

# Microbiologia Ambiental – Significado, importância e desafios

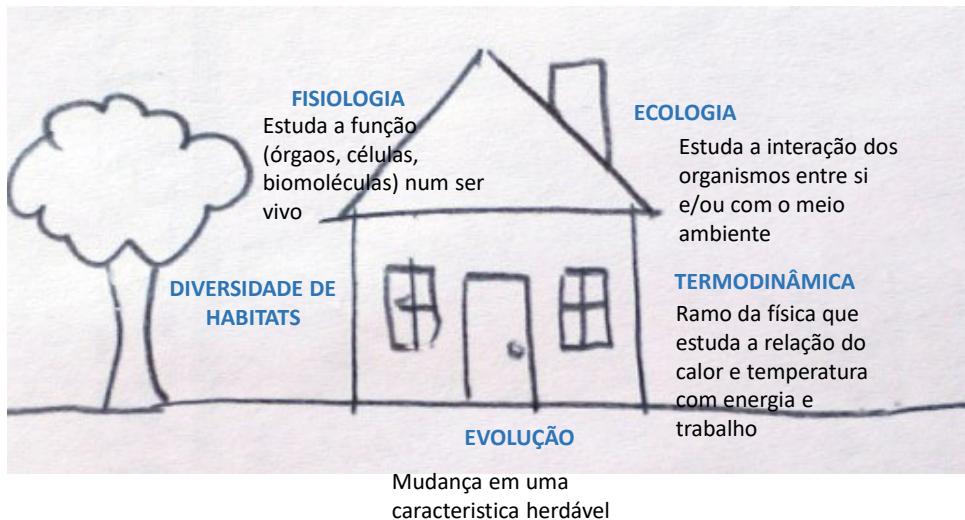
Aula 1

Prof. Gustavo Couto

| MICROBIOLOGIA AMBIENTAL  |   |  | QB54E | 4º | Total |
|--|---|--|-------|----|-------|
| <b>PRÉ-REQUISITO</b> QB53F - MICROBIOLOGIA<br><b>EQUIVALÊNCIA</b> -  |   |  |       |    |       |
| <b>OBJETIVOS</b><br>Apresentar e desenvolver os conteúdos de ecologia microbiana, microbiologia do solo, da água e do ar, e aplicação tecnológica de microrganismos na área ambiental, visando à capacitação do aluno na utilização de ferramentas microbiológicas para o monitoramento ambiental. |   |  |       |    |       |
| <b>EMENTA</b><br>Microbiologia: água – solo - ar. Microbiologia do tratamento de resíduos sólidos e compostagem. Microbiologia do tratamento de águas residuárias.   |   |  |       |    |       |
| CONTEÚDO PROGRAMÁTICO  |   | CONTEÚDO   |       |    |       |
| ITEM   | EMENTA  |  |       |    |       |
| 1  | Microbiologia: água – solo - ar.                              | Microbiologia do solo: composição do solo e principais microrganismos (microflora normal e patógenos), análises microbiológicas (isolamento e caracterização de bactérias e fungos). A utilização de rizóbios na fertilização do solo. Ciclos biogeoquímicos.<br>Microbiologia da água: diferentes ambientes aquáticos e microflora específica (autóctone), doenças transmitidas pela água, indicadores biológicos de contaminação fecal e outros indicadores de poluição, padrões microbiológicos de qualidade da água. Algas e protozoários nocivos ao homem e / ou indicadores de poluição da água. Indicadores biológicos de toxicidade aguda e crônica. Principais métodos de análise microbiológica de águas; Legislação.<br>Microbiologia do ar: microrganismos encontrados no ar, doenças veiculadas pelo ar; técnicas de análise microbiológica e controle dos microrganismos do ar. Legislação. Métodos de análise microbiológica do ar. |       |    |       |
| 2  | Microbiologia do tratamento de resíduos sólidos e compostagem | Microbiologia de resíduos sólidos: compostagem.  |       |    |       |
| 3  | Microbiologia do tratamento de águas residuárias              | Microbiologia do tratamento de águas residuárias: lodos ativados e tratamento anaeróbio. Indicadores biológicos da qualidade sanitária de lodos  |       |    |       |

## CONCEITOS FUNDAMENTAIS QUE UNIFICAM A MICROBIOLOGIA AMBIENTAL

**Conceito 1** – microbiologia ambiental é como uma casa, várias partes compõem um todo  
 >>MULTIDISCIPLINAR!!

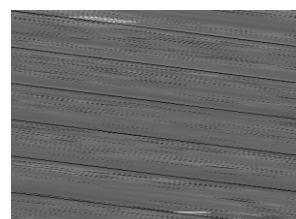


Se você fosse um micrório o que você faria?



**Conceito 2** – Existe um “instinto” diretrivo para:

Sobrevivência, manutenção, geração de ATP, e crescimento esporádico – geração de novas células e multiplicação!!



**Conceito 3 – Relação entre a diversidade de habitats do planeta e o que está gravado nos genomas dos microrganismos**



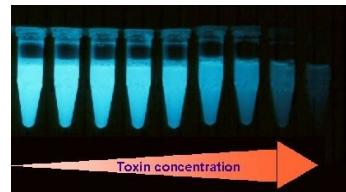
A diversidade nos habitats é sinônimo da diversidade de pressões seletivas e recursos.

Pressão seletiva > mudança > diversidade molecular > diversidade metabólica e fisiológica nos microrganismos > seleção > sobreviventes

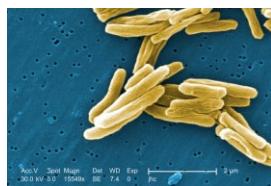
**Conceito 4 – Avanços na microbiologia ambiental dependem de linhas de evidências independentes usando várias metodologias de medida.**  
Microscopia, biomarcadores, biologia molecular e outras tecnologias que podem ser aplicadas no laboratório ou em campo.



Placa de petri com *Vibrio fischeri*  
- bioluminescência



Utilização do *Vibrio fischeri* como indicador para compostos tóxicos: correlação intensidade da bioluminescência e a toxicidade de um composto.

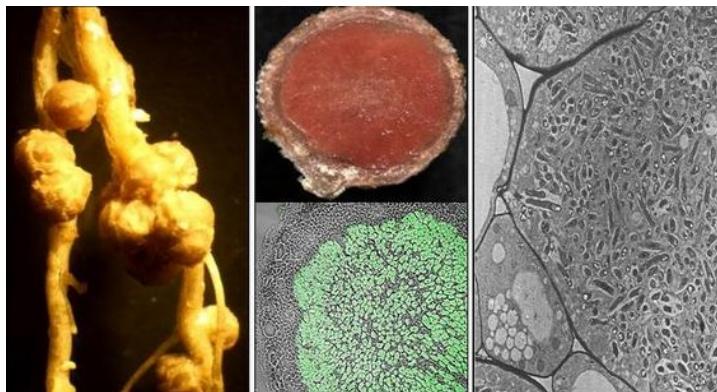


Microscopia eletrônica de varredura



Metodologias em laboratório e em campo

**Exemplo: Simbiose entre o *Bradyrhizobium japonicum* — planta de soja**

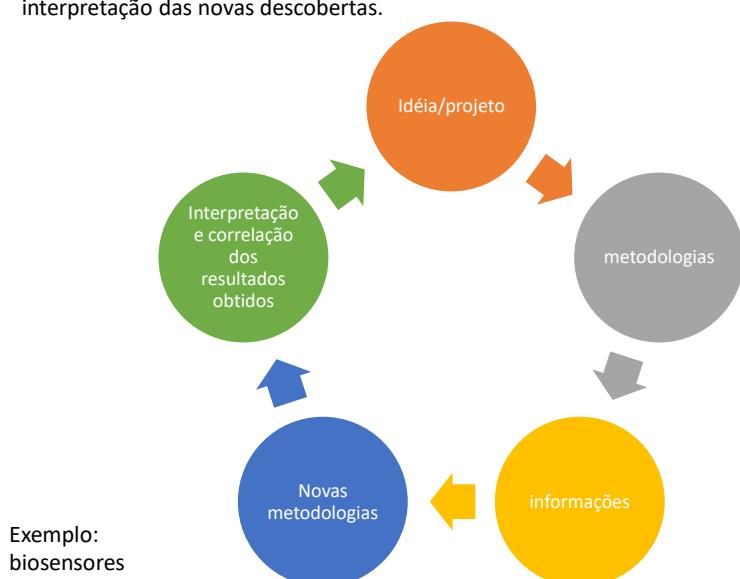


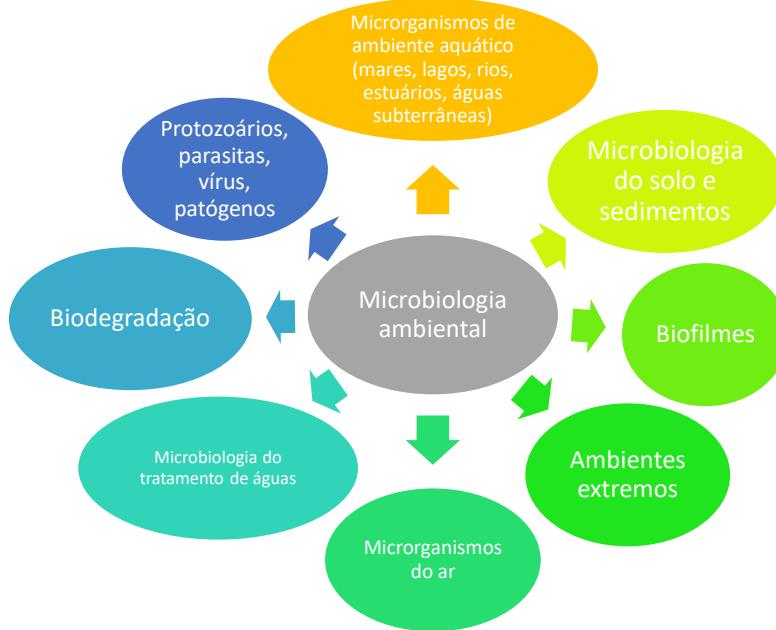
**Esquerda:** Nódulos na raiz da planta de soja resultante da interação simbiótica entre a bactéria *B. japonicum* e a planta hospedeira da soja

**Centro:** Secção de um nódulo da raiz da soja. A coloração vermelha vem da proteína leg-hemoglobina que se liga reversivelmente ao oxigênio (acima). Colonização das células da planta pelo *B. japonicum* expressando uma proteína recombinante verde fluorescente (abaixo).

**Direita:** Bactéria fixadora de Nitrogenio *B. japonicum* numa célula infectada da raiz em um nódulo da planta.

– A microbiologia ambiental é dinâmica e envolve várias metodologias. Cada metodologia tem suas vantagens, desvantagens. Novas metodologias surgem e são capazes de gerar novas informações, necessitando uma sólida formação para interpretação das novas descobertas.





## MICROBIOLOGIA AMBIENTAL

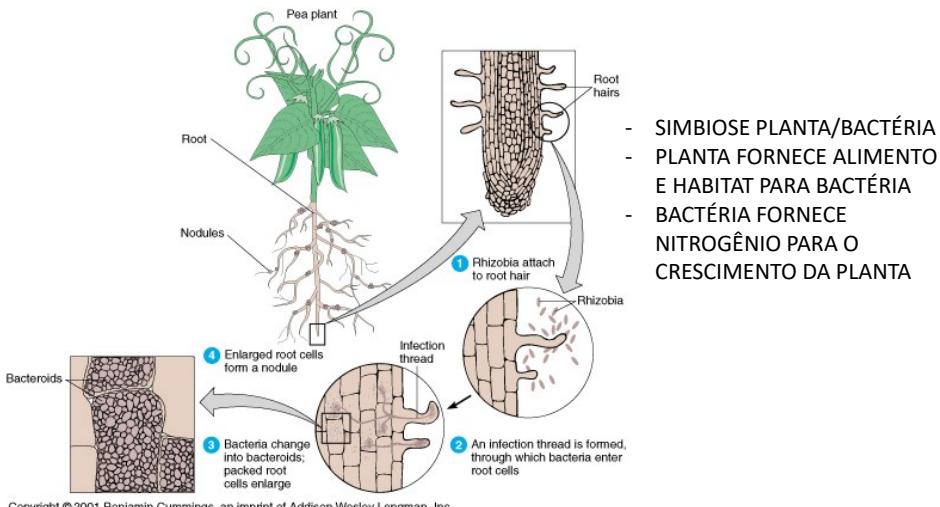
- Estudo da atividade/função dos microrganismos no ambiente que habitam e de sua interação com outros organismos



1- O QUE OS MICRORGANISMOS FAZEM?

2- COMO NOS PODEMOS USAR ISSO PARA NOSSO COTIDIANO?  
COMO PODEMOS APLICAR ISSO?

## 1- O QUE OS MICRORGANISMOS FAZEM?



Copyright © 2001 Benjamin Cummings, an imprint of Addison Wesley Longman, Inc.

## 2- COMO NOS PODEMOS USAR ISSO PARA NOSSO PROVEITO?

**Nodusoja**  
tecnologia gerando produtividade

Segunda-Feira, 14 de Abril de 2014

[» Página Inicial](#)  
[» Quem Somos](#)  
[» Produtos](#)  
 ↳ SOJA  
 ↳ FEIJÃO  
     ↳ NODUBEANS T - Inoculante turfoso  
     **NODUBEANS L - Inoculante líquido**  
     FEIJÃO CAUPI  
     AMENDOIM  
     MILHO  
[» Micronutrientes - Em breve](#)  
[» Avaliações em campo](#)  
[» Informativos](#)  
[» Links](#)  
[» Últimas notícias](#)  
[» Localização](#)  
[» Contato](#)

[SOLICITAR + INFORMAÇÕES](#)

**Descrição**

**NoduBeans**  
INOCULANTE LÍQUIDO PARA FEIJÃO

O NODUBEANS L é inoculante líquido indicado para cultura de Feijão, composto de uma cultura de bactérias selecionadas do gênero *Rhizobium tropici*, estirpe SEMIA 4077, que proporciona elevada fixação biológica de nitrogênio quando associada à planta hospedeira. Sua alta concentração de rizóbios melhora a fixação de nitrogênio, além de aumentar os níveis de matéria orgânica no solo e sua produtividade.

**VANTAGENS E BENEFÍCIOS:**

- Elaborado com a estirpe recomendada: SEMIA 4077.
- Inoculante líquido de fácil aplicação, um dos mais concentrados no mercado.
- Eficiência comprovada em campo.
- Potencializa a fixação biológica de nitrogênio, aumentando o rendimento de grãos por planta.
- Rígido controle de qualidade em todo processo de produção, armazenamento e distribuição.
- Acondicionado em caixas de isopor para maior proteção das bactérias e maximizar a FBN.
- Sobrevivência da bactéria por muito mais tempo após a inoculação das sementes.
- Alta concentração e estabilidade de rizóbios (3 x 10<sup>9</sup> ou 3.000.000.000 de células/g em sua validade).
- Produto devidamente registrado no MAPA.

**EMBALAGEM:**

- Bolsa plástica de 3L, contendo 30 doses de 100mL cada.
- Caixa de isopor com 04 bolsas de NODUBEANS L, totalizando 120 doses.
- Peso Líquido: 12kg.

## QUAIS OS 5 CONCEITOS FUNDAMENTAIS QUE UNIFICAM A MICROBIOLOGIA AMBIENTAL???

>>MULTIDISCIPLINAR!!

>> SERES VIVOS POSSUEM UM INSTINTO NATURAL DE SOBREVIVÊNCIA, MULTIPLICAÇÃO, REPRODUÇÃO



>> DIVERSIDADE DOS HABITATS (MEIO AMBIENTE) O QUE GERA? EXEMPLO: PINGUINS  
EXTREMAMENTE QUENTE, TERÃO PINGUINS?

>O CALOR GERA UMA PRESSÃO DE SELEÇÃO

> DNA SOFRE MUDANÇAS CONSTANTEMENTE = MUTAÇÕES

> DENTRE 10.000 MUTAÇÕES UMA PODE TER FAVORECIDO O

(Ex. resistência ao calor: mutação DNA, pinguins pelados, seleção)

>> VÁRIAS TÉCNICAS OU METODOLOGIAS PODEM SER UTILIZADAS PARA UM DETERMINADO FIM

### Exemplos de ciclagem de nutrientes e processos fisiológicos catalisados por microrganismos

**Table 1.2**

Examples of nutrient cycling and physiological processes catalyzed by microorganisms in biosphere habitats (reproduced with permission from *Nature Reviews Microbiology* from Madsen, E.L. 2005. Identifying microorganisms responsible for ecologically significant biogeochemical processes. *Nature Rev. Microbiol.* 3:439–446. Macmillan Magazines, www.nature.com/reviews)

| Nutrient cycle        | Process                                 | Nature of process   | Typical habitat | References  |
|-----------------------|---|---|-----------------|---|
| <b>Carbon</b>         | Photosynthesis                          | Light-driven CO <sub>2</sub> fixation into biomass                | FwS, Os, Ow     | Pichard et al., 1997; Partensky et al., 1999; Ting et al., 2002 |
|                       | Carbon respiration                      | Oxidation of organic C to CO <sub>2</sub>                         | Sl              | Heemsbergen, 2004   |
|                       | Cellulose decomposition                 | Depolymerization, respiration                                     | Sl              | Jones et al., 1998  |
|                       | Methanogenesis                          | Methane production  | FwS, Os, Sw     | Conrad, 1996; Schink, 1997                                      |
|                       | Aerobic methane oxidation               | Methane becomes CO <sub>2</sub>                                   | Fw, Ow, Sl      | Segers, 1998; Bull et al., 2000                                 |
|                       | Anaerobic methane oxidation             | Methane becomes CO <sub>2</sub>                                   | Os              | Boetius et al., 2000  |
| <b>Biodegradation</b> | Synthetic organic compounds             | Decomposition, CO <sub>2</sub> formation                          | All habitats    | Alexander, 1999; Boxall et al., 2004                            |
|                       | Petroleum hydrocarbons                  | Decomposition, CO <sub>2</sub> formation                          | All habitats    | Van Hamme et al., 2003  |
|                       | Fuel additives (MTBE)                   | Decomposition, CO <sub>2</sub> formation                          | Gw, Sl, Sw      | Deeb et al., 2003   |
|                       | Nitroaromatics                          | Decomposition   | Gw, Sl, Sw      | Spain et al., 2000; Esteve-Núñez et al., 2001                   |
|                       | Pharmaceuticals, personal care products | Decomposition   | Gw, Sl, Sw      | Alexander, 1999; Ternes et al., 2004                            |
|                       | Chlorinated solvents                    | Compounds are dechlorinated via respiration in anaerobic habitats | Gw, Sl, Sw      | Maymo-Gatell et al., 1997; Adrian et al., 2000                  |

Fw, freshwater; FwS, freshwater sediment; Gw, groundwater; Os, ocean sediments; Ow, ocean waters; Sl, soil; Sw, sewage.

**Exemplos de ciclagem de nutrientes e processos fisiológicos catalisados por microrganismos**

|                       |   |  |                  |  |
|-----------------------|---|--|------------------|--|
| <b>Nitrogen</b>       | Nitrogen fixation<br>Ammonium oxidation         | N <sub>2</sub> gas becomes ammonia<br>Ammonia becomes nitrite and nitrate  | Ow, Sl<br>Sl, Sw | Karl et al., 2002<br>Stark and Hart, 1997;<br>Kowalchuk and Stephen, 2001                    |
|                       | Anaerobic ammonium oxidation<br>Denitrification | Nitrite and ammonia become N <sub>2</sub> gas<br>Nitrate is used as an electron acceptor and converted to N <sub>2</sub> gas | Os, Sw<br>Sl, Sw | Dalsgaard et al., 2003;<br>van Niftrik et al., 2004<br>Zumft, 1997; van Breemen et al., 2002 |
| <b>Sulfur</b>         | Sulfur oxidation                                | Sulfide and sulfur become sulfate  | Os               | Taylor and Wirsén, 1997  |
|                       | Sulfate reduction                               | Sulfate is used as an electron acceptor and converted to sulfur and sulfide  | Os               | Habicht and Canfield, 1996   |
| <b>Other elements</b> | Hydrogen oxidation                              | Hydrogen is oxidized to H <sup>+</sup> , electrons reduce other substances   | SL, Os, Sw,      | Schink, 1997   |
|                       | Mercury methylation and reduction               | Organic mercury is formed and mercury ion is converted to metallic mercury   | FwS, Os          | Morel et al., 1998; Sigel et al., 2005   |
|                       | (Per)chlorate reduction                         | Oxidants in rocket fuel and other sources are converted to chloride  | Gw               | Coates and Achenbach, 2004   |
|                       | Uranium reduction                               | Uranium oxyanion is used as an electron acceptor; hence immobilized  | Gw               | Lovley, 2003   |
|                       | Arsenate reduction                              | Arsenic oxyanion is used as an electron acceptor; hence toxicity is diminished   | FwS, Gw          | Oremland and Stolz, 2003   |
|                       | Iron oxidation, acid mine drainage              | Iron sulfide ores are oxidized, strong acidity is generated  | FwS, Gw          | Edwards et al., 2000   |

Fw, freshwater; FwS, freshwater sediment; Gw, groundwater; Os, ocean sediments; Ow, ocean waters; Sl, soil; Sw, sewage.



# MICROBIOLOGIA AMBIENTAL

Diversidade microbiana

PROF. GUSTAVO H. COUTO

# O que é diversidade?

**Variabilidade** entre microrganismos em nível de espécie, entre espécies e nos ecossistemas. (Convenção biológica da Biodiversidade, 1992 – Rio-92).

Pode ser entendida como uma associação de vários componentes hierárquicos:

**Ecológico**

**Organismo**

**Genético**

## Elementos da diversidade

Heywood & Baste, 1995

### Diversidade Ecológica

Biomas  
Bio-regiões  
Paisagem  
Ecossistema  
Habitat  
Nichos  
Populações

### Diversidade Organismos

Reino  
Filo  
Família  
Gênero  
Espécie  
População  
Individuo

### Diversidade Genética

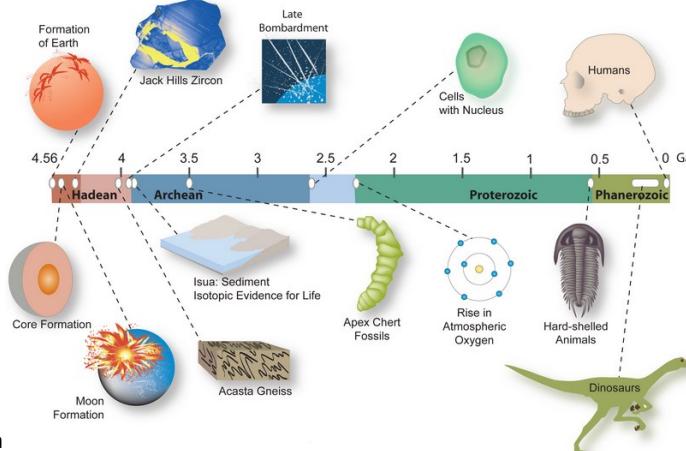
Populações  
Indivíduos  
Cromossomos  
Genes  
Nucleotídeos

Os microrganismos estão presentes em praticamente todos os ambientes da terra

A grande diversidade dos microrganismos se reflete em todos os aspectos da vida



- Com a formação da terra, a  $4,6 \times 10^9$  de anos atrás uma série inexplorada eventos físicos, químicos, bioquímicos e posteriormente biológicos começaram a se revelar.
- Acredita-se que os procariotos (árqueias e bactérias) foram a única ou a forma dominante de vida em 70% da história da terra. (70% de 4,6 milhões de anos)
- Anfitriões do planeta
- Procariotos compreendem ~60% da biomassa total, estando presente em uma variedade de habitats incluindo ambientes extremos (altura, profundidade, pressão, salinidade, pH, calor ou luz)



Vídeo arqueia

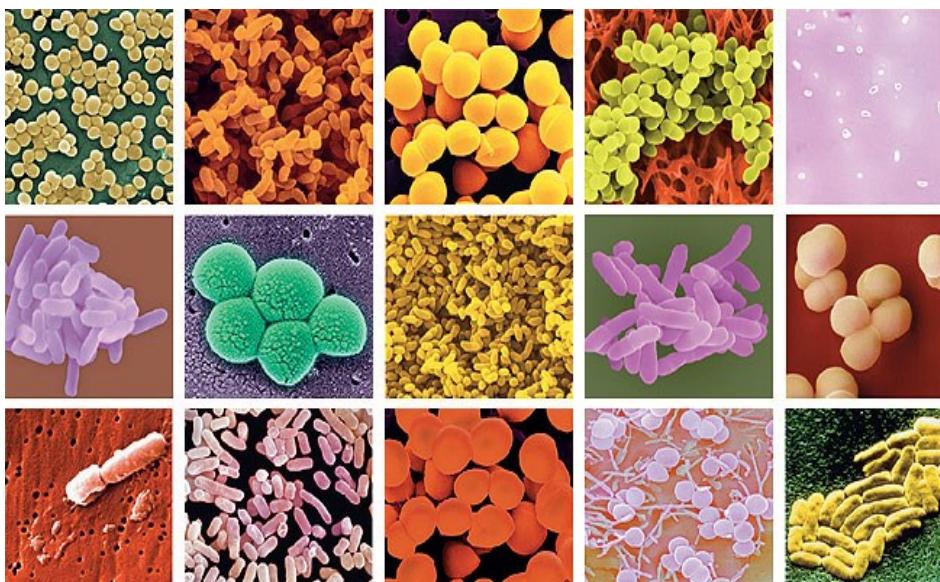
**Por que essa capacidade dos procariotos de habitar em qualquer tipo de ambiente?**

Combinação única de características para uma ampla distribuição na biosfera

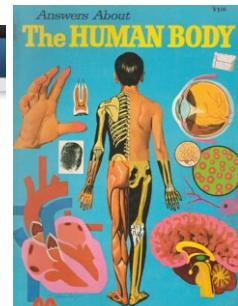
| CARACTERÍSTICA                                    | CONSEQUÊNCIAS DAS CARACTERÍSTICAS  |
|---|--|
| Tamanho pequeno                                   |  |
| Distribuição universal em todos habitats da terra | Ciclagem geoquímica dos elementos, compostos orgânicos e inorgânicos                                       |
| Elevada superfície específica                     | Detoxificação de poluentes orgânicos   |
| Potencial de alta taxa metabólica                 | Detoxificação de poluentes inorgânicos   |
| Capacidade de resposta fisiológica                | Liberação de nutrientes limitantes essenciais da biomassa de uma geração para outra                        |
| Maleabilidade genética                            | Manutenção da composição química do solo, sedimento, água e atmosfera requeridos por outras formas de vida |
| Potencial de rápida taxa de crescimento           |  |
| Incomparável diversidade nutricional              |  |
| Incomparável diversidade genética                 |  |

A interação governada termodinamicamente entre os recursos (compostos orgânicos, inorgânicos e elementos), os microrganismos e 3,6 bilhões anos de evolução, provavelmente são a fonte de diversidade metabólica do mundo microbiano.

### DIVERSIDADE DE FORMAS E TAMANHOS

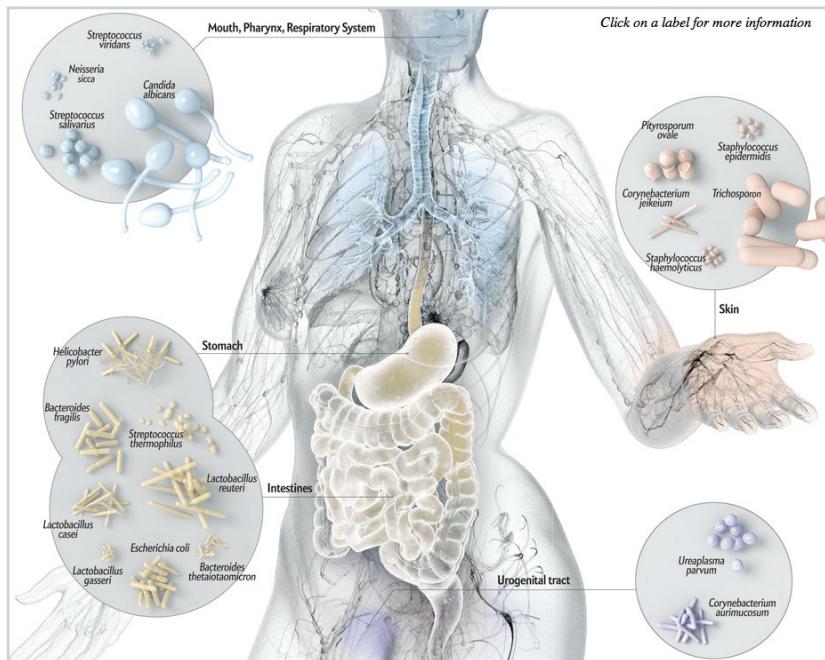


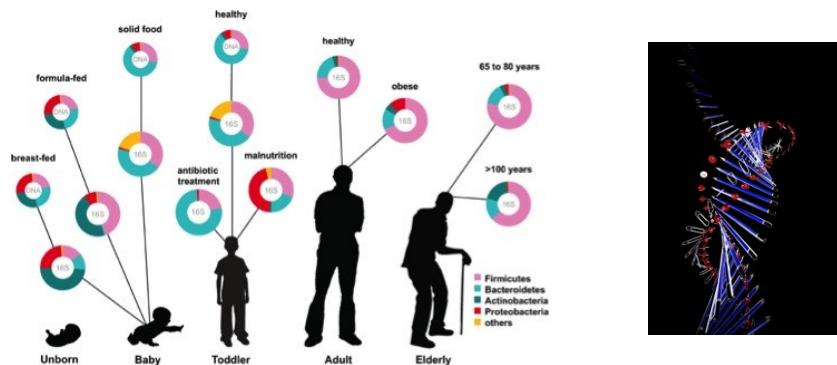
The screenshot shows the NIH Human Microbiome Project website. The top navigation bar includes links for Overview, Reference Genomes, Microbiome Analysis, Health & Ethics, Resources, Outreach, Data Browser, and Feedback. Below the navigation is a news article titled "January 2015 Metagenome Analysis Workshop March 3-4".



## Projeto Microbioma Humano

- Projeto com início em 2008
- Coleção de todos os microrganismos que vivem em associação com o corpo humano.
- Comunidade variada que inclui eucariotos, arqueias, bactérias e vírus.
- Existem mais bactérias no nosso corpo (10X mais!) que células humanas.
- Em peso eles representam 1% da massa corporal (peso seco).
- Maior parte é benéfica, essencial para a saúde (produção de vitamina, quebra de alimentos, ensina o sistema imune como reconhecer invasores, produz compostos anti-inflamatórios)
- Estudos mostram que a mudança na composição do nosso microbioma reflete o estado de uma determinada doença.





- Nosso corpo e o corpo de outras espécies animais está literalmente colonizado por uma rica e complexa diversidade de microrganismos > Microbioma humano
- No corpo humano existem ~ 100 trilhões de microrganismos habitando a superfície interna e externa.
- O microbioma humano varia muito nas mais diversas regiões do nosso corpo, dependendo de condições como umidade, pH, temperatura e nutrientes disponíveis.

### Métodos utilizados para se estudar a diversidade microbiana

#### Análises dependentes de cultivo:

- 1- Enriquecimento e isolamento em cultura pura
- 2- Análise de características fenotípicas (identificações dos microrganismos realizado principalmente por análises morfológicas e fisiológicas comparada a padrões de espécies conhecidas)

#### Análises independentes de cultivo (molecular)

- 1- Viabilidade e quantificação - técnicas de coloração
- 2- Corantes genéticos
- 3- PCR – correlação de sequências de DNA específicas a microrganismos específicos

#### Medida das atividades microbianas

Respiração, ATP, produção de calor, atividade enzimática e outros.

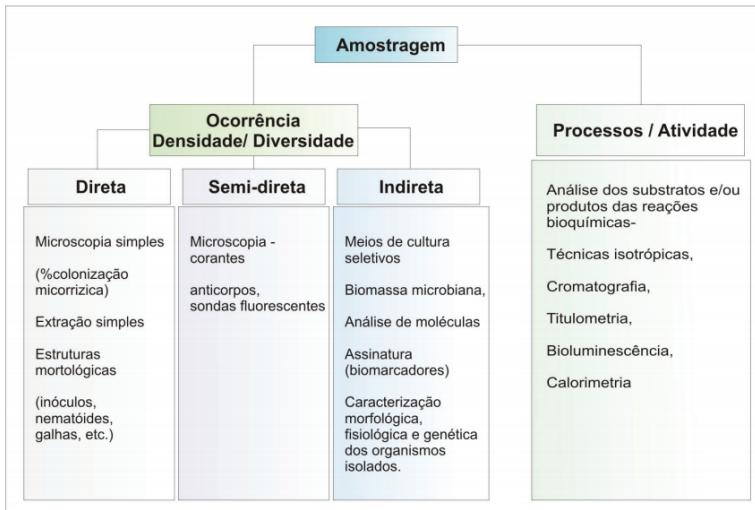
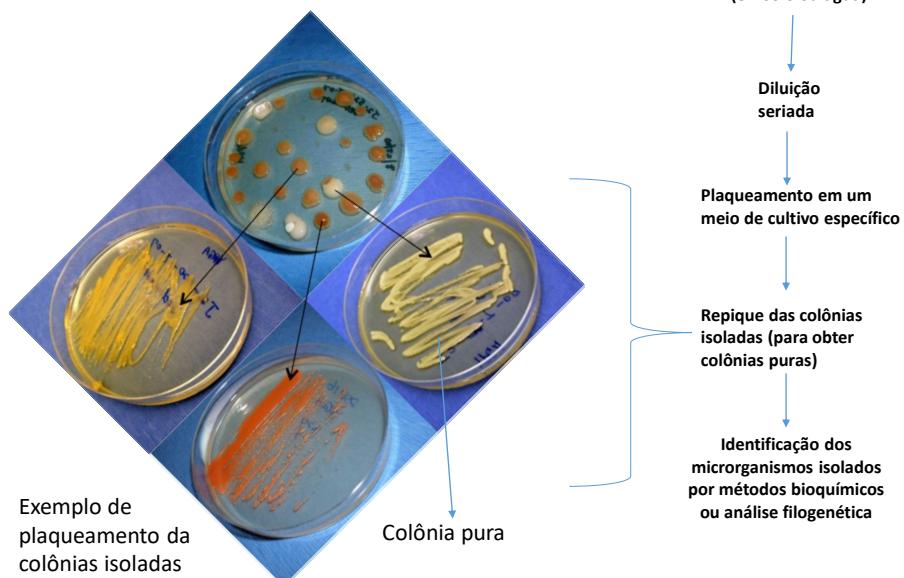
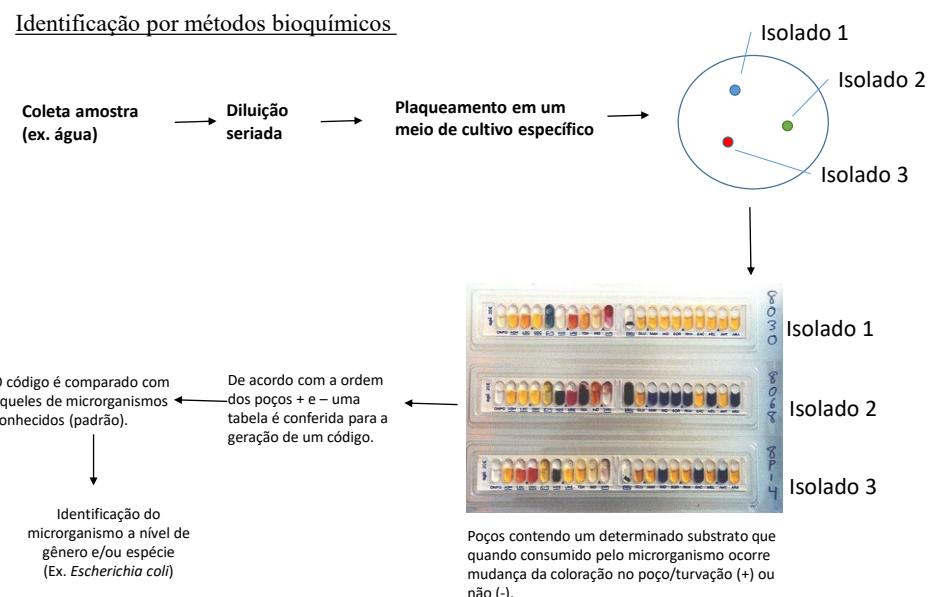


Figura 1. O esquema evidencia os métodos utilizados no estudo da diversidade microbiana de um habitat.

### Análises dependentes de cultivo (metodologia clássica)

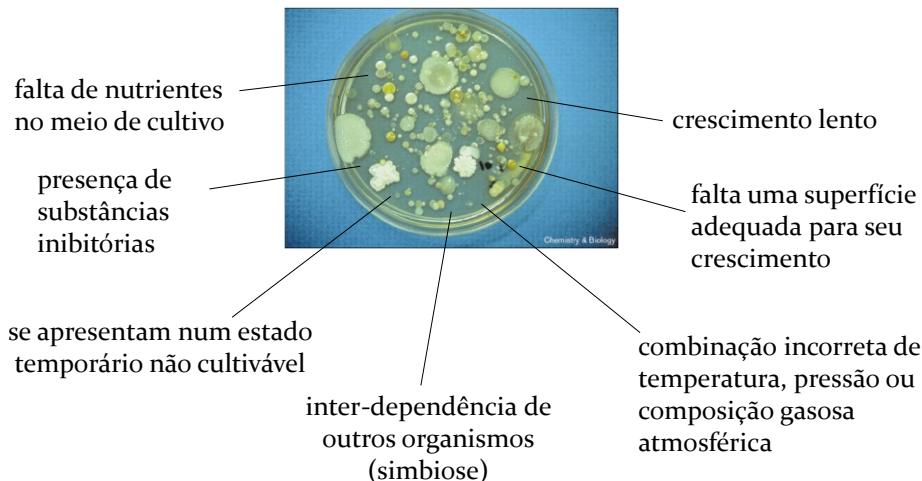


- Identificação por métodos bioquímicos (exemplo: uso do carbono)
  - **Como funciona?**
    - Placas com diferentes poços, cada um com uma fonte diferente de carbono
    - Se o microorganismo começa a utilizar a fonte de carbono, a corante é reduzido aparece uma cor determinada no espaço.
    - A análise geralmente é feita durante 2 a 5 dias.
  - **Para que é usado?**
    - Avaliar o potencial metabólico de comunidades de microrganismos em locais contaminados.
    - Estimar diversidade de microorganismos. (riqueza nas respostas)
    - Estimar similaridade entre comunidades. (padrão de desenvolvimento)
    - Determinar facilidade/dificuldade no uso do carbono. (taxa de mudança da cor em cada espaço)



## Limitações da Metodologia Clássica (Cultivo)

- a maioria das bactérias (95%) por exemplo não são cultiváveis nos meios de cultivo atualmente descritos. Por que?



- Em 1985, PACE utilizou iniciadores específicos para amplificar o gene 16S rRNA para caracterizar a biodiversidade de amostras de solo se necessidade de cultivo.
- A descoberta dessa diversidade teve grande impacto também no sistema de classificação filogenética de bactérias

*Proc. Natl. Acad. Sci. USA*  
Vol. 82, pp. 6955-6959, October 1985  
Evolution



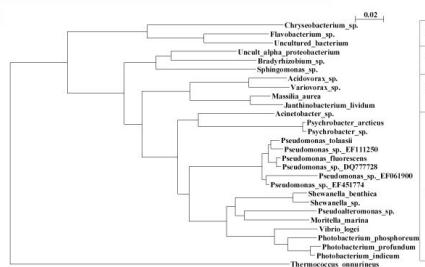
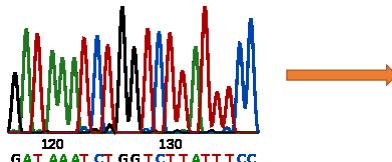
### Rapid determination of 16S ribosomal RNA sequences for phylogenetic analyses

(reverse transcriptase/dideoxynucleotide)

DAVID J. LANE\*, BERNADETTE PACE\*, GARY J. OLSEN\*, DAVID A. STAHL†‡, MITCHELL L. SOGIN†, AND NORMAN R. PACE§\*

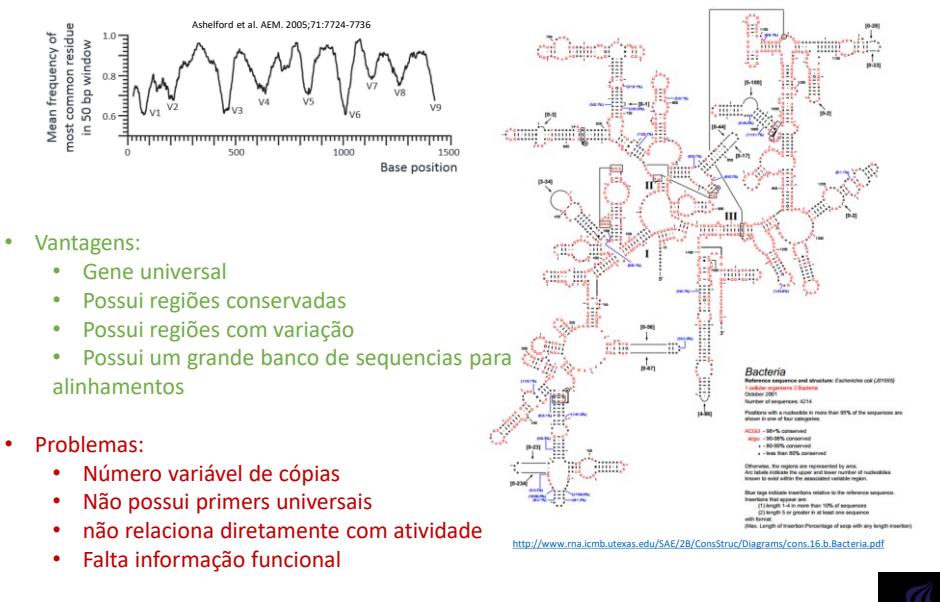
\*Department of Biology and Institute for Molecular and Cellular Biology, Indiana University, Bloomington, IN 47405; and †Department of Molecular and Cellular Biology, National Jewish Hospital and Research Center, Denver, CO 80206

Communicated by Ralph S. Wolfe, June 26, 1985



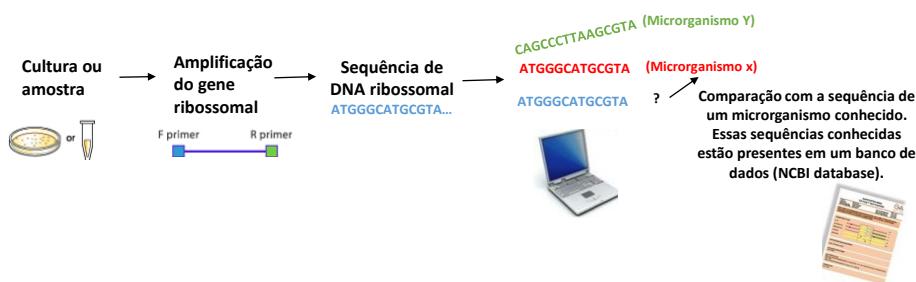
Dendrograma filogenético espécies bacterianas

Por que a sequencia do gene 16S é utilizada para a classificação das bactérias?

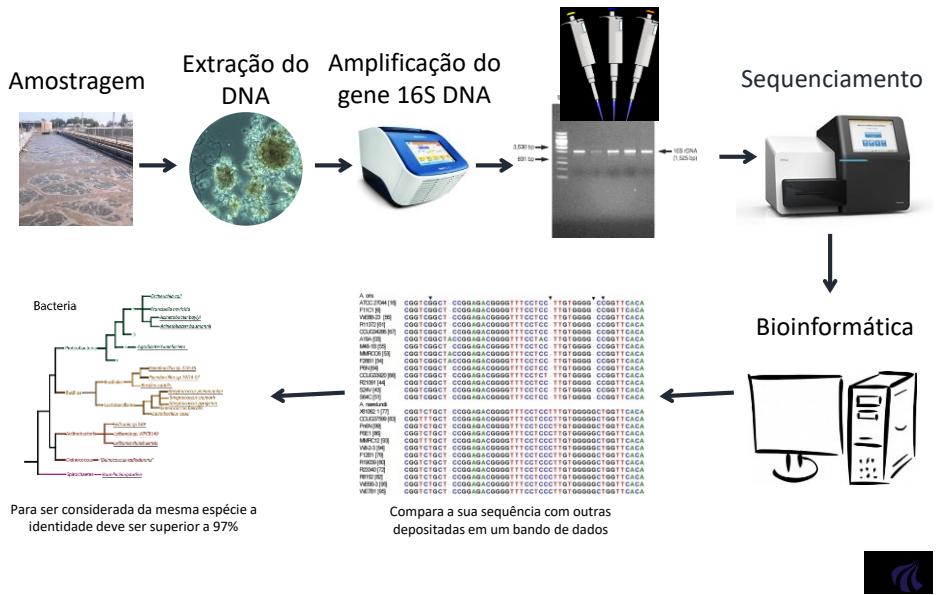


### Análise filogenética

- Ácido nucléico é extraído diretamente de uma cultura (bactéria ou fungo) ou de amostras coletadas (ex. solo, água);
- O sequenciamento de uma determinada região do DNA ribossomal de procariotos e eucariotos (16S e 18S, respectivamente)
- Essas sequências são comparadas com um banco de sequências de microrganismos já identificados por métodos filogenéticos.

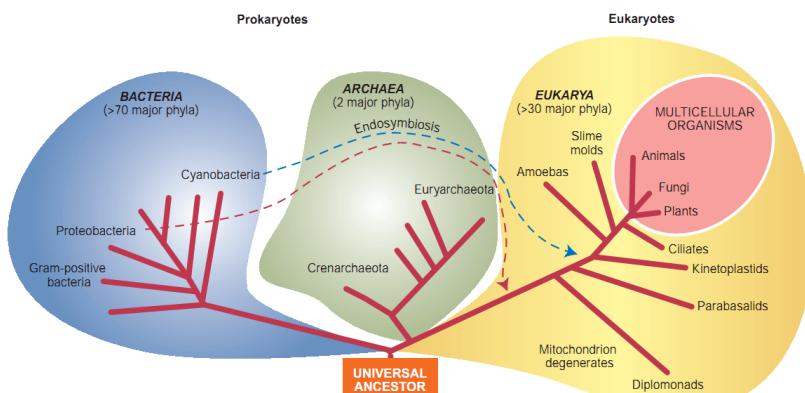


## Típicas etapas para identificação microrganismos



# Classificação dos microrganismos

- O americano Carl Woese e colaboradores propuseram uma classificação baseada na sequência do DNA.
  - Sistema de 3 domínios: Archaea, Bacteria e Eukarya



**FIGURE 3.7** The Three-Domain System Forms the “Tree of Life”. Fundamental differences in genetic endowments are the basis for the three domains of all organisms on Earth. Some 3.5 billion years ago, a universal ancestor arose from which all modern day organisms descended. >> What cellular characteristic was the major factor stimulating the development of the three-domain system?

# Domínio Archaea

Perspectiva filogenética: 3 grandes filos

## Crenarchaeota

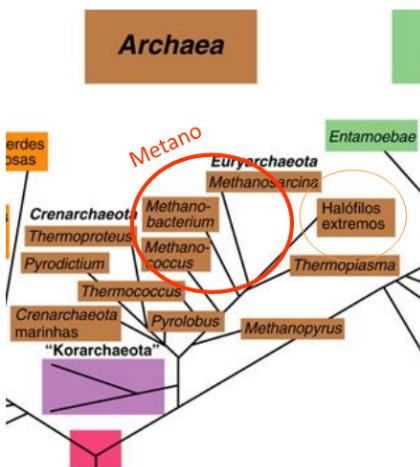
Alguns definidos pela sequência de genes ribossomais de amostras de ambiente, principalmente de oceanos com temperaturas baixas.

## Euryarchaeota

Produtores de metano e halófilos extremos

## "Korarchaeota"

Identificado a partir de análises de comunidades microbianas, de fonte quente específica no Parque Nacional de Yellowstone (hipertermofílicos).



# ARQUÉIAS

- Algumas espécies são extremófilas (extremos de temperatura, pH, salinidade, etc)
- Não são bactérias, possuem características próprias.
- metanogênicas (produzem metano)



(A)



(B)

**FIGURE 4.1** Life at the Edge. Bacterial and archaeal extremophiles have been isolated from the edges of natural cauldrons, including (A) the Grand Prismatic Spring in Yellowstone National Park, Wyoming, where the water of the hot spring is over 70°C, or (B) the mud pools surrounding sulfurous steam vents of the Solfatara Crater in Pozzuoli, Italy, where the mud has a very low pH and a temperature above 90°. »» How do extremophiles survive under these extreme conditions?

## Domínio Bacteria

-Pelo menos 40 divisões (filos);

-Muitos filos foram diferenciados por propriedades fenotípicas (espiroquetas e cianobactérias);

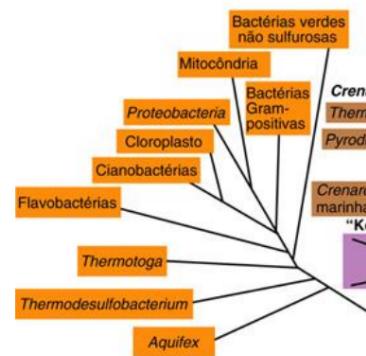
-A maioria dos filos consiste em espécies que, embora especificamente relacionadas do ponto de vista filogenético, são desprovidas de forte semelhança fenotípica (filo: Proteobacteria);

-Organelas eucarióticas foram claramente originadas do domínio *Bacteria*;

Mitocôndria do filo *Proteobacteria*, especificamente de organismos relacionados, como *Agrobacterium*, *Rhizobium* e riquétsias (também intracelulares);

Cloroplasto do filo das cianobactérias (realizam fotossíntese)

### Bacteria



## BACTÉRIAS

- DIVISÃO BINÁRIA
- CAPAZ DE FORMAR ESPOROS
- PODEM POSSUIR FLAGELO
- POSSUI PAREDE CELULAR FORMADA POR PEPTIDEOGLUCANA
- DIVISÃO BINÁRIA
- CAPAZ DE FORMAR ESPOROS
- PODEM POSSUIR FLAGELO
- POSSUI PAREDE CELULAR FORMADA POR PEPTIDEOGLUCANA



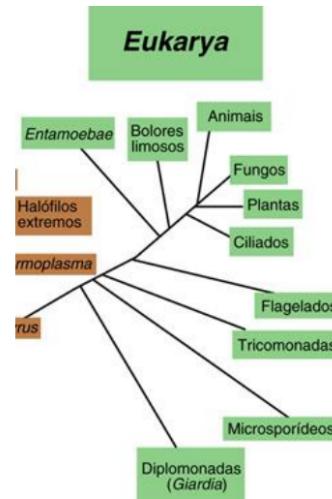
## Domínio *Eukarya*

Observe: Microrganismos eucarióticos situam-se em

*ramos mais profundos* da árvore, enquanto que os  
metazoários (organismos multicelulares) correspondem a *organismos altamente derivados*.

Considerados mais evoluídos;

Observação sustentada pelo aparecimento tardio de  
metazoários em registros fósseis.



## Domínio *Eukarya*

## Protozoários

Do latim, *protozoa*, singular: *protozoan*

*Protozoa* → primeiro animal, está relacionado com a forma de alimentação

Microrganismos unicelulares eucariotos que pertencem ao Reino dos Protistas;

Não apresentam parede celular;

Habitam águas e solo;

### *Amoeba* sp. - Pseudópodes



## Domínio Eukarya

### Fungos

-do Latim *fungi*, singular: *fungus*.

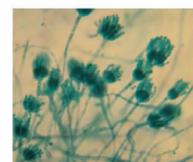
- Eucariotos, com núcleo definido onde o DNA é envolto por membrana;

- Os organismos do reino dos Fungos podem ser unicelulares ou multicelulares;  
→ Cogumelos: multicelulares parecidos com plantas, mas não fazem fotossíntese!

-Fungos verdadeiros **possuem parede celular composta de quitina**;

-Os mais típicos são os bolores ou filamentosos (hifas) que formam massa visível chamada de micélio;

-Leveduras, fungos unicelulares, são ovais e maiores que as bactérias



## Domínio Eukarya

### Algas

- Eucarióticos que contêm clorofila e realizam fotossíntese oxigênica;

-Unicelulares, filamentosas ou multicelulares (talos);

- Maioria vive em ambiente aquático;

-Reprodução assexuada por divisão celular e fragmentação, mas muitas também se reproduzem sexualmente;

São classificadas de acordo com suas estruturas e pigmentos.



*Euglena*

| Tabela 11.3 Resumo das principais características distintivas de Bacteria, Archaea e Eukarya <sup>a</sup>                           |                                    |                                   |                             |
|---|------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|
| Característica  | Bacteria                           | Archaea                           | Eukarya                     |
| Morfológica e genética  |                                    |                                   |                             |
| Estrutura celular procariótica  | Sim                                | Sim                               | Não                         |
| Presença de DNA na forma circular e covalevemente fechada   | Sim                                | Sim                               | Não                         |
| Presença de proteínas histonas  | Não                                | Sim                               | Sim                         |
| Núcleo envolto por membrana   | Ausente                            | Ausente                           | Presente                    |
| Parede celular  | Presença de ácido murâmico         | Ausência de ácido murâmico        | Ausência de ácido murâmico  |
| Lipídeos de membrana  | Ligação éster                      | Ligação éster                     | Ligação éster               |
| Ribossomos (massa)  | 70S                                | 70S                               | 80S                         |
| RNA iniciador   | Formilmetionina                    | Metionina                         | Metionina                   |
| Introns na maioria dos genes  | Não                                | Não                               | Sim                         |
| Operons   | Sim                                | Sim                               | Não                         |
| Adição de "cap" e cauda poli-A no mRNA  | Não                                | Não                               | Sim                         |
| Plasmídeos  | Sim                                | Sim                               | Raros                       |
| Sensibilidade do ribossomo à toxina diférica  | Não                                | Sim                               | Sim                         |
| RNA polimerases (ver Figura 11.16)  | Uma<br>(4 subunidades cada)        | Várias<br>(8-12 subunidades cada) | Três<br>(12-14 subunidades) |
| Necessidade de fatores de transcrição (Seção 7.10)  | Não                                | Sim                               | Sim                         |
| Estrutura do promotor (Seção 7.9)   | Seqüências ~10 e ~35 (Pribnow box) | TATA box                          | TATA box                    |
| Sensibilidade a cloranfenicol, estreptomicina e kanamicina  | Sim                                | Não                               | Não                         |
| Fisiologia  |                                    |                                   |                             |
| Metanogênese  | Não                                | Sim                               | Não                         |
| Redução dissimilativa de S <sup>2-</sup> ou SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> a H <sub>2</sub> S, ou Fe <sup>2+</sup> a Fe <sup>0</sup> | Sim                                | Sim                               | Não                         |
| Nitrificação  | Sim                                | Não                               | Não                         |
| Denitrificação  | Sim                                | Sim                               | Não                         |
| Fixação de nitrogênio   | Sim                                | Sim                               | Não                         |
| Fotossíntese baseada em clorofila   | Sim                                | Não                               | Sim (em cloroplastos)       |
| Metabolismo energético baseado em rodopsina   | Sim                                | Sim                               | Não                         |
| Quinololitofilia (Fe, S, H <sub>2</sub> )   | Sim                                | Sim                               | Não                         |
| Vesículas de gás  | Sim                                | Sim                               | Não                         |
| Síntese de grânulos de armazenamento de carbono, compostos por poli-β-hidroxialcanoatos   | Sim                                | Sim                               | Não                         |
| Crescimento acima de 80°C   | Sim                                | Sim                               | Não                         |

a Observe que algumas propriedades são apresentadas apenas por determinados representantes do domínio.

## Vírus

*Depende do ponto de vista → agregações extremamente complexas de substâncias químicas ou microrganismos extremamente simples.*

- Possuem um único tipo de ácido nucléico (DNA e RNA) e uma cobertura protéica envolvida por um envelope composto de lipídeos, proteínas e carboidratos;

- São parasitas intracelulares obrigatórios;

