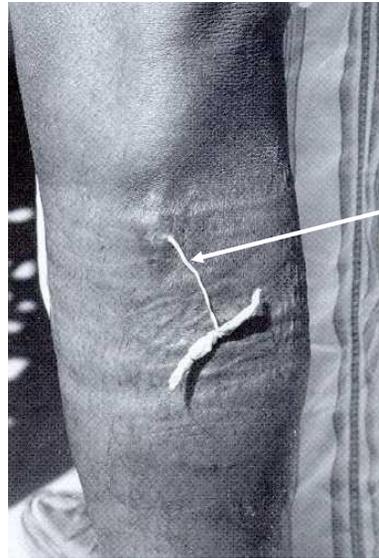
09/78

9

O Símbolo da medicina é um verme?



A arte de retirar um Dracunculus (1674)



Dracunculus adulto

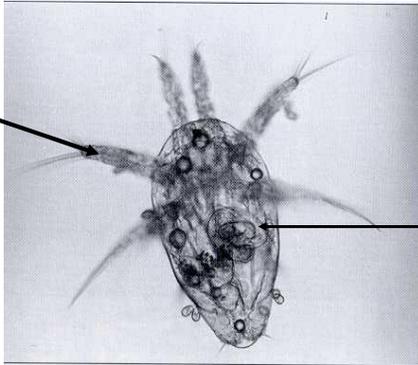


010/7

10

O Símbolo da medicina é um verme?

Náuplio de Cyclops



De $3,5 \times 10^6$ casos em 1986 a 25 casos em 2016

[https://doi.org/10.1016/S0169-4758\(99\)01427-1](https://doi.org/10.1016/S0169-4758(99)01427-1)
[https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)32553-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)32553-8)

Larva de *Dracunculus*



11/78

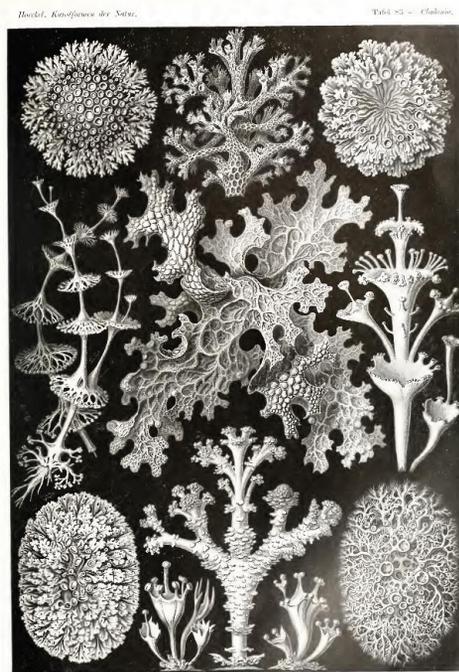
11

ORIGENS

1879 Heinrich Anton de Bary
 Define **simbiose** como o fenômeno
 que ocorre quando 'dois
 organismos diferentes vivem juntos'



1831-1888

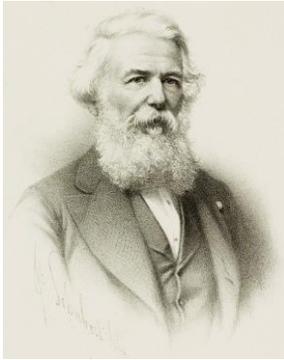


Lichenes. — Friesen.

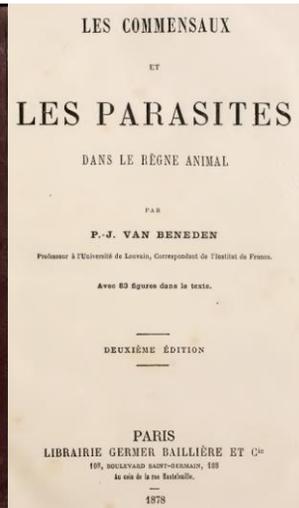
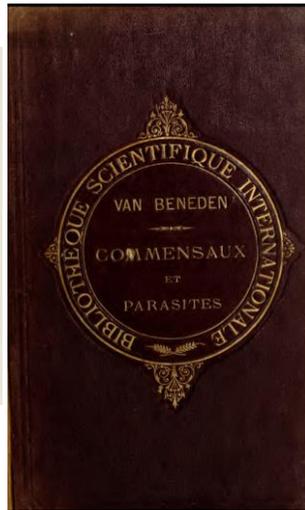


12/78

12



Pierre-Joseph van Beneden
(1809 - 1894)



Piotr Kropotkin 1842-1921

Geógrafo e Anarquista

Auxílio Mútuo: um fator na evolução (1902)

Dois aspectos da vida animal me impressionaram muito durante as viagens que eu fiz na minha juventude na Sibéria oriental e Manchúria do norte. Uma delas foi a extrema severidade do esforço ("struggle) pela existência que a maioria das espécies animais têm que travar contra uma Natureza inclemente; a enorme destruição da vida que periodicamente resulta dos fenômenos naturais; e a conseqüente escassez de seres vivos sobre o vasto território que eu pude observar. E o outro era, que mesmo nos pequenos pontos onde a vida animal pululava, eu nunca descobri - apesar de muito procurar por ela - a "luta encarniçada" pelos meios de existência, entre animais que pertenciam a mesma espécie, que era considerada por muitos Darwinistas (apesar de nem sempre pelo próprio Darwin) como a característica dominante da luta (struggle) pela vida, e o principal fator da evolução.

Geógrafo e Anarquista

Auxilio Mútuo: um fator na evolução (1902)

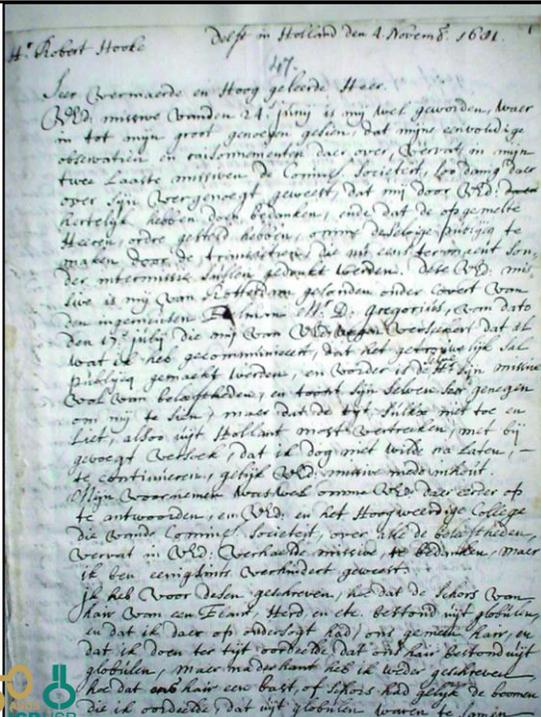


Dois aspectos da vida animal me impressionaram muito durante as viagens que eu fiz na minha juventude na Sibéria oriental e Manchuria do norte. Uma delas foi a extrema severidade do esforço ("struggle") pela existência que a maioria das espécies animais têm que travar contra uma Natureza inclemente; a enorme destruição da vida que periodicamente resulta dos fenômenos naturais; e a conseqüente escassez de seres vivos sobre o vasto território que eu pude observar. E o outro era, que mesmo nos pequenos pontos onde a vida animal pululava, eu nunca descobri - apesar de muito procurar por ela - a "luta encarniçada" pelos meios de existência, entre animais que pertenciam a mesma espécie, que era considerada por muitos Darwinistas (apesar de nem sempre pelo próprio Darwin) como a característica dominante da luta (struggle) pela vida, e o principal fator da evolução.



15/78

15



Carta de Leeuwenhoek a Robert Hooke (presidente da Royal Society) de 4/nov/1681 descrevendo a *Giardia* que ele observou nas próprias fezes:

My excrement being so thin, I was at divers times persuaded to examine it; and each time I kept in mind what food I had eaten, and what drink I had drunk, and what found afterwards. I have sometimes seen animalcules a-moving very prettily. . . .

Ford, *Microscope* 53:147-153, 2005

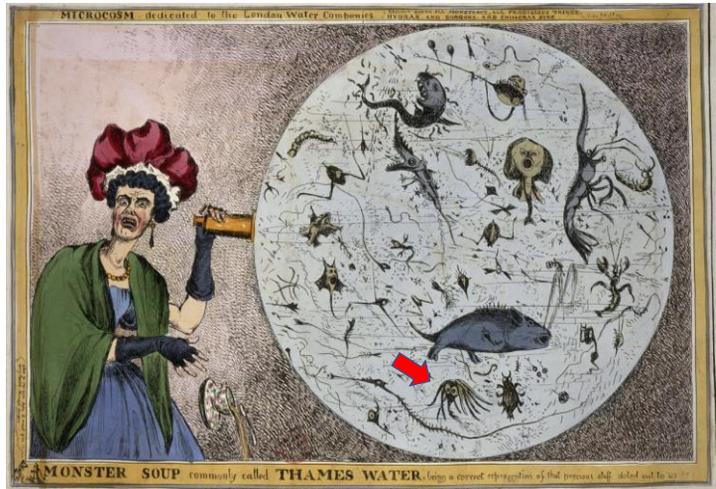
16/78

16

Faraday entrega seu cartão de visitas para o "papai Tâmis" (1855)



"Sopa de Monstros, comumente chamada de água do Tâmis" Dedicado a "London Water Companies" 1828



<https://bit.ly/2UCYPgw>

17/78

17

Faraday entrega seu cartão de visitas para o "papai Tâmis" (1855)



"Sopa de Monstros, comumente chamada de água do Tâmis" Dedicado a "London Water Companies" 1828



https://www.britishmuseum.org/collection/object/P_1935-0522-4-121

18/78

18

CONCEITOS



Explicações para Fenômenos Biológicos

“PROXIMAL”(COMO?) - Os mecanismos físicos por trás do fenômeno.

Como a íris fica escura depois do nascimento?

Como um embrião vira macho?

Como o mosquito encontra a vítima?

“DISTAL”(POR QUE?) - A função evolutiva por trás do fenômeno

Por que muitos olhos são marrons?

Por que a razão sexual do ser humano é 50:50?

Por que o mosquito infectado com *Plasmodium* pica mais?

“Nada faz sentido na biologia exceto à luz da evolução”
(Dobzhansky, 1973)



Obs. Cuidado - podemos fazer o mesmo tipo de pergunta - proximal ou distal com “como” ou “por que”

SIMBIOSE

Uma interação **INTERESPECÍFICA** na qual os organismos passam juntos um período significativo das suas vidas.

HOSPEDEIRO: O organismo com o qual o **SIMBIONTE** se associa. Geralmente maior e de vida mais longa.

SIMBIONTE: O (micro-?) organismo que vive em associação com o **HOSPEDEIRO**. Geralmente menor e de vida mais curta.



PARASITISMO

Uma Simbiose na qual o **FITNESS** do hospedeiro é reduzido devido à presença do **PARASITA**

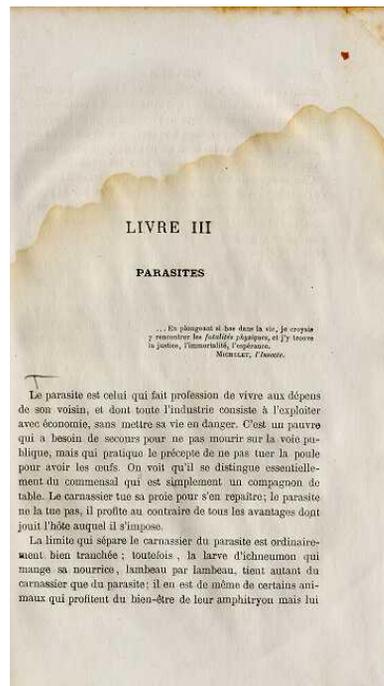
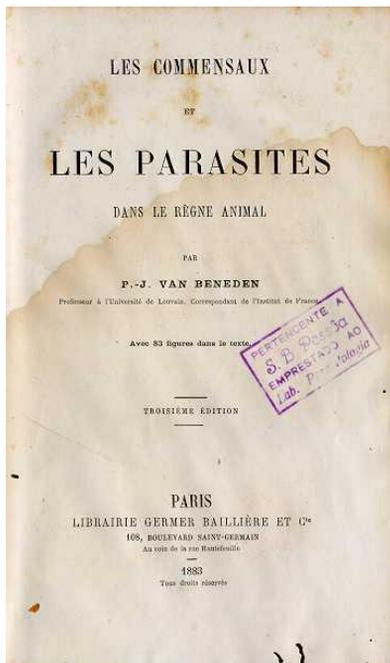
FITNESS (tradução = **APTIDÃO**): A contribuição genética de um organismo para a próxima geração. Sobrevivência e reprodução são os grandes contribuintes para o **FITNESS**.

PARASITA: um **SIMBIONTE** que reduz o **FITNESS** do seu **HOSPEDEIRO**.



Comparação entre efeitos da Predação e do Parasitismo

	PREDADOR	PARASITA
Vítima conhecida como	PRESA	HOSPEDEIRO
Maneira de se alimentar na vítima individual	CONSUMO DESTRUTIVO	COLETA OU AMOSTRAGEM
Letal para a vítima?	SIM, GERALMENTE	EXCEPCIONALMENTE
Tamanho, comparado com vítima	MAIOR (ou mais forte)	MENOR ou MUITO MENOR
População comparada com a da vítima	MENOR	MAIOR ou MUITO MAIOR
Encontro com a vítima	MOMENTÂNEO e/ou REPETIDO	PROLONGADO
Efeito de agrupamento das vítimas	PODE PROTEGER A PRESA	AUMENTA O PARASITISMO
Doença causada?	RARA E INDIRETA ATRAVÉS DE STRESS	COMUM, DIRETA: VARIA MUITO



O parasita é aquele que tem como profissão viver às custas de seu vizinho, e cujo trabalho consiste em explorá-lo com economia, sem colocar a sua vida em risco. É um pobre que tem necessidade de socorro para não morrer na rua, mas que tem como política não matar a galinha para conseguir os ovos. Vemos que ele se distingue do comensal que é simplesmente um companheiro de refeição. O carnívoro mata a sua presa para se alimentar; o parasita não a mata, ele se aproveita de todas as vantagens que o hospedeiro lhe oferece.

LIVRE III
PARASITES

Le parasite est celui qui fait profession de vivre aux dépens de son voisin, et dont toute l'industrie consiste à l'exploiter avec économie, sans mettre sa vie en danger. C'est un pauvre qui a besoin de secours pour ne pas mourir sur la voie publique, mais qui pratique le précepte de ne pas tuer la poule pour avoir les œufs. On voit qu'il se distingue essentiellement du commensal qui est simplement un compagnon de table. Le carnassier tue sa proie pour s'en repaître; le parasite ne la tue pas, il profite au contraire de tous les avantages dont jouit l'hôte auquel il s'impose.

La limite qui sépare le carnassier du parasite est ordinairement bien tranchée; toutefois, la larve d'écheumon qui mange sa nourrice, lambeau par lambeau, tient autant du carnassier que du parasite; il en est de même de certains animaux qui profitent du bien-être de leur amphitryon mais lui

50 ANOS ICB USP

25

Definição moderna de Parasitismo

Parasitismo é uma associação obrigatória entre duas espécies distintas nas quais a dependência do parasita pelo hospedeiro é metabólica, envolvendo a troca mútua de substâncias. Essa dependência é o resultado de uma perda de informação genética por parte do parasita. [Noble & Noble, 1982]

TIPOS de PARASITAS

Se um parasita vive na superfície do seu hospedeiro ele é chamado de **ECTOPARASITA**.
Se um parasita vive dentro do seu hospedeiro ele é chamado de **ENDOPARASITA**

A maioria dos parasitas são **PARASITAS OBRIGATÓRIOS**; isto é eles não podem completar seu ciclo de vida sem passar ao menos parte de seu tempo numa relação parasitária.

PARASITAS FACULTATIVOS não são normalmente parasitas mas podem se tornar quando são acidentalmente ingeridos ou entram por uma ferida ou outro orifício na pele.

Quando um parasita entra ou adere ao corpo de uma espécie de hospedeiro diferente da normal, êle é chamado de **PARASITA ACIDENTAL**.

Apesar de um parasita geralmente não matar seu hospedeiro, os **PARASITOIDES** sempre matam seus hospedeiros. É o caso das fases imaturas de alguns insetos que vivem no interior de outros.



27/78

27

TIPOS de HOSPEDEIROS

HOSPEDEIRO DEFINITIVO - O hospedeiro definitivo é aquele no qual um parasita atinge a maturidade sexual e se reproduz.

HOSPEDEIRO INTERMEDIÁRIO - O hospedeiro no qual ocorre algum desenvolvimento do parasita mas onde ele não atinge a maturidade sexual.

HOSPEDEIRO PARATÊNICO OU DE TRANSPORTE - Algumas vezes o parasita entra num hospedeiro no qual ele não sofre nenhum desenvolvimento mas permanece vivo até conseguir chegar ao hospedeiro definitivo ou intermediário. Esses hospedeiro são importantes para completar o ciclo de vida de alguns parasitas pois acredita-se que eles servem para passar por um ambiente no qual nem o hospedeiro intermediário nem o definitivo vivem.

HOSPEDEIRO RESERVATÓRIO - Um animal que é utilizado por um parasita como refúgio temporário até atingir seu hospedeiro apropriado.

VETOR - Um micropredador que transmite um parasita de um hospedeiro para o próximo. Desenvolvimento do parasita dentro do vetor pode ou não ocorrer.

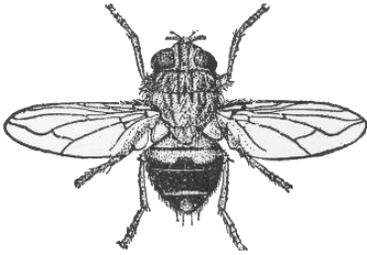


28/78

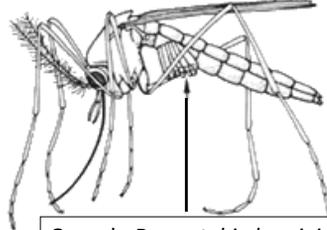
28

As dificuldades da Parasitologia:

As fases do ciclo de vida do berne

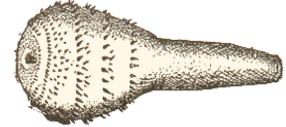


Micropredador?
Parasita?
N.A.



Ovos de *Dermatobia hominis*

Vetor?
Hospedeiro de Transporte?
Foronte?



Ectoparasita?
Endoparasita?
Parasita acidental?



Quem é o hospedeiro definitivo?

29/78

29

MUTUALISMO

Uma interação **INTERESPECÍFICA** na qual o **FITNESS** de cada parceiro é aumentado na presença do outro

OBRIGATÓRIO: Para um ou ambos os parceiros, a vida não segue sem a interação com o outro

FACULTATIVO: Ao menos um dos organismos parceiros não depende desta interação



Sam Eliot – Universidade Federal de Viçosa - 2021

30/78

30

MUTUALISMO?



Homo sapiens & Gallus gallus domesticus

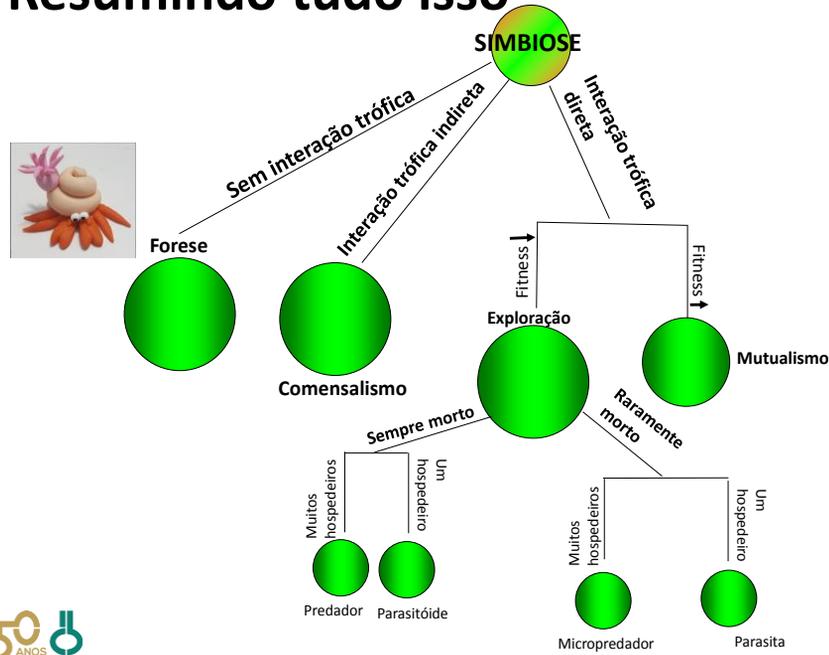


Sam Eliot – Universidade Federal de Viçosa - 2021

31/78

31

Resumindo tudo isso



modif. De Goater et al. - Parasitism – 2nd ed - 2014

32/78

32

O QUE É VIRULÊNCIA?

33

PARASITISMO

Pergunta:
Onde está a Virulência
neste slide?

Pergunta:
Como medir a Virulência?

Uma Simbiose na qual o **FITNESS** do hospedeiro é
reduzido devido à presença do **PARASITA**

FITNESS (tradução = contribuição genética para a próxima geração. Sobrevivência e reprodução são os grandes contribuintes para o **FITNESS**.)

Pergunta:
Como a seleção natural
vai agir na virulência?

PARASITA: um **SIMBIONTE** que
reduz o **FITNESS** do seu
HOSPEDEIRO.

34

Virulência -> expressa como a redução do valor adaptativo de um hospedeiro parasitado em relação a um hospedeiro não-parasitado.

Um parasita de alta virulência é o que mata o hospedeiro rapidamente, reduzindo seu valor adaptativo a zero.

Metchnikoff, bactérias e longevidade

THE PROLONGATION OF LIFE

OPTIMISTIC STUDIES

BY
ÉLIE METCHNIKOFF
SUB-DIRECTOR OF THE PASTEUR INSTITUTE, PARIS

1907

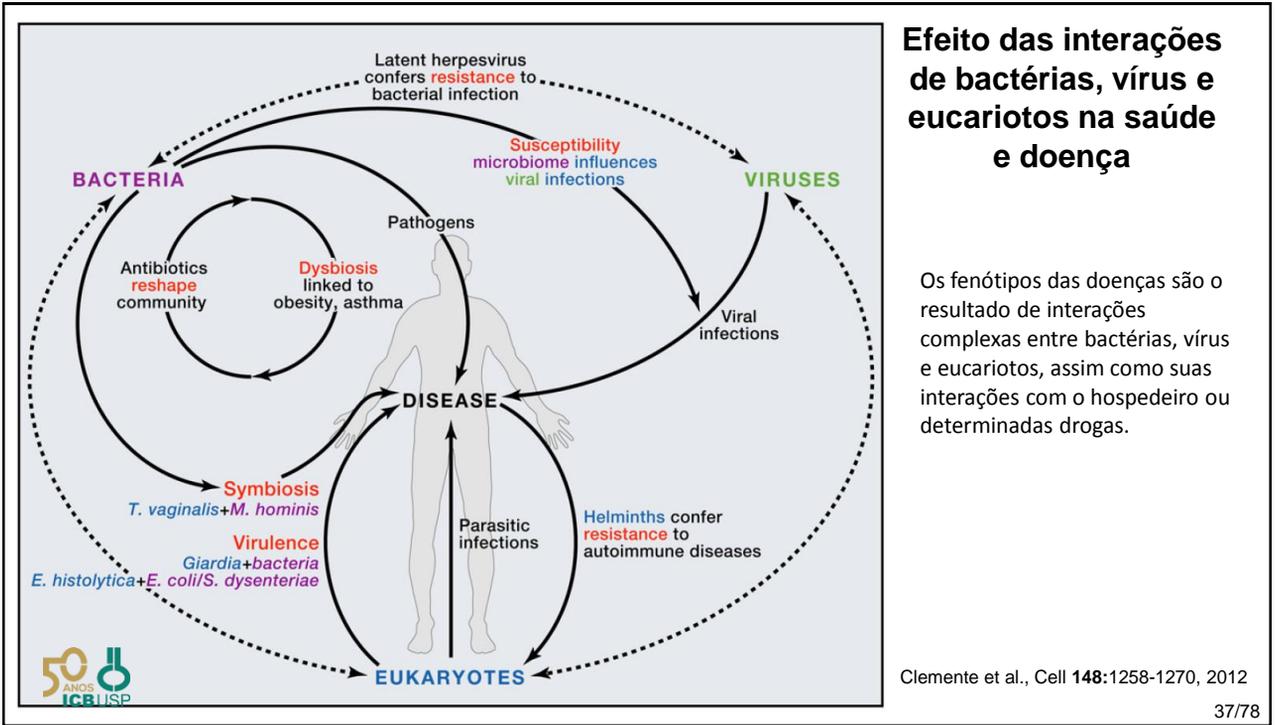
IV

MICROBES AS THE CAUSE OF SENILITY

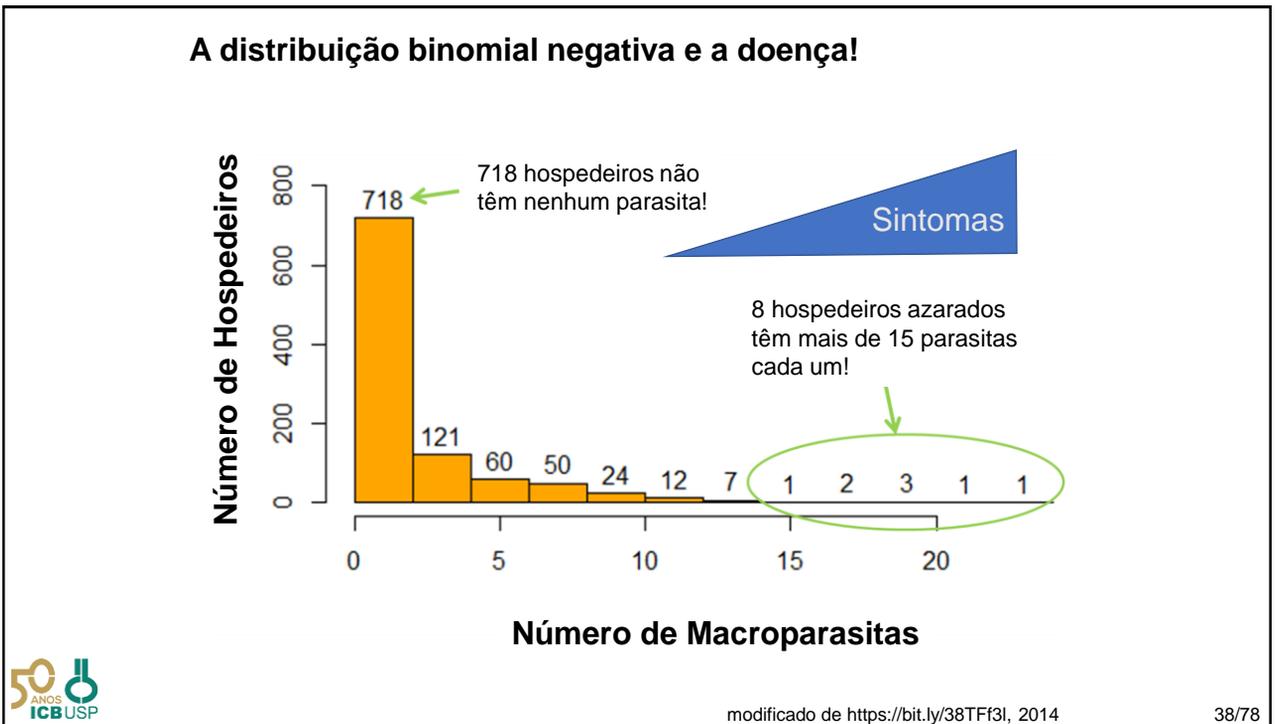
Relations between longevity and the intestinal flora—Ruminants—The Horse—Intestinal flora of birds—Intestinal flora of cursorial birds—Duration of life in cursorial birds—Flying mammals—Intestinal flora and longevity of bats—Some exceptions to the rule—Resistance of the lower vertebrates to certain intestinal microbes

IN the actual state of our knowledge it is impossible to make a final examination of my hypothesis, as there are many factors about which we are incompletely informed. Nevertheless, it is possible to confront the hypothesis with a large number of accurately established facts.

Although the life of most mammals is relatively short, there are to be found in the group some which live relatively long, as well as others whose life is short. The



37



38

Conhecimentos necessários para o estudo dos parasitas

1. **Epidemiologia** -> distribuição da parasitose na população de hospedeiros
2. **Análise direta** -> morfologia
3. **Bioquímica, Biologia Celular e Molecular** -> funções
4. **Imunologia** -> relação com o hospedeiro
5. **Bioinformática** -> Biologia comparada e evolução

1. EPIDEMIOLOGIA

EPIDEMIOLOGIA

Definição

Epidemiologia é o estudo do resultado das doenças e suas variáveis em populações humanas

Apesar das medidas serem feitas em indivíduos, os resultados da pesquisa epidemiológica sempre estão relacionados a grupos de pessoas, i.e. frequência da doença

Frequência de uma doença

A frequência de uma doença num grupo pode ser interpretada como o risco médio de doença para cada membro do grupo

FRAÇÃO EPIDEMIOLÓGICA =

$$\frac{\text{número de casos}}{\text{número total de pessoas no grupo onde os casos foram encontrados}}$$

Frequência de uma doença

INCIDÊNCIA é o número de **novos** casos de uma doença num grupo sob risco de contrair essa doença

INCIDÊNCIA É UMA MEDIDA DE RISCO: ela indica o risco médio de um indivíduo pertencente ao grupo em questão de contrair a doença

Frequência de uma doença

PREVALÊNCIA = relaciona o número de casos existentes de uma dada doença.

2. MORFOLOGIA DOS PARASITAS

45

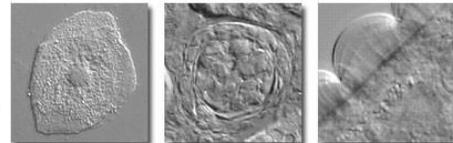
Microscopia

Microscopia de luz

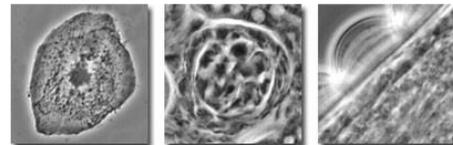
Histoquímica

Microscopia de contraste Interferencial

(DIC; Nomarski)

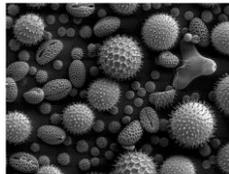


Microscopia de contraste de fase

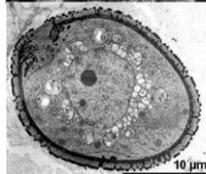


Modif. De <https://bit.ly/37hAXl0>

Microscopia eletrônica



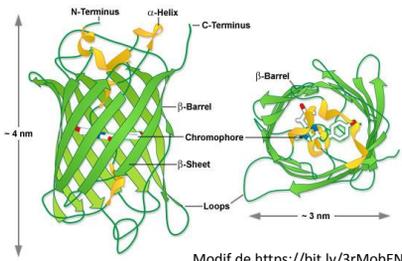
Varredura (SEM)



Transmissão (TEM)

46

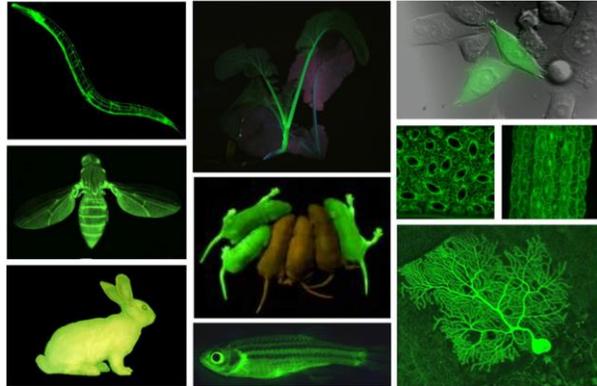
Microscopia



Modif de <https://bit.ly/3rMobEN>

Proteína Fluorescente Verde (GFP)

Expressão de GFP em diferentes organismos



de <https://www.pnas.org/content/106/25/10073/tab-figures-data>

A expressão da GFP em organismos transgênicos permite observar ao microscópio de fluorescência fenômenos que ocorrem no organismo vivo.



47/78

47

3. BIOLOGIA CELULAR E MOLECULAR DOS PARASITAS



48/78

48

Cultivo *in vitro* de parasitas

No início da parasitologia como ciência experimental o comportamento dos parasitas só podia ser observado no interior de seus hospedeiros

O desenvolvimento de culturas *in vitro* de parasitas, inicialmente de parasitas unicelulares dos gêneros *Plasmodium* e *Trypanosoma*, permitiram a obtenção de dados cruciais para o entendimento das relações patógeno-hospedeiro.

Somente alguns cestoides puderam ser cultivados *in vitro*. Até o momento não se conseguiu manter *in vitro* todo o ciclo de vida de um nematoide parasita.

Com o desenvolvimento das pesquisas em um nematoide de vida livre, *Caenorhabditis elegans*, foi possível obter resultados importantes para entender como seus parentes parasitas se desenvolvem nos hospedeiros.



49/78

49

Parasitas modelo

Algumas espécies de parasitas, mais facilmente cultiváveis ou de maior importância médica ou veterinária, foram mais intensamente estudados e se tornaram modelos para outros membros do mesmo gênero

O desenvolvimento de técnicas diversas em bioquímica e biologia molecular permitiram que se explorasse esses modelos de maneira mais pormenorizada.

As técnicas desenvolvidas para o estudo do metabolismo intermediário de bactérias e células em cultura permitiram entender as adaptações dos parasitas neste nível de organização.

Nas décadas de 1960 e 1970 técnicas de fracionamento celular, desenvolvidas para estudo de células de mamífero, foram também aplicadas a parasitas unicelulares e permitiram isolar algumas moléculas importantes para a compreensão da relação patógeno-hospedeiro.



50/78

50

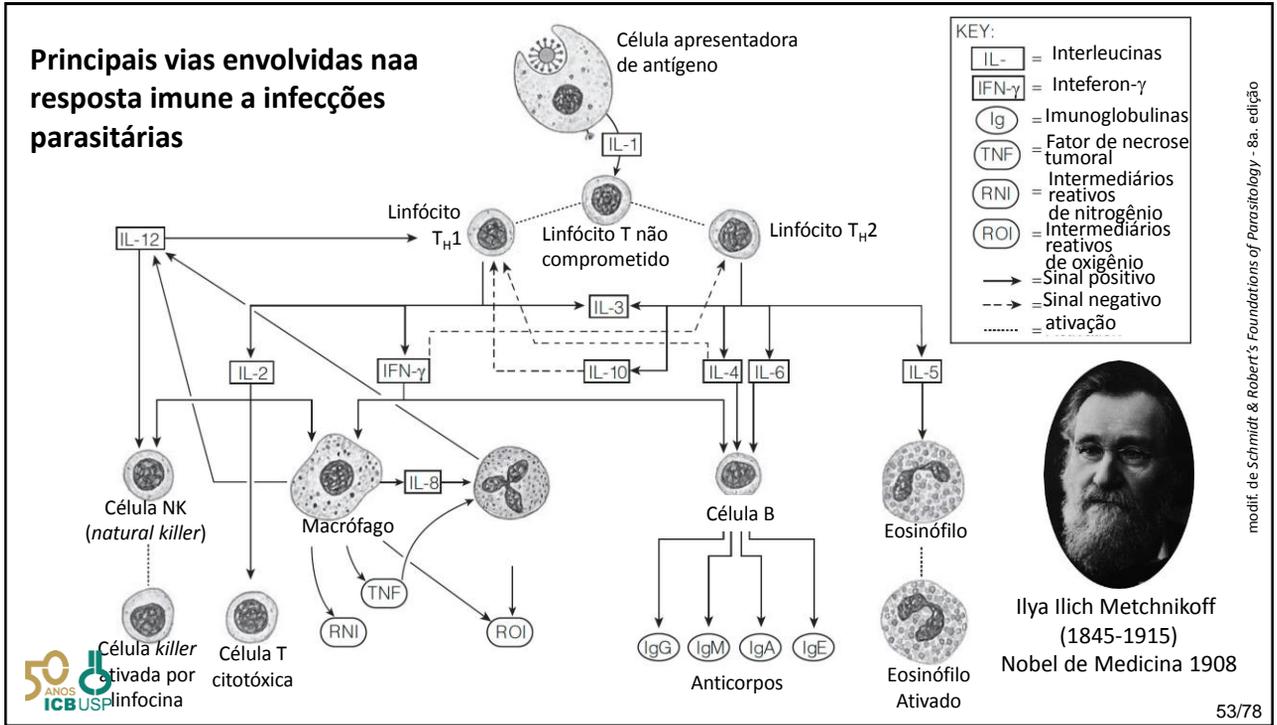
Clonagem e expressão de genes

A partir do desenvolvimento de técnicas que permitiram isolar e manipular genes de parasitas em organismos mais simples e fáceis de cultivar, como bactérias e leveduras, houve uma explosão de conhecimento sobre os parasitas.

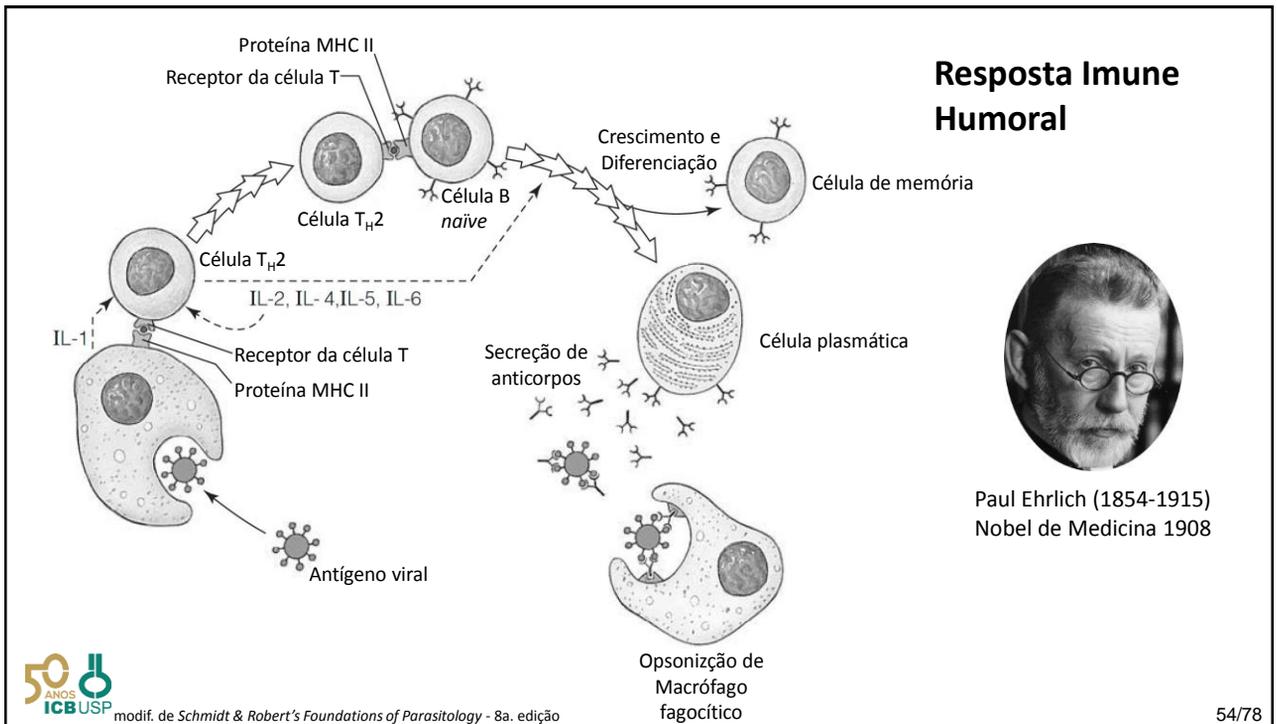
Essas técnicas permitiram entender o relacionamento evolutivo entre parasitas e hospedeiros e propor inclusive o desenvolvimento de novas drogas e vacinas para doenças que acompanham a humanizada há milênios

O sequenciamento de genomas completos de parasitas, que alguns anos atrás era impraticável hoje em dia é quase uma rotina de laboratórios clínicos.

4. IMUNOLOGIA DOS PARASITAS



53



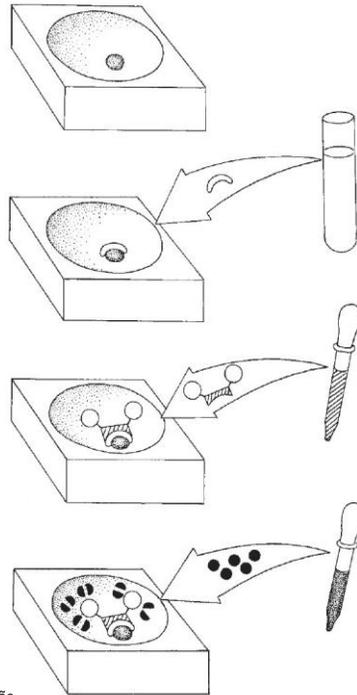
54

ELISA

(Enzyme-Linked Immunosorbent Assay)



Microplaca de ensaio



Antígeno conhecido é adsorvido ao fundo do poço da microplaca

Proteína sérica do paciente é adicionada e então o poço é lavado

Anticorpo contra imunoglobulina humana ligado a enzima é adicionado e então o poço é lavado novamente.

Substrato da enzima é adicionado

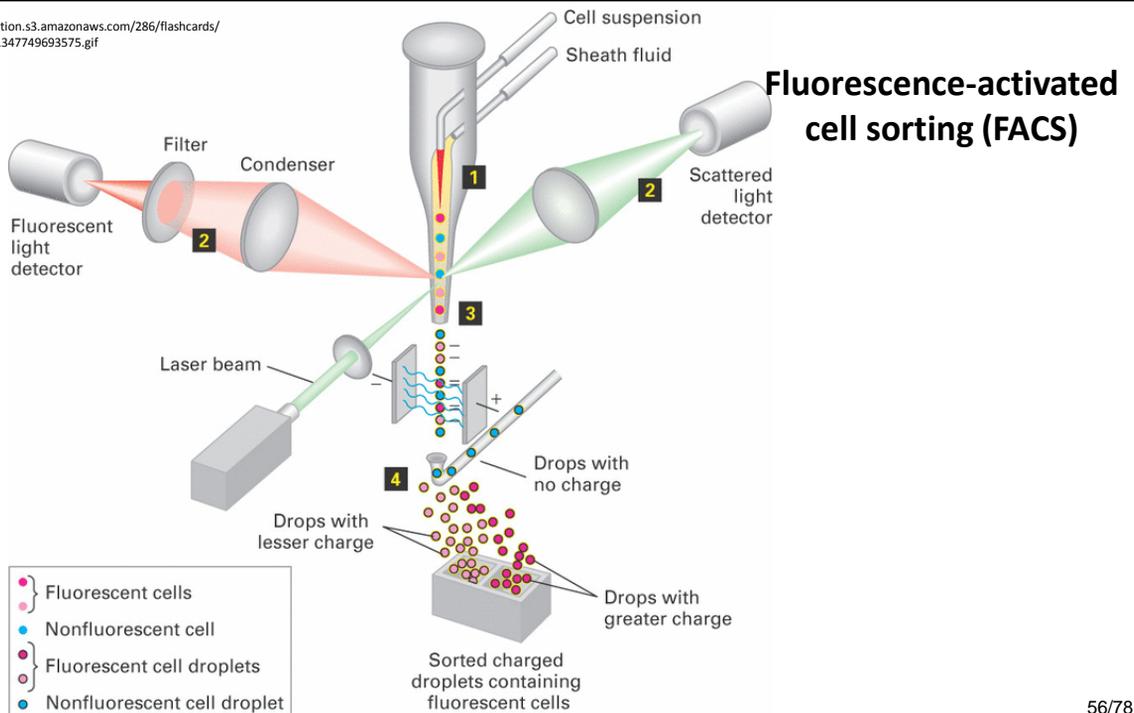


modif. de Schmidt & Robert's Foundations of Parasitology - 8a. edição

55/78

55

https://classconnection.s3.amazonaws.com/286/flashcards/47286/gif/9_2_big1347749693575.gif



Fluorescence-activated cell sorting (FACS)

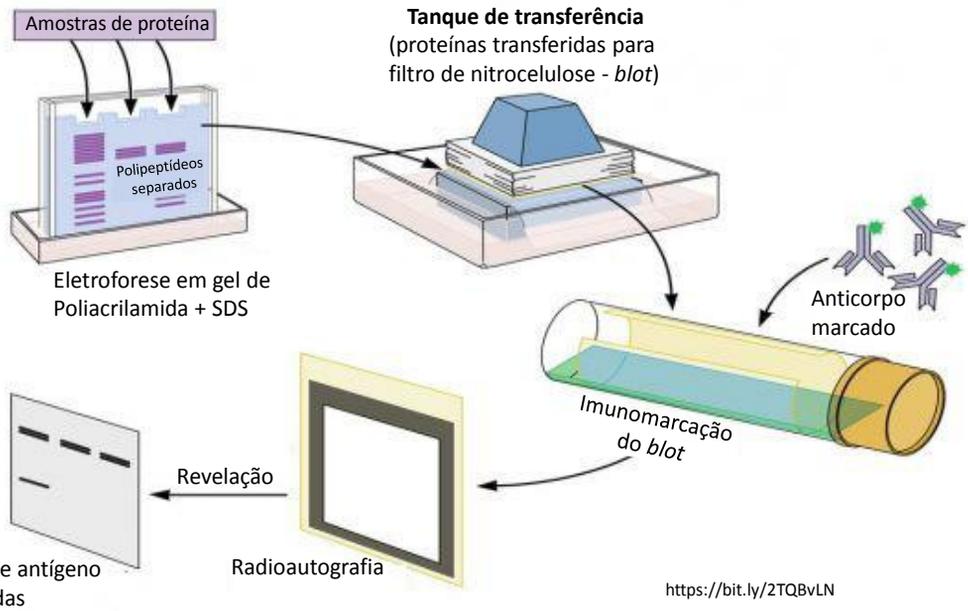


- Fluorescent cells
- Nonfluorescent cell
- Fluorescent cell droplets
- Nonfluorescent cell droplet

56/78

56

Método de Western Blotting



57

5. BIOLOGIA COMPARADA E EVOLUÇÃO

58

BIOINFORMÁTICA

Principal método: alinhamento de sequências

GENOMA

TRANSCRIPTOMA

PROTEOMA

FENÓTIPO CELULAR

Objetivo: encontrar sequências homólogas

O que são sequências homólogas?

São sequências que possuem um ancestral comum



59/78

59

Alinhamentos verdadeiros ou falsos, positivos ou negativos

	SEQUÊNCIAS SÃO HOMÓLOGAS	SEQUÊNCIAS NÃO SÃO HOMÓLOGAS
RESULTADO DO ALINHAMENTO: SEQUÊNCIAS CONSIDERADAS RELACIONADAS	Verdadeiro Positivo	Falso Positivo
RESULTADO DO ALINHAMENTO: SEQUÊNCIAS CONSIDERADAS NÃO RELACIONADAS	Falso Negativo	Verdadeiro Negativo



modif. de J. Pevsner - *Bioinformatics and Functional Genomics* - 3rd edit. - Wiley-Blackwell - 2015

60/78

60

Alinhamento de múltiplas seqüências de porção da gliceraldeído desidrogenase de 13 organismos diferentes

<u>NP 002037.2</u>	164	IHDNFGIVEGLMTTVHAIITATQKTVDGPGSGKLWRDGRGALQNII	207
<u>XP 001162057.1</u>	164	IHDNFGIVEGLMTTVHAIITATQKTVDGPGSGKLWRDGRGALQNII	207
<u>NP 001003142.1</u>	162	IHDHFGIVEGLMTTVHAIITATQKTVDGPGSGKMWRDGRGAAQNII	205
<u>XP 893121.1</u>	168	IHDNFGIMEGLMTTVHAIITATQKTVDGPGSGKLWRDGRGAAQNII	211
<u>XP 576394.1</u>	162	IHDNFGIVEGLMTTVHAIITATQKTVDGPGSGKLWRDGRGAAQNII	205
<u>NP 058704.1</u>	162	IHDNFGIVEGLMTTVHAIITATQKTVDGPGSGKLWRDGRGAAQNII	205
<u>XP 001070653.1</u>	162	IHDNFGIVEGLMTTVHAIITATQKTVDGPGSGKLWRDGRGAAQNII	205
<u>XP 001062726.1</u>	162	IHDNFGIVEGLMTTVHAIITATQKTVDGPGSGKLWRDGRGAAQNII	205
<u>NP 989636.1</u>	162	IHDNFGIVEGLMTTVHAIITATQKTVDGPGSGKLWRDGRGAAQNII	205
<u>NP 525091.1</u>	161	INDNFEIVEGLMTTVHATTATQKTVDGPGSGKLWRDGRGAAQNII	204
<u>XP 318655.2</u>	161	INDNFGILEGLMTTVHATTATQKTVDGPGSGKLWRDGRGAAQNII	204
<u>NP 508535.1</u>	170	INDNFGIIEGLMTTVHAVTATQKTVDGPGSGKLWRDGRGAGQNII	213
<u>NP 595236.1</u>	164	INDTFGIEBGLMTTVHATTATQKTVDGPGSKDWRGGRGASANII	207
<u>NP 011708.1</u>	162	INDAFGIEBGLMTTVHSLTATQKTVDGPGSHKDWRRGGRTASGNII	205
<u>XP 456022.1</u>	161	INDEFGIDEALMTTVHSITATQKTVDGPGSHKDWRRGGRTASGNII	204
<u>NP 001060897.1</u>	166	IHDNFGIIEGLMTTVHAIITATQKTVDGPGSSKDWRGGRAASFNII	205



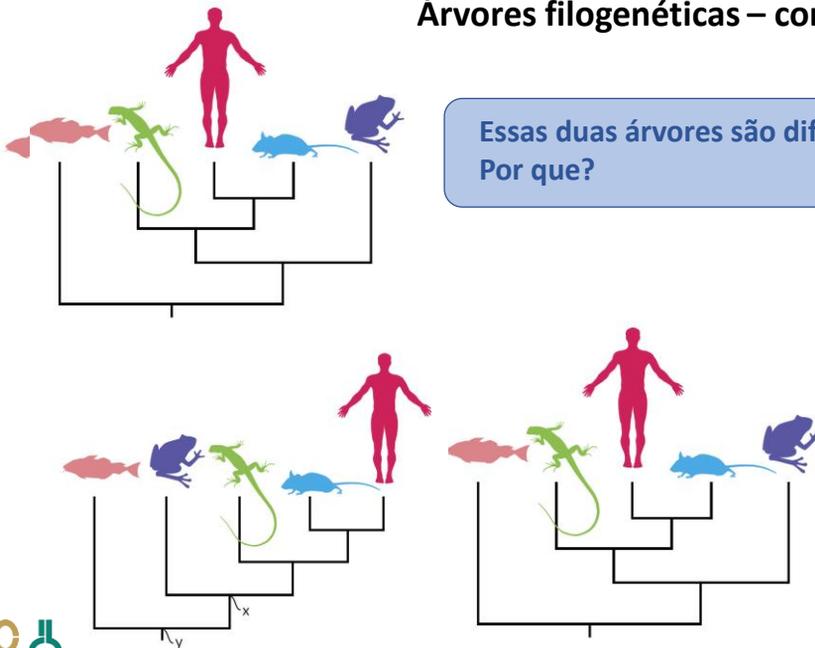
Colunas com pelo menos um resíduo diferente são mostradas com cabeças de flecha vermelhas

modif. de J. Pevsner - *Bioinformatics and Functional Genomics* - 3rd edit. - Wiley-Blackwell - 2015

61/78

61

Árvores filogenéticas – como interpretá-las



Essas duas árvores são diferentes?
Por que?

Agora olhando as duas árvores ao mesmo tempo:

Na árvore à esquerda a rã é mais proximamente relacionada aos peixes ou aos humanos?

Na árvore à direita isso muda a sua resposta?

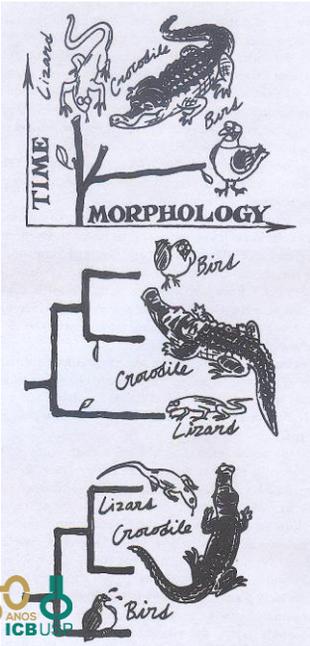


Baum et al. *The tree-thinking challenge*, Science 130:979, 2005

62/78

62

Classificação dos Animais – cladística x fenética



Toda a evidência sugere que os pássaros e crocodilos são literalmente mais proximamente relacionados do que crocodilos e lagartos, isto é, eles compartilharam um ancestral comum mais recente

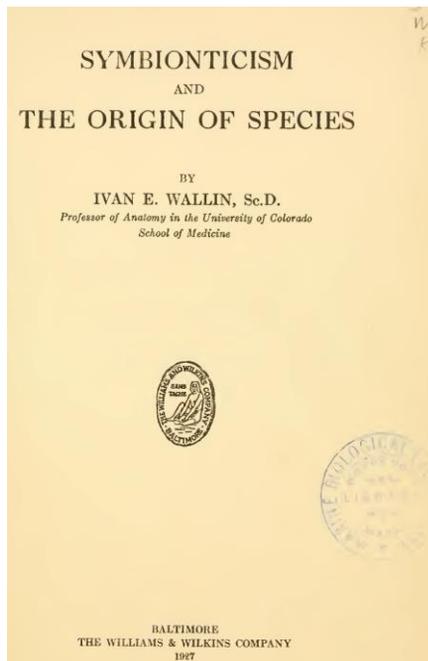
CLADISTAS, que classificam animais estritamente de acordo com sua relação evolutiva (filogenética), colocariam pássaros e crocodilos juntos

Taxonomistas numéricos estão mais interessados em similaridades observáveis (**FENÉTICA**) e classificariam os lagartos e crocodilos juntos (na classe “Reptilia”)

Ridley, M - *New Scientist*, 100:647-651, 1983

63/78

63



Ivan E. Wallin (1927)

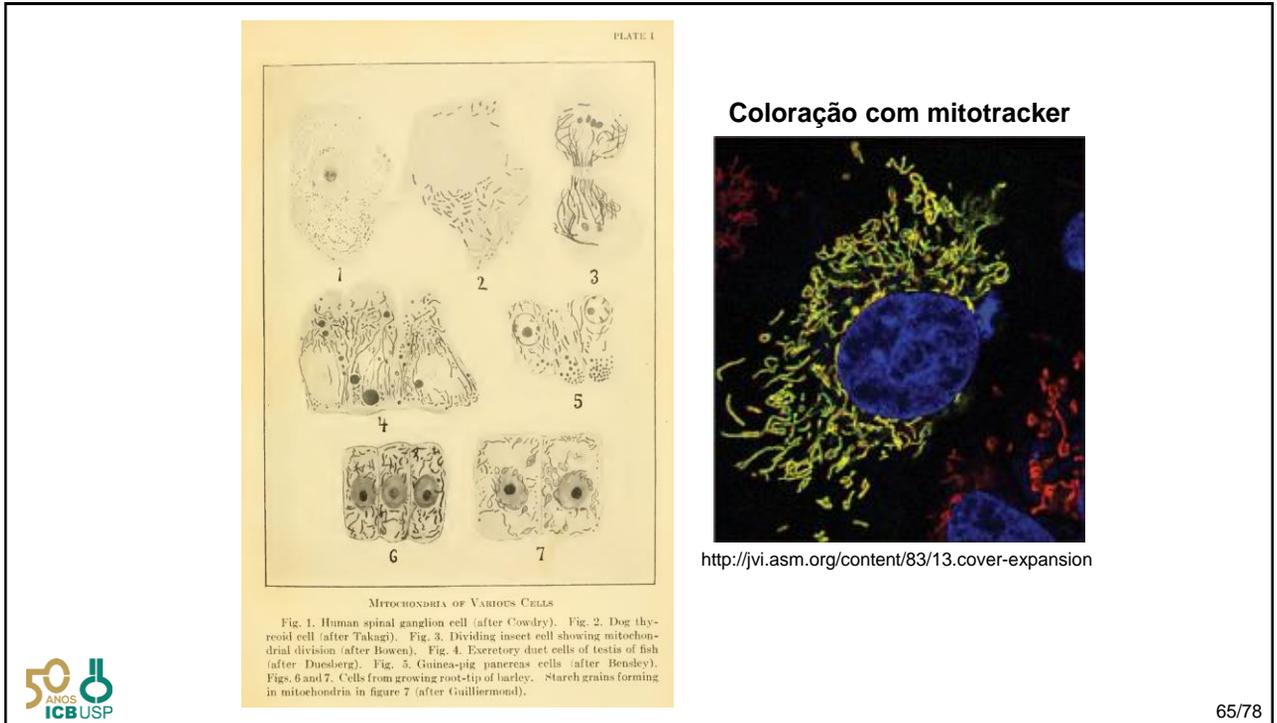
It is a rather startling proposal that bacteria, the organisms which are popularly associated with disease, may represent the fundamental causative factor in the origin of species.

The reality of the bacterial nature of mitochondria introduces a new factor in cytological inquiry which gives promise of rich rewards. The possible relationship of mitochondria to cell functioning has been indicated in numerous researches. These indicated activities have been questioned on the basis of an incompatibility with an assumed “passive” nature of mitochondria. The living, bacterial nature of mitochondria introduces a new and firm basis for, at least, a provisional acceptance of the various activities that have been attributed to mitochondria.

The evidence for calling mitochondria bacteria, rests upon the following attributes: Their general behaviour in the cell is similar to that of known microorganisms which live symbiotically in the cells of higher organisms; for example, the root-nodule bacteria of legumes. When grown independently in artificial culture media, they behave in all observed particulars like bacteria. They divide like bacteria. They are similar to bacteria in structure and shape. They exhibit no cultural characteristics foreign to bacteria.

64/78

64



65

Artigo onde Margulis propõe a primeira hipótese moderna da origem das mitocôndrias

J. Theoret. Biol. (1967) **14**, 225–274

On the Origin of Mitosing Cells

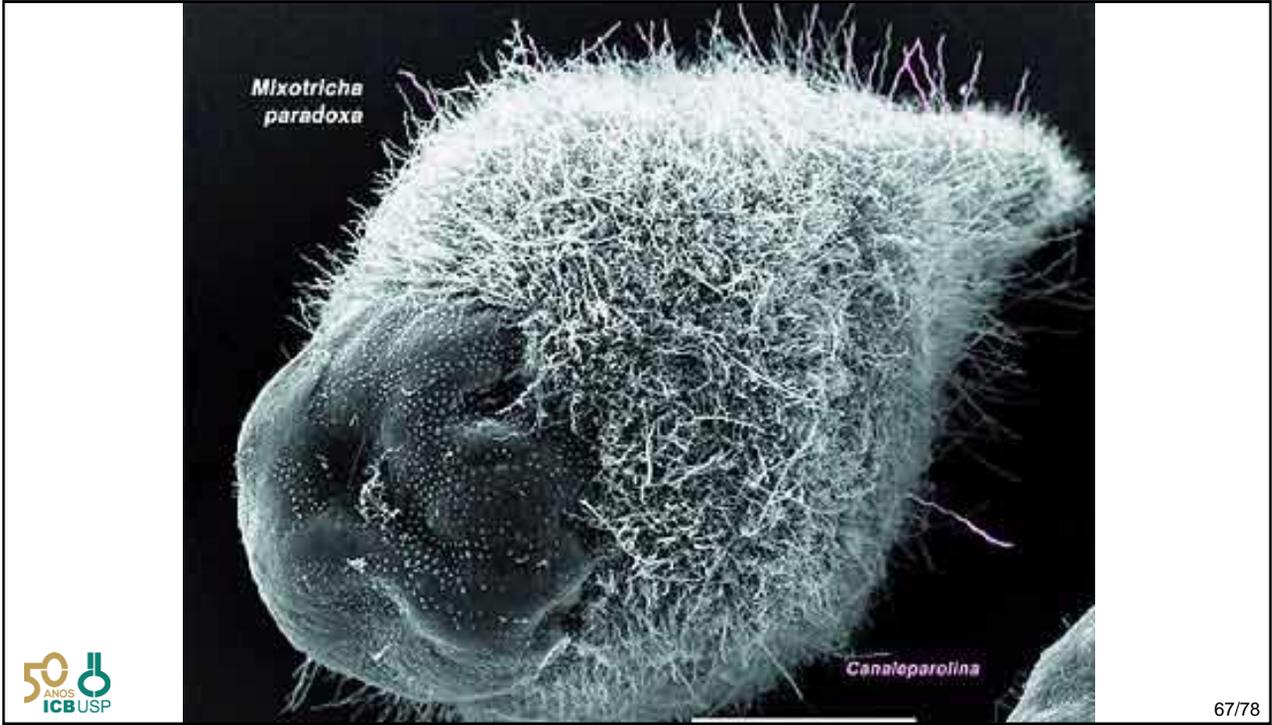
LYNN SAGAN

*Department of Biology, Boston University
Boston, Massachusetts, U.S.A.*

(Received 8 June 1966)

A theory of the origin of eukaryotic cells ("higher" cells which divide by classical mitosis) is presented. By hypothesis, three fundamental organelles: the mitochondria, the photosynthetic plastids and the (9+2) basal bodies of flagella were themselves once free-living (prokaryotic) cells. The evolution of photosynthesis under the anaerobic conditions of the early atmosphere to form anaerobic bacteria, photosynthetic bacteria and eventually blue-green algae (and protoplastids) is described. The subsequent evolution

66



67

Os simbiotes dentro de nós

Ribossomos Mitocôndria Plastídio

Membranas celulares

DNA

Parede celular

Flagelo

Centríolo

Cinetoplasto

Ondulipódio

Margulis *O planeta simbiótico*, Rocco, 2001

50 ANOS ICB USP

68/78

68

Conferência do Nick Lane na Royal Institution:
<https://youtu.be/gLcWfecmZhE>

69/78

69

ADAPTAÇÕES DOS PARASITAS

	Host (vertebrate)				External environment	Host (invertebrate)
	Intestinal tract		Cells of the phagocytic mononuclear system	Erythrocytes		
	Epithelium	Connective tissue				
<i>Eimeria intestinalis</i>						
<i>Eimeria magna</i>						
<i>Isospora bigemina</i>						
<i>Shellackia bolivari</i>						
<i>Lankesterella minima</i>						
<i>Haemoproteus columba</i>						
<i>Plasmodium gallinaceum</i>						

Sporozoite
 Sporozoite in Erythrocyte
 Trophozoite

Merozoites
 Merozoites in Erythrocyte
 Gamonts

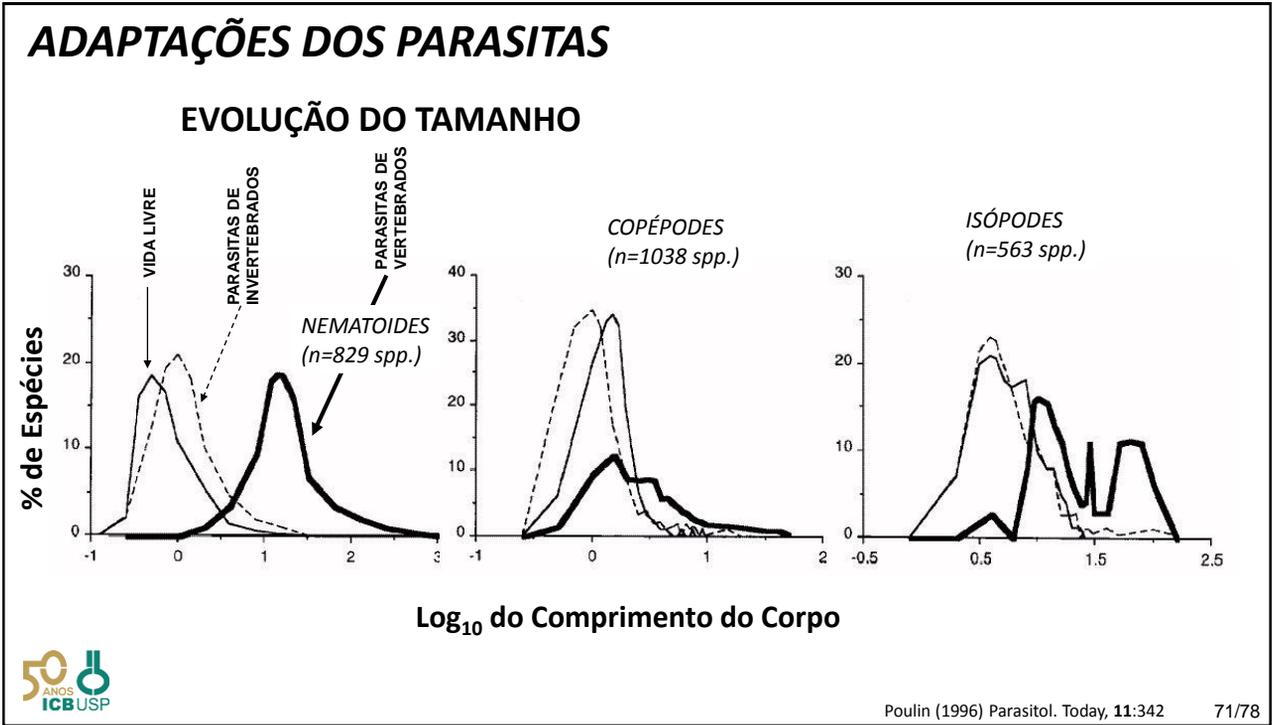
Gamonts in Erythrocytes
 Macrogamete
 Microgamete

Ookinete
 Oocyst
 Oocysts with Sporozoites

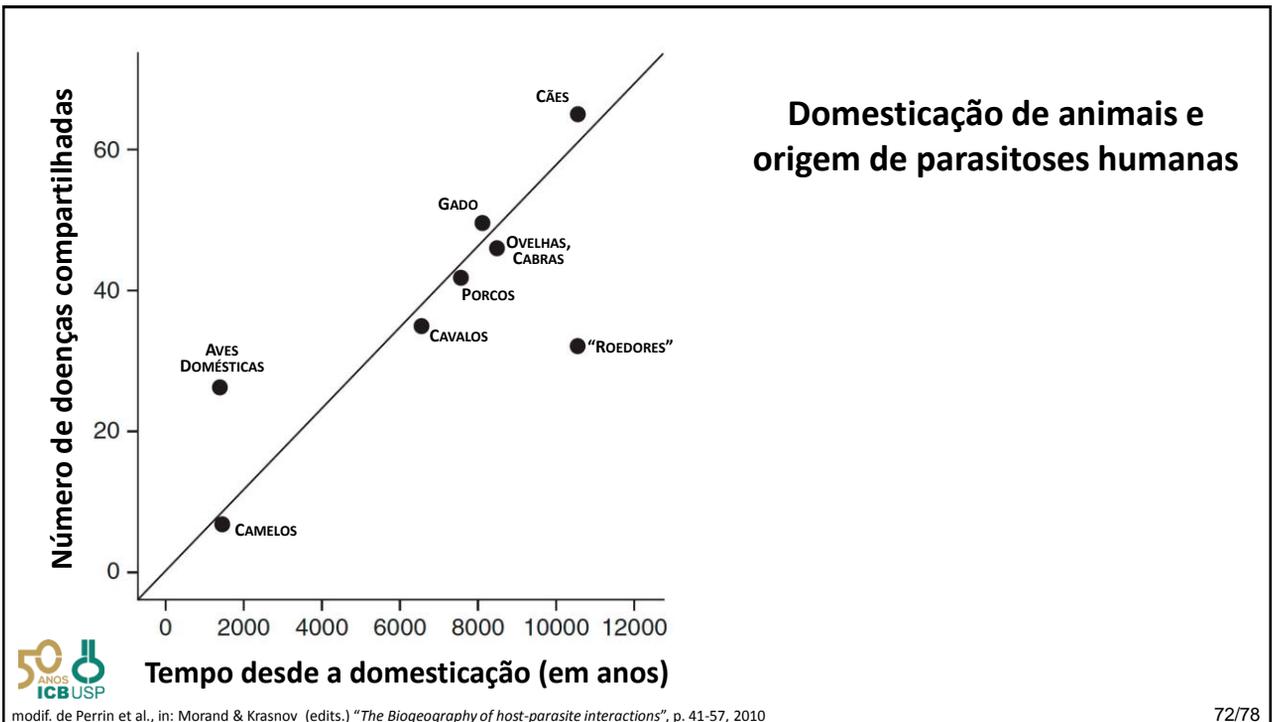
Dogiel WA, *General Parasitology*, 1962

70/78

70



71



72

E DAS
PARASITOSEs

EVOLUÇÃO DO PARASITISMO

Nothing in biology makes sense except in the light of evolution
T. Dobzhansky, 1973

Doença e evolução (seg. J.B.S. Haldane, 1949)*

1. Qual a importância de uma doença como fator de morte na natureza?
2. Qual fração dos membros de uma espécie morrem da doença antes de atingir a maturidade?
3. Até que ponto a doença reduz a fertilidade dos membros que atingem a maturidade?

CO-EVOLUÇÃO

Como as interações inter-específicas influenciaram as taxas de evolução e os padrões de radiação adaptativa dos organismos envolvidos?

Isso requer a síntese de duas teorias incompletas: a teoria genética da evolução e a teoria ecológica da estrutura de comunidades

Há muitos tipos de associações nas quais ocorrem interações evolutivas recíprocas entre os membros: presa-predador, planta-patógeno, planta-polinizador, hospedeiro-parasita

Definições de co-evolução

1. Tipo de evolução no qual a aptidão (“fitness”) de cada genótipo depende das densidades populacionais e composição genética da própria espécie e da espécie com a qual ela interage (Roughgarden, 1976).

2. Cada espécie que interage muda sua estrutura genética em resposta a uma mudança genética no seu parceiro (Janzen, 1980).

3. Mudança evolutiva recíproca em espécies que interagem.

Modelos de co-evolução hospedeiro-parasita

1. **CO-ESPECIAÇÃO ALOPÁTRICA** – baseada na premissa que os parasitas e hospedeiros simplesmente compartilham espaço e energia.

Co-especiação sincrônica – o hospedeiro e o parasita se especiam simultaneamente e suas linhagens mostram graus semelhantes de divergência evolutiva.

Co-especiação atrasada – Um dos membros da associação fica para trás em relação ao outro.

Modelos de co-evolução hospedeiro-parasita

2. **PROCURA POR RECURSOS** – baseado no conceito ecológico de que os hospedeiros são manchas de recursos necessários que os parasitas procuram através do tempo evolutivo. O parasita evolui em resposta a mudanças nos alimentos oferecidos pelo hospedeiro.

Colonização sequencial – Se os recursos que os parasitas estão procurando estão dispersos ou mostram padrões de convergência dentro do grupo dos hospedeiros, as árvores filogenéticas dos hospedeiros e dos parasitas não serão congruentes.

Procura filogenética – Se por outro lado o recurso que o parasita está procurando está restrito a um clado de hospedeiros e tem evoluído dentro do clado, então as filogenias do hospedeiro e do parasita serão congruentes.

Modelos de co-evolução hospedeiro-parasita

3. **CORRIDA ARMAMENTISTA EVOLUTIVA** – representa uma visão mais estrigente de co-evolução, que necessita respostas adaptativas mútuas entre os hospedeiros e os parasitas.

Ocorre dentro do contexto da hipótese um-gene-por-um-gene, que propõe que para cada gene que causa resistência no hospedeiro existe um gene correspondente para avirulência no parasita

RESISTÊNCIA E SUSCEPTIBILIDADE ESPERADA PARA UM HOSPEDEIRO A VÁRIOS GENÓTIPOS DE PARASITAS

Genótipo do Parasita	Genótipo do hospedeiro		
	<i>RR</i>	<i>Rr</i>	<i>rr</i>
<i>AA</i>	Hospedeiro resistente	Hospedeiro resistente	Hospedeiro suscetível
<i>Aa</i>	Hospedeiro resistente	Hospedeiro resistente	Hospedeiro suscetível
<i>aa</i>	Hospedeiro suscetível	Hospedeiro suscetível	Hospedeiro suscetível

A, gene dominante do parasita que confere avirulência;
a, gene recessivo do parasita que confere virulência

R, gene dominante do hospedeiro que confere resistência ao parasita;
r, gene recessivo do hospedeiro que confere susceptibilidade.



79/78

79

Podemos discutir:

Virulência é propriedade intrínseca de uma parasita?

Como o meio de transmissão interage com a virulência (em termos evolutivos)?

Uma parasita pode evoluir durante uma infecção?

Quais estratégias de virulência uma parasita pode adotar?

O que ocorre quando uma parasita infecta o hospedeiro "errado"?

O que ocorre quando uma parasita infecta o tecido "errado"?

Por que HIV deu tão certo em seres humanos e ebolavírus não?

Virulência pode ser plástica?

Somos todos zumbis?

Insetos vetores são somente uma carona?



Sam Eliot – Universidade Federal de Viçosa - 2021

80/78

80