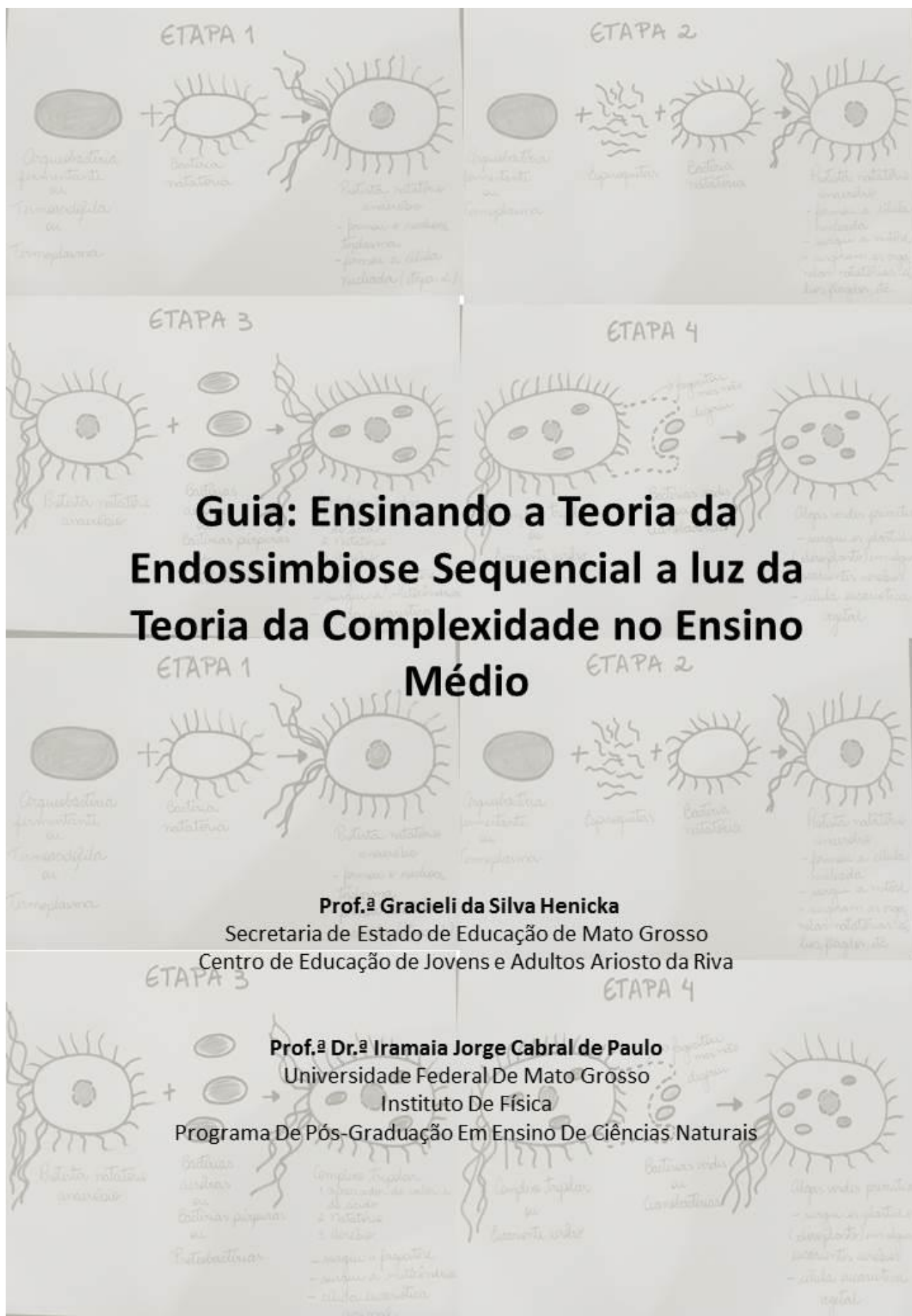




Guia: Ensinando a Teoria da Endossimbiose Sequencial a luz da Teoria da Complexidade no Ensino Médio

Prof.ª Gracieli da Silva Henicka

Secretaria de Estado de Educação de Mato Grosso

Centro de Educação de Jovens e Adultos Ariosto da Riva

Prof.ª Dr.ª Iramaia Jorge Cabral de Paulo

Universidade Federal De Mato Grosso

Instituto De Física

Programa De Pós-Graduação Em Ensino De Ciências Naturais

Guia: Ensinando a Teoria da Endossimbiose Sequencial a luz da Teoria da Complexidade no Ensino Médio / Gracieli da Silva Henicka & Iramaia Jorge Cabral de Paulo. – Cuiabá, Mato Grosso: Programa De Pós-Graduação Em Ensino De Ciências Naturais / UFMT, 2015. 194 p.

1. Teoria da Endossimbiose Sequencial
 2. Teoria da Complexidade
 3. Ensino de Biologia
-

Guia: Ensinando a Teoria da Endossimbiose Sequencial a luz da Teoria da Complexidade no Ensino Médio

Prof.^a Gracieli da Silva Henicka

Secretaria de Estado de Educação de Mato Grosso
Centro de Educação de Jovens e Adultos Ariosto da Riva

Prof.^a Dr.^a Iramaia Jorge Cabral de Paulo

Universidade Federal De Mato Grosso
Instituto De Física
Programa De Pós-Graduação Em Ensino De Ciências Naturais

Dedicado à minha mãe Olímpia Terezinha da Silva Henicka (*in memoriam*).

APRESENTAÇÃO

O livro “Guia: Ensinando a Teoria da Endossimbiose Sequencial a luz da Teoria da Complexidade no Ensino Médio” se apresenta como produto educacional em nível de mestrado profissional do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais (<http://fisica.ufmt.br/pgec/>) da Universidade Federal de Mato Grosso. Ele reúne informações e materiais da pesquisa realizada no ano de 2014 em Alta Floresta, MT.

A Teoria da Complexidade tem se apresentado como um novo e promissor paradigma da ciência nas últimas décadas, uma vez que a mesma considera os fenômenos naturais sistemas abertos e os descrevem com mais legitimidade que a Ciência Moderna. Nessa perspectiva entendemos que a evolução biológica é um sistema aberto e como tal, se caracteriza por entrada e saída de fluxos de matéria, energia e quantidade de movimento. Ou seja, os seres vivos estão intimamente conectados entre si e com o meio abiótico, influenciando e sendo influenciados a todo momento, e por tanto possuem histórias evolutivas próximas e coparticipativas.

A pesquisadora norte-americana Lynn Margulis (1938-2011) em sua obra “O planeta simbiótico: uma nova perspectiva da evolução. Tradução, Laura Neves; revisão técnica, Max Blum. – Rio de Janeiro: Rocco, 2001” nos apresenta a Teoria da Endossimbiose Sequencial - TES. Essa teoria trata da simbiogênese, que é o processo que dá origem a novos tecidos, órgãos, organismos – e até espécies – por meio da simbiose permanente ou de longo prazo. Com isso Margulis nos esclarece que a evolução biológica ocorre com a adaptação do ambiente pela espécie e com a cooperação por meio de simbioses, e não somente pela competição e pela adaptação da espécie ao ambiente como Charles Darwin enunciava. A TES apresenta alguns conceitos da Teoria da Complexidade, como: a) pensamento sistêmico: pois não é possível analisar as partes, sem o todo; b) auto-organização e auto-regulação: pois existe uma emergência espontânea de novas estruturas e de novas formas de comportamento oriundo do fluxo constante de energia e matéria que mantém os sistemas complexos afastados do equilíbrio; e c) acoplamento estrutural: pois os seres vivos interagem entre si e com o meio externo, sendo eles interdependentes e estruturalmente dinâmicos.

Esse livro foi elaborado para divulgar e fomentar a inserção dessas teorias no currículo de Biologia no Ensino Médio, especialmente na Educação de Jovens e Adultos, já que houveram resultados positivos da pesquisa neste segmento investigado sinalizando haver essa possibilidade. Nele você encontrará três textos-apoio para o professor se preparar para ministrar as aulas, três textos-apoio para o aluno, vários testes e 148 slides organizados em três oficinas.

Sabemos que esse material é apenas uma introdução dessas teorias, maiores informações poderão ser encontradas nas obras citadas na bibliografia, especialmente no livro de “PAULO, Iramaia Jorge Cabral de; JORGE NETO, Miguel; PAULO, Sérgio Roberto de. Introdução à Teoria da Complexidade. Cuiabá: EdUFMT, 2012”.

Boa leitura e bom trabalho!

CONTEÚDO

PREFÁCIO.....	7
AGRADECIMENTOS.....	8
1 INTRODUÇÃO.....	10
2 PLANO DE CURSO.....	11
3 TEXTO-APOIO A PARA O PROFESSOR, TEXTO-APOIO A PARA O ALUNO E TESTES DA OFICINA A – CONCEITOS NECESSÁRIOS PARA O ENTENDIMENTO DA TEORIA DA ENDOSSIMBIOSE SEQUENCIAL.....	15
4 TEXTO-APOIO B PARA O PROFESSOR, TEXTO-APOIO B PARA O ALUNO E TESTES DA OFICINA B – INTRODUÇÃO À TEORIA DA ENDOSSIMBIOSE SEQUENCIAL A LUZ DA TEORIA DA COMPLEXIDADE.....	26
5 TEXTO-APOIO C PARA O PROFESSOR, TEXTO-APOIO C PARA O ALUNO E TESTES DA OFICINA C – TEORIA DA ENDOSSIMBIOSE SEQUENCIAL – TES: AS QUATRO ETAPAS.....	39
6 AVALIAÇÃO PROCESSUAL.....	46
7 SLIDES DA OFICINA A, B E C	47
8 BIBLIOGRAFIA.....	194

PREFÁCIO

Sem dúvida, a Teoria da Endossimbiose Sequencial (SET – sigla em inglês) se trata de um dos mais relevantes desenvolvimentos científicos da humanidade nas últimas décadas. Embora não tenha sido agraciada com um Prêmio Nobel (esse prêmio não é oferecido para a área de Biologia), a autora da teoria, a Profa. Lynn Margulis, da Universidade de Massachusetts, falecida em 2011, estruturou uma contribuição à ciência comparável à de Charles Darwin.

Contudo, principalmente por ser uma teoria recente, é ainda pouco conhecida. A despeito disso, sua abrangência e importância para a construção do saber estruturante dos profissionais de maneira geral, torna-a imprescindível para o Ensino Médio. A SET representa um passo fundamental para a compreensão do ser vivo pluricelular, tanto no que diz respeito a sua origem como também como é agora, de tal forma que - não é exagero dizer – ela praticamente redefine o conceito de ser vivo. Assim, já que a compreensão do ser vivo é de importância nevrálgica para a formação escolar de qualquer indivíduo, entende-se a relevância desse guia e o mérito, pela iniciativa, de sua autora, a Profa. Gracieli da Silva Henicka, e de sua orientadora, a Profa. Iramaia Jorge Cabral de Paulo.

Acredito que este guia se constitua numa das primeiras iniciativas brasileiras de se levar a SET aos alunos do Ensino Médio realizadas neste país. Num contexto de um processo de escolarização tão depreciado nesse nível de ensino, tal iniciativa se apresenta como um bálsamo e mais uma esperança de que no futuro tenhamos a educação que sonhamos.

Prof. Dr. Sérgio Roberto de Paulo

AGRADECIMENTOS

À Deus, em primeiro lugar... Obrigada Pai por que me amparaste e me conduziste até aqui. Fazei de mim instrumento de Tua paz.

À minha família, meu esposo Marcelo Luiz da Silva e meu filho João Pedro Henicka da Silva, por alegrar meus dias e me inspirar. Obrigada Amor por ouvir minhas ideias e me auxiliar nos momentos que precisei. Você é meu melhor amigo!

À meus familiares, meu pai Volnei Henicka e meus irmãos Tiago da Silva Henicka e Maykon da Silva Henicka pelo amor e apoio.

À minha saudosa mãe Olímpia Terezinha da Silva Henicka. Obrigada por nos acolher em sua casa enquanto eu, grávida, desenvolvia a pesquisa e neste início de ano enquanto eu, com seu neto no colo, escrevia a dissertação. Obrigada por todos os conselhos e incentivos. Mãe meu coração está em pedaços com sua partida... mas por você e a fé que plantou em mim eu estou tentando seguir em frente...

Minha mãe foi chamada para junto de Deus em 7 de fevereiro de 2015. Ela me ensinou a ler e escrever com tanto amor que a sinto em cada palavra que escrevo... Mãe, a senhora me inspirou a ser uma pessoa melhor e uma professora dedicada... Esse mestrado é meu e teu... um sonho nosso... Muito obrigada por tudo mãezinha! Obrigada Deus por ser filha dessa guerreira! Mãe, essa vitória é em sua memória...

À minha irmã-tia Nadia e meu cunhado-tio Odilei pelo apoio e amor a mim dedicado. À minha sogra Marlene, meu sogro Nei, minha cunhada Mary e meu cunhado Odirlei pelo apoio e incentivo.

À Prof^a. Dr^a. Iramaia Jorge Cabral de Paulo, minha orientadora-inspiradora que foi muito mais que uma professora, foi luz pra mim... Obrigada Iramaia por todo carinho e pela orientação. Serei sempre grata pelo que fez por mim.

À Prof^a. Dr^a. Nadja Gomes Machado e ao Prof. Dr. Sérgio Roberto de Paulo pelas valiosas correções na qualificação. Suas observações foram imprescindíveis.

À Prof^a. Dr^a. Evelyse Lemos pelas preciosas observações na defesa. Sua colaboração enriqueceu esse trabalho.

Aos meus professores do mestrado, obrigada pelos ensinamentos e ideias compartilhadas.

Aos meus colegas de turma, foi um prazer conhecê-los. Obrigada pelas conversas, trocas de ideias e pelo que aprendi com vocês, especialmente à Sonia, Leo, Pati, Débora, Muriel, Cléia e Mirtes.

Aos meus colegas do CEJA Ariosto da Riva em Alta Floresta, que me receberam tão cordialmente e me auxiliaram no decorrer do trabalho, especialmente às meninas da cozinha que fizeram a sopinha de feijão que eu tanto desejava.

Aos alunos do CEJA que participaram da pesquisa, meu sincero agradecimento por compartilharem comigo parte do tempo de vocês. Espero retribuir a altura.

À Edi, minha vizinha em Sorriso, que tanto me auxiliou nos serviços domésticos para que eu encontrasse paz para escrever. Obrigada pela amizade e conselhos.

À Noemi por ter cuidado da roupa da minha família em Alta Floresta me poupando tempo para continuar escrevendo. Obrigada.

À Fran, a babá do meu filho, por ter dedicado tanto carinho a ele em quatro meses e me tranquilizado para que eu pudesse escrever mesmo sofrendo tanto com a partida da minha mãe. Você foi enviada por Deus. Minha eterna gratidão.

À Mariana por me auxiliar nos serviços domésticos no último mês, isso trouxe alívio nos meus dias e então pude escrever. Obrigada.

Aos que pesquisaram o ensino de ciências antes de mim e me inspiraram na elaboração deste trabalho.

1 INTRODUÇÃO

Embora currículo de biologia da Educação de Jovens e Adultos (EJA) em Mato Grosso siga as orientações curriculares de diversidades educacionais (2010) – que defendem o papel investigador do professor, dando-lhe autonomia para implementar o currículo com possibilidades que vão além da obviedade de um trabalho centrado apenas nos conteúdos formais, obedecendo uma lógica que contemple a seleção dos conteúdos relacionando-os, tanto quanto possível, a situações da vida cotidiana dos estudantes da EJA, não como uma finalidade em si, mas como meio para uma interação mais plena e satisfatória com o mundo físico e social à sua volta - os conteúdos de Biologia, em especial nas áreas de Evolução, Ecologia e Citogenética, parecem estar defasados das demandas atuais relacionadas a um pensamento sistêmico sobre a natureza.

Os estudantes do ensino médio da EJA obrigatoriamente já exercem seus direitos e deveres de cidadãos, porém são escassas as informações atualizadas e contextualizadas sobre a ciência, e geralmente essas informações estão disponíveis aos mesmos apenas nas mídias mais populares – TV e rádio. Com certa frequência essas informações são distorcidas por jornalistas, o que pode confundir e induzir o cidadão.

A escola poderia oferecer a adequada transposição didática dessas teorias a fim de instrumentalizar os estudantes para o exercício pleno e crítico de sua cidadania. É imprescindível que as mais recentes teorias científicas cheguem às salas de aula até mesmo para a compreensão e consolidação de campanhas ambientais. Jorge Neto (2008) e Tavares (2011) apontam que é viável a inserção de conceitos relacionados à Teoria da Complexidade (TC) no ensino médio. Tornando assim, importante a inserção da Teoria da Endossimbiose Sequencial (TES) no currículo de biologia na EJA, uma vez que este, em especial, geralmente não se mostra atualizado e contextualizado.

A inserção de novos conteúdos ao conteúdo programático de biologia na EJA é fundamental para uma compreensão mais abrangente e necessária das relações entre os seres vivos, atmosfera e geosfera. Essa perspectiva, que desafia a lógica cartesiana dos livros didáticos e do tradicional currículo escolar, pode ser encontrada na Teoria da Endossimbiose Sequencial (TES) de Lynn Margulis a luz da Teoria da Complexidade (TC).

O pensamento sistêmico, aspecto preponderante nas teorias supracitadas, está presente em todos os fenômenos da natureza. Essa visão sistêmica pode permear todo o currículo de Biologia, especialmente os conteúdos evolucionistas. A teoria de Margulis não explica totalmente a evolução biológica, mas é a que melhor descreve o que teria ocorrido com a vida em nível celular. Enquanto a teoria de Darwin descreve a evolução biológica em nível de indivíduo. Vale destacar que essas teorias são aliadas e sugerem que a evolução biológica se dá por meio da cooperação em nível celular e da competição em nível de indivíduo, e que o ambiente altera e é alterado pelo organismo. Portanto, a evolução biológica está intrincada de numerosos elementos que interferem em seu desenvolvimento, ou seja, trata-se de um sistema aberto.

Esse livro se fundamenta na Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) de David Ausubel (1980) e seus conceitos-chave: aprendizagem significativa, subsunçores e organizadores prévios.

2 PLANO DE CURSO

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO – UFMT/ CUIABÁ
INSTITUTO DE FÍSICA, INSTITUTO DE BIOCIÊNCIAS E ICET – DEPARTAMENTO DE QUÍMICA



PLANO DE CURSO

CURSO: O ensino introdutório da Teoria da Endossimbiose Sequencial a luz da Teoria da Complexidade.

DISCIPLINA: Biologia

TURMAS: 2º ano do ensino médio EJA (Educação de Jovens e Adultos) ou 3º ano do ensino médio regular

CARGA HORÁRIA: 17 h

PROFESSORA MINISTRANTE: Gracieli da Silva Henicka (gracielihenicka@gmail.com)

PROFESSORA ORIENTADORA: Dr.^a Iramaia Jorge Cabral de Paulo (iramaiaj@gmail.com)

EMENTA:

- Oficina A – Conceitos necessários para o entendimento da Teoria da Endossimbiose Sequencial.
- Oficina B – Introdução à Teoria da Endossimbiose Sequencial a luz da Teoria da Complexidade.
- Oficina C – Teoria da Endossimbiose Sequencial – TES: as quatro etapas.

OBJETIVO GERAL: averiguar a viabilidade e as dificuldades no processo de ensino-aprendizagem dos conceitos e princípios da Teoria da Endossimbiose Sequencial (TES) a luz da Teoria da Complexidade (TC) a partir de um produto educacional fundamentado em princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS: i) nivelar o conhecimento dos estudantes acerca dos conceitos considerados pré-requisitos no entendimento da TES; ii) contextualizar a TES na TC e esta na ciência contemporânea, bem como relacionar a TES ao currículo de Biologia atual; iii) investigar indicadores de aprendizagem significativa crítica no processo de ensino-aprendizagem sobre TES no 2º ano da EJA; iv) investigar a adequação do conteúdo e das metodologias para o público da EJA; e v) propor um produto educacional introdutório para abordagem da TES na educação de jovens e adultos.

CONTEÚDOS: OFICINA A – CONCEITOS NECESSÁRIOS PARA O ENTENDIMENTO DA TEORIA DA ENDOSSIMBIOSE SEQUENCIAL:

- Relações entre os seres vivos
- Simbiose
- Protocooperação, cooperação ou mutualismo facultativo
- Mutualismo ou mutualismo obrigatório

- Competição: intraespecífica e interespecífica
- Evolução
- Fixismo
- Lamarckismo
- Darwinismo
- Teoria Sintética da Evolução ou Neodarwinismo
- Organização dos seres vivos em cinco reinos: Monera, Protocista, Fungi, Animalia e Plantae.
- Célula
- Procarionte
- Eucarionte
- Unicelular
- Pluricelular
- Metabolismo
- Anaeróbio
- Aeróbio
- Heterotrófico
- Autotrófico: fotoautotrófico e quimiotrófico
- Fagocitose
- Constituintes básicos das células
- Organelas: plastídios, mitocôndrias e cílios
- DNA, RNA, gene, cromossomo
- Hereditariedade
- Primeira Lei de Mendel
- Mitose
- Meiose

OFICINA B – INTRODUÇÃO À TEORIA DA ENDOSSIMBIOSE SEQUENCIAL A LUZ DA TEORIA DA COMPLEXIDADE:

- A ciência é questionável e fruto de sua época
- Ciência moderna ou tradicional
- Novo paradigma: teoria da complexidade
- Complexidade
- Sistemas abertos
- Teoria da Endossimbiose Sequencial – TES
- Relação da TES e Lamarck
- Relação da TES e Darwin
- Conceitos da complexidade na TES: pensamento sistêmico, auto-regulação, auto-organização e acoplamento estrutural.
- Breve biografia de Lynn Margulis
- Margulis: a simbiose gera inovação, pois junta diferentes formas de vida para formar seres maiores, mais complexos.
- Simbiogênese
- Simbiontes duradouros
- Hereditariedade nuclear e citoplasmática
- A ideia principal da TES é que os genes extras no citoplasma de células com núcleo tiveram origem como genes bacterianos.
- Nas décadas de 1970 e 1980, a TES recebeu diversas contribuições experimentais da biologia molecular, da genética e microscopia de alta potência que confirmaram que células com

núcleo surgiram por meio de uma sequência específica de incorporações de diferentes tipos de bactérias.

- A tendência da vida “independente” é se aglomerar e ressurgir em uma nova totalidade em um nível mais elevado e maior de organização.

OFICINA C – TEORIA DA ENDOSSIMBIOSE SEQUENCIAL – TES: AS QUATRO ETAPAS:

- Etapa 1: nucleocitoplasma; protista natatório anaeróbio
- Etapa 2: surgiu a célula eucarionte; surgiu a mitose nos eucariontes; origem das organelas natatórias
- Etapa 3: surgiu a mitocôndria; surgiu a fagocitose
- Etapa 4: surgiu o cloroplasto em alguns eucariontes aeróbios
- Versão intermediária da TES: aceita pela maioria dos biólogos
- Versão extrema da TES: polêmica etapa 2

METODOLOGIA: Esse curso investigará os conhecimentos prévios dos estudantes do segundo ano do ensino médio (EM) acerca de alguns conceitos ecológicos, evolucionistas, citológicos e genéticos. Conceitos estes que apresentam potencialidade para ancorar os novos conceitos relacionados à TES que serão ensinados em seguida.

O delineamento do curso seguirá o esquema abaixo,

O1 Xa O2 O3 Xb O4 Xc O5 O6 O7

Onde, O1 = pré-teste A; Xa = oficina A; O2 = texto-apoio A e teste A; O3 = pré-teste BC; Xb = oficina B; O4 = texto-apoio e teste B; Xc = oficina C; O5 = texto-apoio C e teste C; O6 = pós-teste BC; O7 = avaliação processual.

As oficinas serão aulas expositivas e dialogadas com uso de apresentações em pptx, com leitura dirigida usando três textos-apoio produzidos pela pesquisadora, trabalhos em pequenos grupos e debates. Durante a realização das oficinas B e C, serão propostos dois testes B e C usando uma técnica de participação pró-ativa com a organização dos estudantes em guardiões do tempo, da fala e da escrita. Esses momentos serão de análise dos textos e debates em pequenos grupos, estes responderão uma avaliação dissertativa sobre o tema. Em seguida será realizada a socialização com o grupo maior. Abordagem semelhante se dará na avaliação processual ao final do curso.

AValiação: Avaliação individual (pré-teste A, teste A, pré-teste BC e pós-teste BC); avaliação em grupo (teste B, teste C, avaliação processual); participação nos debates durante às aulas dialogadas e durante o trabalho em grupo; realização das leituras dos textos-apoio.

CRONOGRAMA: o curso está organizado em cinco encontros:

- Encontro 1: 2h; apresentação da pesquisadora e o convite para participar da proposta à turma; aplicação do pré-teste A.
- Encontro 2: 4h; OFICINA A – CONCEITOS NECESSÁRIOS PARA O ENTENDIMENTO DA TEORIA DA ENDOSSIMBIOSE SEQUENCIAL; texto-apoio A; teste A.
- Encontro 3: 4h; pré-teste BC; OFICINA B – INTRODUÇÃO À TEORIA DA ENDOSSIMBIOSE SEQUENCIAL A LUZ DA TEORIA DA COMPLEXIDADE; texto-apoio B; teste B.
- Encontro 4: 4h; OFICINA C – TEORIA DA ENDOSSIMBIOSE SEQUENCIAL – TES: AS QUATRO ETAPAS; texto-apoio C; teste C.
- Encontro 5: 2h; pós-teste BC; avaliação processual em grupos com registros em papel.

- BIBLIOGRAFIA:** LINHARES, Sérgio e GEWANDSZNAJDER, Fernando. Biologia hoje. V. 1. Citologia: reprodução e desenvolvimento: histologia: origem da vida. V. 2. Os seres vivos. V. 3. Genética: evolução: ecologia. – São Paulo: Ática, 2010.
- BEGON, Michael, TOWNSEND, Colin R., HARPER, John L.; tradução Adriano Sanches Melo ...(*et al.*). – 4. ed. – Porto Alegre: Artmed, 2007. 752p.
- UZUNIAN, Armenio, DE CASTRO, Nelson Henrique, SASSON, Sezar, CALDINI JUNIOR, Nelson. Anglo: ensino médio: livro-texto 1, 2 e 3. – São Paulo: Anglo, 2008.
- PAULO, Iramaia Jorge Cabral de; JORGE NETO, Miguel; PAULO, Sérgio Roberto de. Introdução à Teoria da Complexidade. Cuiabá: EdUFMT, 2012.
- MARGULIS, Lynn. O planeta simbiótico: uma nova perspectiva da evolução. Tradução, Laura Neves; revisão técnica, Max Blum. – Rio de Janeiro: Rocco, 2001.

3 TEXTO-APOIO A PARA O PROFESSOR, TEXTO-APOIO A PARA O ALUNO E TESTES DA OFICINA A – CONCEITOS NECESSÁRIOS PARA O ENTENDIMENTO DA TEORIA DA ENDOSSIMBIOSE SEQUENCIAL

TEXTO-APOIO A PARA O PROFESSOR

CONCEITOS NECESSÁRIOS PARA O ENTENDIMENTO DA TEORIA DA ENDOSSIMBIOSE SEQUENCIAL

Existem vários **tipos de relações** entre os seres vivos. Algumas benéficas outras não, também chamadas harmônicas e desarmônicas. Linhares e Gewandsznajder (2010), separam os diversos tipos de associação em: 1) relações em que **não há prejuízo** para nenhum participante, sendo **intraespecíficas** – sociedade e colônia, e **interespecífica** – mutualismo, protocooperação e comensalismo; e 2) relações em que **há prejuízo** para pelo menos um dos participantes, sendo **intraespecíficas** – canibalismo e competição intraespecífica, e **interespecíficas** – competição interespecífica, amensalismo, predatismo e parasitismo. A **simbiose** é a associação entre espécies diferentes na qual ambos são beneficiados. Para Begon *et al.* (2007) simbiose (“vivendo junto”) é o termo que tem sido empregado para associações físicas fechadas entre espécies, em que um “simbionte” ocupa um habitat fornecido por um “hospedeiro”. Para Linhares e Gewandsznajder (2010), **simbiose era o nome antigo para mutualismo**, mas hoje o termo simbiose é empregado para indicar qualquer **associação permanente** entre organismos de espécies diferentes. O **mutualismo ou mutualismo obrigatório** é a associação entre espécies diferentes com benefícios mútuos e grande interdependência, de tal ordem que a vida em separado se torna impossível. São exemplos de mutualismo: cupim e protozoários; leguminosas e bactérias; líquen; micorriza; plantas e animais polinizadores específicos. A **protocooperação, cooperação ou mutualismo facultativo** é a associação onde indivíduos de espécies diferentes obtêm benefícios mútuos sem que haja dependência entre eles, ou seja, se separados eles vivem independentes. São exemplos de protocooperação: paguro e anêmona; anu-preto e capivara; garça-boiadeira e boi; peixe-palhaço e anêmona; peixes-limpadores e outros peixes; formiga e pulgão. Begon *et al.* (2007) explicam que o pensamento evolutivo atual vê **os mutualismos** como casos de **exploração recíproca**, não uma parceria agradável.

Segundo Linhares e Gewandsznajder (2010), os seres vivos podem competir por nutrientes e energia. Existem dois tipos de **competição: intraespecífica** (ocorre entre seres da mesma espécie) e **interespecífica** (ocorre entre seres de espécies diferentes). A competição intraespecífica entre os vegetais se dá principalmente por luz, água e sais minerais, já entre os animais é mais variada, há luta por alimento, espaço, parceiros para a reprodução, etc. A luta para ocupar e **defender um território** impede a reprodução de indivíduos excedentes, o que constitui um importante **fator de seleção natural**, ao favorecer os indivíduos mais adaptados e eliminar os menos adaptados ou provocar a sua emigração. Na competição interespecífica, duas espécies que vivem na mesma área podem disputar um tipo de alimento ou outro recurso, e isso pode eliminar uma delas da comunidade. Em 1934, o cientista russo **G. F. Gause** (1910-1986) estudou o efeito da competição interespecífica entre duas espécies, o *Paramecium aurelia* e o *Paramecium caudatum*. Gause chegou à conclusão que é conhecida como **princípio da exclusão competitiva**: duas espécies não podem conviver no mesmo habitat (lugar em que uma espécie vive) e com o mesmo nicho (conjunto de relações que a espécie mantém com as outras espécies e com o ambiente físico) indefinidamente, pois a competição será tão grande que apenas uma espécie – a mais adaptada – sobreviverá. A outra é eliminada, emigra para outro habitat ou passa a ocupar outro nicho. A **ocupação de nichos distintos** é consequência da evolução, que seleciona mutações que reduzem ou evitam a competição. Desse modo, há uma

partilha de recursos do ambiente entre as espécies. Isso ocorre, por exemplo, entre as girafas que comem folhas dos ramos mais altos das árvores, enquanto os herbívoros menores comem folhas das partes mais baixas.

Evolução é o processo por meio do qual as espécies se modificam ao longo do tempo. Linhares e Gewandsznajder (2010), afirmam que a teoria da evolução procura explicar: como todas as espécies surgiram na Terra; como elas podem se transformar ao longo do tempo e originar outras espécies; a razão de suas semelhanças e diferenças; e por que os seres vivos possuem adaptações que os ajudam a sobreviver e se reproduzir em seu ambiente. Segundo Linhares e Gewandsznajder (2010), o pensamento predominante no século XVIII era o **fixismo**, que defendia que cada espécie teria surgido de maneira independente e permaneceria sempre com as mesmas características, ou seja, as espécies não mudariam, embora algumas pudessem se extinguir.

Em 1809, o naturalista Jean-Baptiste Pierre Antoine de Monet, Chevalier de **Lamarck (1744-1829)** sugeriu um mecanismo para explicar a transformação das espécies no livro *Philosophie zoologique* (Filosofia zoológica). Contrariando as ideias fixistas da época, **Lamarck defendia que os organismos atuais surgiram de outros mais simples e teriam uma tendência a se transformar, gradualmente, de seres mais simples em seres mais complexos.** Lamarck dizia que a evolução das espécies era guiada por necessidades internas do organismo. Ele afirmava que as espécies sofriam modificações ao longo do tempo, o que possibilitava a evolução. Segundo Uzunian *et al.* (2008), Lamarck foi o primeiro cientista a destacar a importância da adaptação dos seres vivos ao meio ambiente e sua relação com a evolução. Segundo ele, as mudanças ocorridas no meio trariam a necessidade de evolução. Para isso, os seres vivos sofreriam alterações, e essas levariam à evolução. **Resumindo:** o meio provoca mudanças dirigidas nos organismos, visando à adaptação. Lamarck afirmava que as mudanças adaptativas nos organismos eram provocadas pela Lei do Uso e Desuso e transmitidas para os descendentes pela Lei da Herança dos Caracteres Adquiridos. Segundo Linhares e Gewandsznajder (2010), de acordo com a Lei do Uso e Desuso, um órgão desenvolvia-se com o uso e atrofiava-se com o desuso. Essa lei apresenta uma verdade apenas parcial, porque hoje sabemos que o ambiente só pode alterar as características do organismo dentro de certos limites predeterminados pelo gene. A Lei da Herança dos Caracteres Adquiridos afirma que o caráter adquirido (resultante do desenvolvimento pelo uso ou da atrofia pelo desuso) seria transmitido aos descendentes. Segundo Linhares e Gewandsznajder (2010), em 1870 e 1875, o biólogo alemão August Weismann (1834-1914) estabeleceu a existência de duas linhagens de células – as germinativas (que originam os gametas) e as somáticas (que formam o corpo) – e mostrou que apenas as modificações surgidas na linhagem germinativa se transferem aos descendentes. O trabalho de Weismann foi uma evidência contrária a Lei da Herança dos Caracteres Adquiridos. O conhecimento genético nos mostra que apenas os genes dos gametas são passados para os descendentes, portanto, alterações nas células somáticas não são transmitidas de uma geração a outra. O maior **mérito** de Lamarck foi ter proposto uma teoria da evolução, isto é, **um mecanismo para explicar o surgimento de novas espécies e para o fato de que os seres vivos passam por mudanças adaptativas.**

Segundo Linhares e Gewandsznajder (2010), em 1859 o naturalista inglês Charles Robert **Darwin** (1809-1882) publicou suas ideias no livro *A origem das espécies por meio da seleção natural*. Darwin admitia que **espécies semelhantes seriam descendentes de uma espécie ancestral comum, existente no passado, e teriam surgido por meio de uma série de modificações.** Ele concluiu que nem todos os organismos que nascem conseguem sobreviver ou reproduzir-se. Os indivíduos com mais oportunidades de sobrevivência seriam aqueles com características apropriadas para enfrentar as condições ambientes, e assim teriam maior probabilidade de se reproduzir e deixar descendentes férteis. Nessas condições, **as características favoráveis tenderiam a ser preservadas e as desfavoráveis, destruídas.** Darwin afirmou: “Essa preservação de variações favoráveis e rejeição de variações prejudiciais eu chamo de **seleção natural**”. O **mecanismo da evolução** proposto por Darwin **resume-se em seis etapas:** 1) os indivíduos de uma mesma espécie mostram

muitas variações na forma e na fisiologia; 2) boa parte dessas variações é transmitida aos descendentes; 3) se todos os indivíduos de uma espécie se reproduzissem, as populações cresceriam de forma acelerada, em progressão geométrica (1, 2, 4, 8, 16, 32, etc); 4) como os recursos naturais são limitados, os indivíduos de uma população lutam por sua sobrevivência e pela sua prole; 5) apenas alguns, os mais aptos, sobrevivem e deixam filhos (seleção natural). A sobrevivência e a possibilidade de reprodução dependem das características desses indivíduos, que, por serem hereditárias, serão transmitidas a seus filhos; 6) pela seleção natural, as espécies serão representadas por indivíduos adaptados ao ambiente em que vivem. Observe que Charles Darwin afirmava que o **mecanismo de hereditariedade** apresenta **aleatoriedade**, uma vez que os organismos podem apresentar variações, modificações casuais que nascem com o indivíduo, que não são obrigatoriamente adaptativas e podem ser hereditárias. Portanto, a teoria darwinista diz que a luta pela vida não leva obrigatoriamente à sobrevivência do mais forte, mas sim à do mais apto. Segundo Uzunian *et al.* (2008), o conceito darwinista de evolução pode ser assim **resumido**: o meio seleciona variações casuais, visando à adaptação. Darwin considerou a existência de um parentesco generalizado entre as espécies, até mesmo a humana (o que foi difícil de ser aceito na época). Para ele, as espécies estavam relacionadas evolutivamente, ou seja, compartilhavam um ancestral em algum ponto de sua história evolutiva. Mas o **principal problema** dessa ideia era a falta de uma teoria que explicasse a origem e a transmissão das variações. Hoje sabemos que essas variações podem ser explicadas pela existência dos genes, da mutação e da recombinação genética, resultante da meiose e da fecundação no processo de reprodução sexuada. Nas primeiras décadas do século XX, houve uma síntese entre o darwinismo, as leis de Mendel e o conhecimento das mutações, que deu origem à **Teoria Sintética da Evolução ou Neodarwinismo**, que é aceita consensualmente pela comunidade científica. Essa teoria analisa os fatores que alteram a frequência dos genes nas populações, como a mutação, a seleção natural, a migração seguida de isolamento geográfico e reprodutivo, e a deriva genética (mudança ao acaso na frequência dos genes).

Os seres vivos são organizados em **cinco reinos** com base na **organização celular e no tipo de nutrição**, são eles: Reino Monera, Reino Protista ou Protoctista, Reino Fungi, Reino Animalia e Reino Plantae. **O Reino Monera é o único formado por procariontes, os demais são formados por eucariontes.** As bactérias e as cianobactérias pertencem ao Reino Monera. As algas e os protozoários pertencem ao Reino Protoctista. As bactérias possuem célula procariótica, ou seja, seu DNA fica disperso no citoplasma. Os protozoários, algas, fungos, vegetais e animais possuem célula eucariótica, ou seja, seu DNA fica envolvido pela carioteca. Existem organismos **unicelulares**, formados de apenas uma célula e **pluricelulares**, formados por mais de uma célula.

Célula é a menor unidade morfofisiológica de um organismo. Todos os seres vivos são formados por células. A célula é a menor unidade viva de um organismo, nela ocorrem todas as reações do metabolismo. As células surgem sempre de outras células, sendo que cada uma contém as informações hereditárias de todo o organismo. Existem apenas dois tipos de célula, a célula **procariótica e a eucariótica**. Qualquer que seja o tipo de célula, sempre apresentará as seguintes partes, consideradas **componentes mínimos**: membrana plasmática, hialoplasma, ribossomos e cromatina. Célula procariótica se caracteriza por não apresentar núcleo. **Célula eucariótica se caracteriza por apresentar núcleo, e pode ser animal ou vegetal.** A célula eucariótica vegetal se distingue da célula eucariótica animal, por apresentar parede celular celulósica, grandes vacúolos e cloroplastos, e não possuir centríolos.

Metabolismo é o conjunto de processos químicos que ocorrem no interior de um organismo. **Anaeróbio** é o ser vivo que não depende do gás oxigênio para obter energia, ele consegue energia quebrando a glicose por meio da fermentação. **Aeróbio** é o ser vivo que depende do gás oxigênio para obter energia do alimento pelo processo de respiração celular. A respiração celular aeróbica é muito mais eficiente que a fermentação do ponto de vista energético, isso teria favorecido o desenvolvimento de seres maiores e mais complexos por terem maior quantidade de energia extraída da quebra da glicose. **Heterotrófico** é o organismo que obtém de outros seres vivos as substâncias de

que necessita, e fazem isso por meio da nutrição. **Fagocitose** é o processo pelo qual a célula engloba partículas sólidas ou outras células. Nas amebas, por exemplo, a fagocitose é um processo de nutrição. Já nos leucócitos é um processo de defesa do organismo. **Autotrófico** é o organismo que fabrica açúcares a partir de substâncias minerais, ou seja, fabrica seu próprio alimento por meio da **fotossíntese** ou da **quimiossíntese**. A fotossíntese ocorre em organismos clorofilados que absorvem a energia luminosa, e transformam o gás carbônico e a água em glicose e gás oxigênio. A glicose é um carboidrato simples (um açúcar), considerada a molécula energética dos organismos, ou seja, a glicose é o “alimento”. A **quimiossíntese** ocorre em algumas bactérias, que fabrica glicose (matéria orgânica) a partir de gás carbônico, água e outras substâncias inorgânicas (como amônia, ferro, nitrito e enxofre), sem a utilização de energia luminosa.

Na célula eucariótica ou célula nucleada existe uma região entre a membrana plasmática e o núcleo, chamada **citoplasma**. No citoplasma há um material gelatinoso, o **citosol** (também chamado hialoplasma ou matriz do citoplasma) onde ocorrem diversas reações químicas do metabolismo e onde estão mergulhadas várias **organelas**, como: retículo endoplasmático liso e rugoso, ribossomos, sistema golgiense, lisossomos, peroxissomos, vacúolo, centríolos, cílios, flagelos, mitocôndria e cloroplasto (um dos tipos de plastídios). Cada organela tem uma ou mais função biológica. As **mitocôndrias** participam da **respiração celular**, processo pelo qual a célula obtém energia para realizar suas funções vitais. No **cloroplasto** acontece a **fotossíntese**, processo pelo qual a célula produz seu alimento, a glicose. Os **plastídios ou plastos** são organelas celulares encontradas apenas em células eucarióticas vegetais que apresentam funções de **fotossíntese, síntese de aminoácidos e ácidos graxos, além de armazenamento**. Os plastídios são classificados de acordo com o pigmento que possuem, sendo chamados de **cloroplastos, cromoplastos e leucoplastos**. **Cílios e flagelos** participam da locomoção da célula. Os **centríolos** colaboram na formação dos cílios e flagelos e participam da divisão celular em células animais.

Os **componentes do núcleo** são a **cromatina** (material genético = associação das moléculas de DNA com proteínas), os **nucleólos** e o **nucleoplasma**, todos envolvidos pelo envelope nuclear ou **carioteca**. O DNA (ácido desoxirribonucleico) é o material genético dos organismos. O **DNA** e o **RNA** são ácidos nucleicos, que em conjunto controlam a atividade da célula por meio da **síntese de proteínas**. O **DNA bacteriano** é circular, diferente do DNA dos eucariontes. **Gene** é um pedaço de DNA com uma informação sobre uma característica do organismo, seja ela morfológica ou do metabolismo. **Cromossomo** é o filamento que contém o material genético da célula, ou seja, é a fita de DNA. **Cromossomos homólogos** são os cromossomos que **ocorrem aos pares**, com forma e tamanho **semelhantes** e com os mesmos locos gênicos. **Hereditariedade** é o conjunto de processos biológicos que resultam na transmissão de caracteres de uma geração às outras por meio de genes.

Gregor Johann **Mendel** (1822-1884), considerado pai da Genética, realizou experimentos com ervilhas que permitiram o desenvolvimento de uma teoria geral para explicar a **hereditariedade**. Mendel em sua primeira lei, afirma que cada caráter é determinado por **um par de fatores (hoje denominados genes)**, que **se separam** na formação dos **gametas**. Segundo Uzunian et al. (2008), a primeira lei de Mendel permite duas conclusões: cada gameta possui apenas um gene de cada caráter; e no par de genes que determina o caráter, um gene vem sempre do pai, e o outro vem da mãe. **Meiose** é um tipo de divisão celular que produz células com a metade do número de cromossomos e geneticamente distintas, ou seja, meiose é a divisão celular que produz células germinativas - os gametas. Enquanto **mitose** é um tipo de divisão celular que produz células com o mesmo número de cromossomos e geneticamente idênticas, ou seja, a mitose acontece nas células somáticas produzindo cópias idênticas delas, esse processo acontece durante o crescimento de um organismo ou durante a restauração de um tecido lesionado.

Fontes consultadas: LINHARES, Sérgio e GEWANDSZNAJDER, Fernando. Biologia hoje. V. 1. Citologia: reprodução e desenvolvimento: histologia: origem da vida. V. 2. Os seres vivos. V. 3. Genética: evolução: ecologia. – São Paulo: Ática, 2010.

BEGON, Michael, TOWNSEND, Colin R., HARPER, John L.; tradução Adriano Sanches Melo ...(*et al.*). – 4. ed. – Porto Alegre: Artmed, 2007. 752p.

UZUNIAN, Armenio, DE CASTRO, Nelson Henrique, SASSON, Sezar, CALDINI JUNIOR, Nelson. Anglo: ensino médio: livro-texto 1, 2 e 3. – São Paulo: Anglo, 2008.

TEXTO-APOIO A PARA O ALUNO

CONCEITOS NECESSÁRIOS PARA O ENTENDIMENTO DA TEORIA DA ENDOSSIMBIOSE SEQUENCIAL

Existem vários **tipos de relações** entre os seres vivos. Algumas benéficas outras não. A **simbiose** (“vivendo junto”) é a associação entre espécies diferentes na qual ambos são beneficiados. Para Linhares e Gewandsznajder (2010), **simbiose é o nome antigo para mutualismo**, e hoje o termo simbiose é empregado para indicar qualquer associação permanente entre organismos de espécies diferentes. O **mutualismo ou mutualismo obrigatório** é a associação entre espécies diferentes com benefícios mútuos e grande interdependência, de tal ordem que a vida em separado se torna impossível. A **protocooperação, cooperação ou mutualismo facultativo** é a associação onde indivíduos de espécies diferentes obtêm benefícios mútuos sem que haja dependência entre eles, ou seja, se separados eles vivem independentes. Begon *et al.* (2007) explicam que o pensamento evolutivo atual vê **os mutualismos** como casos de **exploração recíproca**, não uma parceria agradável. Os seres vivos podem competir por nutrientes e energia. Existem dois tipos de **competição: intraespecífica** (ocorre entre seres da mesma espécie) e **interespecífica** (ocorre entre seres de espécies diferentes). Linhares e Gewandsznajder (2010), explicam que o **mutualismo** e a **protocooperação** são relações em que **não há prejuízo** para nenhum participante, já a **competição** é uma relação em que **há prejuízo** para pelo **menos um** dos participantes.

Linhares e Gewandsznajder (2010), afirmam que a **teoria da evolução** procura explicar: como todas as espécies **surgiram** na Terra; como elas podem se **transformar** ao longo do tempo e originar outras espécies; a razão de suas **semelhanças e diferenças**; e por que os seres vivos possuem **adaptações** que os ajudam a **sobreviver** e se **reproduzir** em seu ambiente. O pensamento predominante no século XVIII era o **fixismo**, que defendia que cada espécie teria surgido de maneira independente e permaneceria sempre com as mesmas características, ou seja, as espécies não mudariam, embora algumas pudessem se extinguir.

Em 1809, o naturalista Jean-Baptiste Pierre Antoine de Monet, Chevalier de **Lamarck** (1744-1829) sugeriu um mecanismo para explicar a **transformação das espécies** no livro *Philosophie zoologique* (Filosofia zoológica). Contrariando as ideias fixistas da época, **Lamarck defendia que os organismos atuais surgiram de outros mais simples e teriam uma tendência a se transformar, gradualmente, de seres mais simples em seres mais complexos**. Lamarck afirmava que as espécies sofriam modificações ao longo do tempo, o que possibilitava a evolução. Lamarck afirmava que as mudanças adaptativas nos organismos eram provocadas pela Lei do Uso e Desuso e transmitidas para os descendentes pela Lei da Herança dos Caracteres Adquiridos. De acordo com a Lei do Uso e Desuso, um órgão desenvolvia-se com o uso e atrofiava-se com o desuso. Essa lei apresenta uma verdade apenas parcial, porque hoje sabemos que o ambiente só pode alterar as características do organismo dentro de certos limites predeterminados pelo gene. A **Lei da Herança dos Caracteres Adquiridos** afirma que **o caráter adquirido** (resultante do desenvolvimento pelo uso ou da atrofia pelo desuso) **seria transmitido aos descendentes**. Mas segundo Linhares e Gewandsznajder (2010), em 1870 e 1875, o biólogo alemão August Weismann (1834-1914) estabeleceu a existência de **duas linhagens de células** – as **germinativas** (que originam os gametas) e as **somáticas** (que formam o corpo) – e mostrou que apenas as modificações surgidas na linhagem germinativa se transferem aos descendentes. Portanto o trabalho de Weismann foi uma **evidência contrária** a Lei da Herança dos Caracteres Adquiridos.

Em 1859 o naturalista inglês Charles Robert **Darwin** (1809-1882) publicou suas ideias no livro *A origem das espécies por meio da seleção natural*. Darwin admitia que **espécies semelhantes seriam descendentes de uma espécie ancestral comum, existente no passado, e teriam surgido por meio de uma série de modificações**. Darwin considerou a existência de um parentesco generalizado entre as espécies, até mesmo a humana (o que foi difícil de ser aceito na época). Ele concluiu que nem

todos os organismos que nascem conseguem sobreviver ou reproduzir-se. Os indivíduos com mais oportunidades de sobrevivência seriam aqueles com características apropriadas para enfrentar as condições ambientes, e assim teriam maior probabilidade de se reproduzir e deixar descendentes férteis. Nessas condições, **as características favoráveis tenderiam a ser preservadas e as desfavoráveis, destruídas**. Darwin afirmou: “Essa preservação de variações favoráveis e rejeição de variações prejudiciais eu chamo de **seleção natural**”. O **mecanismo da evolução** proposto por Darwin **resume-se em seis etapas**: 1) os indivíduos de uma mesma espécie mostram muitas variações na forma e na fisiologia; 2) boa parte dessas variações é transmitida aos descendentes; 3) se todos os indivíduos de uma espécie se reproduzissem, as populações cresceriam de forma acelerada, em progressão geométrica (1, 2, 4, 8, 16, 32, etc); 4) como os recursos naturais são limitados, os indivíduos de uma população lutam por sua sobrevivência e pela sua prole; 5) apenas alguns, os mais aptos, sobrevivem e deixam filhos (seleção natural). A sobrevivência e a possibilidade de reprodução dependem das características desses indivíduos, que, por serem hereditárias, serão transmitidas a seus filhos; 6) pela seleção natural, as espécies serão representadas por indivíduos adaptados ao ambiente em que vivem. Observe que Charles Darwin afirmava que o **mecanismo de hereditariedade** apresenta **aleatoriedade**, uma vez que os organismos podem apresentar variações, modificações casuais que nascem com o indivíduo, que não são obrigatoriamente adaptativas e podem ser hereditárias. Portanto, **a teoria darwinista diz que a luta pela vida não leva obrigatoriamente à sobrevivência do mais forte, mas sim à do mais apto**. Segundo Uzunian *et al.* (2008), o conceito darwinista de evolução pode ser assim **resumido**: o meio seleciona variações casuais, visando à adaptação. Mas o principal **problema** dessa ideia era a falta de uma teoria que explicasse a **origem e a transmissão das variações**. Hoje sabemos que essas variações podem ser explicadas pela existência dos genes, da mutação e da recombinação genética, resultante da meiose e da fecundação no processo de reprodução sexuada. Nas primeiras décadas do século XX, houve uma síntese entre o darwinismo, as leis de Mendel e o conhecimento das mutações, que deu origem à **Teoria Sintética da Evolução ou Neodarwinismo**, que é aceita consensualmente pela comunidade científica. Essa teoria analisa os fatores que alteram a frequência dos genes nas populações, como a mutação, a seleção natural, a migração seguida de isolamento geográfico e reprodutivo, e a deriva genética (mudança ao acaso na frequência dos genes).

Os seres vivos são organizados em **cinco reinos** com base na **organização celular e no tipo de nutrição**, são eles: Reino Monera, Reino Protista ou Protoctista, Reino Fungi, Reino Animalia e Reino Plantae. **O Reino Monera é o único formado por procariotes, os demais são formados por eucariontes**. As bactérias e as cianobactérias pertencem ao Reino Monera. As algas e os protozoários pertencem ao Reino Protoctista. As bactérias possuem célula procariótica, ou seja, seu DNA fica disperso no citoplasma. Os protozoários, algas, fungos, vegetais e animais possuem célula eucariótica, ou seja, seu DNA fica envolvido pela carioteca. Existem organismos **unicelulares**, formados de apenas uma célula e **pluricelulares**, formados por mais de uma célula.

Célula é a menor unidade morfofisiológica de um organismo. Todos os seres vivos são formados por células. A célula é a menor unidade viva de um organismo, nela ocorrem todas as reações do metabolismo. As células surgem sempre de outras células, sendo que cada uma contém as informações hereditárias de todo o organismo. Existem apenas dois tipos de célula, a célula procariótica e a eucariótica. Qualquer que seja o tipo de célula, sempre apresentará as seguintes partes, consideradas componentes mínimos: membrana plasmática, hialoplasma, ribossomos e cromatina. Célula procariótica se caracteriza por não apresentar núcleo. Célula eucariótica se caracteriza por apresentar núcleo, e pode ser animal ou vegetal. A célula eucariótica vegetal se distingue da célula eucariótica animal, por apresentar parede celular celulósica, grandes vacúolos e cloroplastos, e não possuem centríolos.

Metabolismo é o conjunto de processos químicos que ocorrem no interior de um organismo. **Anaeróbio** é o ser vivo que não depende do gás oxigênio para obter energia, ele consegue energia quebrando a glicose por meio da fermentação. **Aeróbio** é o ser vivo que depende do gás oxigênio

para obter energia do alimento pelo processo de respiração celular. A respiração celular aeróbica é muito mais eficiente que a fermentação do ponto de vista energético, isso teria favorecido o desenvolvimento de seres maiores e mais complexos por terem maior quantidade de energia extraída da quebra da glicose. **Heterotrófico** é o organismo que obtém de outros seres vivos as substâncias de que necessita, e fazem isso por meio da nutrição. **Fagocitose** é o processo pelo qual a célula engloba partículas sólidas ou outras células. Nas amebas, por exemplo, a fagocitose é um processo de nutrição. Já nos leucócitos é um processo de defesa do organismo. **Autotrófico** é o organismo que fabrica açúcares a partir de substâncias minerais, ou seja, fabrica seu próprio alimento por meio da **fotossíntese** ou da **quimiossíntese**. A fotossíntese ocorre em organismos clorofilados que absorvem a energia luminosa, e transformam o gás carbônico e a água em glicose e gás oxigênio. A glicose é um carboidrato simples (um açúcar), considerada a molécula energética dos organismos, ou seja, a glicose é o “alimento”. A **quimiossíntese** ocorre em algumas bactérias, que fabrica glicose (matéria orgânica) a partir de gás carbônico, água e outras substâncias inorgânicas (como amônia, ferro, nitrito e enxofre), sem a utilização de energia luminosa.

Na célula eucariótica ou célula nucleada existe uma região entre a membrana plasmática e o núcleo, chamada **citoplasma**. No citoplasma há um material gelatinoso, o **citosol** (também chamado hialoplasma ou matriz do citoplasma) onde ocorrem diversas reações químicas do metabolismo e onde estão mergulhadas várias **organelas**, como: retículo endoplasmático liso e rugoso, ribossomos, sistema golgiense, lisossomos, peroxissomos, vacúolo, centríolos, cílios, flagelos, mitocôndria e cloroplasto (um dos tipos de plastídios). Cada organela tem uma ou mais função biológica. As **mitocôndrias** participam da **respiração celular**, processo pelo qual a célula obtém energia para realizar suas funções vitais. No **cloroplasto** acontece a **fotossíntese**, processo pelo qual a célula produz seu alimento, a glicose. Os **plastídios ou plastos** são organelas celulares encontradas apenas em células eucarióticas vegetais que apresentam funções de **fotossíntese, síntese de aminoácidos e ácidos graxos, além de armazenamento**. Os plastídios são classificados de acordo com o pigmento que possuem, sendo chamados de **cloroplastos, cromoplastos e leucoplastos**. **Cílios e flagelos** participam da locomoção da célula. Os **centríolos** colaboram na formação dos cílios e flagelos e participam da divisão celular em células animais.

Os **componentes do núcleo** são a **cromatina** (material genético = associação das moléculas de DNA com proteínas), os **nucléolos** e o **nucleoplasma**, todos envolvidos pelo envelope nuclear ou **carioteca**. O DNA (ácido desoxirribonucleico) é o material genético dos organismos. O **DNA** e o **RNA** são ácidos nucleicos, que em conjunto controlam a atividade da célula por meio da **síntese de proteínas**. O **DNA bacteriano** é circular, diferente do DNA dos eucariontes. **Gene** é um **pedaço de DNA** com uma informação sobre uma característica do organismo, seja ela morfológica ou do metabolismo. **Cromossomo** é o filamento que contém o material genético da célula, ou seja, é a fita de DNA. **Cromossomos homólogos** são os cromossomos que **ocorrem aos pares**, com forma e tamanho **semelhantes** e com os mesmos loci gênicos. **Hereditariedade** é o conjunto de processos biológicos que resultam na transmissão de caracteres de uma geração às outras por meio de genes.

Gregor **Mendel** (1822-1884), considerado pai da Genética, realizou experimentos com ervilhas que permitiram o desenvolvimento de uma **teoria geral** para explicar a **hereditariedade**. Mendel em sua primeira lei, afirma que cada caráter é determinado por **um par de fatores (hoje denominados genes)**, que **se separam** na formação dos **gametas**. Segundo Uzunian et al. (2008), a primeira lei de Mendel permite duas conclusões: cada gameta possui apenas um gene de cada caráter; e no par de genes que determina o caráter, um gene vem sempre do pai, e o outro vem da mãe. **Meiose** é um tipo de divisão celular que produz células com a metade do número de cromossomos e geneticamente distintas, ou seja, meiose é a divisão celular que produz células germinativas - os gametas. Enquanto **mitose** é um tipo de divisão celular que produz células com o mesmo número de cromossomos e geneticamente idênticas, ou seja, a mitose acontece nas células somáticas produzindo cópias idênticas delas, esse processo acontece durante o crescimento de um organismo ou durante a restauração de um tecido lesionado.

Fontes consultadas: LINHARES, Sérgio e GEWANDSZNAJDER, Fernando. Biologia hoje. V. 1. Citologia: reprodução e desenvolvimento: histologia: origem da vida. V. 2. Os seres vivos. V. 3. Genética: evolução: ecologia. – São Paulo: Ática, 2010.

BEGON, Michael, TOWNSEND, Colin R., HARPER, John L.; tradução Adriano Sanches Melo ...(*et al.*). – 4. ed. – Porto Alegre: Artmed, 2007. 752p.

UZUNIAN, Armenio, DE CASTRO, Nelson Henrique, SASSON, Sezar, CALDINI JUNIOR, Nelson. Anglo: ensino médio: livro-texto 1, 2 e 3. – São Paulo: Anglo, 2008.

ALUNO(A): _____ TURMA: _____

TESTE A

Leia com atenção as questões abaixo e marque **V** se a afirmação for **verdadeira**, e **F** se for **falsa**.

1. () Existem vários tipos de relações entre os seres vivos. A simbiose é associação entre espécies diferentes na qual ambos são beneficiados.
2. () Protocooperação, cooperação ou mutualismo facultativo é a associação onde indivíduos de espécies diferentes obtêm benefícios mútuos sem que haja dependência entre eles.
3. () Mutualismo ou mutualismo obrigatório é a associação entre espécies diferentes com benefícios mútuos e grande interdependência, de tal ordem que a vida em separado se torna impossível.
4. () Os seres vivos competem por nutrientes e energia. Existem dois tipos de competição: intraespecífica e interespecífica.
5. () Evolução é o processo por meio do qual as espécies se modificam ao longo do tempo.
6. () Jean-Baptiste Lamarck afirmava que as espécies sofriam modificações ao longo do tempo, o que possibilitava a evolução.
7. () Lamarck afirmava que as mudanças adaptativas nos organismos eram provocadas pela Lei do Uso e Desuso e transmitidas para os descendentes pela Lei da Herança dos Caracteres Adquiridos.
8. () Charles Darwin afirmava que a evolução se dá por meio da seleção natural.
9. () Charles Darwin afirmava que o mecanismo de hereditariedade apresenta aleatoriedade, uma vez que os organismos podem apresentar variações, modificações casuais que nascem com o indivíduo, que não são obrigatoriamente adaptativas e podem ser hereditárias.
10. () A teoria darwinista diz que a luta pela vida não leva obrigatoriamente à sobrevivência do mais forte, mas sim à do mais apto.
11. () Os seres vivos são organizados em cinco reinos com base na organização celular e no tipo de nutrição, são eles: Reino Monera, Reino Protista ou Protoctista, Reino Fungi, Reino Animalia e Reino Plantae.
12. () As bactérias e as cianobactérias pertencem ao Reino Monera.
13. () As algas e os protozoários pertencem ao Reino Protoctista.
14. () O Reino Monera é o único formado por procariontes, os demais são formados por eucariontes.
15. () Os protozoários, algas, fungos, vegetais e animais possuem célula eucariótica, ou seja, seu DNA fica envolvido pela carioteca.
16. () Existem organismos unicelulares, formados de apenas uma célula e pluricelulares, formados por mais de uma célula.
17. () Célula é a menor unidade morfofisiológica de um organismo.
18. () Existem apenas dois tipos de célula, a célula animal e a vegetal.
19. () Existem apenas dois tipos de célula, a célula procariótica e a eucariótica.
20. () Célula procariótica se caracteriza por não apresentar núcleo.
21. () Célula eucariótica se caracteriza por apresentar núcleo.
22. () Metabolismo é o conjunto de processos químicos que ocorrem no interior de um organismo.
23. () Anaeróbico é o ser vivo que não depende do gás oxigênio para obter energia.
24. () Aeróbico é o ser vivo que depende do gás oxigênio para obter energia do alimento pelo processo de respiração celular.
25. () Heterotrófico é o organismo que obtém de outros seres vivos as substâncias de que necessita, pois não realiza processos como a fotossíntese ou a quimiossíntese.

26. () Autotrófico é o organismo que fabrica açúcares a partir de substâncias minerais, ou seja, fabrica seu próprio alimento.
27. () Fagocitose é o processo pelo qual a célula engloba partículas sólidas ou outras células.
28. () A célula eucariótica possui várias organelas, por exemplo, retículo endoplasmático liso e rugoso, sistema golgiense, vacúolo, centríolos, cílios, flagelos, mitocôndria e cloroplasto.
29. () As mitocôndrias participam da fotossíntese, processo pelo qual a célula obtém energia para realizar suas funções vitais.
30. () No cloroplasto acontece a respiração celular, processo pelo qual a célula produz seu alimento, a glicose.
31. () Os plastídios ou plastos (cloroplastos, cromoplastos e leucoplastos) são organelas celulares encontradas em células animais que apresentam funções de fotossíntese, síntese de aminoácidos e ácidos graxos, além de armazenamento.
32. () Cílios e flagelos participam da locomoção da célula.
33. () O DNA (ácido desoxirribonucleico) é o material genético dos organismos.
34. () O DNA e o RNA são ácidos nucleicos, que em conjunto controlam a atividade da célula por meio da síntese de proteínas.
35. () O DNA bacteriano é circular, diferente do DNA dos eucariontes.
36. () Gene é um fragmento de DNA capaz de traduzir uma informação.
37. () Hereditariedade é o conjunto de processos biológicos que resultam na transmissão de caracteres de uma geração às outras por meio de genes.
38. () Gregor Mendel, considerado pai da Genética, realizou experimentos com ervilhas que permitiram o desenvolvimento de uma teoria geral para explicar a hereditariedade.
39. () Mendel em sua primeira lei, afirma que cada caráter é determinado por um par de fatores, que se separam na formação dos gametas.
40. () Mitose é um tipo de divisão celular que produz células com o mesmo número de cromossomos e geneticamente idênticas.
41. () Meiose é um tipo de divisão celular que produz células com a metade do número de cromossomos e geneticamente distintas.

4 TEXTO-APOIO B PARA O PROFESSOR, TEXTO-APOIO B PARA O ALUNO E TESTES DA OFICINA B – INTRODUÇÃO À TEORIA DA ENDOSSIMBIOSE SEQUENCIAL A LUZ DA TEORIA DA COMPLEXIDADE

TEXTO-APOIO B PARA O PROFESSOR

INTRODUÇÃO À TEORIA DA ENDOSSIMBIOSE SEQUENCIAL A LUZ DA TEORIA DA COMPLEXIDADE

Segundo Paulo *et al.* (2012), o principal objetivo da ciência é compreender e descrever o mundo que habitamos. A **ciência moderna ou tradicional** deu conta de responder a várias perguntas, solucionar e explicar vários fenômenos até agora, mas surgiram alguns desafios contemporâneos que **não** são respondidos pela ciência moderna. A ciência moderna ou tradicional obedece ao pensamento cartesiano e suas bases filosóficas são: o **racionalismo** (os fenômenos naturais podem ser compreendidos racionalmente); o **determinismo** (os fenômenos naturais podem ser compreendidos em termos de causa e efeito); e a **compartimentalização** (o universo funciona como um relógio, que pode ser entendido se compreendermos cada uma de suas partes).

Paulo *et al.* (2012) nos explica que a ciência moderna usa, portanto, do **método científico**, no qual os sistemas são descritos isoladamente, tendo como metodologia os estudos feitos em laboratório, mantendo diversas variáveis sob controle. Os sistemas que têm as variáveis sob controle são os chamados **sistemas isolados**, ou seja, sistemas em equilíbrio e que têm como característica a **previsibilidade, a causalidade e seu comportamento descrito por leis determinísticas**. Essa ciência desenvolvida entre os séculos XVI e XX teve como objeto de estudo os sistemas isolados. Os sistemas isolados podem ser considerados como sistemas próximos do equilíbrio, já que, se os fluxos de entrada e saída forem interrompidos, os sistemas tendem ao equilíbrio.

Mas, conforme Paulo *et al.* (2012), na primeira metade do século XX surge a **Mecânica Quântica**, que descreve os fenômenos relacionados ao mundo atômico, desconhecidos até então. A observação do mundo microscópico mostrou que a **interação entre sujeito e objeto interfere na medida** que estamos estudando, é então legítimo que o mundo microscópico, segundo a interpretação de Copenhagen se torna **imprevisível** e a **incerteza** uma das peças fundamentais do Universo. Assim a Mecânica Quântica descreve os sistemas à luz da **probabilidade**.

Depois disso várias áreas do conhecimento começaram a perceber que tanto as relações humanas como os fenômenos da natureza se constituíam em **sistemas abertos** não sendo possível estudar suas partes separadamente. Assim começa a nascer o **pensamento sistêmico**.

Segundo Paulo *et al.* (2012), a **Biologia** foi uma das primeiras áreas a olhar a natureza com uma **perspectiva sistêmica**. Uma abordagem recente, a Teoria da Endossimbiose Sequencial – TES da pesquisadora Lynn Margulis (1938-2011), advoga que **a evolução não depende somente da adaptação da espécie ao meio**, mas que também **os seres vivos modificam o meio no processo**. Margulis (2001) explica que **Darwin** já havia introduzido a **aleatoriedade** na biologia com seu trabalho baseado na hipótese que na reprodução, a progênie não nasce com as mesmas características dos pais, mas com **pequenas variações que são produzidas aleatoriamente**, o que esquia de uma perspectiva determinista. Para Darwin essas pequenas variações genéticas tornaria um ou outra variante de uma espécie mais apta a viver num dado ambiente, ou seja, o ambiente naturalmente selecionaria a espécie com a variante mais adaptável aquela situação, para ele isso é **seleção natural**.

Segundo Paulo *et al.* (2012), alguns fenômenos contemporâneos como as mudanças climáticas, a variabilidade do comportamento da economia, o surgimento e desaparecimento de novas configurações sociais, o funcionamento imunológico, a plasticidade cerebral, e a evolução ou extinção de espécies vêm sendo abordados de modo diferente da ciência moderna, pois essa não dá

conta de explicar esses fenômenos. Surge então um **novo paradigma na ciência**, um novo modo de pensar e fazer ciência: a **Teoria dos Sistemas Complexos ou Teoria da Complexidade**.

O termo complexidade aqui é entendido como qualidade do que é complexo. **Complexo** é construção composta de numerosos elementos interligados ou que funcionam como um todo, e ainda passível de ser encarado ou apreciado sob diversos ângulos. **Complexidade** é a ciência que estuda os **sistemas abertos**, que são sistemas fora do equilíbrio. “Abertos” significa que o sistema é caracterizado pela existência de **fluxos de entrada e saída**. Os fluxos podem ser constituídos por matéria, energia ou quantidade de movimento.

Segundo Paulo *et al.* (2012), a **caracterização dos sistemas complexos** está em construção, mas **Ilya Prigogine, Grégoire Nicolis e Moisés Nussenzweig** nos ajudam a entendê-los. Esses autores explicam que a complexidade é encontrada em diversos contextos e tem a ver com a própria **manifestação da vida**. E como tal para estudar esses sistemas complexos é preciso compreender **como a vida surge e se mantém**. Existem três princípios onipresentes nos processos de organização da vida: adaptabilidade, estabilidade e inter-relacionamento. Os sistemas complexos são simples, criativos e geram padrões complexos.

Dentre tantas características convém destacar que os sistemas complexos têm:

- Uma **dinamicidade fundamental**, uma vez que os mesmos estão em **constante evolução** sendo formados por várias unidades, que são **totalidades integradas** e só podem ser entendidas dentro de um contexto do todo maior. EX: no corpo humano existem trilhões de células.
- **Interatividade**, uma vez que cada unidade interage com seus pares e com várias unidades do próprio sistema. EX: embora cada célula do nosso corpo tenha uma função específica, todas trabalham de maneira integrada, elas cooperam entre si para garantir a manutenção da vida.
- São **abertos**, interagem com o meio ambiente, se sustentando por um **contínuo fluxo de energia e matéria**. EX: a reciclagem de nutrientes que fungos realizam, a germinação de uma semente, etc.
- **Frustração**, uma vez que nem todos os estímulos são bem recebidos resultando em interações importantes para o sistema, ou seja, **o estímulo recebido pode ser excitatório ou inibitório**. EX: um neurônio pode disparar ou não uma resposta ao estímulo recebido, dentre vários outros recebidos naquele momento.
- **Aprendizagem**, que ocorre quando a arquitetura básica interna do sistema vai mudando, à medida que evolui e interage com o meio externo, criando novos comportamentos num processo adaptativo. EX: nosso organismo é adaptativo e evolui na constante interação com o entorno, podemos ter um câncer estimulado pela alimentação industrializada e pela má gestão das emoções.
- **Aleatoriedade**, algumas características do sistema são distribuídas ao acaso, dependendo das flutuações do meio. EX: nosso corpo pode combater o câncer com recursos que a ciência ignora ou subestima.
- Uma **ordem emergente**, uma vez que os sistemas complexos **se auto-organizam de maneira espontânea**, pois existe uma emergência espontânea de novas estruturas e de novas formas de comportamento oriundo do fluxo constante de energia e matéria que mantém os sistemas complexos afastados do equilíbrio. Caso os sistemas complexos cheguem ao equilíbrio eles morrem. Na ciência tradicional, há uma grandeza que pode medir o estado de equilíbrio de um sistema: a **entropia**. De um ponto de vista informal, a entropia pode ser tida como o **grau de desorganização de um sistema**. A tendência de um sistema ficar cada vez menos organizado é formalizada pela chamada **Segunda Lei da Termodinâmica**, que expressa: A ENTROPIA DE UM SISTEMA ISOLADO SEMPRE TENDE A AUMENTAR. Contudo há processos espontâneos naturais que parecem desafiar esse princípio. Vale então perguntar, existe algum sistema **realmente isolado**? O único sistema isolado que podemos imaginar é o próprio Universo. Como não existe nada além do Universo e, portanto, não

pode haver fluxos de entrada ou saída, ele é o único sistema isolado. De forma coerente com a Segunda Lei da Termodinâmica, a entropia total do Universo é crescente. Ilya Prigogine explica que embora a Segunda Lei da Termodinâmica estabeleça que a entropia dos sistemas tende a aumentar, é possível que, em determinadas situações, a entropia interna de um sistema diminua espontaneamente, processo que ele denominou **auto-organização**. Ou seja, auto-organização corresponde **à diminuição espontânea da entropia interna de um sistema**. Os fatores que provocam tal diminuição são as **forças naturais: força gravitacional e a força eletromagnética**. Assim, no quadro geral do Universo, temos que **os processos naturais ocorrem na tensão entre dois fatores antagônicos**: de um lado está a Segunda Lei da Termodinâmica, que faz com que os sistemas fiquem cada vez mais desorganizados; de outro, as forças naturais, que tendem a organizar os sistemas. EX: os seres vivos são autônomos, são auto-organizantes. Maturana e Varela (1997) explica que o ser vivo é, como ente, uma dinâmica molecular, não um conjunto de moléculas e o viver é a realização sem interrupção dessa dinâmica em uma configuração tal que as relações permitem um contínuo fluxo molecular. Viver é e existe como uma dinâmica molecular. Não é que o ser vivo utilize essa dinâmica para ser, produzir-se ou regenerar-se, mas que é essa dinâmica que de fato o constitui como ente vivo na autonomia do seu viver.

- Uma **hierarquia**, já que um estímulo é **tratado em níveis diferentes dependendo do grau de interação ou importância** para o sistema. EX: um sinal luminoso que atinge nossos olhos é tratado em diferentes níveis ao atingir nossa retina, até ser decodificado pelo cérebro como uma imagem.
- **Atratores e estrutura fractal**, já que os sistemas abertos **sendo dinâmicos tendem a se estabilizar exibindo uma imagem que representa sua geometria fractal**. Sistemas complexos apresentam dimensionalidade fracionária, nada na natureza é absolutamente tridimensional, cada forma apresenta um desenho intrincado com orifícios, saliências, reentrâncias, sinuosidades e inúmeras irregularidades estruturais. Todas as formas da natureza são formas fractais, e são elas que regem os sistemas complexos. A dimensão fractal quantifica, de certo modo, o **grau de irregularidade ou fragmentação** do conjunto considerado. Mandelbrot explica que uma propriedade notável das formas na natureza ou fractais, é que apresentam padrões característicos que se repetem em uma escala descendente, de modo que suas partes, em qualquer escala, guardam um formato semelhante ao todo, essa propriedade se chama **auto-similaridade**. Ou seja, **a forma do todo é semelhante a si mesma em todos os níveis de escala**, o mesmo padrão se repete muitas vezes. EX: couve-flor, se analisarmos um pedaço veremos que se parece exatamente com uma couve-flor miniatura, guardando semelhança com o todo; outros exemplos são ramificações de relâmpagos, bordas de nuvens, bifurcações de grandes rios, ramificações de uma árvore, samambaia, ramificações dos vasos sanguíneos, etc.
- **Histerese**, já que o sistema pode **manter sua estabilidade por algum tempo**, numa certa “paisagem”, dependendo criticamente da sua história anterior. EX:?
- **Propriedades coletivas emergentes**, que são características qualitativamente **novas** que **surtem a partir da multiplicidade de interações entre suas unidades**, que por sua vez **competem** ou **cooperam** entre si. EX: a aprendizagem e a memória.

Segundo Paulo *et al.* (2012), a interação entre os seres vivos, biosfera, geosfera, hidrosfera e atmosfera da Terra é um fenômeno complexo, cujos processos podem ser descritos em termos da Teoria da Complexidade. Lynn Margulis tem mostrado que **a evolução das espécies obedece a processos de auto-organização e auto-regulação**. Enquanto Darwin vê na natureza o **adaptacionismo e a competição** como aspectos mais fundamentais no processo evolutivo das espécies, Margulis defende a **cooperação, por meio de simbioses**. Em sua obra, TES, existe o conceito de **acoplamento estrutural** na perspectiva da complexidade. Margulis explica que os seres vivos interagem entre si e com o meio externo, sendo eles interdependentes e estruturalmente

dinâmicos. Lynn advoga que as espécies que mais tempo permanecem no planeta desenvolvem habilidades de cooperação e ainda que em geral os indivíduos de uma espécie adaptam o meio para otimizar sua permanência.

É justamente a **compatibilidade entre o indivíduo e a estrutura do meio**, perturbando-se mutuamente, desencadeando alternâncias, **mudanças**, mas de maneira **não destrutiva** que se denomina **acoplamento estrutural** (MATURANA e VARELA, 2001). Segundo esses autores o acoplamento estrutural com o meio é uma condição de existência, abrange todas as dimensões das interações celulares. As células dos **sistemas multicelulares** normalmente existem em estreita junção com outras células, como meio de realização de sua **autopoiese**. **Sistemas autopoieticos** são sistemas que **continuamente especificam e produzem sua própria organização** através da produção de seus próprios componentes. Tais sistemas são o resultado da deriva natural de linhagens nas quais se manteve essa junção. O acoplamento estrutural entre essas células leva uma junção tão íntima que elas acabam se fundindo levando a formação de um **único corpo**. Em síntese, podemos pensar que “auto” tem a ver com sistemas “auto-organizadores” e portanto autônomos no processo de organização de si mesmos, e “poiese”, tem a ver com construção, logo **“autopoiese” implica em auto-organização**. Todos os seres vivos são autopoieticos. E nesse sentido a complexidade aparece quando o grau de interação entre os vários componentes do sistema é suficientemente alto para que a análise dos sistemas em subsistemas não faça mais sentido.

Lynn Margulis, nascida em Chicago, dia 5 de março de 1938, era bióloga e professora na Universidade de Massachusetts. Apresentaremos agora uma breve **biografia** da autora da TES. Em seu livro *Planeta simbiótico: uma nova perspectiva da evolução*, de 2001, Margulis conta todo o caminho que percorreu para chegar ao desenvolvimento da Teoria da Endossimbiose Sequencial – TES. Ela conta que quando estava na oitava série se convenceu de mudar de escola, saiu escondida dos pais da particular Universidade de Chicago para a escola pública *Hyde Park High School* de cinco mil alunos onde havia uma variedade muito maior de namorados. Depois de doze semanas seus pais descobriram e após muito choro e conversa eles aceitaram sua decisão. Após dois anos nessa escola pública onde terminou o ensino médio, ela entrou novamente na Universidade de Chicago, mas agora para frequentar a faculdade como caloura precoce com quatorze anos, e foi instruída a voltar a ser uma boa aluna como antes da *Hyde Park*.

Nesse período de faculdade, Margulis conheceu Carl Sagan e eles se apaixonaram. Aos **dezenove anos** Margulis se casou com Sagan e se **graduou bacharel em Ciências Humanas sem especialização**. Eles se mudaram para Madison, onde Carl trabalhava com estudante de pós-graduação em Ciência Planetária na Universidade de Wisconsin e ela era **mestranda** decidida a estudar **genética**. Para Margulis o estudo da genética é o caminho certo para reconstruir a evolução, a história da vida primitiva, pré-humana na Terra. Nesse período ela se perguntava: **o que aconteceu com a vida em si mesma na Terra em seus primeiros dias?**

Depois de algum tempo estudando genética de populações, Margulis já não estava propensa a se concentrar de forma monomaníaca no núcleo da célula como seus colegas faziam. Seu trabalho começou de forma não convencional, **ela estudava os sistemas genéticos residentes em estruturas celulares (organelas) fora do núcleo, os genes citoplasmáticos**, área da genética ignorada naquela época, que se chamava **hereditariedade citoplasmática** ou **genética citoplasmática**. As pesquisas nessa área começaram na primeira década do século XX, na mesma época em que começaram os trabalhos em genética nuclear. Ambas as linhas de pesquisa tiveram início com a **redescoberta em 1900** do trabalho de **Gregor Mendel**, que havia estabelecido em **1865** a existência **somente dos genes nucleares, que chamou de “fatores”**. Esses fatores nucleares de Mendel (que se tornaram os genes nucleares) **não** estavam sozinhos no processo hereditário, **havia também sistemas genéticos não nucleares** (ou citoplasmáticos). Mendel não viu indício algum de que as espécies mudavam e evoluíam, portanto os **fatores de Mendel** foram correlacionados à **hereditariedade de características inalteradas**.

Era tido como verdade que **os genes ficavam nos cromossomos dentro do núcleo da célula**, esse conhecimento podia ser resumido como a “base cromossômica da hereditariedade”. Entretanto embriologistas e botânicos continuaram a afirmar que **os genes citoplasmáticos** nos óvulos de plantas e animais, não dentro do núcleo, **também exerciam controle sobre a hereditariedade. A hereditariedade da célula, tanto nuclear como citoplasmática, sempre deve ser considerada para toda a célula, todo o organismo.**

Margulis explica que desde a **década de 1930**, quando os primeiros trabalhos sobre bioquímica foram realizados na Alemanha e na Inglaterra, estabeleceu-se, que a **partir de leveduras e outros fungos, que a mitocôndria contém seus próprios genes.** Na virada do século XIX para o XX, os botânicos H. De Vries e C. Correns descobriram que **os cloroplastos das algas e das plantas também contém seus próprios genes.**

Margulis confirmava cada vez mais sua suspeita da graduação de que havia alguma coisa reducionista demais, limitadora demais na ideia de que os genes no núcleo determinam todas as características de animais e plantas. Foi então que ela começou um trabalho de “detetive” nas bibliotecas, lendo muitas dissertações sobre os fatores citoplasmáticos dos “óvulos vegetais” que mostravam genes misteriosos fora do núcleo. Ela estudou os trabalhos de **Ruth Sager e Francis Ryan** sobre os genes citoplasmáticos de bolores coletados pelo pesquisador italiano Gino Pontecorvo. Segundo Margulis (2001), experiências descritas por esses autores mostraram que **dois tipos de organelas, estruturas fechadas por membranas dentro das células mas fora do núcleo, plastídios e mitocôndrias, haviam influenciado de forma significativa a hereditariedade.** As referências nesses livros a levaram a *The Cell in Development and Heredity*, a obra-prima de **1928 de E. B. Wilson**. Wilson reviu antigos livros que falavam sobre a **similaridade das organelas celulares, os plastídios e as mitocôndrias, com micróbios livres.** Essa pista levou Margulis a estudar os micróbios na literatura sobre simbiose. À medida que notava a abundância de encontros simbióticos na natureza, sobretudo bactérias vivendo junto com (e às vezes dentro) células de insetos e vermes, ela foi se interessando pelos primeiros pesquisadores que Wilson citava: **I. E. Wallin, K. S. Merezkovsky e A. S. Famintsyn.** Margulis julgou que **esses autores estavam certos** ao supor que **partes não nucleares das células, com sua própria hereditariedade peculiar, eram formas remanescentes de bactérias antes livres.** Para ela parecia obvio que havia **sistemas duplos de hereditariedade** com células dentro de células.

Em 1960 com 22 anos e mãe de dois garotos, Margulis entrou para a **Universidade da Califórnia** em Berkeley como estudante de pós-graduação no departamento de genética. Lá ela percebeu que não havia **nenhuma** relação entre os membros do departamento de paleontologia, onde se estudava a evolução, e os do departamento de genética, onde a evolução mal era mencionada e seus membros desconheciam a ciência genética dos ciliados. Esse desinteresse e ignorância surpreenderam Margulis, mas não a detiveram. Margulis ficou fascinada pela **genética do paramécio**, o ciliado, e pelo expositor da teoria, **Tracy Sonneborn (1875-1970).** Sonneborn, junto com a pesquisadora Jannine Beisson, relatou que se os cílios do paramécio são cirurgicamente removidos em bloco com suas bases e girados cerca de 180 graus sobre a superfície celular e, depois recolocados, eles aparecerão em células descendentes, por pelo menos 200 gerações, nessa posição inversa. Ou seja, os cílios se reproduziam e a **mudança experimentalmente induzida pelos cientistas foi herdada.** Esse era um exemplo de herança de características adquiridas – **lamarckismo.**

Margulis coletou mais exemplos de **hereditariedade não mendeliana (não nuclear)** em uma grande variedade de espécies de plantas como *Eupatorium*, *Zea* (milho), *Mirabilis jalapa* (maravilha) e *Oenothera*; e de algas como *Chlamydomonas* (alga verde). Ela também estudou mutantes de leveduras não nucleares deficientes na respiração de oxigênio (conhecidos como “petites”), que crescem lentamente e formam pequenas colônias; e o padrão de hereditariedade “assassino-kappa” do ciliado paramécio, fenômeno descrito por Sonneborn, que observou que alguns paramécios

havam nascido para matar outros, geneticamente diferentes. Ela estudou ainda o trabalho de Edouard Chatton (1883-1947) e Lemuel Roscoe Cleveland (1892-1969).

Essas fontes diversas de informações comprovaram o que Margulis pressentia: **as bactérias, e não os genes nus** como H. J. Muller (1890-1967) falava (Muller anunciou a existência de genes nus, pelo menos em princípio, no cerne da vida, referindo que a hereditariedade “não nuclear” fosse “obscura”), **residiam fora do núcleo, mas dentro das células de muitos protistas, leveduras e até plantas e animais**. Ficou claro para ela que **pelo menos três classes de organelas fechadas por membranas (plastídios, mitocôndrias e cílios), todas fora do núcleo, lembravam as bactérias em termos de comportamento e metabolismo**. Para ela uma **cianobactéria capturada** que solta sua parede para residir e crescer confortavelmente no citoplasma de uma célula vegetal parecia ser exatamente a organela que todos denominavam **cloroplasto**. Margulis previu que o plastídio, nascido como bactéria capturada, deveria ter retido algum **DNA bacteriano**.

A primeira exposição completa da teoria de Margulis foi publicada em **1967**, depois de mais de 15 rejeições. Quando finalmente foi publicada trocaram o título de “Origem das células mitóticas” para “*Serial Endosymbiosis Theory - SET*” (Teoria da Endossimbiose Sequencial - TES) e usaram seu nome de casada Lynn Sagan. Em **1969**, Margulis grávida de sua filha Jennifer no segundo casamento permaneceu em casa por longos períodos, o que permitiu a ela expandir a **TES em um livro**. Depois de rejeitado pela Academic Press de Nova York e da perda do manuscrito, o livro foi publicado bem mais tarde pela Yale University Press.

Segundo Margulis (2001), ao longo das décadas de **1970 e 1980**, a TES recebeu diversas contribuições experimentais da biologia molecular, da genética e microscopia de alta potência que confirmaram que **células com núcleo surgiram por meio de uma sequência específica de incorporações de diferentes tipos de bactérias**.

Antes de explicar melhor a TES, Margulis fala sobre a simbiose e a simbiogênese. **Simbiose é um tipo de relação ecológica onde indivíduos de diferentes espécies vivem em contato físico**. Margulis explica que a simbiose é muito mais presente do que pensamos, a começar por nós seres humanos, nossos intestinos e cílios estão infestados de bactérias e simbiontes animais, como vermes. **Somos simbiontes em um planeta simbiótico e, se prestarmos atenção, podemos encontrar a simbiose em todos os lugares** (MARGULIS, 2001, p.13).

Margulis explica ainda que **o contato físico é um requisito inegociável para muitos tipos diferentes de vida**. Um dos predecessores científicos mais importantes dela compreendia e explicava por completo o papel da simbiose na evolução. Este foi Ivan E. Wallin (1883-1969) que afirmava que **as novas espécies se originavam da simbiose**. Ele deu ênfase especial à simbiose entre animais e bactérias, um processo que chamou de “o estabelecimento de complexos microssimbóticos”. Hoje se usa o termo evolutivo, **simbiogênese**, para referir à **origem de novos tecidos, órgãos, organismos – e até espécies – por meio da simbiose permanente ou de longo prazo**. Margulis explica que **a simbiose duradoura levou primeiro à evolução de células complexas com núcleos e a partir daí a outros organismos, como fungos, animais e plantas**.

Para Margulis a **simbiogênese é uma forma de neolamarckismo**. No lamarckismo simples, os organismos herdam traços induzidos em seus pais pelas condições ambientais, enquanto na simbiogênese os organismos adquirem não traços, mas outros organismos inteiros, e, é claro, seus conjuntos de genes completos, ou seja, a **simbiogênese é a mudança evolutiva pela herança de conjuntos de genes adquiridos**. A simbiose gera inovação, pois junta diferentes formas de vida para formar seres maiores, mais complexos. As formas de vida simbiogenéticas são ainda mais diferentes do que seus “pais”. Indivíduos estão sempre se fundindo e regulando sua reprodução. Eles geram novas populações que se tornam novos indivíduos simbióticos compostos por múltiplas unidades. **A simbiose é um evento natural e comum na natureza**.

Margulis cita alguns exemplos de simbiontes:

- Em Brittany/ França e nas praias junto ao Canal da Mancha há “alga marinha” sobre a areia em poças rasas, na verdade são vermes verdes, que são aglomerados do platelminto

Convoluta roscoffensis que em seus tecidos possui *Platymonas*, uma alga fotossintetizante. As algas simbióticas chegam a fazer um favor ao verme no que diz respeito ao gerenciamento de resíduos, pois elas reciclam o resíduo de ácido úrico do verme em nutrientes para elas mesmas. Algas e vermes compõem um ecossistema em miniatura nadando ao sol. Sem um microscópio de grande potência é difícil dizer onde termina o animal e começa a alga, de tão íntimos que são.

- Uma parceria abundante envolve corpos de caracóis *Plachobranthus* que abrigam simbioses verdes crescendo em fileiras tão uniformes que parecem ter sido plantados. Esses caracóis gigantes agem como jardins vivos, nos quais seus corpos mantêm as algas voltadas em direção à luz.
- *Mastigias* é um medusóide de tipo caravela que nada no oceano Pacífico. Como uma série de pequenos guarda-chuvas verdes, medusóides *Mastigias* flutuam aos milhares junto aos raios de luz na superfície da água.

Segundo Margulis, todos os 30 milhões de espécies de nós, animais, têm origem no microcosmo. O mundo microbiano, manancial do solo e do ar, denuncia nossa própria sobrevivência. Um dos principais temas do drama microbiano é o surgimento de **individualidade** a partir das interações de comunidade de atores antes independentes. **A tendência da vida “independente” é se aglomerar e ressurgir em uma nova totalidade em um nível mais elevado e maior de organização.**

Margulis e seus alunos da Universidade de Massachusetts descobriram um exemplo de individualidade emergente. Trata-se do *Ophrydium*, uma espuma de água doce parada que, a um olhar mais atento parece ser composta de contáveis corpos de “bolas de gelatina” verde. A maior bola de gelatina verde “individual” é composta de “indivíduos” menores em forma de cone ativamente contráteis. Estes, por sua vez, são compósitos: *Chlorellas* verdes vivem dentro de ciliados, todas dispostas em fileiras. Dentro de cada cone de cabeça para baixo há centenas de simbioses esféricas, células de *Chlorella*. A *Chlorella* é uma alga verde comum; as algas do *Ophrydium* são colocadas a serviço da comunidade de bolas de gelatina. Cada “organismo individual” desta “espécie” é na verdade um grupo, um complexo simbiótico, um pacote de micróbios fechados por membranas que se assemelha e age como um indivíduo.

Margulis explica ainda que a TES é uma teoria da união, de incorporações de células e diferentes histórias e habilidades. Agora, como ao longo de toda a história da Terra, **associações de vida se formam e se desfazem**. As **simbioses**, tanto estáveis como efêmeras, **prevalecem**. A **ideia principal da TES**, segundo Margulis, é que **os genes extras no citoplasma** de células de animais, plantas e outras células nucleadas não são “genes nus”: na verdade, eles **tiveram origem como genes bacterianos**. Os genes são um legado palpável de um passado violento, de competição e de tréguas. Há muito tempo, as **bactérias**, parcialmente devoradas e aprisionadas dentro dos corpos de outras, **se tornaram organelas**.

Fontes consultadas: PAULO, Iramaia Jorge Cabral de; JORGE NETO, Miguel; PAULO, Sérgio Roberto de. Introdução à Teoria da Complexidade. Cuiabá: EdUFMT, 2012.

MARGULIS, LYNN. O planeta simbiótico: uma nova perspectiva da evolução. Tradução, Laura Neves; revisão técnica, Max Blum. – Rio de Janeiro: Rocco, 2001.

TEXTO-APOIO B PARA O ALUNO

INTRODUÇÃO À TEORIA DA ENDOSSIMBIOSE SEQUENCIAL A LUZ DA TEORIA DA COMPLEXIDADE

O principal objetivo da ciência é compreender e descrever o mundo que habitamos. A **ciência moderna ou tradicional** estuda os sistemas isolados, que têm as variáveis sob controle, ou seja, sistemas em equilíbrio e que têm como característica a **previsibilidade, a causalidade e seu comportamento descrito por leis determinísticas**.

Na primeira metade do século XX surgiu a **Mecânica Quântica**, que descreve os fenômenos relacionados ao mundo atômico, desconhecidos até então. A observação do mundo microscópico mostrou que ele se torna **imprevisível** e a **incerteza** uma das peças fundamentais do Universo. Assim a Mecânica Quântica descreve os sistemas à luz da **probabilidade**. Depois disso várias áreas do conhecimento começaram a perceber que tanto as relações humanas como os fenômenos da natureza se constituíam em **sistemas abertos** não sendo possível estudar suas partes separadamente. Surge então por volta de 1980 um **novo paradigma na ciência**, um novo modo de pensar e fazer ciência: a **Teoria dos Sistemas Complexos ou Teoria da Complexidade**.

O termo **complexidade** aqui é entendido como qualidade do que é complexo. **Complexo** é construção composta de numerosos elementos interligados ou que funcionam como um todo, e ainda passível de ser encarado ou apreciado sob diversos ângulos. **Complexidade** é a ciência que estuda os **sistemas abertos**, que são sistemas fora do equilíbrio. “Abertos” significa que o sistema é caracterizado pela existência de **fluxos de entrada e saída** de matéria, energia ou quantidade de movimento.

A **caracterização dos sistemas abertos ou complexos** está em construção, mas **Ilya Prigogine, Grégoire Nicolis e Moisés Nussenzweig** nos ajudam a entendê-los. Esses autores explicam que a complexidade é encontrada em diversos contextos e tem a ver com a própria **manifestação da vida**. E como tal para estudar esses sistemas complexos é preciso compreender **como a vida surge e se mantém**. Dentre tantas características convém destacar que os sistemas complexos têm:

- Uma **dinamicidade fundamental**, uma vez que os mesmos estão em **constante evolução** sendo formados por várias unidades, que são **totalidades integradas** e só podem ser entendidas dentro de um contexto do todo maior. EX: no corpo humano existem trilhões de células.
- **Frustração**, uma vez que nem todos os estímulos são bem recebidos resultando em interações importantes para o sistema, ou seja, **o estímulo recebido pode ser excitatório ou inibitório**.
- **Atratores e estrutura fractal**, já que os sistemas abertos **sendo dinâmicos tendem a se estabilizar exibindo uma imagem que representa sua geometria fractal**. Mandelbrot explica que uma propriedade notável das formas na natureza ou fractais, é que apresentam padrões característicos que se repetem em uma escala descendente, de modo que suas partes, em qualquer escala, guardam um formato semelhante ao todo, essa propriedade se chama **auto-similaridade**. EX: couve-flor, se analisarmos um pedaço veremos que se parece exatamente com uma couve-flor miniatura.
- **Interatividade**, uma vez que cada unidade interage com seus pares e com várias unidades do próprio sistema.
- **Aleatoriedade**, algumas características do sistema são distribuídas **ao acaso**, dependendo das flutuações do meio. EX: nosso corpo pode combater o câncer com recursos que a ciência ignora.
- São **abertos**, interagem com o meio ambiente, se sustentando por um **contínuo fluxo de energia e matéria**, os sistemas possuem **auto-regulação**. EX: o crescimento de uma árvore.

- **Aprendizagem**, que ocorre quando a arquitetura básica interna do sistema vai mudando, à medida que evolui e interage com o meio externo, criando **novos comportamentos** num processo **adaptativo**, que leva a **auto-regulação e a auto-organização**. EX: algas que na falta de luz para fazer fotossíntese, comem outras algas.
- Uma **ordem emergente**, uma vez que os sistemas complexos **se auto-organizam de maneira espontânea**, pois existe uma emergência espontânea de novas estruturas e de novas formas de comportamento oriundo do fluxo constante de energia e matéria que mantém os sistemas complexos afastados do equilíbrio. EX: os seres vivos são autônomos, são auto-organizantes.
- **Propriedades coletivas emergentes**, que são características qualitativamente **novas** que **surgem a partir da multiplicidade de interações entre suas unidades**, que por sua vez **competem** ou **cooperam** entre si. EX: a nossa aprendizagem e nossa memória.

Assim começa a nascer o **pensamento sistêmico**, que inclui a interdisciplinaridade, um novo olhar, mais amplo sobre os fenômenos naturais. A **Biologia** foi uma das primeiras áreas a olhar a natureza com uma **perspectiva sistêmica**. A interação entre os seres vivos, biosfera, geosfera, hidrosfera e atmosfera da Terra é um fenômeno complexo, cujos processos podem ser descritos em termos da Teoria da Complexidade.

Uma abordagem recente, a **Teoria da Endossimbiose Sequencial – TES** da pesquisadora **Lynn Margulis** (1938-2011), é uma teoria da união de bactérias, de incorporações de células de diferentes histórias e habilidades. A **ideia principal da TES**, segundo Margulis, é que **os genes extras no citoplasma** de células de animais, plantas e outras **células nucleadas tiveram origem como genes bacterianos**. Há muito tempo, as **bactérias**, parcialmente devoradas e aprisionadas dentro dos corpos de outras, **se tornaram organelas (plastídios, mitocôndrias e cílios) e formaram o núcleo celular** graças a sua capacidade de cooperação por meio de simbioses duradouras.

Margulis explica que **simbiose é um tipo de relação ecológica onde indivíduos de diferentes espécies vivem em contato físico**. A simbiose gera inovação, pois junta diferentes formas de vida para formar seres maiores, mais complexos. Agora, como ao longo de toda a história da Terra, **associações de vidas se formam e se desfazem**. As **simbioses**, tanto duradouras como rápidas, **prevalecem**. Margulis diz que somos **simbiontes em um planeta simbiótico e, se prestarmos atenção, podemos encontrar a simbiose em todos os lugares**.

Margulis explica ainda que **o contato físico é um requisito inegociável para muitos tipos diferentes de vida**. Um dos predecessores científicos mais importantes dela compreendia e explicava por completo o **papel da simbiose na evolução**. Este foi **Ivan E. Wallin** (1883-1969) que afirmava que **as novas espécies se originavam da simbiose**. O termo **simbiogênese**, é usado para referir à **origem de novos tecidos, órgãos, organismos – e até espécies – por meio da simbiose permanente** ou de longo prazo. Margulis explica que **a simbiose duradoura levou primeiro à evolução de células complexas com núcleos e a partir daí a outros organismos, como fungos, animais e plantas**.

Para Margulis a **simbiogênese é uma forma de neolamarckismo**. No lamarckismo simples, os organismos herdavam traços induzidos em seus pais pelas condições ambientais, enquanto na simbiogênese os organismos adquirem não traços, mas outros organismos inteiros, e, é claro, seus conjuntos de genes completos, ou seja, a **simbiogênese é a mudança evolutiva pela herança de conjuntos de genes adquiridos**.

A TES advoga ainda que, **a evolução não depende somente da adaptação da espécie ao meio**, mas que também **os seres vivos modificam o meio no processo**. Enquanto **Charles Darwin** vê na natureza **o adaptacionismo e a competição** como aspectos mais fundamentais no processo evolutivo das espécies, Margulis defende a **cooperação, por meio de simbioses**. Mas Margulis (2002) explica que **Darwin** já havia introduzido a **aleatoriedade** na biologia com seu trabalho baseado na hipótese que na reprodução, os filhos não nascem com as mesmas características dos pais, mas com **pequenas variações que são produzidas aleatoriamente**, que leva a probabilidade

dessa ou aquela característica tornar aquele indivíduo mais apto ao ambiente, permitindo a **seleção natural**.

Margulis tem mostrado que **a evolução das espécies obedece a processos de auto-organização e auto-regulação**, havendo ainda o **acoplamento estrutural** no processo. Esses conceitos pertencem a Teoria da Complexidade. Margulis explica que os seres vivos interagem entre si e com o meio externo, sendo eles interdependentes e estruturalmente dinâmicos. É justamente a **compatibilidade entre o indivíduo e a estrutura do meio**, perturbando-se mutuamente, desencadeando alternâncias, **mudanças**, mas de maneira **não destrutiva** que se denomina **acoplamento estrutural** (MATURANA e VARELA, 2001). Segundo esses autores o acoplamento estrutural com o meio é uma condição de existência, abrange todas as dimensões das interações celulares. As células dos **sistemas multicelulares** normalmente existem em estreita junção com outras células. O acoplamento estrutural entre essas células leva a uma **junção tão íntima** que elas acabam se fundindo levando a formação de um **único corpo, um indivíduo**. Segundo Margulis, um dos principais temas do drama microbiano é o surgimento dessa **individualidade** a partir das interações de comunidade de atores antes independentes. Para ela a **tendência da vida “independente” é se aglomerar e ressurgir em uma nova totalidade em um nível mais elevado e maior de organização**.

Ao longo das décadas de **1970 e 1980**, a TES recebeu diversas contribuições experimentais da biologia molecular, da genética e da microscopia de alta potência que confirmaram que **células com núcleo e as organelas (plastídios e mitocôndrias) surgiram por meio de uma sequência específica de incorporações de diferentes tipos de bactérias**.

Fontes consultadas: PAULO, Iramaia Jorge Cabral de; JORGE NETO, Miguel; PAULO, Sérgio Roberto de. Introdução à Teoria da Complexidade. Cuiabá: EdUFMT, 2012. MARGULIS, Lynn. O planeta simbiótico: uma nova perspectiva da evolução. Tradução, Laura Neves; revisão técnica, Max Blum. – Rio de Janeiro: Rocco, 2001.

ALUNO(A): _____ TURMA: _____

PRÉ-TESTE BC

A tabela abaixo apresenta alguns conceitos em duplas. Leia com atenção e com base em seus conhecimentos **assinale X** em:

0. Se você **nunca estudou, nem ouviu falar** sobre nenhum dos conceitos apresentados, por isso **não sabe dizer se há relação** entre eles.
1. Se você acredita que **não há relação** entre esses conceitos.
2. Se você **vê pouca relação** entre esses conceitos.
3. Se você **nunca estudou** esses conceitos, **mas vê relação** entre eles.
4. Se você **já estudou** esses conceitos e acredita que **há uma relação** entre eles.
5. Se você **tem certeza** que esses conceitos estão **completamente relacionados**.

CONCEITOS	0	1	2	3	4	5
Ciência + incerteza						
Ciência + probabilidade						
Teoria da Complexidade + sistemas abertos						
Sistemas abertos + Floresta Amazônica						
Sistemas abertos + sala de aula com professor e alunos						
Pensamento sistêmico + complexidade						
Pensamento sistêmico + Teoria da Endossimbiose Sequencial						
Teoria da Complexidade + Teoria da Endossimbiose Sequencial						
Teoria da Endossimbiose Sequencial + auto-organização						
Teoria da Endossimbiose Sequencial + auto-regulação						
Teoria da Endossimbiose Sequencial + acoplamento estrutural						
Simbiose + simbiogênese						
Simbiose + evolução						
Teoria da Endossimbiose Sequencial + lamarckismo						
Teoria da Endossimbiose Sequencial + darwinismo						
Evolução + adaptação da espécie ao meio						
Evolução + adaptação do meio pela espécie						
Evolução + competição						
Evolução + cooperação						
Evolução + célula nucleada						
Bactérias simbiotes + organelas (mitocôndrias, plastídios e cílios)						
Inovação evolutiva + simbiogênese						
Endossimbiose Sequencial + formação da célula eucariótica						
Célula animal + maior complexidade						
Célula vegetal + maior complexidade						
Planeta simbiótico + seres humanos simbiotes						

Organizados em grupo, façam a leitura do *Texto-apoio B: Introdução à Teoria da Endossimbiose Sequencial a Luz da Teoria da Complexidade*, discutam e respondam com atenção as perguntas abaixo.

1. A ciência é questionável, sim ou não? Argumente sua opinião.

2. A Teoria da Complexidade mudou a maneira de ver e fazer ciência, pois entende os fenômenos naturais com mais realidade, de maneira mais honesta uma vez que os consideram sistemas abertos. Dê três exemplos de sistemas abertos.

3. A Teoria da Endossimbiose Sequencial – TES da pesquisadora Lynn Margulis é um exemplo de teoria que faz uso do pensamento sistêmico, pensamento este fundamental dentro da Teoria da Complexidade. Quais outros conceitos relacionados à complexidade podem ser encontrados na teoria de Margulis? Argumente sua opinião.

4. No texto-apoio B a Teoria da Endossimbiose Sequencial é comparada com a teoria evolutiva de Jean-Baptiste de Lamarck. Qual relação existe entre elas?

[illegible]

5. No texto-apoio B a Teoria da Endossimbiose Sequencial é comparada com a teoria evolutiva de Charles Darwin. Qual relação existe entre elas?

6. A ideia principal da TES, segundo Margulis, é que os genes extras no citoplasma de células de animais, plantas e outras células nucleadas tiveram origem como genes bacterianos. Há muito tempo, as bactérias, parcialmente devoradas e aprisionadas dentro dos corpos de outras, se tornaram organelas (plastídios, mitocôndrias e cílios) e formaram o núcleo celular graças a sua capacidade de cooperação por meio de simbioses duradouras. Como essas informações transformam nosso entendimento atual sobre a evolução das espécies?

5 TEXTO-APOIO C PARA O PROFESSOR, TEXTO-APOIO C PARA O ALUNO E TESTES DA OFICINA C – TEORIA DA ENDOSSIMBIOSE SEQUENCIAL – TES: AS QUATRO ETAPAS

TEXTO-APOIO C PARA O PROFESSOR

TEORIA DA ENDOSSIMBIOSE SEQUENCIAL – TES: AS QUATRO ETAPAS

Em 1873, o botânico alemão Anton deBary definiu a **simbiose** sendo a “convivência de organismos de nomes diferentes”. Segundo Margulis (2001), em certos casos a coabitação, existência a longo prazo, resulta em simbiogênese: o surgimento de novos corpos, novos órgãos, novas espécies. Para ela, **a maior parte da inovação evolutiva surgiu, e ainda surge, diretamente da simbiose.**

Segundo Margulis (2001), a **simbiogênese**, ideia proposta pelo russo Konstantin Merezhkovsky (1855-1921), refere-se à formação de novos órgãos e organismos por meio de **incorporações simbióticas**. Todos os organismos grandes o bastante para que possamos vê-los são compostos de micróbios antes independentes, agrupados para formar totalidades maiores. Ao se fundir, muitos perderam o que em retrospecto reconhecemos como sua antiga individualidade. Margulis destaca que **é a simbiogênese o fator que diferencia toda forma de vida de células nucleadas da vida bacteriana.**

A Teoria da Endossimbiose Sequencial – TES de Lynn Margulis delineia precisamente as etapas que devem ter ocorrido no passado para formar as **células eucarióticas**. As quatro etapas da TES envolvem simbiogênese, incorporação e fusão de bactérias pela simbiose. A ideia é simples: **quatro ancestrais antes inteiramente independentes e fisicamente separados se fundiram em uma ordem específica e se tornaram a célula verde das algas.** A seguir estão as etapas:

- ETAPA 1: Segundo Margulis, um tipo de bactéria que gosta de enxofre e calor, chamada **“arqueobactéria” fermentante (ou “termoacidófila”)**, se fundiu com uma **bactéria natatória**, formando o **nucleocitoplasma**, substância básica dos ancestrais das células dos animais, plantas e fungos. Esse primeiro protista natatório era, como seus descendentes hoje, um **anaeróbico** que vivia em lama e areia organicamente ricas, em fendas de pedras, poças e lagoas onde o oxigênio era escasso ou ausente. Há um consenso entre os cientistas que a substância fundamental das células, o nucleocitoplasma, descende das arqueobactérias; em particular, a maior parte do metabolismo criador de metabolismo surge da bactéria termoacidófila (“termoplasmal”).
- ETAPA 2: Essa etapa aconteceu **simultaneamente** com a etapa 1. A ideia fundamental dessa etapa é que as organelas natatórias – os **cílios, caudas de espermatozoides, protuberâncias sensórias** e muitos outros **prolongamentos** das células nucleadas – surgiram na **fusão original da arqueobactéria com a bactéria natatória** (etapa 1). Margulis acredita que a integração da **bactéria centríolo-cinetoplasto** foi o que criou a **célula eucarionte** em primeiro lugar. Sua tese é que todos os organismos nucleados (protistas, fungos, animais e plantas) surgiram pela simbiogênese quando **arqueobactérias se fundiram com ancestrais de centríolos-cinetoplastos** na evolução do ancestral protista final: a célula nucleada. O **antigo intruso que se transformou no centríolo-cinetoplasto** ainda tem parentes **livres**, são as bactérias conhecidas como **espiroquetas**. Os ancestrais de espiroquetas famintos e desesperados **invadiram** muitas **arqueobactérias**, inclusive algumas similares à atual **termoplasma**. As invasões foram seguidas por alianças, o que permitiu o surgimento das primeiras células nucleadas. Para Margulis, o **núcleo evoluiu** em resposta à essa incômoda **incorporação** de bactérias semelhantes à **termoplasma** e à **espiroqueta**, pois surgiram

“novas células” que aumentaram de tamanho e cujas membranas em interação proliferaram. A genética dessas “novas células” se tornou **mais complexa** devido a sua **dupla linhagem**. Nessa etapa ainda **surgiu a mitose** nos primeiros organismos com núcleo, devido ao movimento incessante de **espiroquetas vivas**.

- ETAPA 3: Depois que a mitose evoluiu em protistas natatórios, outro tipo de micróbio livre, uma **bactéria que respirava oxigênio** (ancestral da mitocôndria) foi incorporada à fusão. Células ainda maiores e mais complexas surgiram, o **complexo tripolar**. O complexo tripolar (apreciador do calor ácido, natatório e respirador de oxigênio) que respirava oxigênio se tornou capaz de **fagocitar** (ou “engolir”) determinados alimentos. A organela **mitocôndria**, que respira oxigênio, evoluiu de simbiontes bacterianos atualmente denominados “**bactérias púrpura**” ou “**proteobactérias**”. O complexo tripolar se formou um único organismo e gerou uma prole infinita.
- ETAPA 4: Na aquisição final das séries geradoras de células complexas, os respiradores de oxigênio fagocitaram, ingeriram mas não conseguiram digerir **bactérias fotossintetizantes verde-brilhantes**. A “incorporação” literal só ocorreu após uma intensa batalha em que as bactérias não digeridas sobreviveram e a incorporação completa triunfou. Por fim, as bactérias verdes se tornaram **cloroplastos**. No papel de quarto parceiro, esses produtivos apreciadores do sol se integraram por completo aos outros parceiros anteriormente separados. Essa incorporação final deu origem às **algas verdes natatórias**. Essas algas verdes primitivas não foram apenas ancestrais das células vegetais atuais, mas todos os seus componentes individuais estão em atividade separadamente, ainda nadando, fermentando e respirando oxigênio. Bactérias verdes que fazem fotossíntese e produzem oxigênio, chamadas “cianobactérias”, ainda existem em lagos e rios, na lama e nas praias. As cianobactérias são uma forma de vida extremamente bem sucedida. Seus parentes coabitam com inúmeros organismos maiores: todas as plantas e todas as algas. Em todas as células vegetais, o tempo todo, há pequenos descendentes verdes das cianobactérias fotossintetizantes livres, os **cloroplastos** e outros **plastídios**.

Margulis esclarece que as bactérias ao se fundir em simbiose, nos deixam pistas de sua antiga independência. Tanto as **mitocôndrias** como os **plastídios** são **bacterianos** em tamanho e forma. Essas organelas se reproduzem de forma que muitas estão presentes em um momento no citoplasma, mas nunca dentro do núcleo. Plastídios e mitocôndrias não só proliferam dentro das células, mas se reproduzem diferentemente e em momentos distintos do resto na célula na qual residem. Ambos os tipos, após sua fusão inicial que teria ocorrido a cerca de 1 bilhão de anos atrás, ainda retêm seus **depósitos neutros de DNA**.

A aceitação da origem simbiótica das mitocôndrias e plastídios foi concluída com a descoberta de que esses dois tipos de organelas contêm DNA distintos, separados do DNA do núcleo e inequivocamente bacteriano em estilo e organização. O DNA dessas organelas codifica suas próprias proteínas específicas. Assim como nas bactérias livres, a síntese de proteínas ocorre dentro das mitocôndrias e plastídios. Os genes ribossomais de DNA das mitocôndrias ainda são notavelmente semelhantes aos das bactérias que respiram oxigênio e vivem por si só atualmente. Os genes ribossomais dos plastídios são muito semelhantes aos das cianobactérias.

Há um **consenso** que acredita de modo incontestável na **versão intermediária** da TES, aceitando a origem simbiótica tanto para os plastídios como para as mitocôndrias. Entretanto a **versão extrema** da TES, que trata da **origem das organelas natatórias**, é questionada e causa muita polêmica e discordâncias entre os cientistas. Mas para Margulis, apesar de escassos indícios, as organelas natatórias surgiram pela simbiogênese. Para ela, essa classe de organelas também era bacteriana. Os cílios, caudas de espermatozoides, protuberâncias sensoriais e outros flagelos celulares, sempre sustentados por ínfimos pontinhos, corpos denominados centríolos-cinetoplastos, vêm da etapa 2. Essas organelas natatórias da etapa 2 são mais antigas e estreitamente integradas em células do que

as mitocôndrias ou os plastídios, por isso possuem uma história evolutiva cujo rastro é mais difícil de seguir.

“Não importa o quanto nossa espécie nos preocupe, a vida é um sistema muito mais amplo. A vida é uma interdependência incrivelmente complexa de matéria e energia entre milhões de espécies fora (e dentro) de nossa própria pele. Esses estranhos da Terra são nossos parente, nossos ancestrais, e parte de nós. Eles reciclam nossa matéria e nos trazem água e alimento. Não sobreviveremos sem “o outro”. Nosso passado simbiótico, interativo e interdependente é interligado por águas agitadas” (MARGULIS, 2001, p.106).

Fonte consultada: MARGULIS, Lynn. O planeta simbiótico: uma nova perspectiva da evolução. Tradução, Laura Neves; revisão técnica, Max Blum. – Rio de Janeiro: Rocco, 2001.

TEXTO-APOIO C PARA O ALUNO
TEORIA DA ENDOSSIMBIOSE SEQUENCIAL – TES: AS QUATRO ETAPAS

Margulis (2001), explica que todos os organismos grandes o bastante para que possamos vê-los são compostos de micróbios antes independentes, agrupados para formar totalidades maiores. Ao se fundir, muitos perderam sua antiga individualidade. Para ela, **a maior parte da inovação evolutiva surgiu, e ainda surge, diretamente da simbiose**. Margulis destaca que **é a simbiogênese o fator que diferencia toda forma de vida de células nucleadas da vida bacteriana**.

A Teoria da Endossimbiose Sequencial – TES de Lynn Margulis delinea precisamente as etapas que devem ter ocorrido no passado para formar as **células eucarióticas** (nucleadas). As quatro etapas da TES envolvem simbiogênese, incorporação e fusão de bactérias pela simbiose. A ideia é simples: **quatro ancestrais antes inteiramente independentes e fisicamente separados se fundiram em uma ordem específica e se tornaram a célula verde das algas**. A seguir estão as etapas:

- ETAPA 1: Segundo Margulis, um tipo de bactéria que gosta de enxofre e calor, chamada **“arqueobactéria” fermentante (ou “termoacidófila”)**, se fundiu com uma **bactéria natatória**, formando o **nucleocitoplasma**, substância básica dos ancestrais das células dos animais, plantas e fungos. Esse primeiro protista natatório era, como seus descendentes hoje, um **anaeróbico** que vivia em lama e areia organicamente ricas, em fendas de pedras, poças e lagoas onde o oxigênio era escasso ou ausente. Há um consenso entre os cientistas que a substância fundamental das células, o nucleocitoplasma, descende das arqueobactérias; em particular, a maior parte do metabolismo criador de metabolismo surge da bactéria termoacidófila (“termoplasmal”).
- ETAPA 2: Essa etapa aconteceu **simultaneamente** com a etapa 1. A ideia fundamental dessa etapa é que as **organelas natatórias** – os **cílios, caudas de espermatozoides, protuberâncias sensoriais** e muitos outros **prolongamentos** das células nucleadas – surgiram na **fusão original da arqueobactéria com a bactéria natatória** (etapa 1). Margulis acredita que a integração da **bactéria centríolo-cinetoplasto** foi o que criou a **célula eucarionte** em primeiro lugar. Sua tese é que todos os organismos nucleados (protistas, fungos, animais e plantas) surgiram pela simbiogênese quando **arqueobactérias se fundiram com ancestrais de centríolos-cinetoplastos** na evolução do ancestral protista final: a célula nucleada. O **antigo intruso que se transformou no centríolo-cinetoplasto** ainda tem parentes **livres**, são as bactérias conhecidas como **espiroquetas**. Os ancestrais de espiroquetas famintos e desesperados **invadiram** muitas **arqueobactérias**, inclusive algumas similares à atual **termoplasma**. As invasões foram seguidas por alianças, o que permitiu o surgimento das primeiras células nucleadas. Para Margulis, o **núcleo evoluiu** em resposta à essa incômoda **incorporação** de bactérias semelhantes à **termoplasma** e à **espiroqueta**, pois surgiram “novas células” que aumentaram de tamanho e cujas membranas em interação proliferaram. A genética dessas “novas células” se tornou **mais complexa** devido a sua **dupla linhagem**. Nessa etapa ainda **surgiu a mitose** nos primeiros organismos com núcleo, devido ao movimento incessante de **espiroquetas vivas**.
- ETAPA 3: Depois que a mitose evoluiu em protistas natatórios, outro tipo de micróbio livre, uma **bactéria que respirava oxigênio** (ancestral da mitocôndria) foi incorporada à fusão. Células ainda maiores e mais complexas surgiram, o **complexo tripolar**. O complexo tripolar (apreciador do calor ácido, natatório e respirador de oxigênio) que respirava oxigênio se tornou capaz de **fagocitar** (ou “engolir”) determinados alimentos. A organela **mitocôndria**, que respira oxigênio, evoluiu de simbiontes bacterianos atualmente denominados **“bactérias púrpura”** ou **“proteobactérias”**. O complexo tripolar se formou um único organismo e gerou uma prole infinita.

- **ETAPA 4:** Na aquisição final das séries geradoras de células complexas, os respiradores de oxigênio fagocitaram, ingeriram mas não conseguiram digerir **bactérias fotossintetizantes verde-brilhantes**. A “incorporação” literal só ocorreu após uma intensa batalha em que as bactérias não digeridas sobreviveram e a incorporação completa triunfou. Por fim, as bactérias verdes se tornaram **cloroplastos**. No papel de quarto parceiro, esses produtivos apreciadores do sol se integraram por completo aos outros parceiros anteriormente separados. Essa incorporação final deu origem às **algas verdes natatórias**. Essas algas verdes primitivas não foram apenas ancestrais das células vegetais atuais, mas todos os seus componentes individuais estão em atividade separadamente, ainda nadando, fermentando e respirando oxigênio. Bactérias verdes que fazem fotossíntese e produzem oxigênio, chamadas “cianobactérias”, ainda existem em lagos e rios, na lama e nas praias. As cianobactérias são uma forma de vida extremamente bem sucedida. Seus parentes coabitam com inúmeros organismos maiores: todas as plantas e todas as algas. Em todas as células vegetais, o tempo todo, há pequenos descendentes verdes das cianobactérias fotossintetizantes livres, os **cloroplastos** e outros **plastídios**.

Margulis esclarece que as bactérias ao se fundir em simbiose, nos deixam pistas de sua antiga independência. Tanto as **mitocôndrias** como os **plastídios** são **bacterianos** em tamanho e forma. Essas organelas se reproduzem de forma que muitas estão presentes em um momento no citoplasma, mas nunca dentro do núcleo. Plastídios e mitocôndrias não só proliferam dentro das células, mas se reproduzem diferentemente e em momentos distintos do resto na célula na qual residem. Ambos os tipos, após sua fusão inicial que teria ocorrido a cerca de 1 bilhão de anos atrás, ainda retêm seus **depósitos neutros de DNA**.

A aceitação da origem simbiótica das mitocôndrias e plastídios foi concluída com a descoberta de que esses dois tipos de organelas contêm DNA distintos, separados do DNA do núcleo e inequivocamente bacteriano em estilo e organização. O DNA dessas organelas codifica suas próprias proteínas específicas. Assim como nas bactérias livres, a síntese de proteínas ocorre dentro das mitocôndrias e plastídios. Os genes ribossomais de DNA das mitocôndrias ainda são notavelmente semelhantes aos das bactérias que respiram oxigênio e vivem por si só atualmente. Os genes ribossomais dos plastídios são muito semelhantes aos das cianobactérias.

Há um **consenso** que acredita de modo incontestável na **versão intermediária** da TES, aceitando a origem simbiótica tanto para os **plastídios** como para as **mitocôndrias**. Entretanto a **versão extrema** da TES, que trata da **origem das organelas natatórias**, é questionada e causa muita polêmica e discordâncias entre os cientistas. Mas para Margulis, apesar de escassos indícios, as organelas natatórias surgiram pela simbiogênese. Para ela, essa classe de organelas também era bacteriana. Os cílios, caudas de espermatozoides, protuberâncias sensoriais e outros flagelos celulares, sempre sustentados por ínfimos pontinhos, corpos denominados centríolos-cinetoplastos, vêm da etapa 2. Essas organelas natatórias da etapa 2 são mais antigas e estreitamente integradas em células do que as mitocôndrias ou os plastídios, por isso possuem uma história evolutiva cujo rastro é mais difícil de seguir.

“Não importa o quanto nossa espécie nos preocupe, a vida é um sistema muito mais amplo. A vida é uma interdependência incrivelmente complexa de matéria e energia entre milhões de espécies fora (e dentro) de nossa própria pele. Esses estranhos da Terra são nossos parente, nossos ancestrais, e parte de nós. Eles reciclam nossa matéria e nos trazem água e alimento. Não sobreviveremos sem “o outro”. Nosso passado simbiótico, interativo e interdependente é interligado por águas agitadas” (MARGULIS, 2001, p.106).

Fonte consultada: MARGULIS, Lynn. O planeta simbiótico: uma nova perspectiva da evolução. Tradução, Laura Neves; revisão técnica, Max Blum. – Rio de Janeiro: Rocco, 2001.

Organizados em grupo, façam a leitura do *Texto-apoio C: Teoria da Endossimbiose Sequencial – TES: As Quatro Etapas*, discutam e respondam com atenção as perguntas abaixo.

-
-
-
-
-
-

-
-
-
-
-

- [illegible]

-
-
-
-

ALUNO(A): _____ TURMA: _____

PÓS-TESTE BC

A tabela abaixo apresenta alguns conceitos em duplas. Releia com atenção e com base em seus novos conhecimentos **assinale X** em:

0. Se você **nunca estudou, nem ouviu falar** sobre nenhum dos conceitos apresentados, por isso **não sabe dizer se há relação** entre eles.
1. Se você acredita que **não há relação** entre esses conceitos.
2. Se você **vê pouca relação** entre esses conceitos.
3. Se você **nunca estudou** esses conceitos, **mas vê relação** entre eles.
4. Se você **já estudou** esses conceitos e acredita que **há uma relação** entre eles.
5. Se você **tem certeza** que esses conceitos estão **completamente relacionados**.

CONCEITOS	0	1	2	3	4	5
Ciência + incerteza						
Ciência + probabilidade						
Teoria da Complexidade + sistemas abertos						
Sistemas abertos + Floresta Amazônica						
Sistemas abertos + sala de aula com professor e alunos						
Pensamento sistêmico + complexidade						
Pensamento sistêmico + Teoria da Endossimbiose Sequencial						
Teoria da Complexidade + Teoria da Endossimbiose Sequencial						
Teoria da Endossimbiose Sequencial + auto-organização						
Teoria da Endossimbiose Sequencial + auto-regulação						
Teoria da Endossimbiose Sequencial + acoplamento estrutural						
Simbiose + simbiogênese						
Simbiose + evolução						
Teoria da Endossimbiose Sequencial + lamarckismo						
Teoria da Endossimbiose Sequencial + darwinismo						
Evolução + adaptação da espécie ao meio						
Evolução + adaptação do meio pela espécie						
Evolução + competição						
Evolução + cooperação						
Evolução + célula nucleada						
Bactérias simbiotes + organelas (mitocôndrias, plastídios e cílios)						
Inovação evolutiva + simbiogênese						
Endossimbiose Sequencial + formação da célula eucariótica						
Célula animal + maior complexidade						
Célula vegetal + maior complexidade						
Planeta simbiótico + seres humanos simbiotes						

[illegible]

7 SLIDES DAS OFICINAS A, B E C

OFICINA A

CONCEITOS NECESSÁRIOS PARA O
ENTENDIMENTO DA TEORIA DA ENDOSSIMBIOSE
SEQUENCIAL (TES)

Professora ministrante: Gracieli da Silva Henicka
(gracielihenicka@gmail.com)

Professora orientadora: Dr.^a Iramaia Jorge Cabral de Paulo
(iramaiaj@gmail.com)

Pense rápido!
Como os seres vivos se
relacionam?

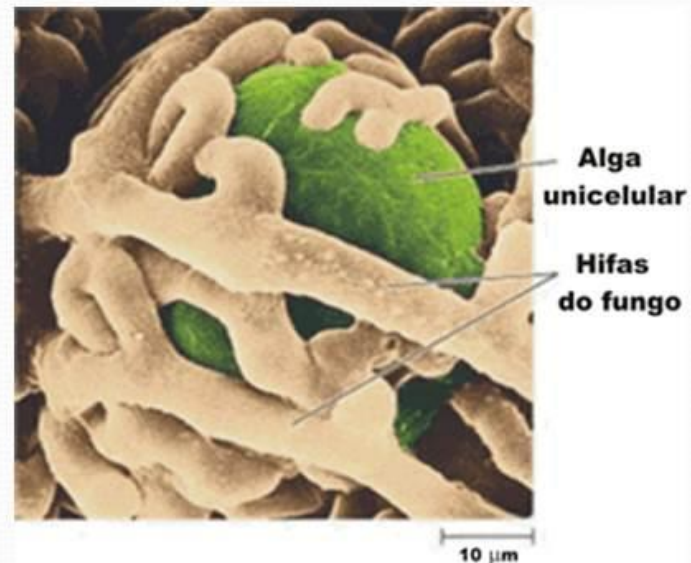
ECOLOGIA

Relações harmônicas:

- **SIMBIOSE:** é a associação entre espécies diferentes na qual ambos são beneficiados. Exemplo: líquen



Fonte: <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?aula=15525>



Fonte: <http://www.sobiologia.com.br/conteudos/Reinos/biofungos4.php>

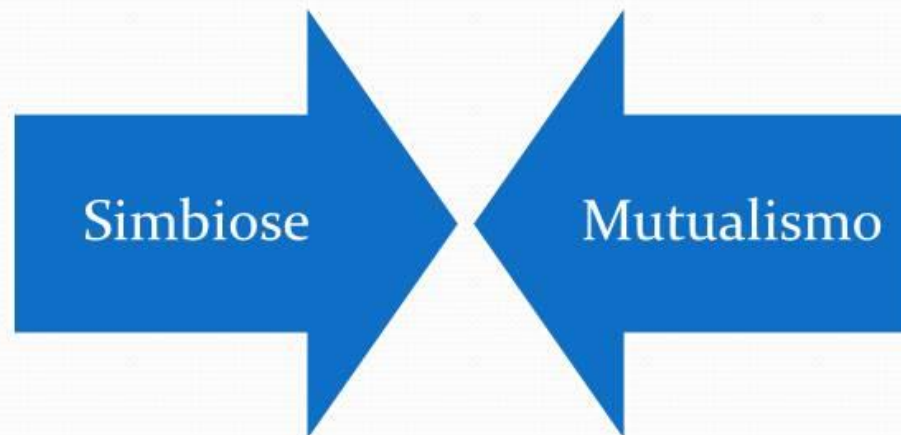


Tipos de líquens:

- 1. Crostopo**
- 2. Folioso**
- 3. Fruticoso**

Fonte:
<http://www.sobiologia.com.br/conteudos/Reinos/biofungos4.php>

- Para Linhares e Gewandsznajder (2010), **simbiose era o nome antigo para mutualismo**, mas hoje o termo simbiose é empregado para indicar qualquer **associação permanente** entre organismos de espécies diferentes.



- **MUTUALISMO OU MUTUALISMO OBRIGATÓRIO:** é a associação entre espécies diferentes com benefícios mútuos e grande interdependência. Ex: líquens, micorriza.

Fonte:
http://micorrizarte.blogspot.com.br/2010/11/micorrizas_js.html



Fonte: <http://www.agrobeta.com/agroblog/2012/10/fitosminterios-ecologicos-cannabis-mycorrizas/>

- PROTOCOOPERAÇÃO, COOPERAÇÃO OU MUTUALISMO FACULTATIVO: é a associação onde indivíduos de espécies diferentes obtêm benefícios mútuos sem que haja dependência entre eles. Ex: boi e garça-boiadeira, crocodilo e ave-palito.



Fonte:
<http://www.sobiologia.com.br/conteudos/Ecologia/relacoesecologicas2.php>



Fonte: <http://iaci.com.br/protocoop.htm>

Relações desarmônicas:

- **COMPETIÇÃO INTRAESPECÍFICA:** A competição intraespecífica entre os **vegetais** se dá principalmente por luz, água e sais minerais. Ex: amesclas, embaúbas, pacóvas, buritis...



Fonte: <http://br.viarural.com/servicos/turismo/estacoes-ecologicas/area-de-relevante-interesse-javari-buriti/>



Fonte: <http://www.5oemais.com.br/arquivo/2011/08/0-brasil-e-as-7-maravilhas-naturais-do-mundo/floresta-amazonica/>

- Já entre os **animais** a competição intraespecífica é mais variada, há luta por alimento, espaço, parceiros para a reprodução, etc.



Macaco-prego

Fonte:
http://planetasustentavel.abril.com.br/album/albumFotos_263351.shtml?foto=4

Fonte: <http://projetooncafé.wordpress.com/2013/10/>



Queixada

- A luta para ocupar e **defender um território** impede a reprodução de indivíduos excedentes, o que constitui um importante **fator de seleção natural**, ao favorecer os indivíduos mais adaptados e eliminar os menos adaptados ou provocar a sua emigração.

- **COMPETIÇÃO INTERESPECÍFICA:** duas espécies que vivem na mesma área podem disputar um tipo de alimento ou outro recurso, e isso pode eliminar uma delas da comunidade.

Fonte: <http://www.klimanaturali.org/2012/12/principio-da-exclusao-competitiva.html>

Lei de Gause, 1934: **princípio da exclusão competitiva** - duas espécies não podem conviver no mesmo hábitat (lugar em que uma espécie vive) e com o mesmo nicho (conjunto de relações que a espécie mantém com as outras espécies e com o ambiente físico) indefinidamente, pois a competição será tão grande que apenas uma espécie – a mais adaptada – sobreviverá. A outra é eliminada, emigra para outro hábitat ou passa a ocupar outro nicho.



Como podemos explicar a
diversidade de seres vivos?
Como explicar suas
semelhanças e diferenças?

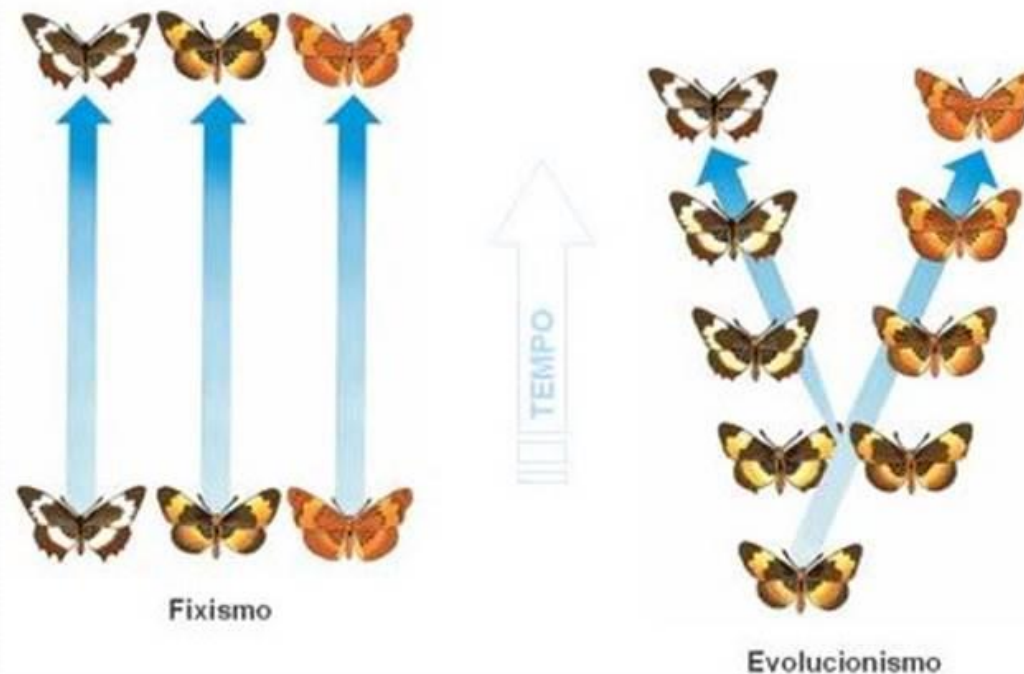
EVOLUÇÃO

A teoria da evolução procura explicar:

- como todas as espécies surgiram na Terra;
- como elas podem se transformar ao longo do tempo e originar outras espécies;
- a razão de suas semelhanças e diferenças;
- e por que os seres vivos possuem adaptações que os ajudam a sobreviver e se reproduzir em seu ambiente.



- Século XVIII: FIXISMO - cada espécie teria surgido de maneira independente e permaneceria sempre com as mesmas características, ou seja, as espécies não mudariam, embora algumas pudessem se extinguir.



Fonte: <http://e-porteflio.blogspot.com.br/2008/12/evolucao-biologica-fixismo-e-evolucionismo.html>



Fonte: <http://biogeolearning.com/site/v1/novos-conteudos-biou/>

Atenção: o evolucionismo
não nega Deus, alguns
cientistas evolucionistas sim.

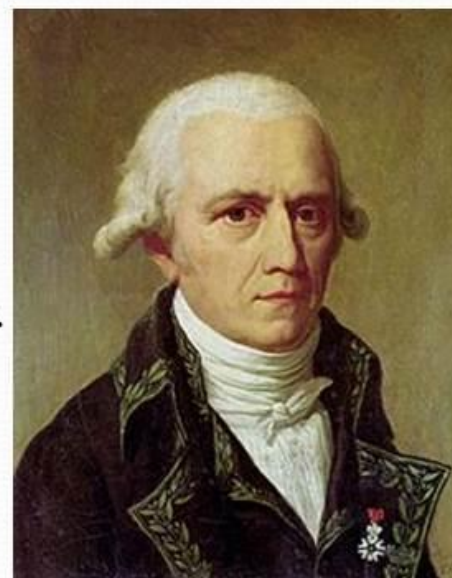
Não existe guerra entre
fixismo/criacionismo e
evolucionismo...

Eis o que penso...

EVOLUCIONISMO

- Século XIX: LAMARCKISMO - Contrariando as ideias fixistas da época, **Lamarck defendia que os organismos atuais surgiram de outros mais simples e teriam uma tendência a se transformar, gradualmente, de seres mais simples em seres mais complexos.**
- Lamarck dizia que a evolução das espécies era guiada por necessidades internas do organismo. Ele afirmava que as espécies sofriam **modificações** ao longo do tempo, o que possibilitava a evolução.
- Segundo Uzunian *et al.* (2008), Lamarck foi o primeiro cientista a destacar a importância da adaptação dos seres vivos ao meio ambiente e sua relação com a evolução.

Jean-Baptiste Pierre
Antoine de Monet,
Chevalier de **Lamarck**
(1744-1829) - naturalista
francês



Fonte: http://en.wikipedia.org/wiki/Jean-Baptiste_Lamarck

- Lamarck afirmava que as mudanças adaptativas nos organismos eram provocadas pela Lei do Uso e Desuso e transmitidas para os descendentes pela Lei da Herança dos Caracteres Adquiridos.

FAQBIO www.faqbio.blogspot.com Prof. Marco Nunes

Teorias Evolucionistas: Lamarckismo ou Teoria Transformista

Mecanismo evolutivo de Lamarck
Os seres vivos se modificam por dois mecanismos:

- A lei do uso e desuso
- A lei da transmissão das características adquiridas

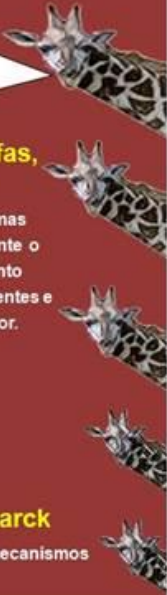
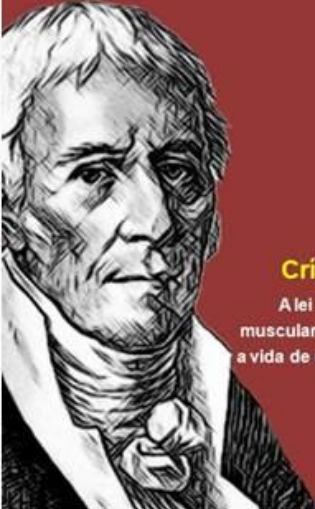
Segundo Lamarck os seres vivos se modificam estimulados pela necessidade de se adaptar as mudanças ambientais

O caso da evolução das girafas, segundo o Lamarckismo
No passado as girafas tinham pescoço curto, mas durante as suas vidas elas esticavam diariamente o pescoço para alcançar o alimento. O crescimento obtido, foi transmitido a gerações de descendentes e gradativamente o pescoço foi tornando-se maior.

Críticas ao Lamarckismo
A lei do uso e desuso só se aplica a órgãos musculares e características adquiridas durante a vida de um organismo não são transmitidas a próxima geração.

Importância de Lamarck
Propôs uma discussão dos mecanismos evolutivos.

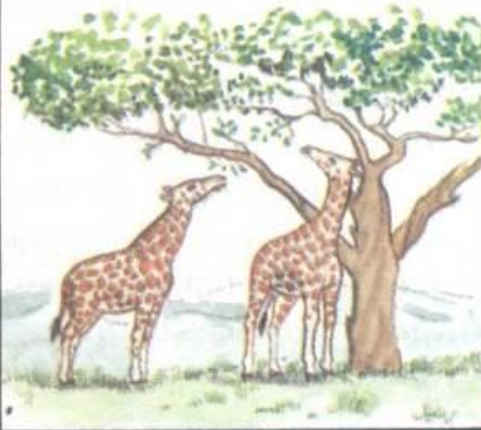
Lamarck



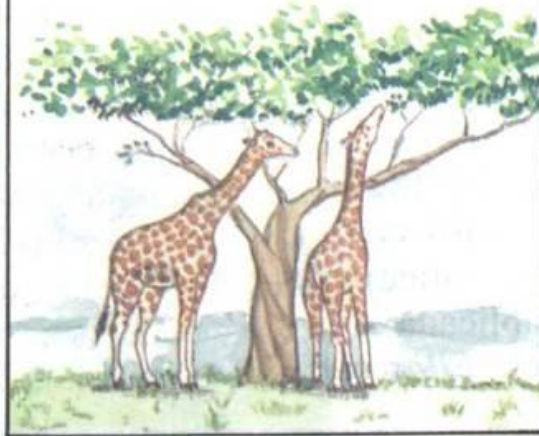
Fonte: <http://faqbio.blogspot.com.br/2011/03/ficha-para-estudo-teorias.html>

LAMARCK

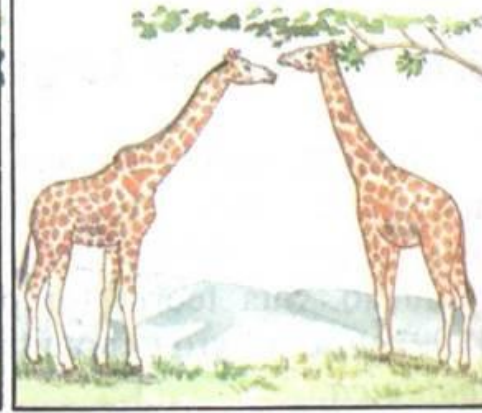
As girafas ancestrais provavelmente tinham pescoços curtos. Para alcançar a folhagem das árvores, de que se alimentavam, tinham que esticar o pescoço.



Pelo fato de esticarem sempre o pescoço para atingir a folhagem das árvores, o pescoço alongou-se. Essa característica adquirida era transmitida aos seus descendentes.

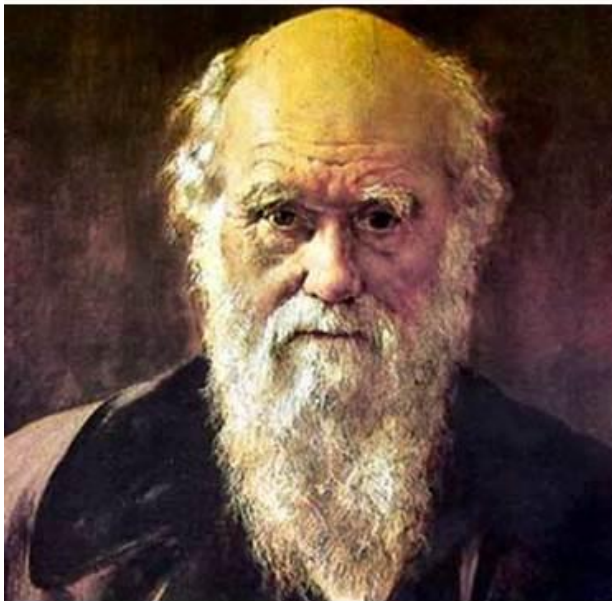


Finalmente, o contínuo esticamento do pescoço deu origem às girafas atuais. Portanto, pelo uso ou desuso e pela transmissão das características adquiridas houve a evolução.



Fonte: <http://gracieteoliveira.pbworks.com/w/page/48308702/Confronto%20entre%20lamarckismo%20e%20darwinismo>

Charles Robert **Darwin** (1809-1882) - naturalista inglês



Fonte: <http://www.biografiasyvidas.com/monografia/darwin/>

- Século XIX: DARWINISMO - Darwin admitia que **espécies semelhantes seriam descendentes de uma espécie ancestral comum, existente no passado, e teriam surgido por meio de uma série de modificações.**
- Ele concluiu que nem todos os organismos que nascem conseguem sobreviver ou reproduzir-se. Os indivíduos com mais oportunidades de sobrevivência seriam aqueles com características apropriadas para enfrentar as condições ambientes, e assim teriam maior probabilidade de se reproduzir e deixar descendentes férteis. Nessas condições, **as características favoráveis tenderiam a ser preservadas e as desfavoráveis, destruídas.** Darwin afirmou: “Essa preservação de variações favoráveis e rejeição de variações prejudiciais eu chamo de **seleção natural**”.

- O **mecanismo da evolução** proposto por Darwin **resume-se em seis etapas**:
- 1) os indivíduos de uma mesma espécie mostram muitas variações na forma e na fisiologia;
- 2) boa parte dessas variações é transmitida aos descendentes;
- 3) se todos os indivíduos de uma espécie se reproduzissem, as populações cresceriam de forma acelerada, em progressão geométrica (1, 2, 4, 8, 16, 32, etc);
- 4) como os recursos naturais são limitados, os indivíduos de uma população lutam por sua sobrevivência e pela sua prole;
- 5) apenas alguns, os mais aptos, sobrevivem e deixam filhos (seleção natural). A sobrevivência e a possibilidade de reprodução dependem das características desses indivíduos, que, por serem hereditárias, serão transmitidas a seus filhos;
- 6) pela seleção natural, as espécies serão representadas por indivíduos adaptados ao ambiente em que vivem.



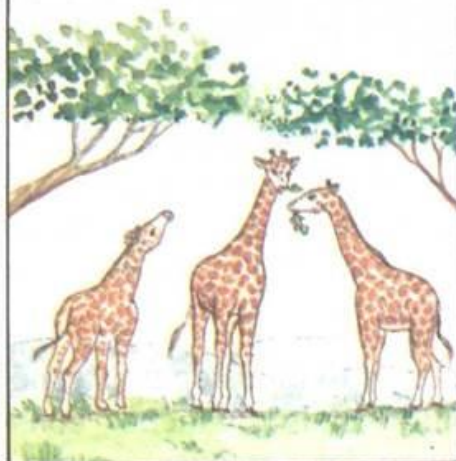
O que você vê?
Qual é a mais fácil de ver?



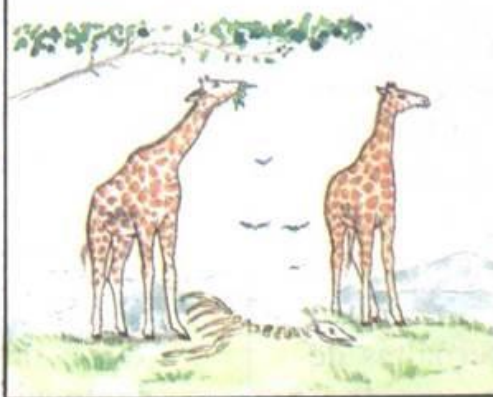
Fonte: <http://biogeografia-ufsm.blogspot.com.br/2010/06/estara-darwin-ultrapassado.html>

DARWIN

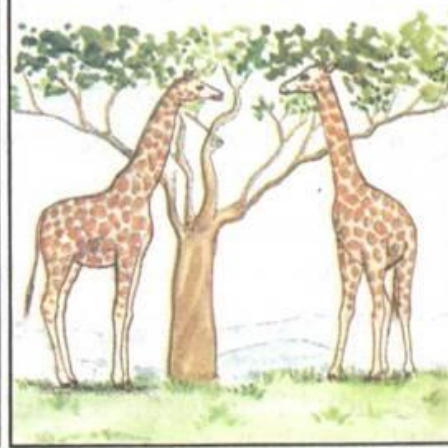
As girafas ancestrais provavelmente apresentavam pescoços de comprimentos variáveis. As variações eram hereditárias.



A competição e a seleção natural levaram à sobrevivência dos descendentes de pescoços longos, uma vez que estes conseguiam alimentar-se melhor do que as girafas de pescoço curto.



Finalmente, apenas as girafas de pescoços longos sobreviveram à competição. Portanto, pela seleção natural ocorreu a evolução.



Fonte: <http://gracieteoliveira.pbworks.com/w/page/48308702/Confronto%20entre%20lamarcismo%20e%20darwinismo>

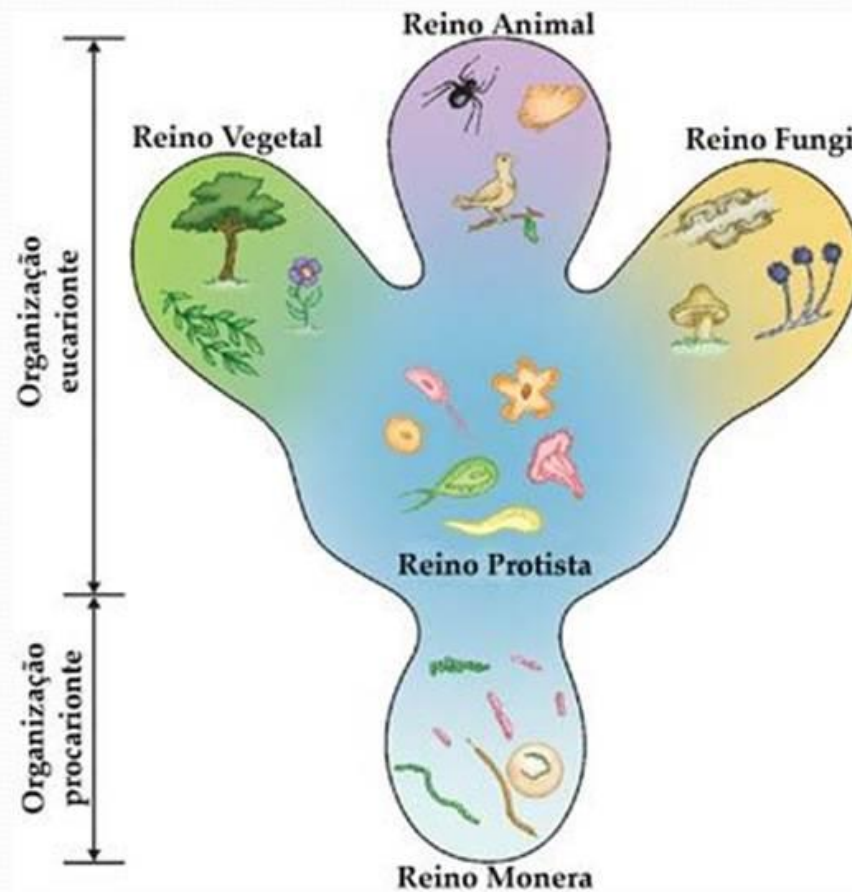
- Século XX: TEORIA SINTÉTICA DA EVOLUÇÃO ou NEODARWINISMO - síntese entre o darwinismo, as leis de Mendel e o conhecimento das mutações.
- Essa teoria analisa os fatores que alteram a frequência dos genes nas populações, como a mutação, a seleção natural, a migração seguida de isolamento geográfico e reprodutivo, e a deriva genética (mudança ao acaso na frequência dos genes).



Fonte: <http://maisbiogeologia.blogspot.com.br/2009/01/neodarwinismo-ou-teoria-sinttica-da.html>

Como organizamos os
talheres na cozinha?
Como os seres vivos são
organizados?

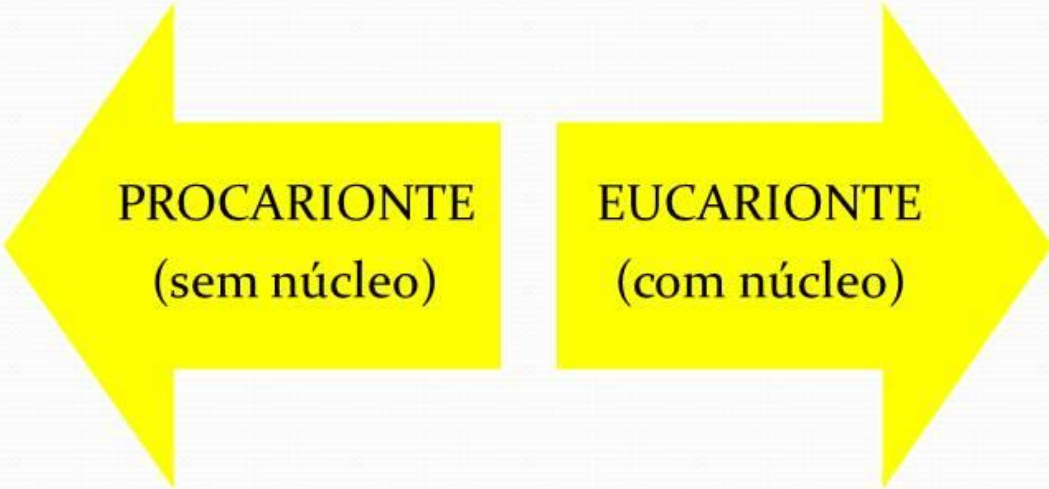
ORGANIZAÇÃO DOS SERES VIVOS



Fonte: <http://www.cienciasnatureza.com/2012/11/robert-whittaker-classificacao-dos.html>

ORGANIZAÇÃO CELULAR E NUTRIÇÃO

- **CÉLULA:** A célula é a menor unidade viva de um organismo, nela ocorrem todas as reações do metabolismo. As células surgem sempre de outras células, sendo que cada uma contém as informações hereditárias de todo o organismo.



PROCARIONTE
(sem núcleo)

EUCARIONTE
(com núcleo)

ORGANIZAÇÃO CELULAR E NUTRIÇÃO

UNICELULAR

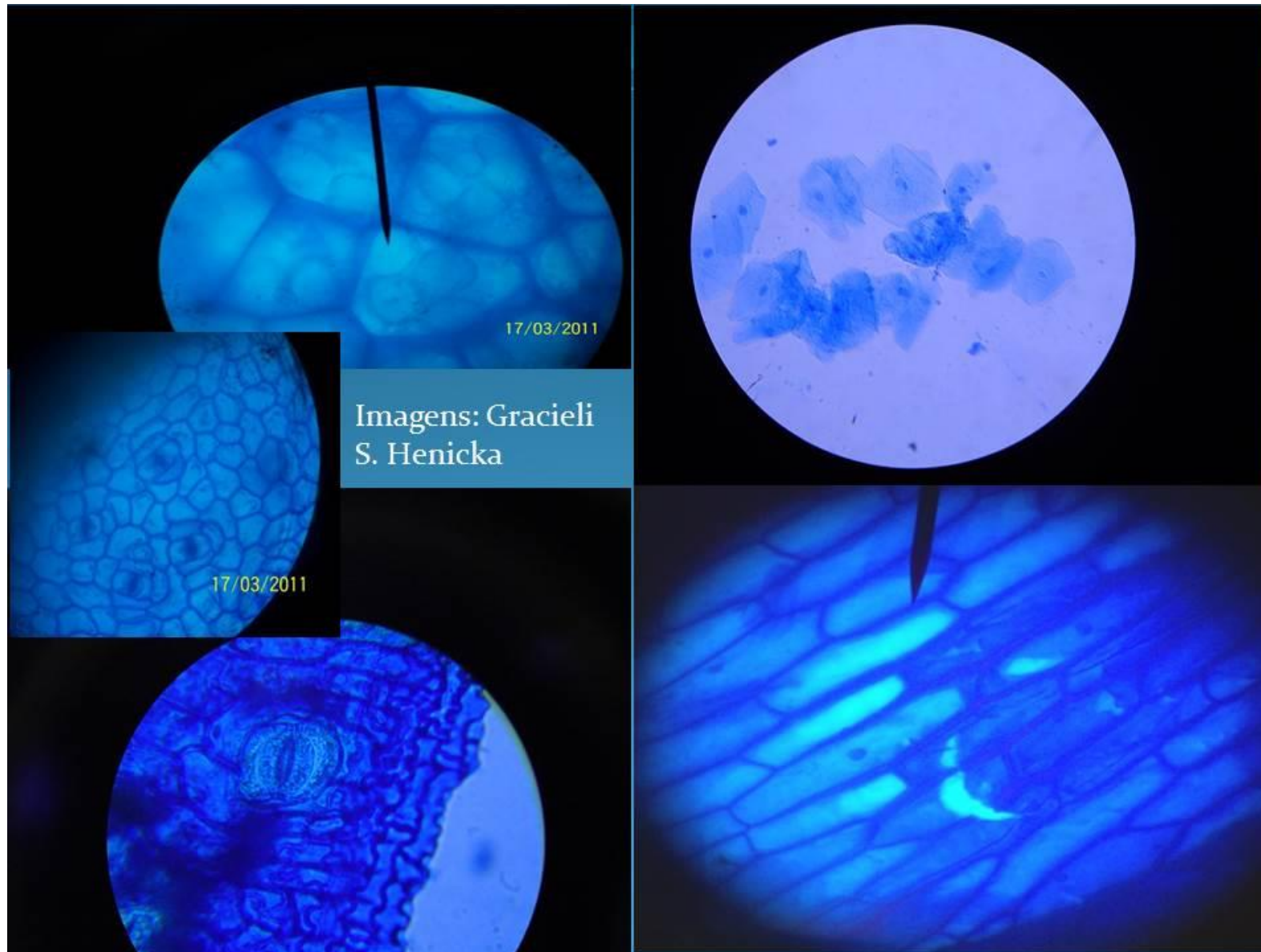
Organismo com apenas 1 célula

Ex: bactéria, paramécio.

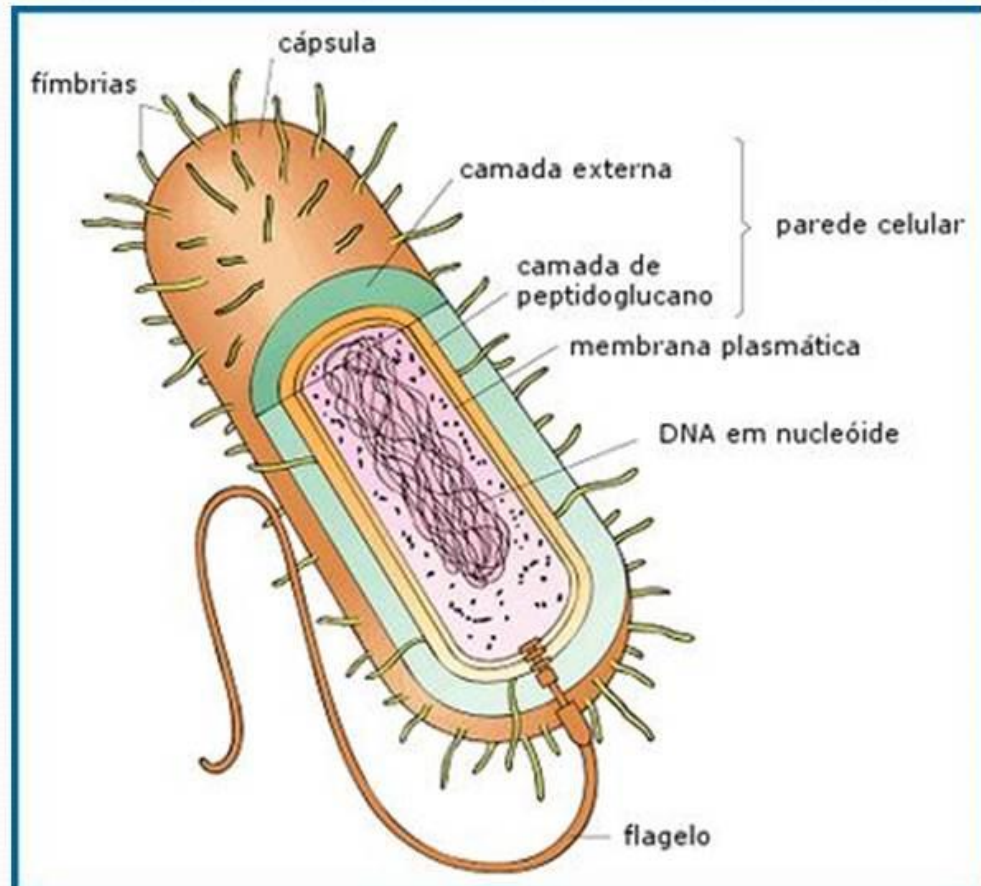
PLURICELULAR

Organismo formado de 2 células ou mais

Ex: algumas algas, alguns fungos, plantas, animais.

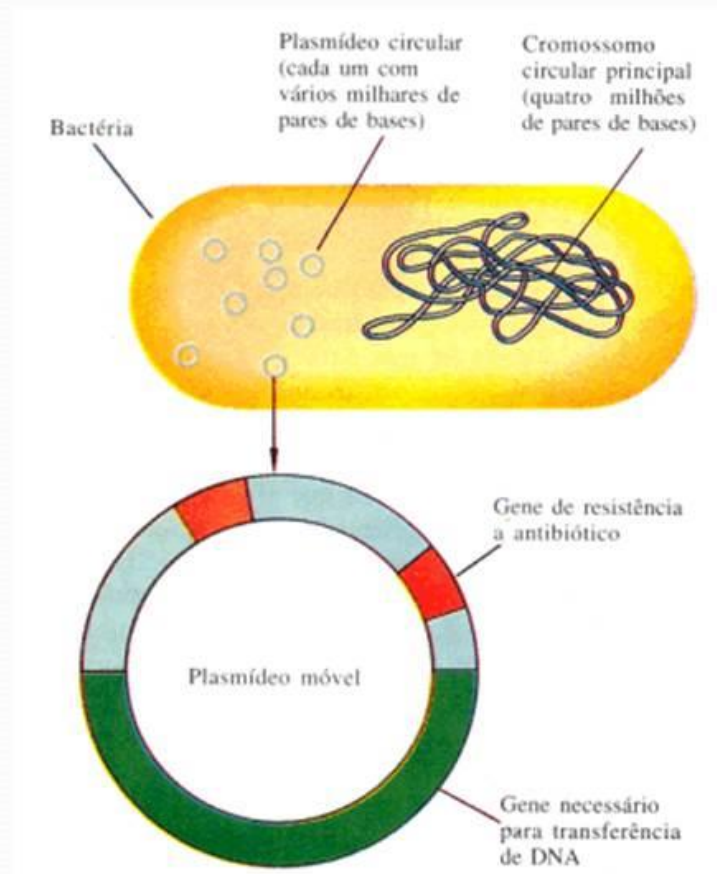


CÉLULA PROCARIÓTICA ou BACTERIANA



Fonte: <http://www.sobiologia.com.br/conteudos/Reinos/biomonera.php>

DNA BACTERIANO



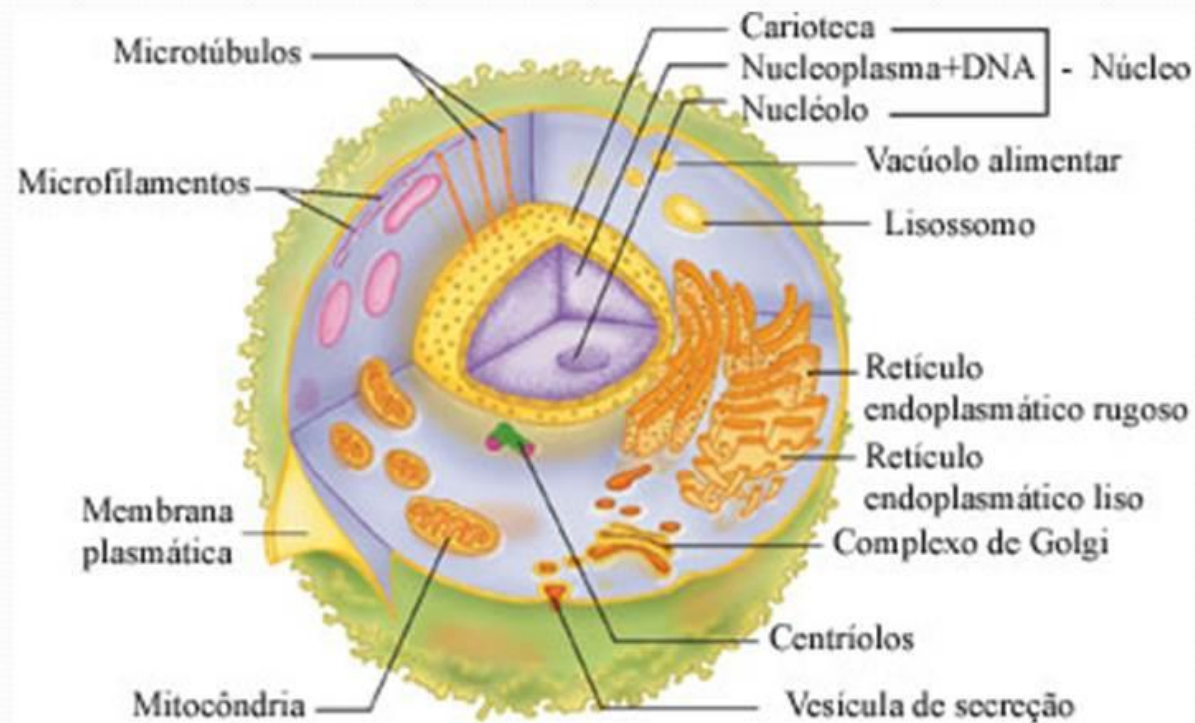
Fonte: <http://biologia12c.wordpress.com/2010/03/>

Plasmídeos



Fonte: <http://users.med.up.pt/medo5009/bcm/home.htm>

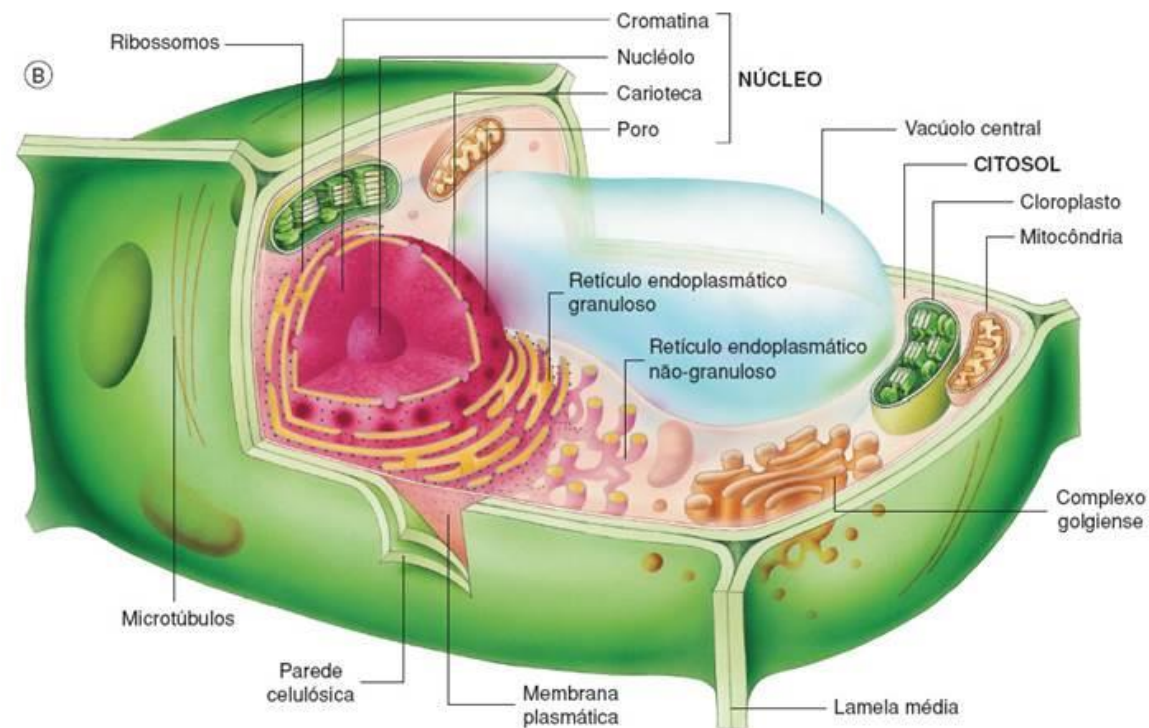
CÉLULA EUCARÓTICA ANIMAL



A organização eucarionte da célula animal.

Fonte: <http://www.vestibulandoweb.com.br/biologia/teoria/celula-eucarionte.asp>

CÉLULA EUCARÓTICA VEGETAL



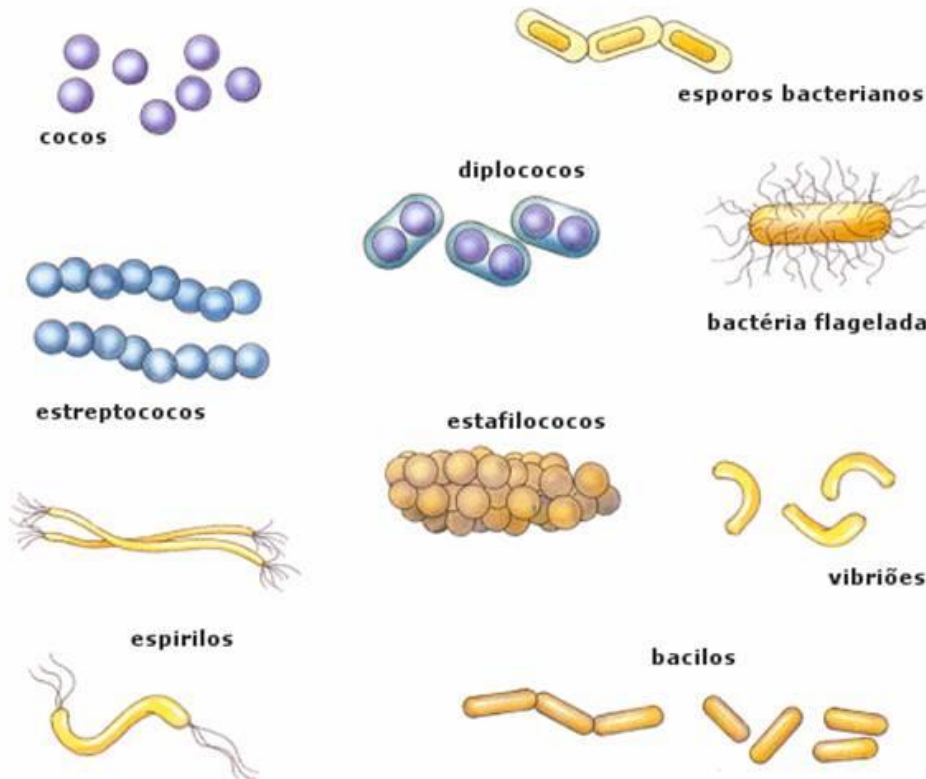
Fonte: <http://thinkbio.wordpress.com/2011/12/28/celula-animal-e-vegetal/>

ORGANIZAÇÃO CELULAR E NUTRIÇÃO

- **METABOLISMO:** é o conjunto de processos químicos que ocorrem no interior de um organismo.
- **ANAERÓBIO:** é o ser vivo que não depende do gás oxigênio para obter energia, ele consegue energia quebrando a glicose por meio da fermentação.
- **AERÓBIO:** é o ser vivo que depende do gás oxigênio para obter energia do alimento pelo processo de respiração celular.
- **HETEROTRÓFICO:** é o organismo que obtém de outros seres vivos as substâncias de que necessita, e fazem isso por meio da nutrição.
- **AUTOTRÓFICO:** é o organismo que fabrica açúcares a partir de substâncias minerais, ou seja, fabrica seu próprio alimento por meio da **fotossíntese** ou da **quimiossíntese**.
- **FAGOCITOSE:** processo pelo qual a célula engloba partículas sólidas ou outras células.

REINO MONERA

- Representantes: bactérias e cianobactérias.
- Procariontes.
- Unicelulares ou coloniais.
- Heterótrofos ou autótrofos.
- Vida livre ou parasitária.



Fonte: <http://www.infoescola.com/reino-monera/bacterias/>

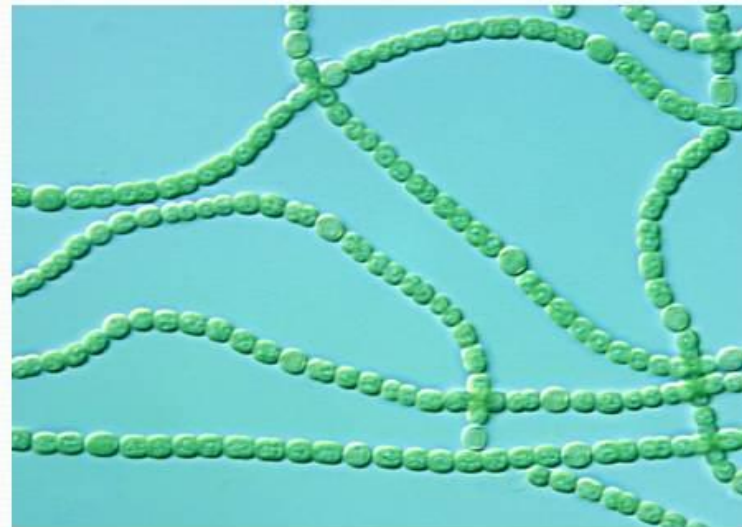
REINO MONERA

Bactéria (*Salmonella typhimurium*)



Fonte: <http://kids.britannica.com/comptons/art-91307/A-photograph-taken-with-a-scanning-electron-microscope-shows-Salmonella>

Cianobactéria

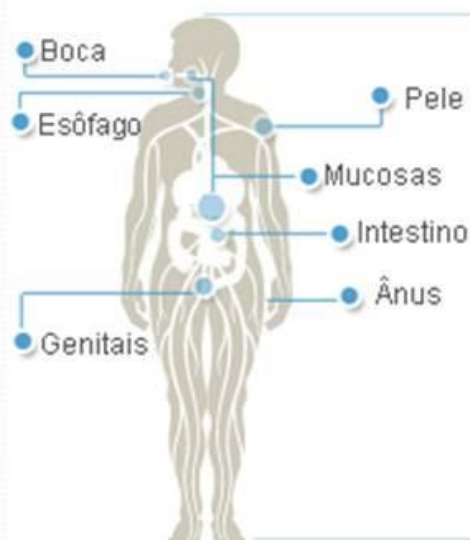


Fonte: http://sercblog.si.edu/wp-content/uploads/2012/05/Cyanobacteria_JamesGolden.jpg

Bactérias do bem

Infectologista Esper Kallas cita onde ficam os micro-organismos no nosso corpo

Locais:



Funções:

- **Proteger o organismo** contra bactérias invasivas e evitar doenças
- **Levar informações** para que as células de defesa possam agir em um eventual ataque
- Manter a flora de todas essas regiões em **equilíbrio**

Quantos tipos de bactérias há em cada lugar



O equilíbrio é importante, pois se uma bactéria boa muda de lugar pode causar algum dano.

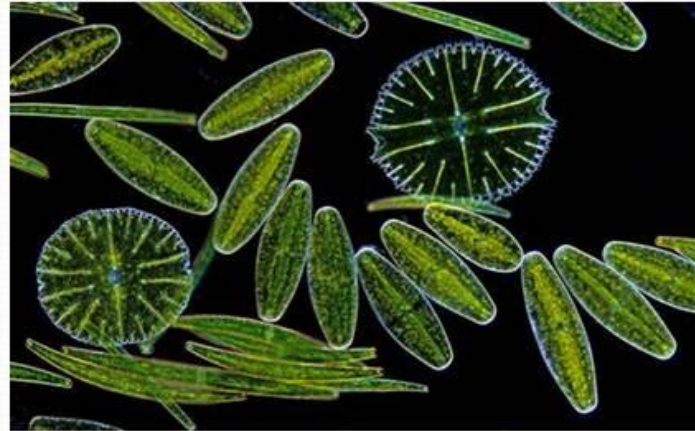
Fonte: Revista Science, de dezembro de 2010.

Arte/G1

Fonte: <http://g1.globo.com/bemestar/noticia/2011/03/bacterias-sao-fundamentais-para-o-equilibrio-do-corpo-explica-medico.html>

REINO PROTOCTISTA

- Representantes: protozoários, algas, algas verdes, paramécio.
- Eucariontes.
- Autótrofos ou heterótrofos.
- Unicelular ou pluricelulares, sem tecidos organizados.

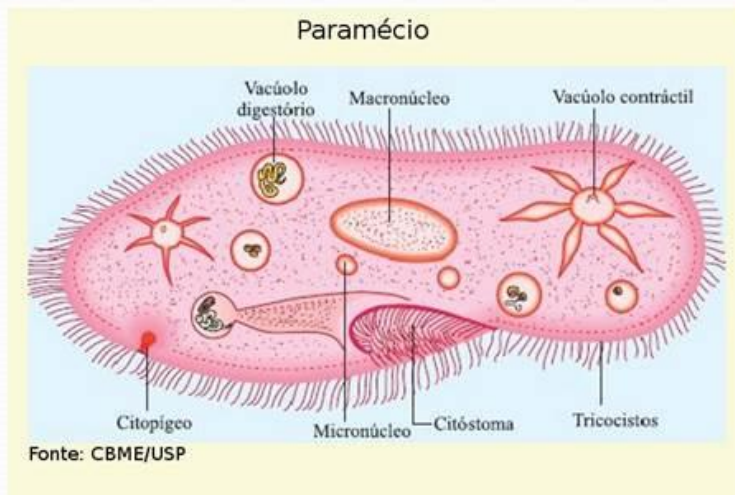


Fonte: <http://descobrindociencia.blogspot.com.br/2012/10/algas-verdes.html>



Fonte: <http://7balgas.wordpress.com/category/uncategorized/>

Paramécio, um tipo de protozoário



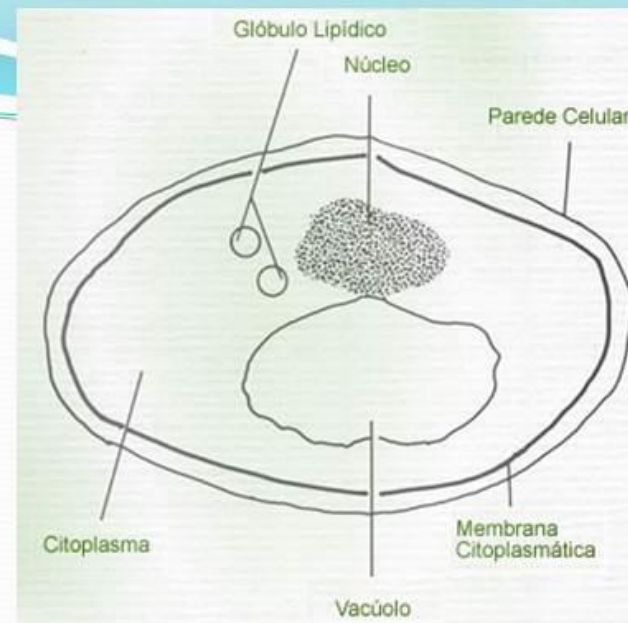
Fonte:
<http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/modules/mylinks/viewcat.php?cid=0&letter=P&min=190&orderby=titleA&show=10>



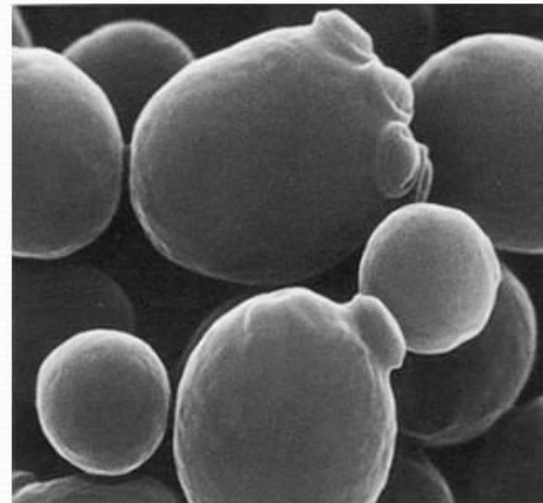
Fonte: <http://escola.britannica.com.br/assembly/173398/Imagem-ampliada-do-paramecio-Paramecium-caudatum>

REINO FUNGI

- Representantes: cogumelos, bolor, orelhas-de-pau, leveduras.
- Eucariontes.
- Heterótrofos.
- Unicelulares ou pluricelulares.
- Absorvem nutrientes obtidos de matéria orgânica morta ou de seres vivos.



Fonte das imagens: <http://www.infoescola.com/reino-fungi/levedura/>



Candida albicans, um tipo de levedura



Candida albicans

Fonte: <http://www.optimalhealthnetwork.com/Candida-Albicans-s/202.htm>



Fonte: <http://pt.121doc.net/onicomicose.html>

A onicomicose por *Candida albicans* é comum em pessoas que têm as mãos imersas em água com frequência, sendo um grupo de risco as donas de casa.

Fonte: <http://pt.121doc.net/onicomicose.html#ixzz2whVZAMNB>



Fonte: <http://www.mundoeducacao.com/biologia/os-fungos.htm>



Fonte: <http://jeffersonwellington.wordpress.com/category/bolor-um-fungo/>



Fonte: <http://segundomi.blogspot.com.br/2011/06/introducao-o-reino-dos-fungos-e-formado.html>

FUNGOS

REINO ANIMALIA

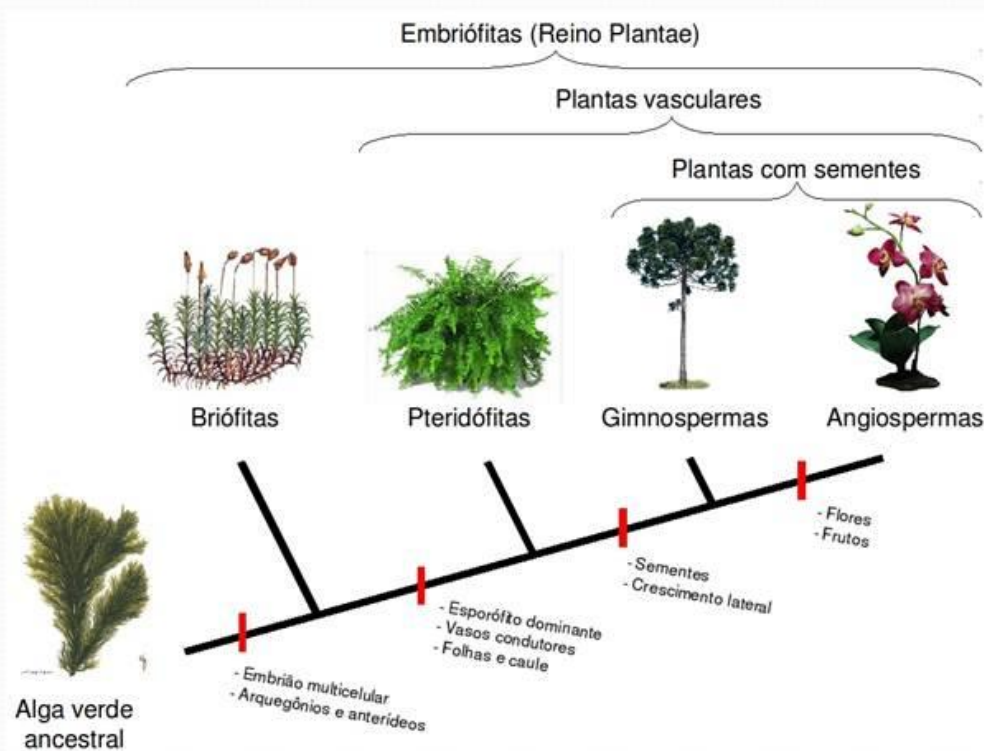
- Representantes: poríferos, cnidários, platelmintos, nematelmintos, anelídeos, moluscos, artrópodes, equinodermos, cordados.
- Eucariontes.
- Heterótrofos.
- Pluricelulares, com tecidos organizados.



Fonte: <http://projeto3.com/grupos-animais/>

REINO PLANTAE

- Representantes: briófitas, pteridófitas, gimnospermas, angiospermas.
- Eucariontes.
- Autótrofos.
- Pluricelulares, com tecidos organizados.



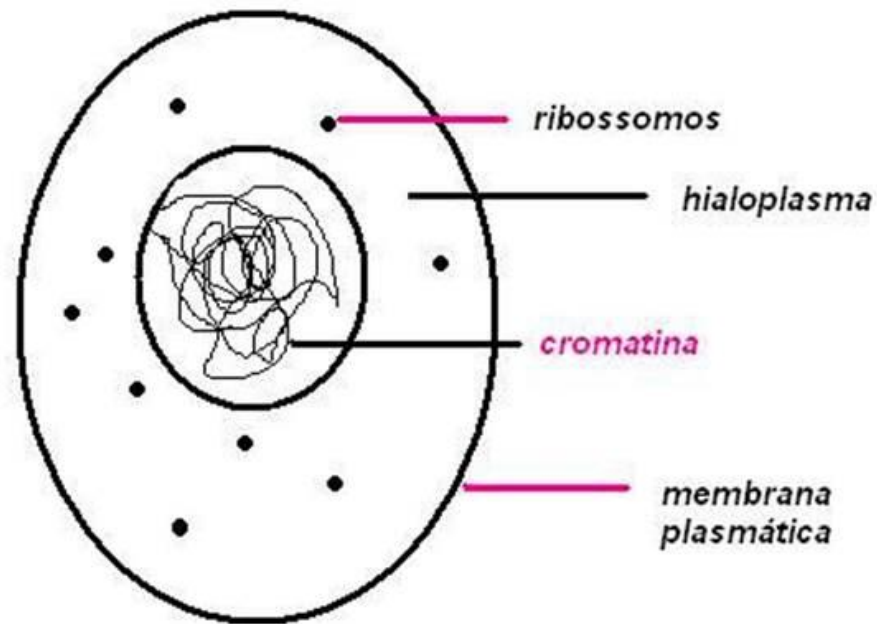
Fonte: <http://biovegetalinterativa.wordpress.com/2012/11/15/botanica-classificacao-das-plantas/>

O que tem dentro da célula?
Como a célula funciona?

CITOLOGIA

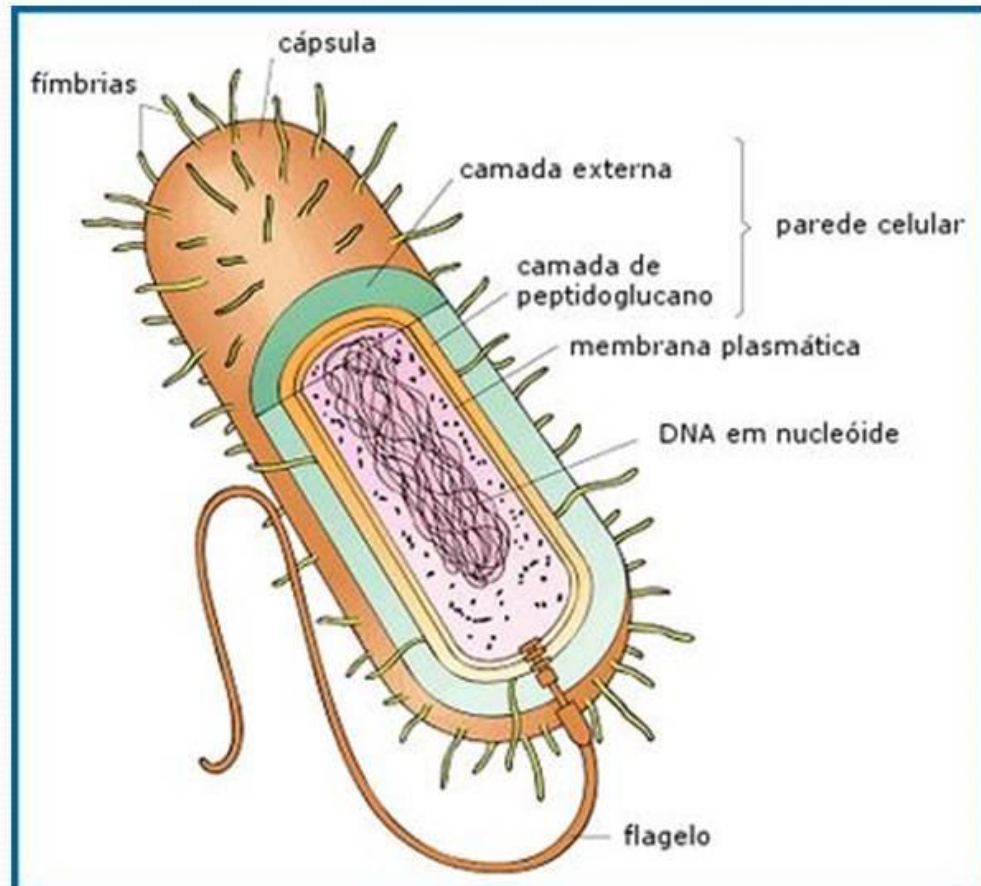
- Constituintes básicos das células

*Célula
Animal*



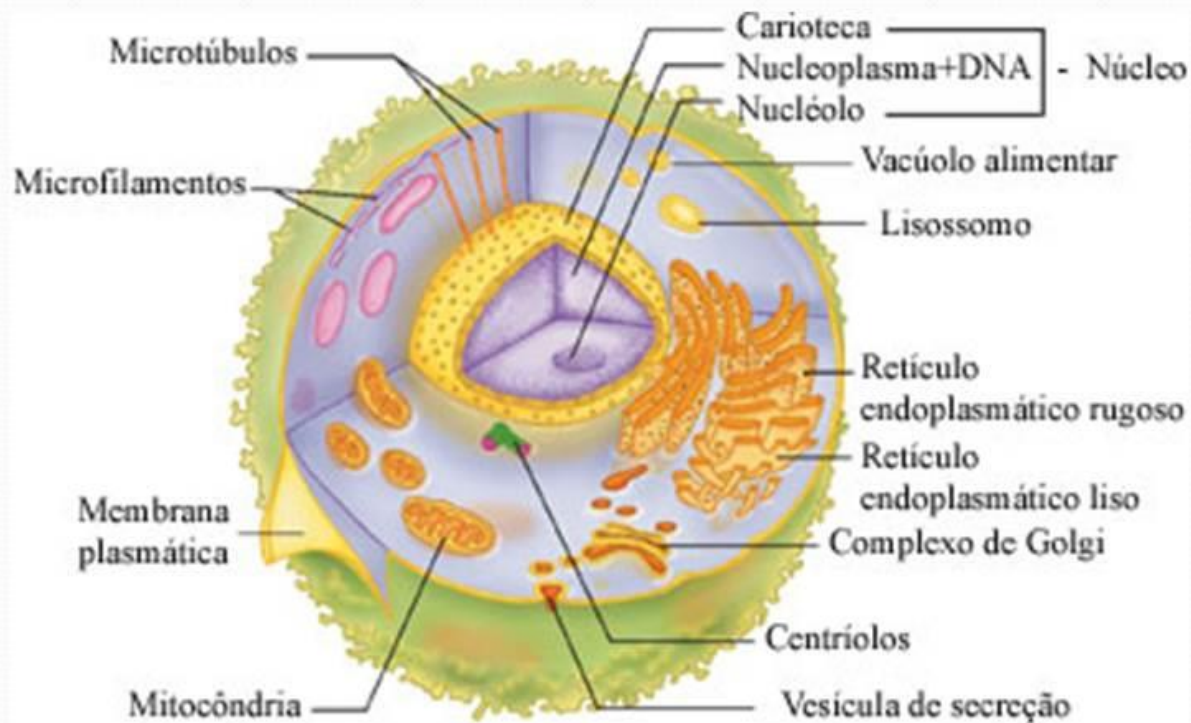
Fonte: http://estudandantebiologia.blogspot.com.br/2011_03_01_archive.html

CÉLULA PROCARIÓTICA ou BACTERIANA



Fonte: <http://www.sobiologia.com.br/conteudos/Reinos/biomonera.php>

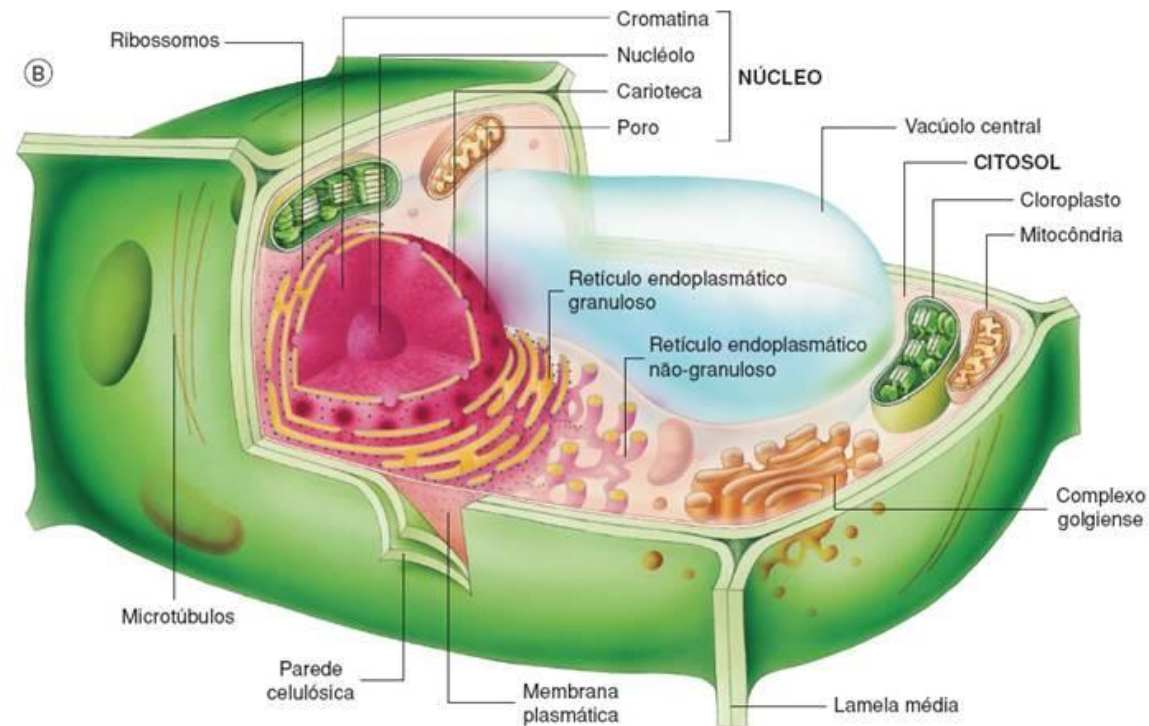
CÉLULA EUCARÓTICA ANIMAL



A organização eucarionte da célula animal.

Fonte: <http://www.vestibulandoweb.com.br/biologia/teoria/celula-eucarionte.asp>

CÉLULA EUCARÓTICA VEGETAL

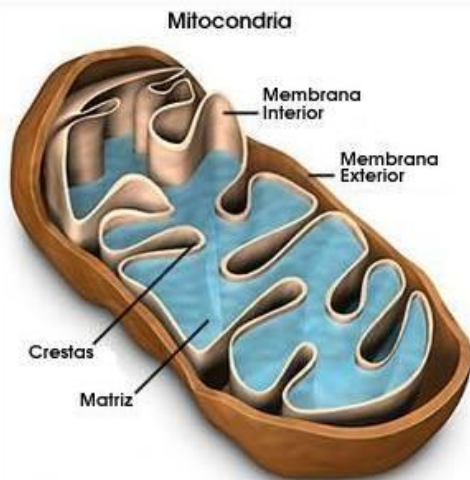
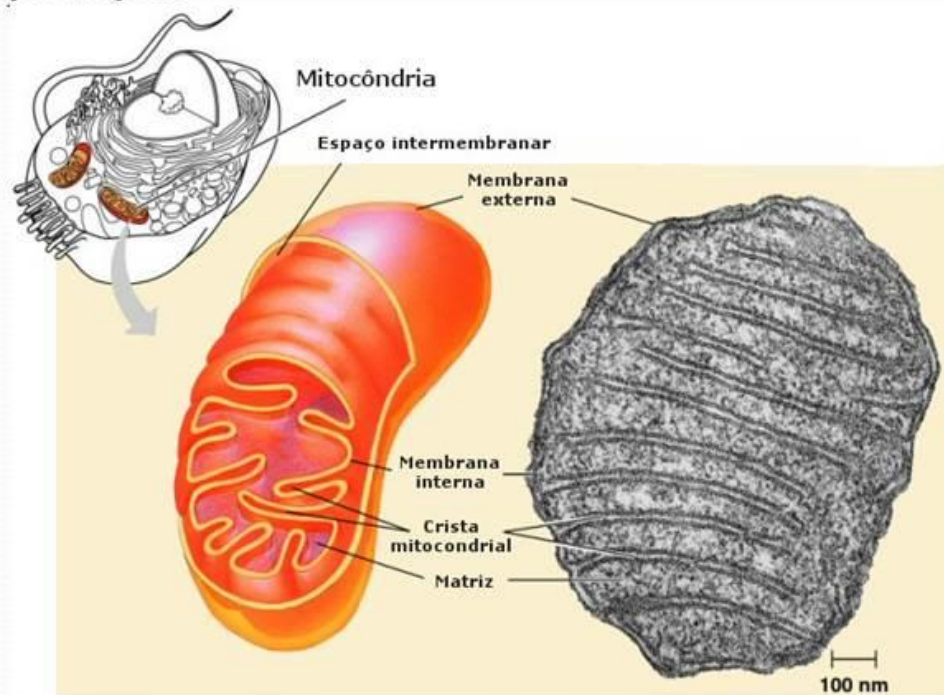


Fonte: <http://thinkbio.wordpress.com/2011/12/28/celula-animal-e-vegetal/>

ALGUMAS ORGANELAS

- Mitocôndrias: respiração celular

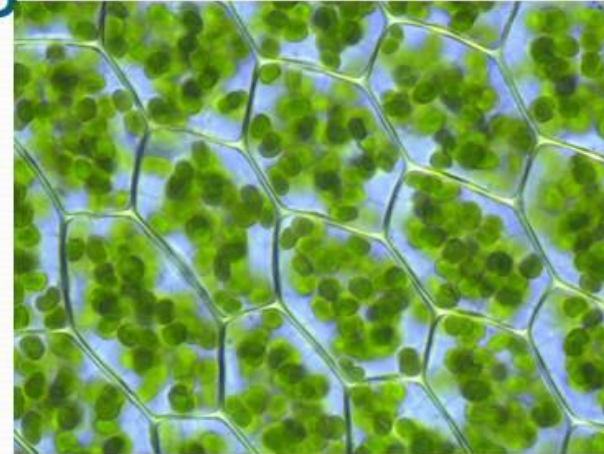
Fonte: http://www.cientic.com/tema_celula_img4.html



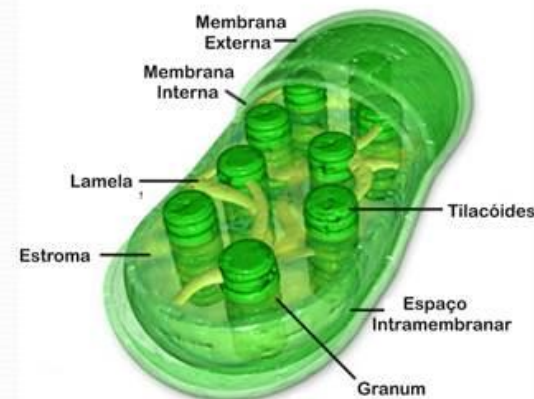
Fonte: <http://www.infoescola.com/biologia/mitocondrias-organelas-celulares/>

ALGUMAS ORGANELAS

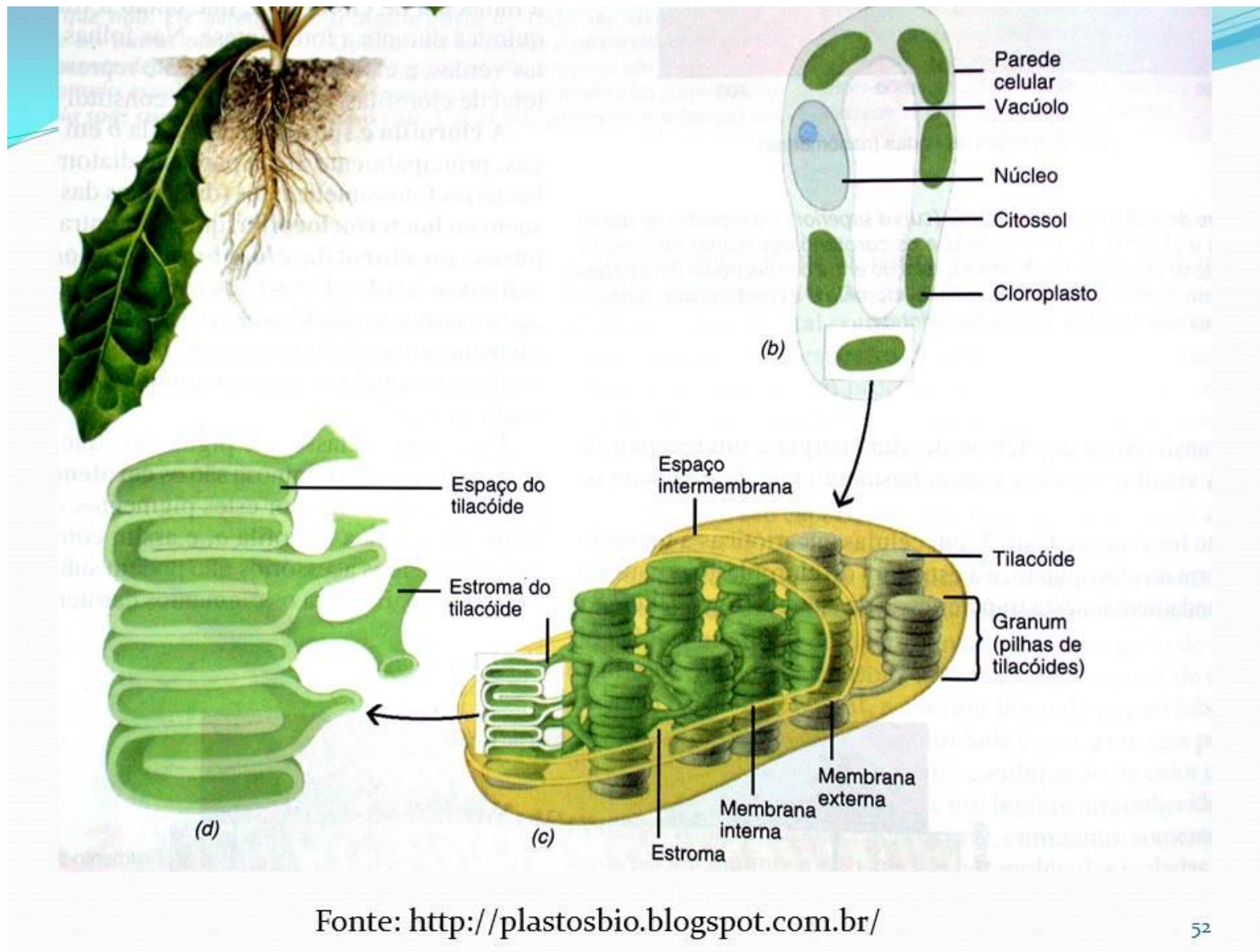
- Plastídios ou plastos: fazem fotossíntese, síntese de aminoácidos e ácidos graxos, ou função de armazenamento.
- Tipos: cloroplastos, cromoplastos e leucoplastos.



Fonte: <http://www.rodolfo.costa.nom.br/biowiki/doku.php?id=cromoplasto>

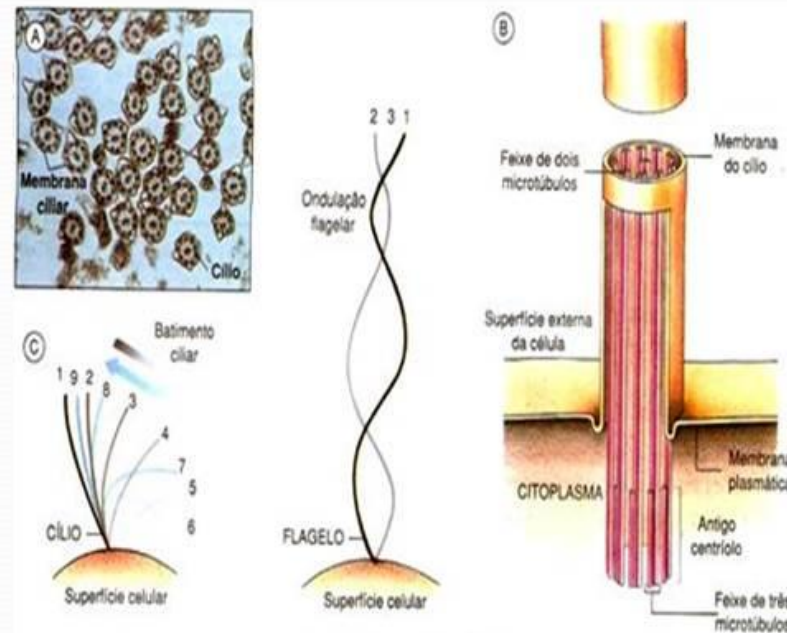


Fonte: <http://www.sobiologia.com.br/conteudos/bioquimica/bioquimica10.php>



ALGUMAS ORGANELAS

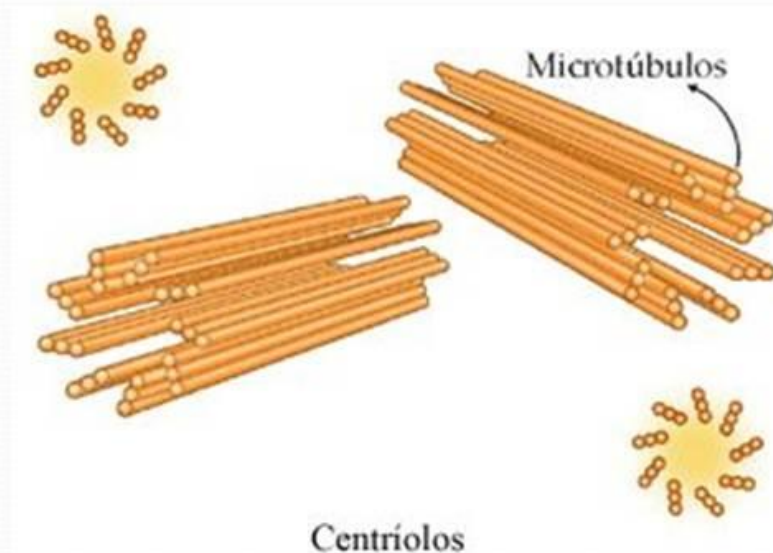
- Cílios e flagelos: locomoção.
- Possuem a mesma estrutura, 9 conjuntos de microtúbulos duplos, e 2 microtúbulos centrais. Os centríolos possuem 9 conjuntos de microtúbulos triplos.
- Cílios, flagelos e centríolos devem ter a mesma origem.



Fonte: <http://biologiaassuntos.blogspot.com.br/2011/09/citologia.html>

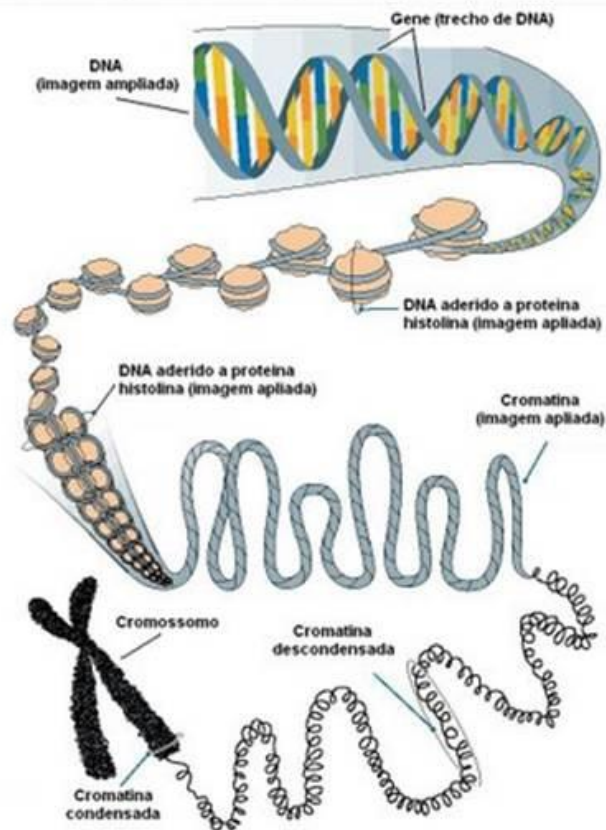
ALGUMAS ORGANELAS

- Centríolos: participam da divisão celular em células eucarióticas animais.



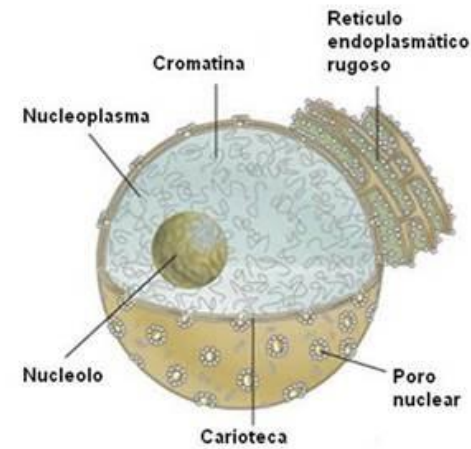
Fonte: <http://www.colegioweb.com.br/trabalhos-escolares/biologia/citoplasma/o-centro-celular-ou-centriolo.html>

• CROMOSSOMO



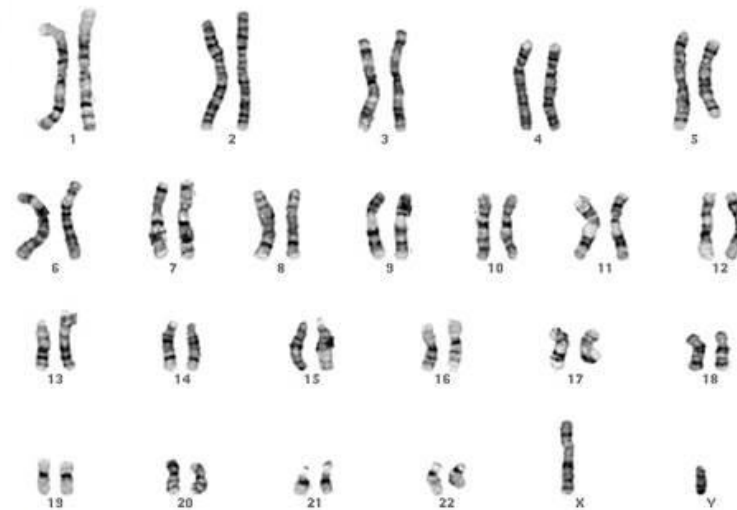
Fonte: <http://azimutedabiologia.blogspot.com.br/2009/06/aula-nucleo-celular.html>

Núcleo Celular

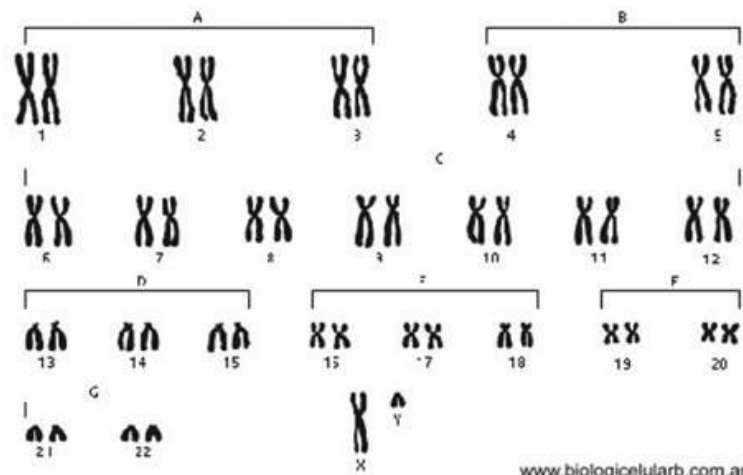


Fonte: <http://carladsilva.blogspot.com.br/2012/11/biologia-nucleo-celular.html>

- Cariótipo e cromossomos homólogos.



CARIOTIPO HUMANO



www.biologiocelularb.com.ar

Fonte:

http://www.poligene.com.br/laboratorios_florianopolis_areas_atuacao_humana_citogenetica.asp

Fonte: <http://www.colegiovascodagama.pt/ciencias3c/nono/hereditariedade.html>

• GENE.

Gene: Unidade Hereditária

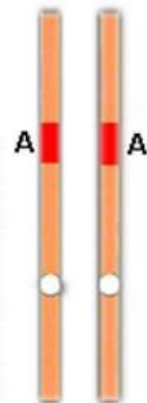


Lócus: local definido ocupado pelo gene no cromossomo

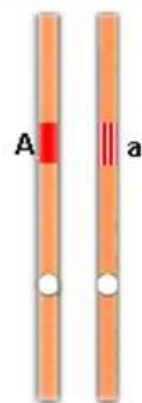
Genes Alelos



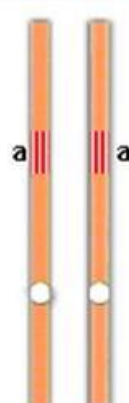
Ocupam o mesmo lócus em cromossomos homólogos



Homozigoto
A/A



Heterozigoto
A/a

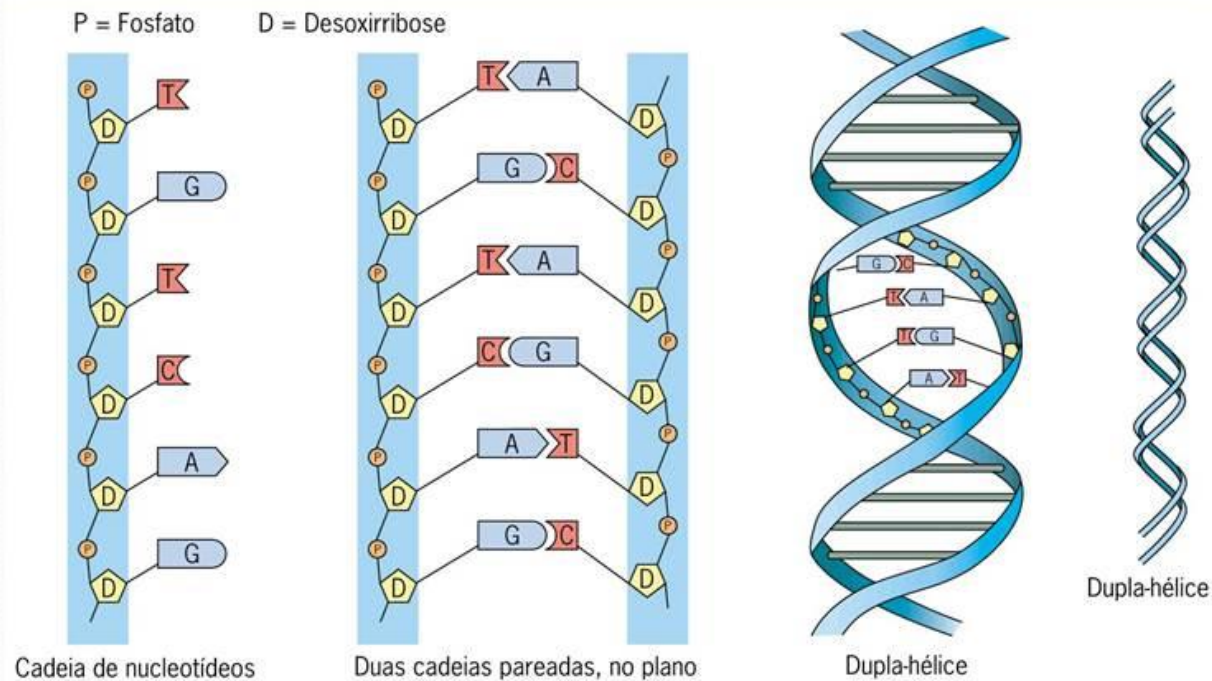


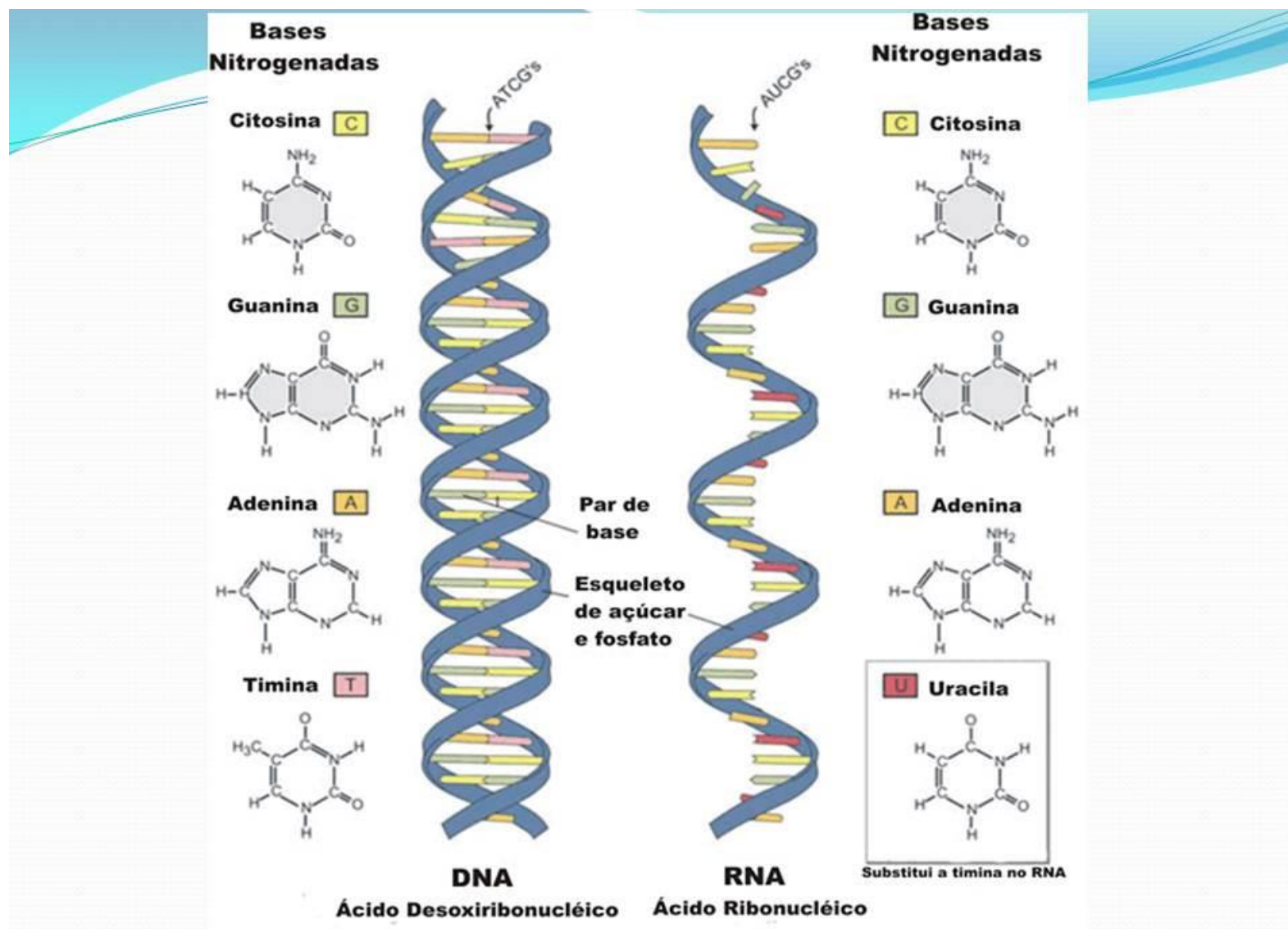
Homozigoto
a/a

Fonte das imagens: <http://www.virtual.epm.br/cursos/genetica/htm/defini.htm>

• ÁCIDOS NUCLEICOS: DNA, RNA.

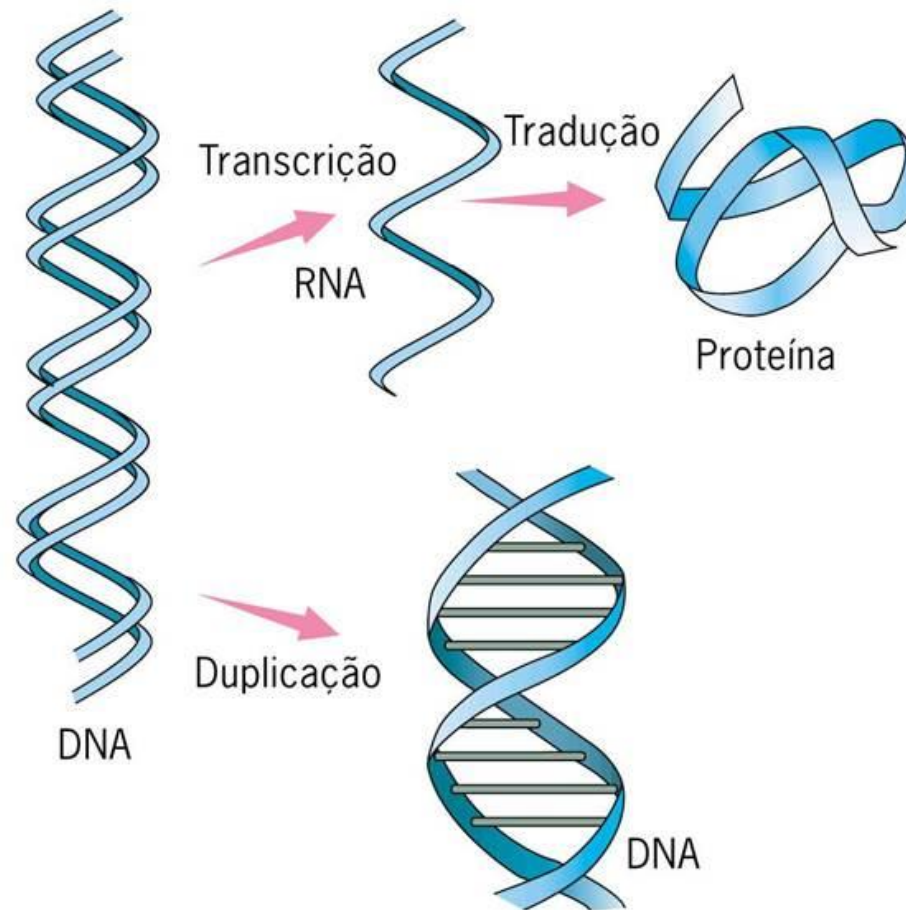
Esquemas de molécula de DNA, no plano e retorcida





SÍNTESE PROTEICA

DNA: duplicação, transcrição e tradução

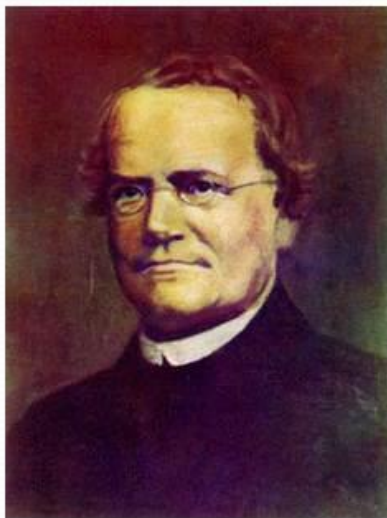


Fonte: <http://biblicalbiology.blogspot.com.br/2012/04/dna-e-rna.html>

Por que os filhos são
parecidos com os pais?

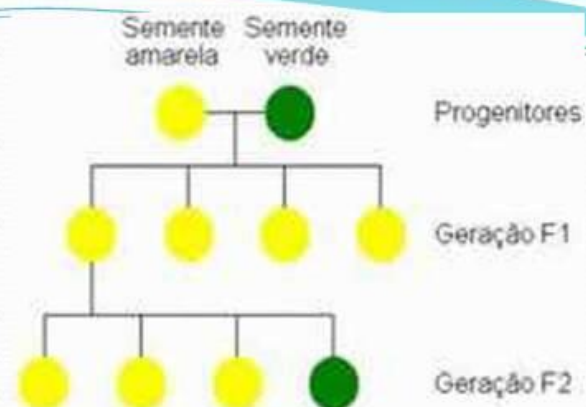
GENÉTICA e CITOLOGIA

Gregor Johann
Mendel (1822-1884),
monge austríaco.

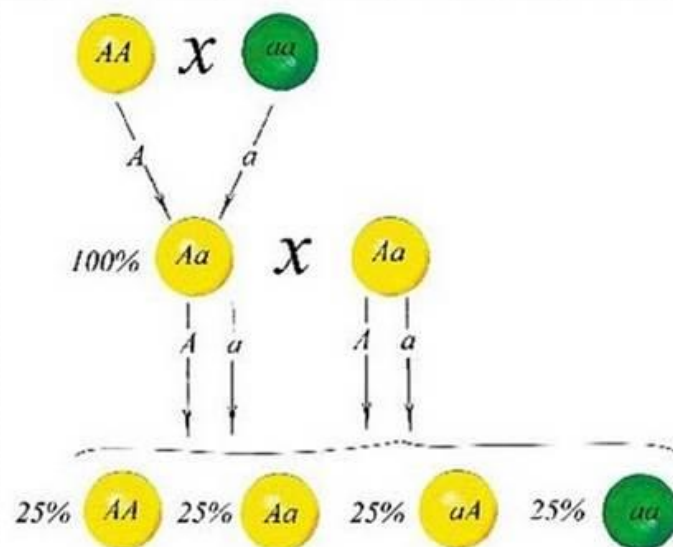


- HEREDITARIEDADE: é o conjunto de processos biológicos que resultam na transmissão de caracteres de uma geração às outras por meio de genes.
- GREGOR MENDEL: na primeira lei, afirma que cada caráter é determinado por **um par de fatores (hoje denominados genes)**, que se **separam** na formação dos **gametas**.

Fonte: http://oldlibrarysite.villanova.edu/services/exhibits/gregor_johann_mendel.htm

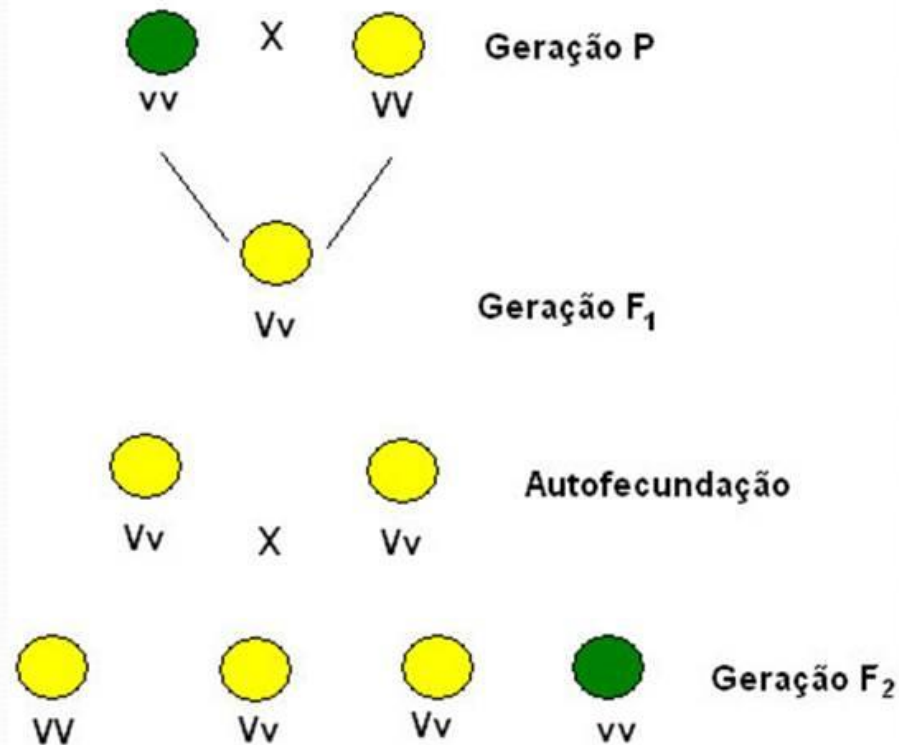


Fonte: <http://apuradabiologia.blogspot.com.br/2011/01/experiencias-e-leis-de-mendel.html>

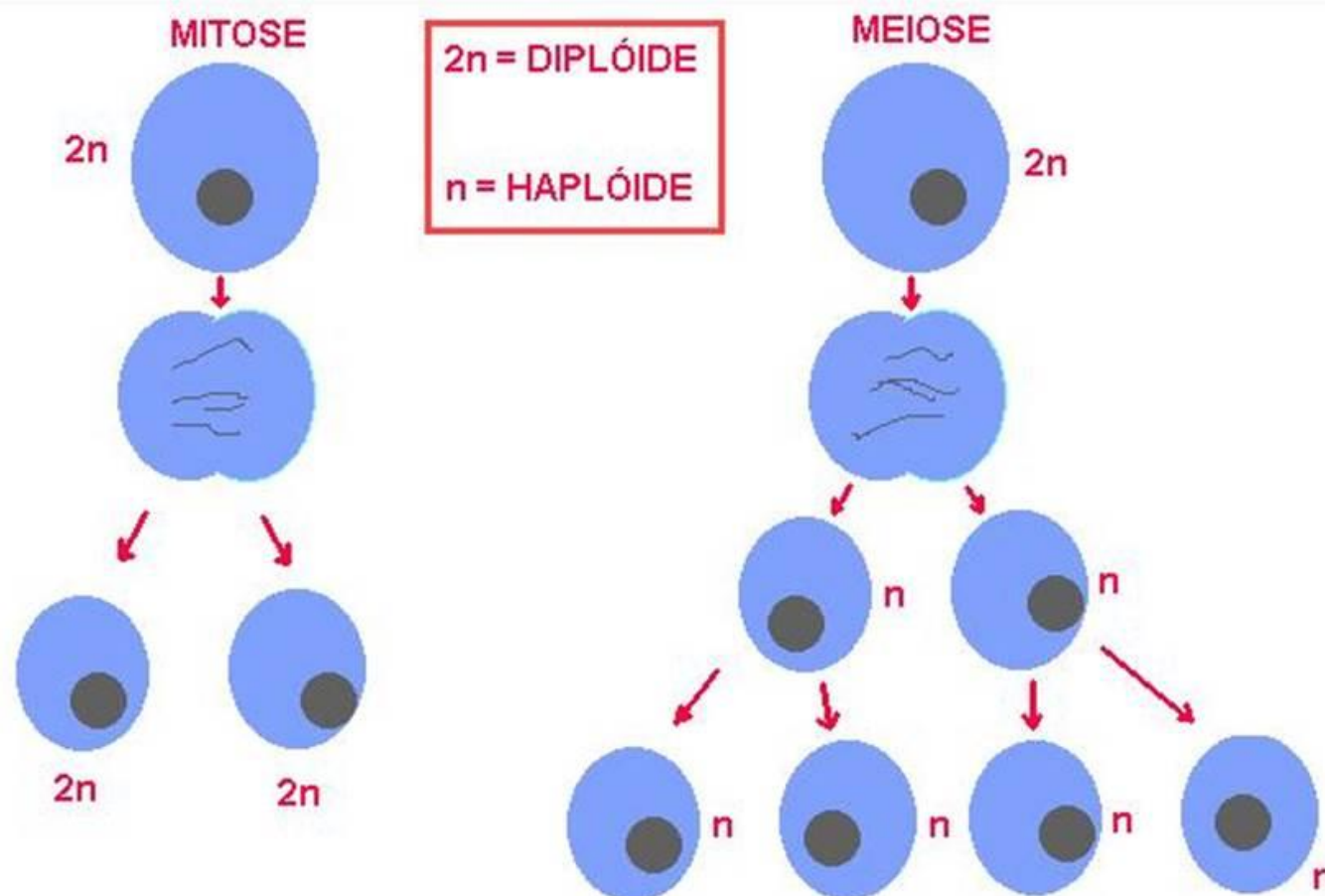


Fonte: <http://flopessbio.blogspot.com.br/2010/03/primeira-lei-de-mendel.html>

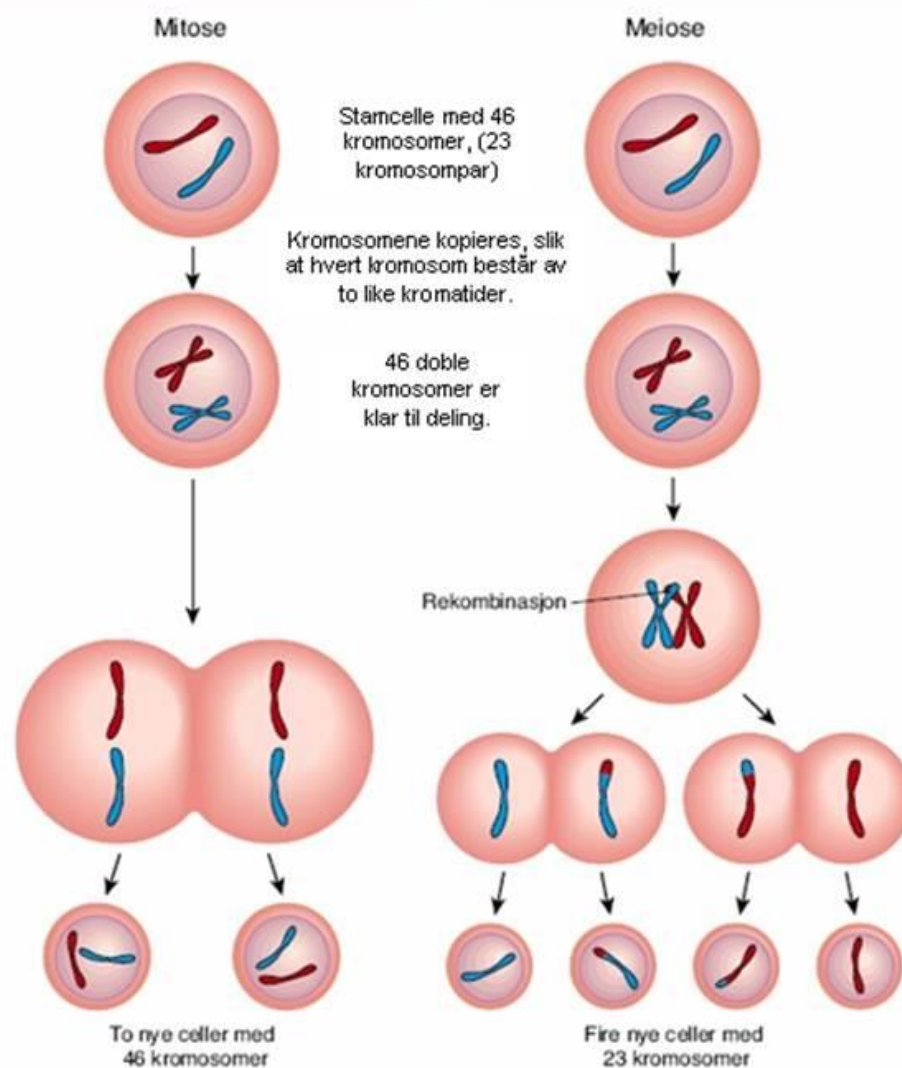
Conclui-se que cada gameta possui apenas um gene de cada caráter; e no par de genes que determina o caráter, um gene vem sempre do pai, e o outro vem da mãe.



• MITOSE E MEIOSE



Fonte: <http://fabiologicamente.blogspot.com.br/2010/12/divisao-celular-um-breve-resumo.html>





BIBLIOGRAFIA

- LINHARES, Sérgio e GEWANDSZNAJDER, Fernando. Biologia hoje. V. 1. Citologia: reprodução e desenvolvimento: histologia: origem da vida. V. 2. Os seres vivos. V. 3. Genética: evolução: ecologia. – São Paulo: Ática, 2010.
- BEGON, Michael, TOWNSEND, Colin R., HARPER, John L.; tradução Adriano Sanches Melo ...(*et al.*). – 4. ed. – Porto Alegre: Artmed, 2007. 752p.
- UZUNIAN, Armenio, DE CASTRO, Nelson Henrique, SASSON, Sezar, CALDINI JUNIOR, Nelson. Anglo: ensino médio: livro-texto 1, 2 e 3. – São Paulo: Anglo, 2008.

OFICINA B

INTRODUÇÃO À TEORIA DA ENDOSSIMBIOSE
SEQUENCIAL A LUZ DA TEORIA DA COMPLEXIDADE

Professora ministrante: Gracieli da Silva Henicka
(gracielihenicka@gmail.com)

Professora orientadora: Dr.^a Iramaia Jorge Cabral de Paulo
(iramaiaj@gmail.com)

Para que serve a ciência?

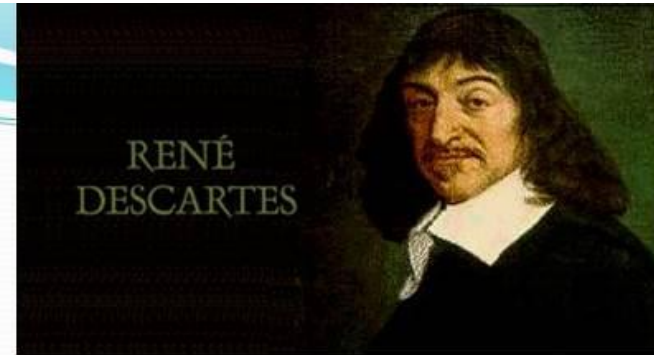


Fonte: <http://zelmar.blogspot.com.br/2011/03/pensamento-sistematico-ou-holistico.html>

CIÊNCIA MODERNA OU TRADICIONAL

- Segundo Paulo *et al.* (2012), o principal objetivo da ciência é compreender e descrever o mundo que habitamos.
- A ciência moderna ou tradicional obedece ao pensamento **cartesiano** e suas bases filosóficas são:
 - o **racionalismo**;
 - o **determinismo**;
 - e a **compartimentalização**.

PENSAMENTO CARTESIANO (SÉCULO XVI ATÉ XX)



Fonte: <http://discursohistoriografico.blogspot.com.br/2012/11/normal-o-21-false-false-false-pt-br-x.html>



Esquema geral do
método científico.

Fonte: <http://ciencia.hsw.uol.com.br/metodos-cientificos6.htm>

CIÊNCIA MODERNA OU TRADICIONAL

- **Método científico:** os sistemas são descritos **isoladamente**, tendo como metodologia os estudos feitos em laboratório, mantendo diversas variáveis sob controle.
- **Sistemas isolados:** a **previsibilidade, a causalidade e seu comportamento descrito por leis determinísticas**.
- Essa ciência desenvolvida entre os séculos XVI e XX teve como objeto de estudo os **sistemas isolados**.

EXEMPLO DE SISTEMA ISOLADO PELA ÓTICA CARTESIANA



Fonte: <http://www.germipasto.agr.br/laboratorio>

Teste de germinação de sementes em
laboratório.

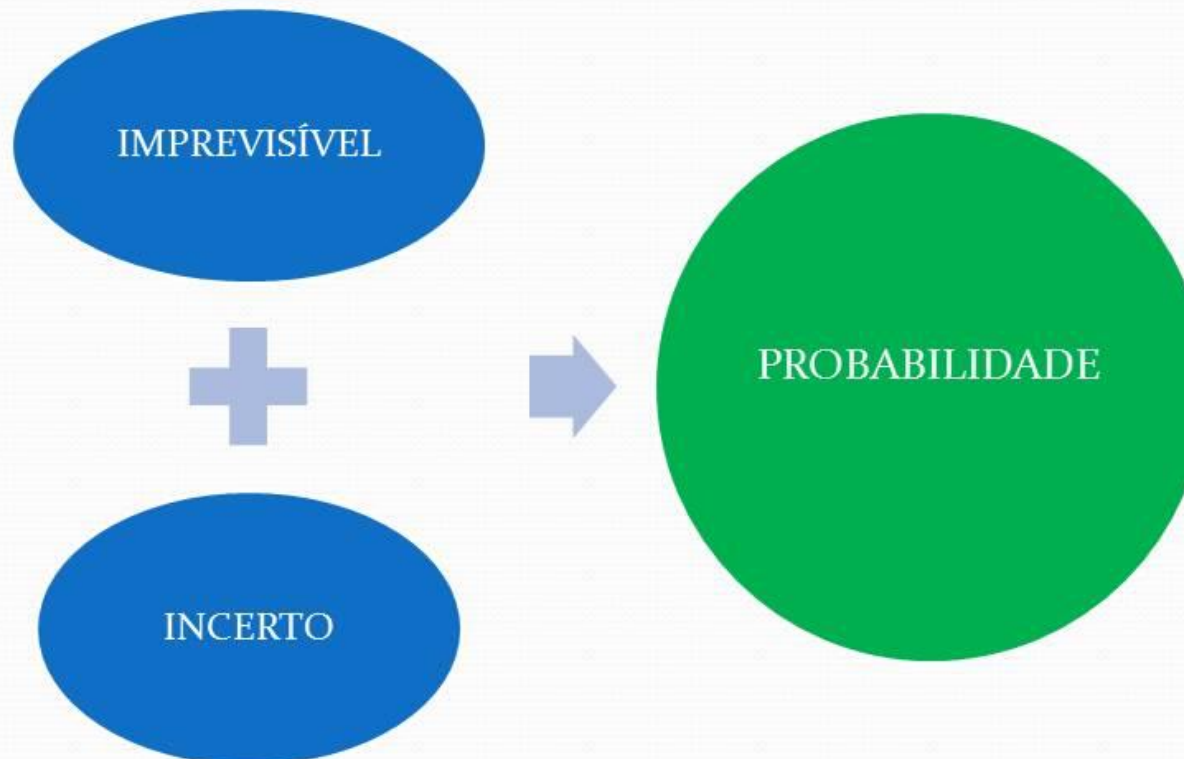
Fonte: <http://www.esalq.usp.br/departamentos/lpv/labsemen.htm>



Surge algo novo...

- Segundo Paulo *et al.* (2012), na primeira metade do século XX surge a **Mecânica Quântica**, que descreve os fenômenos relacionados ao mundo atômico, desconhecidos até então.
- A observação do mundo microscópico mostrou que a **interação entre sujeito e objeto interfere na medida** que estamos estudando, é então legítimo que o mundo microscópico, segundo a interpretação de Copenhague se torna **imprevisível** e a **incerteza** uma das peças fundamentais do Universo.
- Assim a Mecânica Quântica descreve os sistemas à luz da **probabilidade**.

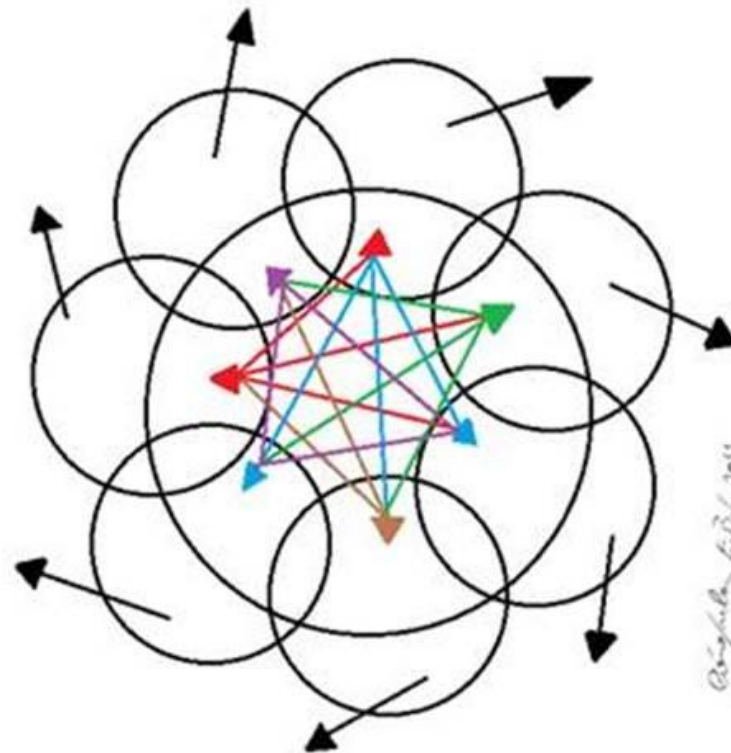
MUNDO ATÔMICO APRESENTADO PELA MECÂNICA QUÂNTICA



- Depois disso várias áreas do conhecimento começaram a perceber que tanto as relações humanas como os fenômenos da natureza se constituíam em **sistemas abertos** não sendo possível estudar suas partes separadamente.
- Assim começa a nascer o **pensamento sistêmico**.



PENSAMENTO SISTÊMICO



Fonte: <http://www.revistaea.org/artigo.php?idartigo=1049&class=02>

EXEMPLOS DE SISTEMAS ABERTOS

- Floresta Amazônica
- Cerrado
- Pantanal
- A germinação de uma espécie florestal, ex. sementes de mogno
- Sala de aula com professor e alunos
- Uma cidade
- Uma família
- Um indivíduo

NOVO PARADIGMA: TEORIA DA COMPLEXIDADE

- as mudanças climáticas;
- a variabilidade do comportamento da economia;
- o surgimento e desaparecimento de novas configurações sociais;
- o funcionamento imunológico;
- a plasticidade cerebral;
- e a evolução ou extinção de espécies vêm sendo abordados de modo diferente da ciência moderna, pois essa não dá conta de explicar esses fenômenos.

Teoria dos Sistemas Complexos ou Teoria da Complexidade.

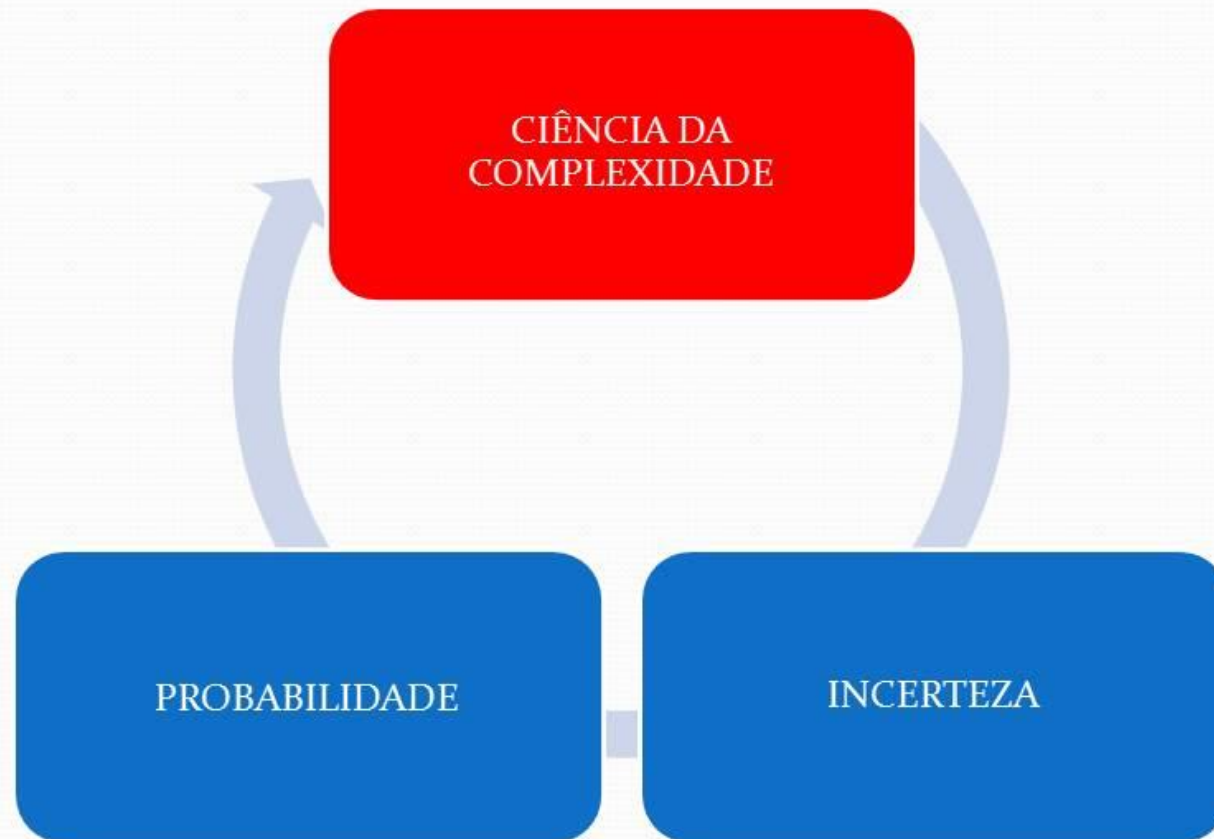
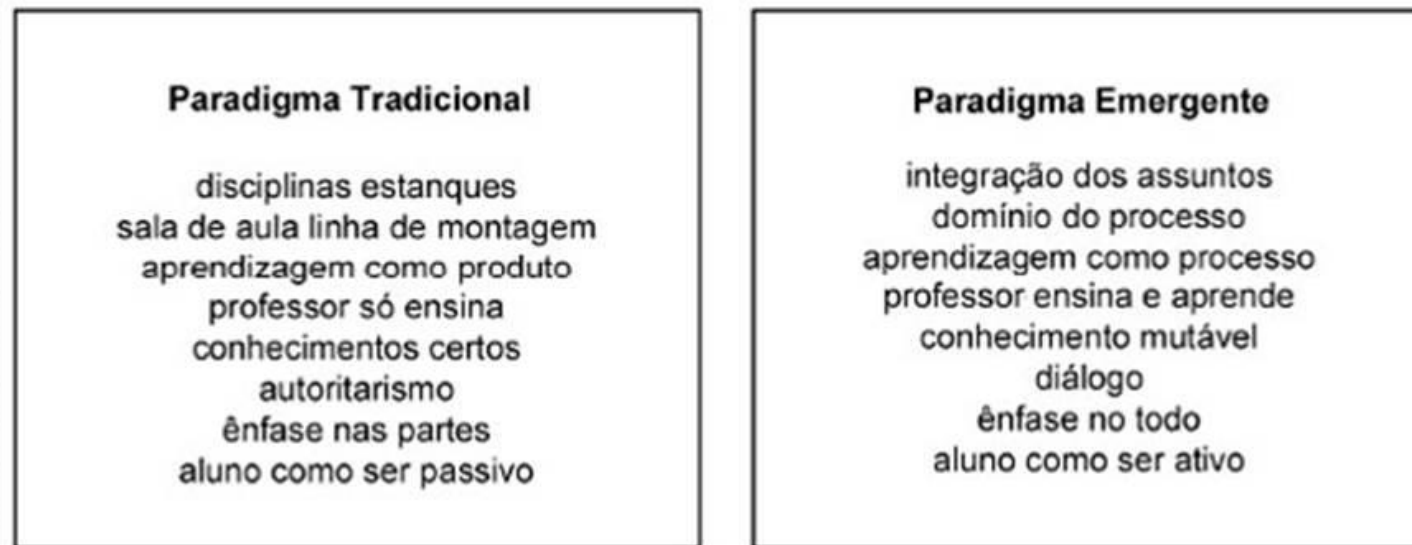


Figura 1

Os reflexos do paradigma tradicional e da complexidade na educação



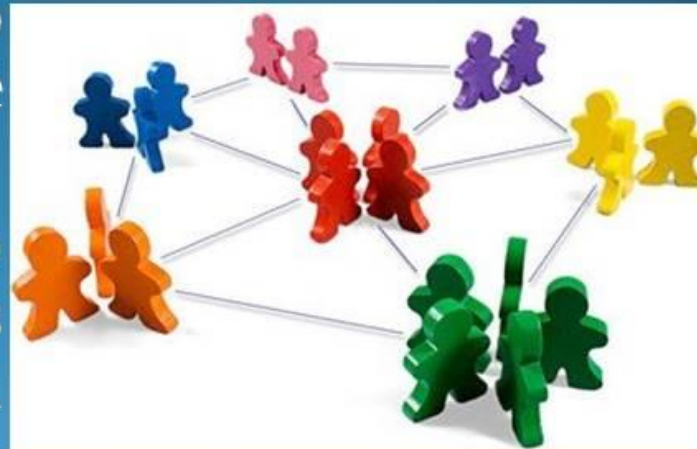
Fonte: Elaborado pelos autores.

Fonte: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1679-39512012000200005

O que é complexidade?

O termo complexidade aqui é entendido como qualidade do que é complexo.

Complexo é construção composta de numerosos elementos interligados ou que funcionam como um todo, e ainda passível de ser encarado ou apreciado sob diversos ângulos.



Fonte: <http://www.messa.com.br/eric/ecode/2009/07/qual-o-proposito-disso-tudo.html>

TEORIA DA COMPLEXIDADE

- Segundo Paulo *et al.* (2012), **Complexidade** é a ciência que estuda os **sistemas abertos**, que são sistemas fora do equilíbrio. “Abertos” significa que o sistema é caracterizado pela existência de **fluxos de entrada e saída**. Os fluxos podem ser constituídos por matéria, energia ou quantidade de movimento.
- A **caracterização dos sistemas complexos** está em construção, mas Ilya Prigogine, Grégoire Nicolis e Moisés Nussenzweig explicam que a complexidade é encontrada em diversos contextos e tem a ver com a própria **manifestação da vida**.
- Existem três princípios onipresentes nos processos de organização da vida: **adaptabilidade, estabilidade e inter-relacionamento**. Os sistemas complexos são simples, criativos e geram padrões complexos.

CARACTERIZAÇÃO DOS SISTEMAS COMPLEXOS

Segundo Paulo *et al.* (2012), dentre tantas características convém destacar que os sistemas complexos têm:

Dinamicidade fundamental: no corpo humano existem trilhões de células.

Interatividade: embora cada célula do nosso corpo tenha uma função específica, todas trabalham de maneira integrada, elas cooperam entre si para garantir a manutenção da vida.

TOTALIDADES INTEGRADAS + INTERATIVIDADE

Outro exemplo: um grupo de trabalho.



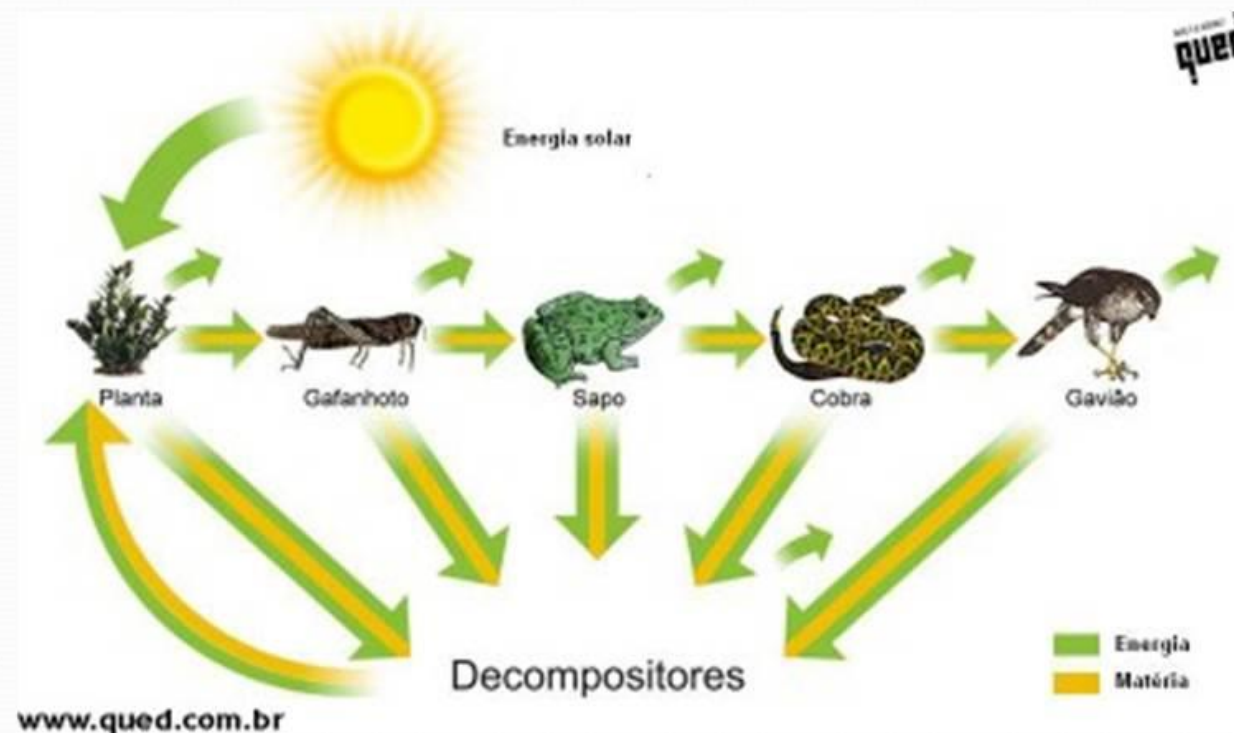
CARACTERIZAÇÃO DOS SISTEMAS COMPLEXOS

Abertos: a reciclagem de nutrientes que fungos realizam, a germinação de uma semente, etc.

Frustração: um neurônio pode disparar ou não uma resposta ao estímulo recebido, dentre vários outros recebidos naquele momento.

SISTEMAS ABERTOS, INTERAGEM COM O MEIO AMBIENTE, SE SUSTENTANDO POR UM CONTÍNUO FLUXO DE ENERGIA E MATÉRIA.

Ex: uma
cadeia
alimentar



Fonte: <http://www.qued.com.br/site/index.php/duvidas/Vcs-fizeram-um-slide-de-sustentabilidade-e-eu-nao-consegui-respon>

CARACTERIZAÇÃO DOS SISTEMAS COMPLEXOS



Aprendizagem: nosso organismo é adaptativo e evolui na constante interação com o entorno, podemos ter um câncer estimulado pela alimentação industrializada e pela má gestão das emoções.



Aleatoriedade: nosso corpo pode combater o câncer com recursos que a ciência ignora ou subestima.



CARACTERIZAÇÃO DOS SISTEMAS COMPLEXOS

- Uma **ordem emergente**, uma vez que os sistemas complexos **se auto-organizam de maneira espontânea**, pois existe uma emergência espontânea de novas estruturas e de novas formas de comportamento oriundo do fluxo constante de energia e matéria que mantém os sistemas complexos afastados do equilíbrio. Caso os sistemas complexos cheguem ao equilíbrio eles morrem.

A tendência de um sistema ficar cada vez menos organizado é formalizada pela chamada **Segunda Lei da Termodinâmica**, que expressa: A ENTROPIA DE UM SISTEMA ISOLADO SEMPRE TENDE A AUMENTAR.

Contudo há processos espontâneos naturais que parecem desafiar esse princípio. Vale então perguntar, existe algum sistema **realmente isolado**?

O UNIVERSO

Imagem
mostrando um
pedaço do
Universo.



Fonte: http://astronomy-universo.blogspot.com.br/2010_09_01_archive.html

Segundo Paulo *et al.* (2012), o único sistema isolado que podemos imaginar é o próprio Universo. Como não existe nada além do Universo e, portanto, não pode haver fluxos de entrada ou saída, ele é o único sistema isolado.

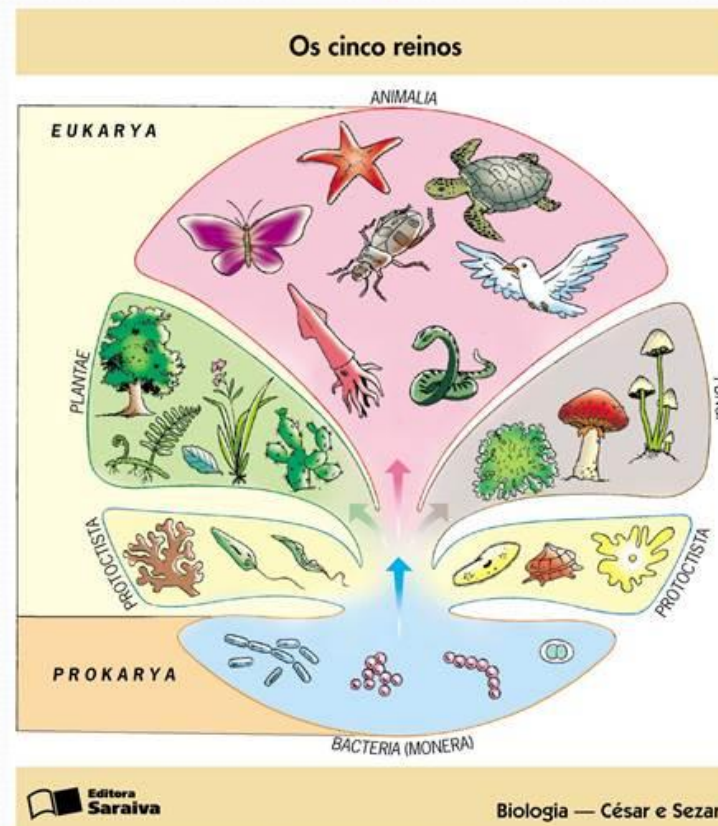
De forma coerente com a Segunda Lei da Termodinâmica, a entropia total do Universo é crescente. Ilya Prigogine explica que embora a Segunda Lei da Termodinâmica estabeleça que a entropia dos sistemas tende a aumentar, é possível que, em determinadas situações, a entropia interna de um sistema diminua espontaneamente, processo que ele denominou **AUTO-ORGANIZAÇÃO**.

Ou seja, auto-organização corresponde à **diminuição espontânea da entropia interna de um sistema**. Os fatores que provocam tal diminuição são as **forças naturais: força gravitacional e a força eletromagnética**.

Assim, no quadro geral do Universo, temos que **os processos naturais ocorrem na tensão entre dois fatores antagônicos**: de um lado está a Segunda Lei da Termodinâmica, que faz com que os sistemas fiquem cada vez mais desorganizados; de outro, as forças naturais, que tendem a organizar os sistemas.

Ex: os seres vivos são autônomos, são auto-organizantes. Maturana e Varela (1997) explica que o ser vivo é, como ente, uma dinâmica molecular, não um conjunto de moléculas e o viver é a realização sem interrupção dessa dinâmica em uma configuração tal que as relações permitem um contínuo fluxo molecular. Viver é e existe como uma dinâmica molecular. Não é que o ser vivo utilize essa dinâmica para ser, produzir-se ou regenerar-se, mas que é essa dinâmica que de fato o constitui como ente vivo na autonomia do seu viver.

AUTO-ORGANIZAÇÃO



Fonte: <http://ciencias-hl.blogspot.com.br/2012/03/caracteristicas-dos-seres-vivos-6-serie.html>

CARACTERIZAÇÃO DOS SISTEMAS COMPLEXOS

Hierarquia: um sinal luminoso que atinge nossos olhos é tratado em diferentes níveis ao atingir nossa retina, até ser decodificado pelo cérebro como uma imagem.

Histerese: manter sua estabilidade por algum tempo

Propriedades coletivas emergentes, que são características qualitativamente **novas** que **surgem a partir da multiplicidade de interações entre suas unidades**, que por sua vez **competem** ou **cooperam** entre si. EX: a aprendizagem e a memória.

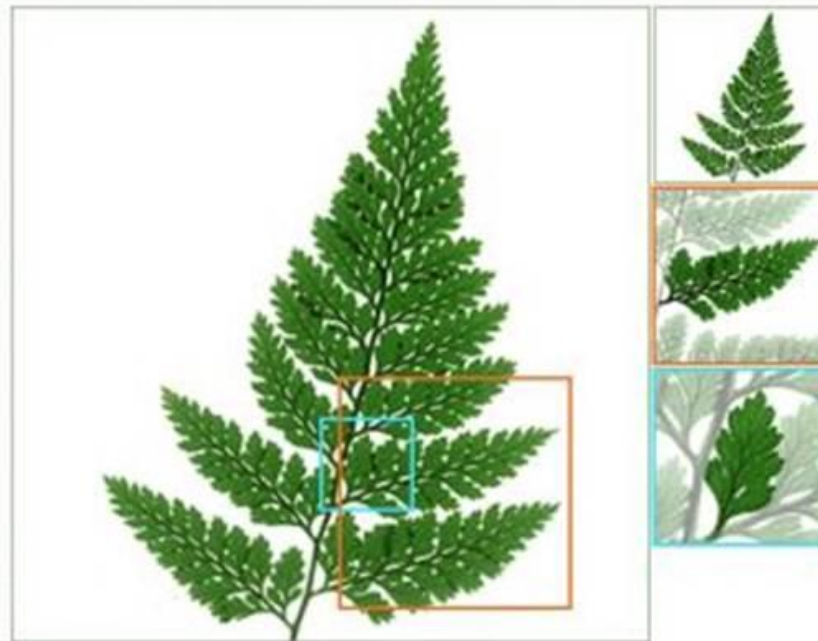
CARACTERIZAÇÃO DOS SISTEMAS COMPLEXOS



Atratores e estrutura fractal, já que os sistemas abertos **sendo dinâmicos tendem a se estabilizar exibindo uma imagem que representa sua geometria fractal**. Sistemas complexos apresentam dimensionalidade fracionária, nada na natureza é absolutamente tridimensional, cada forma apresenta um desenho intrincado com orifícios, saliências, reentrâncias, sinuosidades e inúmeras irregularidades estruturais.

- Segundo Paulo *et al.* (2012), todas as formas da natureza são formas fractais, e são elas que regem os sistemas complexos. A dimensão fractal quantifica, de certo modo, o **grau de irregularidade ou fragmentação** do conjunto considerado.
- Mandelbrot explica que uma propriedade notável das formas na natureza ou fractais, é que apresentam padrões característicos que se repetem em uma escala descendente, de modo que suas partes, em qualquer escala, guardam um formato semelhante ao todo, essa propriedade se chama **auto-similaridade**.

AUTO-SIMILARIDADE



Fonte: <http://bioimersao.blog.terra.com.br/2008/12/29/fractais-e-formas-biologicas/>

PERSPECTIVA SISTÊMICA NA BIOLOGIA

Segundo Paulo *et al.* (2012), a **Biologia** foi uma das primeiras áreas a olhar a natureza com uma **perspectiva sistêmica**. Uma abordagem recente, a Teoria da Endossimbiose Sequencial – TES da pesquisadora Lynn Margulis (1938-2011), advoga que **a evolução não depende somente da adaptação da espécie ao meio**, mas que também **os seres vivos modificam o meio no processo**.

Margulis (2001) explica que **Darwin** já havia introduzido a **aleatoriedade** na biologia com seu trabalho baseado na hipótese que na reprodução, a progênie não nasce com as mesmas características dos pais, mas com **pequenas variações que são produzidas aleatoriamente**, o que esquia de uma perspectiva determinista.

Para Darwin essas pequenas variações genéticas tornaria um ou outra variante de uma espécie mais apta a viver num dado ambiente, ou seja, o ambiente naturalmente selecionaria a espécime com a variante mais adaptável aquela situação, para ele isso é **seleção natural**.

Segundo Paulo *et al.* (2012), a interação entre os seres vivos, biosfera, geosfera, hidrosfera e atmosfera da Terra é um fenômeno complexo, cujos processos podem ser descritos em termos da Teoria da Complexidade.

Lynn Margulis tem mostrado que **a evolução das espécies obedece a processos de auto-organização e auto-regulação.**

Segundo Paulo *et al.* (2012), enquanto **Darwin** vê na natureza **o adaptacionismo e a competição** como aspectos mais fundamentais no processo evolutivo das espécies, Margulis defende a **cooperação, por meio de simbioses.**

Em sua obra, TES, existe o conceito de **acoplamento estrutural** na perspectiva da complexidade. Margulis explica que os seres vivos interagem entre si e com o meio externo, sendo eles interdependentes e estruturalmente dinâmicos.

Lynn advoga que as espécies que mais tempo permanecem no planeta desenvolvem habilidades de cooperação e ainda que em geral **os indivíduos de uma espécie adaptam o meio** para otimizar sua permanência.

ASPECTOS FUNDAMENTAIS NA EVOLUÇÃO DAS ESPÉCIES



É justamente a **compatibilidade entre o indivíduo e a estrutura do meio**, perturbando-se mutuamente, desencadeando alternâncias, **mudanças**, mas de maneira **não destrutiva** que se denomina **acoplamento estrutural** (MATURANA e VARELA, 2001). Segundo esses autores o acoplamento estrutural com o meio é uma condição de existência, abrange todas as dimensões das interações celulares. As células dos **sistemas multicelulares** normalmente existem em estreita junção com outras células, como meio de realização de sua **autopoiese**.

Segundo Paulo *et al.* (2012), **sistemas autopoieticos** são sistemas que **continuamente especificam e produzem sua própria organização** através da produção de seus próprios componentes.

Tais sistemas são o resultado da deriva natural de linhagens nas quais se manteve essa junção. O acoplamento estrutural entre essas células leva uma junção tão íntima que elas acabam se fundindo levando a formação de um **único corpo**.

Segundo Paulo *et al.* (2012), em síntese, podemos pensar que “auto” tem a ver com sistemas “auto-organizadores” e portanto autônomos no processo de organização de si mesmos, e “poiese”, tem a ver com construção, logo “**autopoiese**” **implica em auto-organização**.

Todos os seres vivos são autopoieticos. E nesse sentido a complexidade aparece quando o grau de interação entre os vários componentes do sistema é suficientemente alto para que a análise dos sistemas em subsistemas não faça mais sentido.

CONCEITOS DA COMPLEXIDADE ENCONTRADOS NA TEORIA DA ENDOSSIMBIOSE SEQUENCIAL

- **Pensamento Sistêmico:** pois não é possível analisar as partes, sem o todo.
- **Auto-organização e Auto-regulação:** pois existe uma emergência espontânea de novas estruturas e de novas formas de comportamento oriundo do fluxo constante de energia e matéria que mantém os sistemas complexos afastados do equilíbrio.
- **Acoplamento estrutural:** pois os seres vivos interagem entre si e com o meio externo, sendo eles interdependentes e estruturalmente dinâmicos.

BREVE BIOGRAFIA DE LYNN MARGULIS (1938-2011)

- na 8ª série, escondida dos pais, mudou da escola particular para uma escola pública.
- dois anos depois voltou à Universidade de Chicago para graduação com 14 anos, era caloura precoce.
- Margulis conheceu Carl Sagan e se apaixonaram.
- aos 19 anos se formou em bacharel em Ciências Humanas sem especialização e se casou com Sagan.



Fonte: <http://g1.globo.com/ciencia-e-saude/noticia/2011/11/morre-nos-eua-biologa-lynn-margulis.html>

BREVE BIOGRAFIA DE LYNN MARGULIS

- Margulis e Sagan mudaram para Madison para ele fazer mestrado na Universidade de Wisconsin, e ela passou no mestrado em genética.
- Margulis acreditava que a genética era o caminho certo para reconstruir a evolução, a história da vida primitiva, pré-humana na Terra.
- Ela se perguntava: o que aconteceu com a vida em si mesma na Terra em seus primeiros dias?



BREVE BIOGRAFIA DE LYNN MARGULIS

- em 1960 com 22 anos e mãe de 2 garotos, Margulis entrou no doutorado em genética na Universidade da Califórnia em Berkeley.
- em 1967 ela publicou a primeira versão completa da TES, que na verdade se chamava “Origem das células mitóticas”.
- em 1969, grávida de sua filha Jennifer do segundo casamento, ela teve que repousar em casa. Nesse período ela expandiu a TES em um livro, que foi rejeitado e publicado bem mais tarde pela Yale University Press.

BREVE BIOGRAFIA DE LYNN MARGULIS

- Nas décadas de 1970 e 1980 sua teoria foi confirmada com experimentos de inúmeros cientistas.
- Margulis faleceu em 22 de novembro de 2011, Amherst, Massachusetts, Estados Unidos.
- A obra de Lynn Margulis usada para essa pesquisa é de 2001, Planeta Simbiótico: uma nova perspectiva da evolução. Tradução de Laura Neves; revisão técnica, Max Blum. – Rio de Janeiro: Rocco.



Fonte:
<http://www.martinsfontespaulista.com.br/ch/prod/157143/PLANETA-SIMBIOTICO,-O---UMA-NOVA-PERSPECTIVA-DA-EVOLUCAO.aspx>

O que aconteceu com a
vida em si mesma na
Terra em seus primeiros
dias?

TEORIA DA ENDOSSIMBIOSE SEQUENCIAL

GENÉTICA: reconstrói a evolução

ESTUDO DOS GENES CITOPLASMÁTICOS

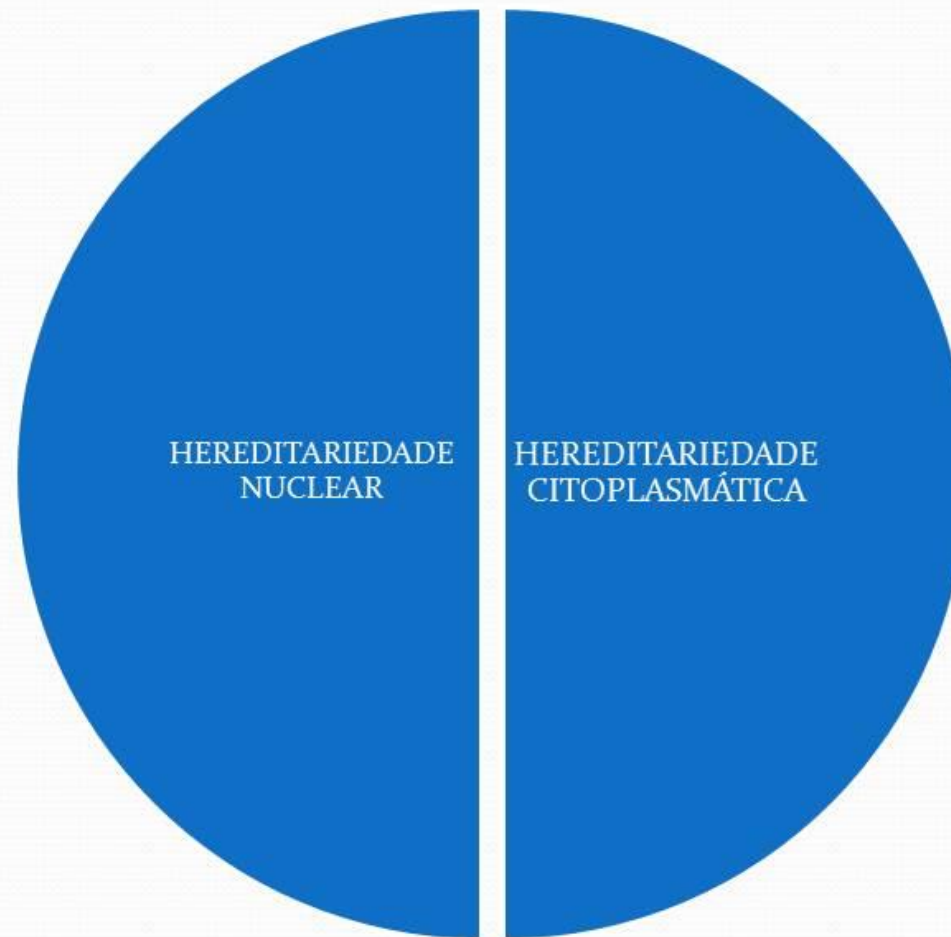
As pesquisas em genética tiveram início com a **redescoberta em 1900** do trabalho de **Gregor Mendel**, que havia estabelecido em **1865** a existência **somente dos genes nucleares, que chamou de “fatores”**. Esses fatores nucleares de Mendel (que se tornaram os genes nucleares) **não** estavam sozinhos no processo hereditário, **havia também sistemas genéticos não nucleares** (ou citoplasmáticos). Mendel não viu indício algum de que as espécies mudavam e evoluíam, portanto os **fatores de Mendel** foram correlacionados à **hereditariedade de características inalteradas**.

Era tido como verdade que **os genes ficavam nos cromossomos dentro do núcleo da célula**, esse conhecimento podia ser resumido como a “base cromossômica da hereditariedade”.

Entretanto embriologistas e botânicos continuaram a afirmar que **os genes citoplasmáticos** nos óvulos de plantas e animais, não dentro do núcleo, **também exerciam controle sobre a hereditariedade**.

A hereditariedade da célula, tanto nuclear como citoplasmática, sempre deve ser considerada para toda a célula, todo o organismo.

SISTEMAS GENÉTICOS



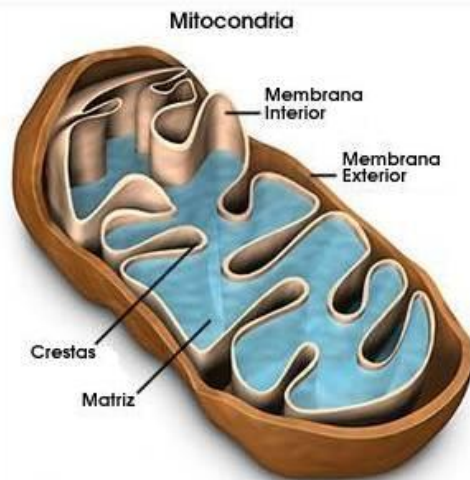
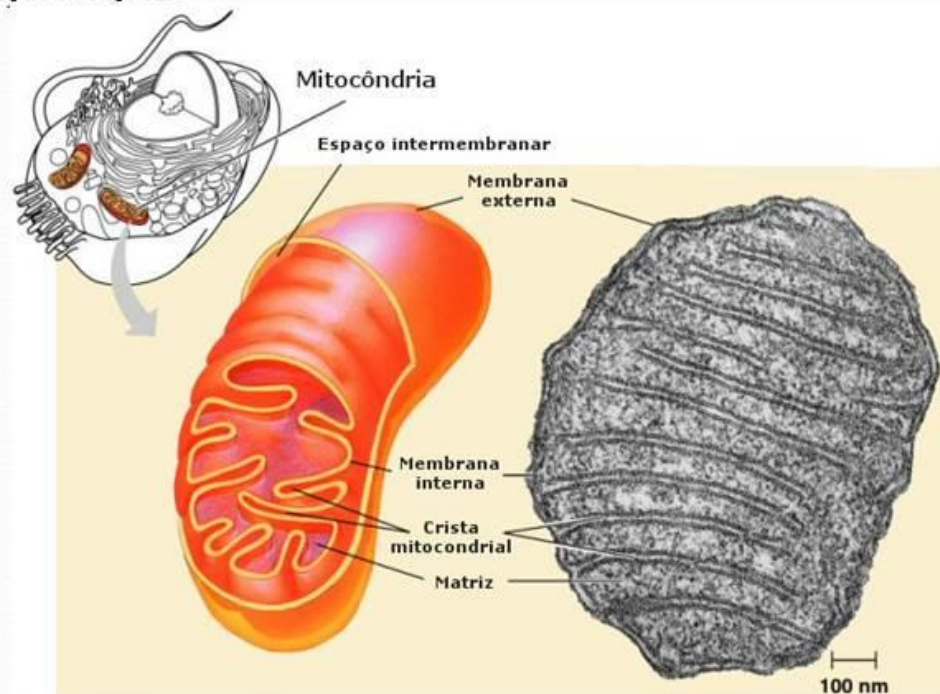
TEORIA DA ENDOSSIMBIOSE SEQUENCIAL

- DÉCADA DE 1930: em leveduras e outros fungos, a mitocôndria contém seus próprios genes.
- DO SÉCULO XIX PARA O XX: os cloroplastos das algas e das plantas também contêm seus próprios genes (Vries e Correns).
- Ruth Sager e Francis Ryan : autores mostraram que dois tipos de organelas, estruturas fechadas por membranas dentro das células mas fora do núcleo, plastídios e mitocôndrias, haviam influenciado de forma significativa a hereditariedade.
- Wilson: a similaridade das organelas celulares, os plastídios e as mitocôndrias, com micróbios livres. Essa pista levou Margulis a estudar os micróbios na literatura sobre simbiose.

ORGANELA CELULAR

- Mitocôndrias: respiração celular

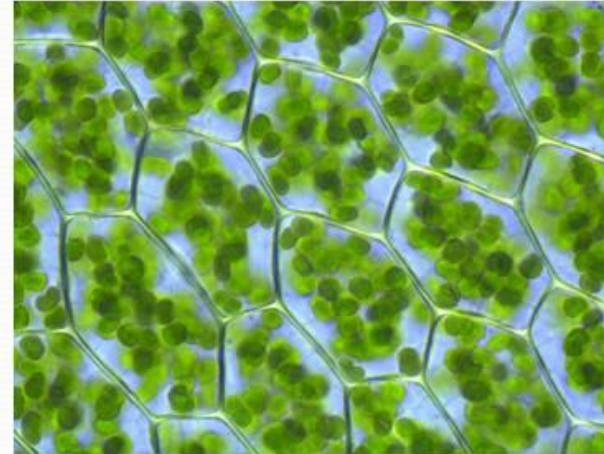
Fonte: http://www.cientic.com/tema_celula_img4.html



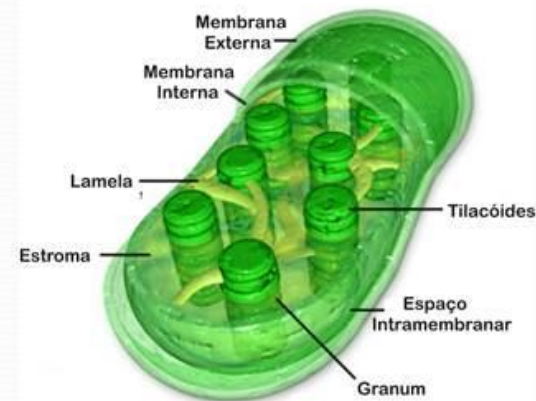
Fonte: <http://www.infoescola.com/biologia/mitocondrias-organelas-celulares/>

ORGANELA CELULAR

- Plastídios ou plastos: fazem fotossíntese, síntese de aminoácidos e ácidos graxos, ou função de armazenamento.
- Tipos: cloroplastos, cromoplastos e leucoplastos.



Fonte: <http://www.rodolfo.costa.nom.br/biowiki/doku.php?id=cromoplasto>



Fonte: <http://www.sobiologia.com.br/conteudos/bioquimica/bioquimica10.php>

TEORIA DA ENDOSSIMBIOSE SEQUENCIAL

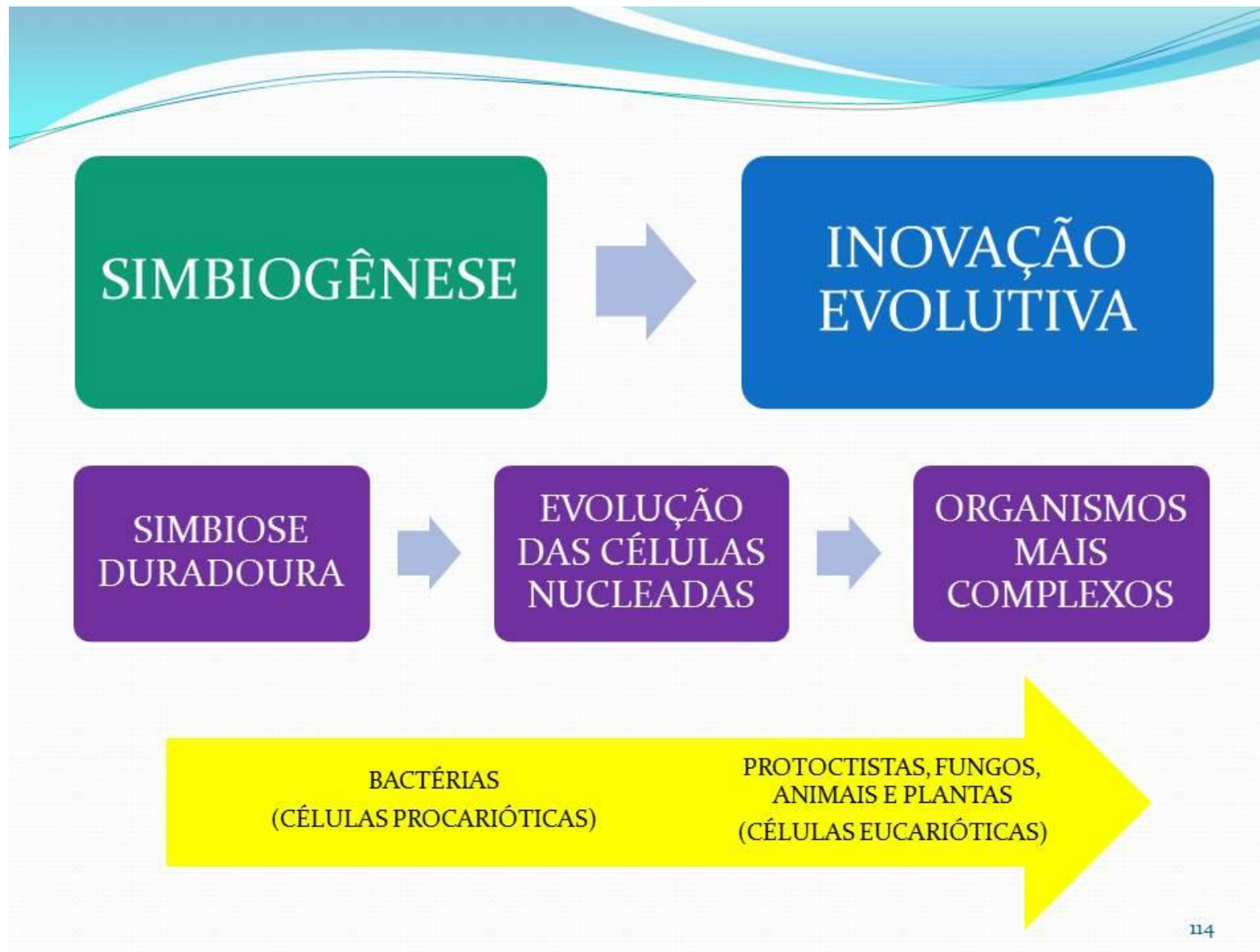
SIMBIOSE: simbiose é um tipo de relação ecológica onde indivíduos de diferentes espécies vivem em contato físico.

Margulis: A simbiose gera inovação, pois junta diferentes formas de vida para formar seres maiores, mais complexos.

A simbiose é um evento natural e comum na natureza.

TEORIA DA ENDOSSIMBIOSE SEQUENCIAL

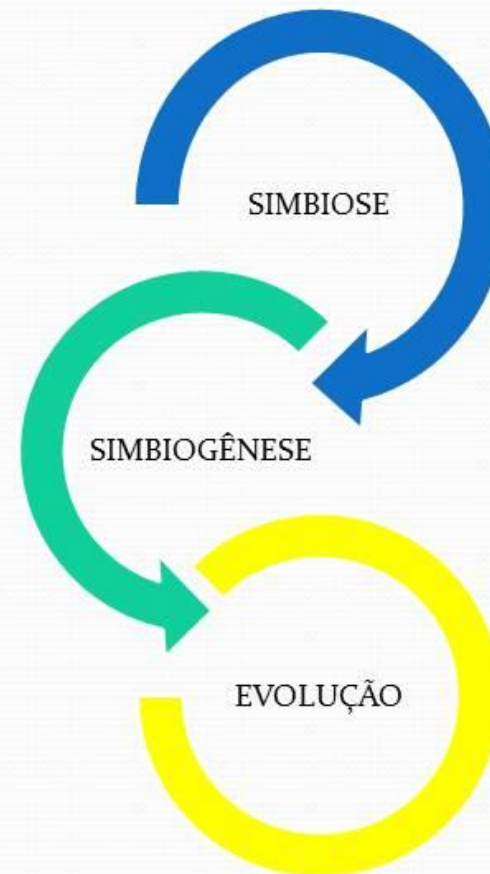
- Sobre o papel da simbiose na evolução **Ivan E. Wallin (1883-1969)** afirmava que **as novas espécies se originavam da simbiose**. Ele deu ênfase especial à simbiose entre animais e bactérias, um processo que chamou de “o estabelecimento de complexos microssimbióticos”. Hoje se usa o termo evolutivo, **simbiogênese para isso**.
- **SIMBIOGÊNESE**: processo que dá **origem a novos tecidos, órgãos, organismos – e até espécies** – por meio da **simbiose permanente** ou de longo prazo.



TEORIA DA ENDOSSIMBIOSE SEQUENCIAL

- Para Margulis a **simbiogênese** é uma forma de neolamarckismo, pois é a mudança evolutiva pela **herança de conjuntos de genes adquiridos**.
- Estudou a **genética do paramécio**, o ciliado, trabalho de **Tracy Sonneborn (1875-1970)**. Sonneborn, junto com a pesquisadora Jannine Beisson, relatou que se os cílios do paramécio são cirurgicamente removidos em bloco com suas bases e girados cerca de 180 graus sobre a superfície celular e, depois recolocados, eles aparecerão em células descendentes, por pelo menos 200 gerações, nessa posição inversa. Ou seja, os cílios se reproduziam e a **mudança experimentalmente induzida pelos cientistas foi herdada**. Esse era um exemplo de herança de características adquiridas – **lamarckismo**.

PAPEL DA SIMBIOSE NA EVOLUÇÃO



TEORIA DA ENDOSSIMBIOSE SEQUENCIAL

Fontes diversas de informações comprovaram o que Margulis pressentia: **as bactérias residiam fora do núcleo, mas dentro das células de muitos protistas, leveduras e até plantas e animais.** Ficou claro para ela que **pelo menos três classes de organelas fechadas por membranas (plastídios, mitocôndrias e cílios), todas fora do núcleo, lembravam as bactérias em termos de comportamento e metabolismo.** Para ela uma **cianobactéria capturada** que solta sua parede para residir e crescer confortavelmente no citoplasma de uma célula vegetal parecia ser exatamente a organela que todos denominavam **cloroplasto**. Margulis previu que o plastídio, nascido como bactéria capturada, deveria ter retido algum **DNA bacteriano**.

A ideia principal da TES é que os genes extras no citoplasma de células com núcleo tiveram origem como genes bacterianos.

Nas décadas de 1970 e 1980, a TES recebeu diversas contribuições experimentais da biologia molecular, da genética e microscopia de alta potência que confirmaram que **células com núcleo surgiram por meio de uma sequência específica de incorporações de diferentes tipos de bactérias.**

IDEIAS PRINCIPAIS DA TES

Os genes extras no citoplasma de células nucleadas tiveram origem como genes bacterianos.

Um sequencia específica de incorporações simbióticas de vários tipos de bactérias levou a formação da célula nucleada.

Essa endossimbiose sequencial de bactérias simbiontes deu origem às organelas: cílios, mitocôndrias e plastídios (cloroplastos).

TEORIA DA ENDOSSIMBIOSE SEQUENCIAL

A tendência da vida “independente” é se aglomerar e ressurgir em uma nova totalidade em um nível mais elevado e maior de organização.

Margulis e seus alunos da Universidade de Massachusetts descobriram um exemplo de **individualidade emergente**. Trata-se do *Ophrydium*, uma espuma de água doce parada que, a um olhar mais atento parece ser composta de contáveis corpos de “bolas de gelatina” verde. A maior bola de gelatina verde “individual” é composta de “indivíduos” menores em forma de cone ativamente contráteis. Estes, por sua vez, são compósitos: *Chlorellas* verdes vivem dentro de ciliados, todas dispostas em fileiras. Dentro de cada cone de cabeça para baixo há centenas de simbiontes esféricos, células de *Chlorella*. A *Chlorella* é uma alga verde comum; as algas do *Ophrydium* são colocadas a serviço da comunidade de bolas de gelatina. Cada “organismo individual” desta “espécie” é na verdade um grupo, um complexo simbiótico, um pacote de micróbios fechados por membranas que se assemelha e age como um indivíduo.

BIBLIOGRAFIA

- PAULO, Iramaia Jorge Cabral de; JORGE NETO, Miguel; PAULO, Sérgio Roberto de. **Introdução à Teoria da Complexidade**. Cuiabá: EdUFMT, 2012.
- MARGULIS, Lynn. O planeta simbiótico: uma nova perspectiva da evolução. Tradução, Laura Neves; revisão técnica, Max Blum. – Rio de Janeiro: Rocco, 2001.

OFICINA C

TEORIA DA ENDOSSIMBIOSE SEQUENCIAL – TES: AS QUATRO ETAPAS

Professora ministrante: Gracieli da Silva Henicka
(gracielihenicka@gmail.com)

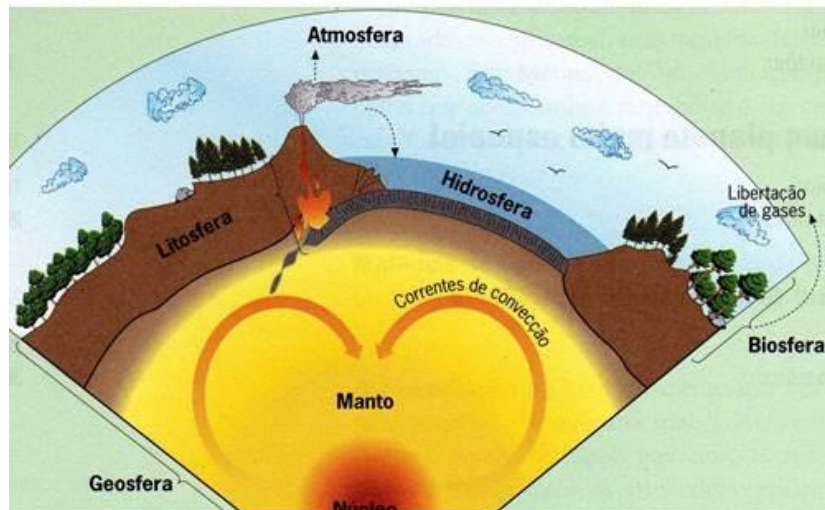
Professora orientadora: Dr.^a Iramaia Jorge Cabral de Paulo
(iramaiaj@gmail.com)

REVISÃO

- A CIÊNCIA É QUESTIONÁVEL E FRUTO DE SUA ÉPOCA



A EVOLUÇÃO É UM SISTEMA ABERTO!



Fonte:
<http://gracieteoliveira.pbworks.com/w/page/49867036/subsistemas%20terrestres>



CONCEITOS DA COMPLEXIDADE ENCONTRADOS NA TEORIA DA ENDOSSIMBIOSE SEQUENCIAL

- **Pensamento Sistêmico:** pois não é possível analisar as partes, sem o todo.
- **Auto-organização e Auto-regulação:** pois existe uma emergência espontânea de novas estruturas e de novas formas de comportamento oriundo do fluxo constante de energia e matéria que mantém os sistemas complexos afastados do equilíbrio.
- **Acoplamento estrutural:** pois os seres vivos interagem entre si e com o meio externo, sendo eles interdependentes e estruturalmente dinâmicos.

SISTEMAS GENÉTICOS

HEREDITARIEDADE
CITOPLASMÁTICA

HEREDITARIEDADE
NUCLEAR

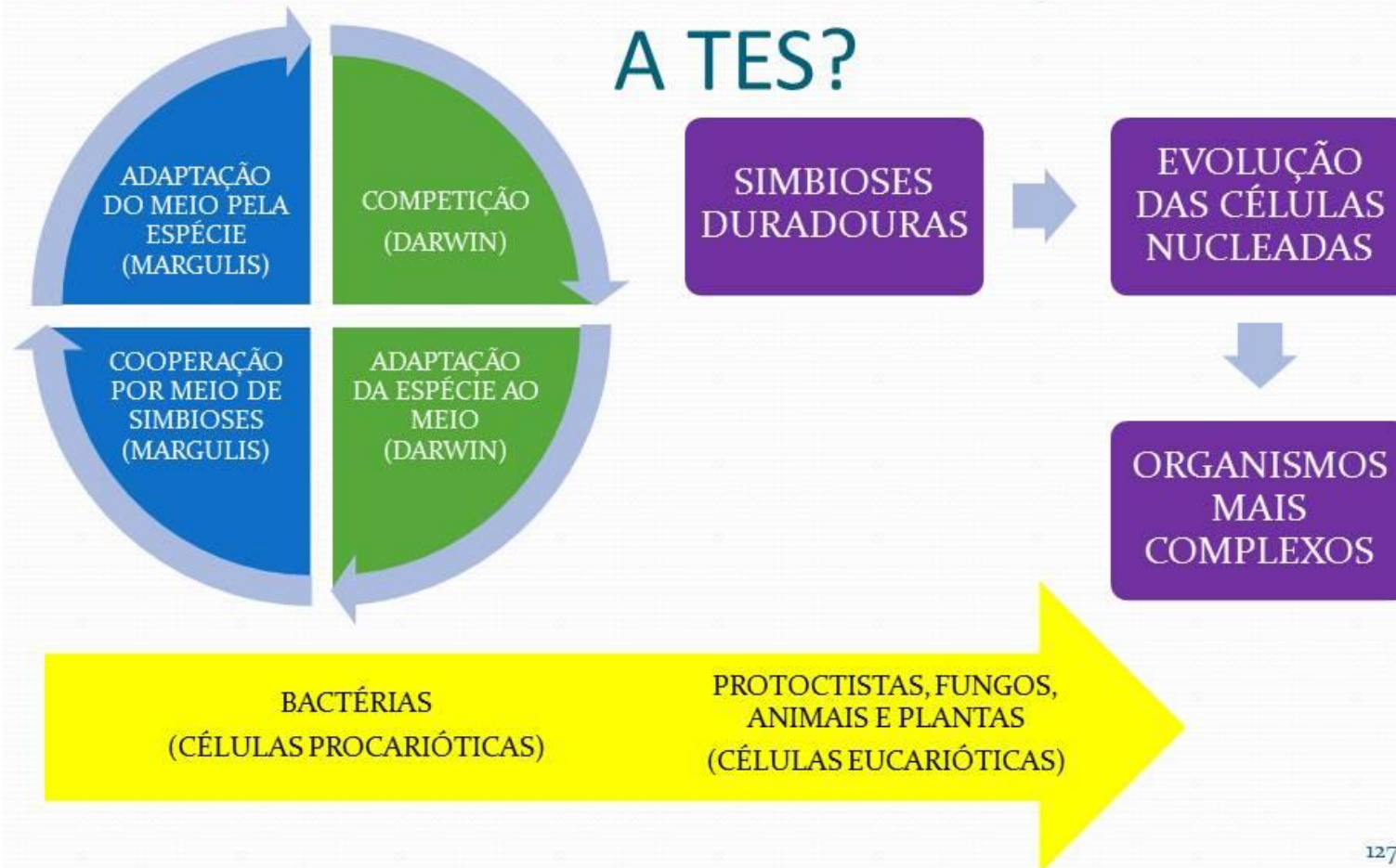
IDEIAS PRINCIPAIS DA TES

Os genes extras no citoplasma de células nucleadas tiveram origem como genes bacterianos.

Um sequencia específica de incorporações simbióticas de vários tipos de bactérias levou a formação da célula nucleada.

Essa endossimbiose sequencial de bactérias simbiontes deu origem às organelas: cílios, mitocôndrias e plastídios (cloroplastos).

O QUE MUDA NA EVOLUÇÃO COM A TES?



TEORIA DA ENDOSSIMBIOSE SEQUENCIAL

- Segundo Margulis (2001), em certos casos a coabitação, existência a longo prazo, resulta em simbiogênese: o surgimento de novos corpos, novos órgãos, novas espécies.
- Para ela, a maior parte da inovação evolutiva surgiu, e ainda surge, diretamente da simbiose. Margulis destaca que **é a simbiogênese o fator que diferencia toda forma de vida de células nucleadas da vida bacteriana.**

SIMBIOGÊNESE



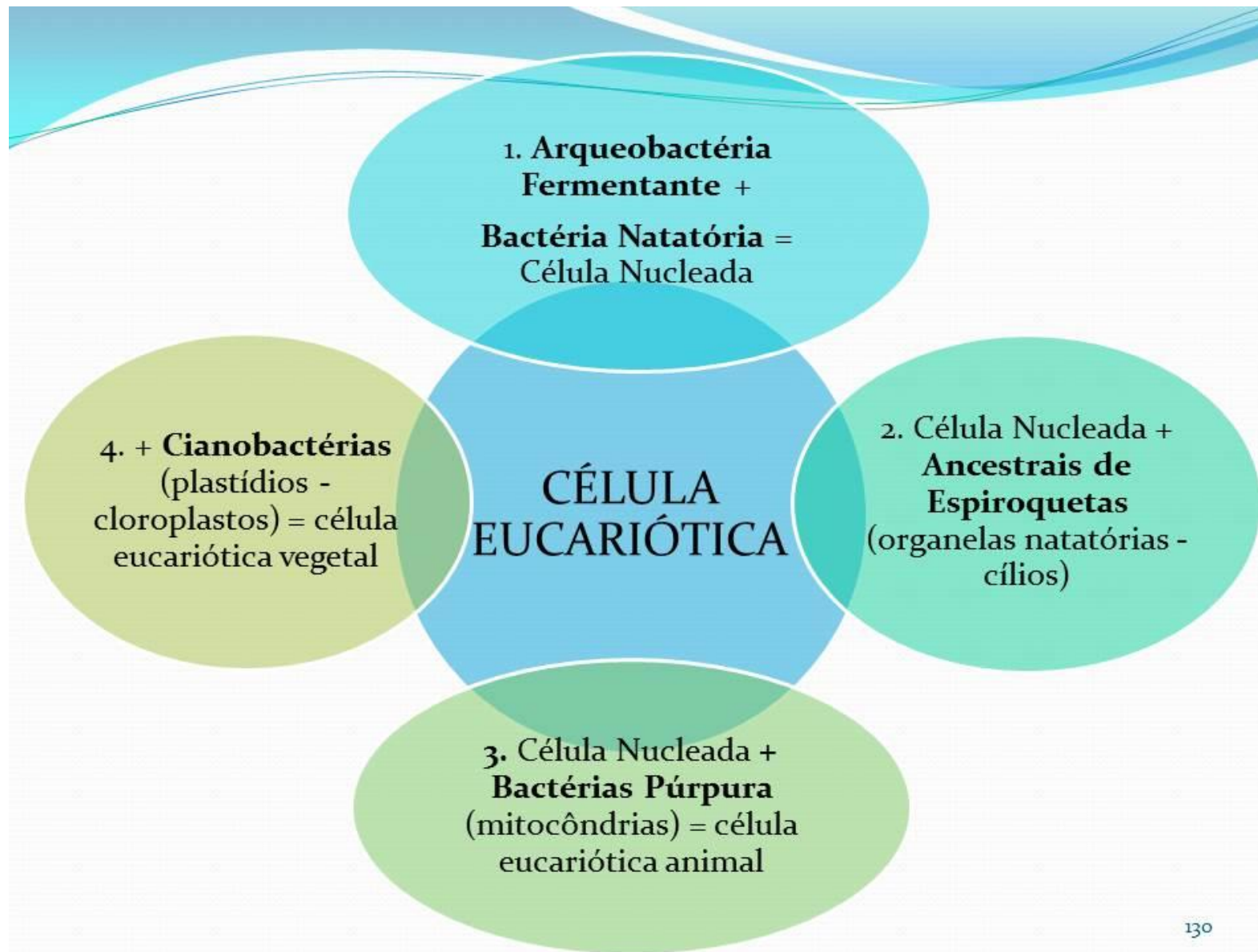
INOVAÇÃO
EVOLUTIVA

TEORIA DA ENDOSSIMBIOSE SEQUENCIAL

Todos os organismos grandes o bastante para que possamos vê-los são compostos de micróbios antes independentes, agrupados para formar totalidades maiores. Ao se fundir, muitos perderam o que em retrospecto reconhecemos como sua antiga individualidade.

A Teoria da Endossimbiose Sequencial – TES de Lynn Margulis delineia precisamente as etapas que devem ter ocorrido no passado para formar as **células eucarióticas**. As quatro etapas da TES envolvem simbiogênese, incorporação e fusão de bactérias pela simbiose.

A ideia é simples: **quatro ancestrais** antes inteiramente independentes e fisicamente separados **se fundiram em uma ordem específica e se tornaram a célula verde das algas**.

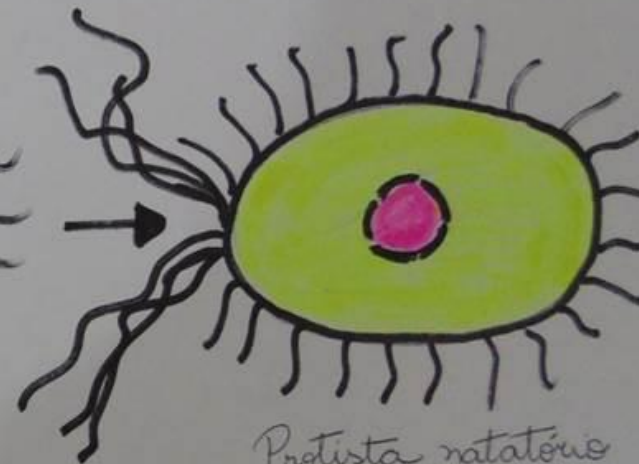


ETAPA 1 DA TES

- Uma “**arqueobactéria**” fermentante (ou “**termoacidófila**”), se fundiu com uma **bactéria natatória**, formando o **nucleocitoplasma**, substância básica dos ancestrais das células dos animais, plantas e fungos.
- Esse primeiro **protista natatório** era, como seus descendentes hoje, um **anaeróbico** que vivia em lama e areia organicamente ricas, em fendas de pedras, poças e lagoas onde o oxigênio era escasso ou ausente.
 - NUCLEOCITOPLASMA
 - PROTISTA NATATÓRIO ANAERÓBIO

ETAPA 1

Arqueobactéria
fermentante
ou
Termoacidófila
ou
Thermoplasma



- formou o nucleoci-
toplasma
- formou a célula
nucleada (etapa 2)

Imagem: Gracieli S. Henicka

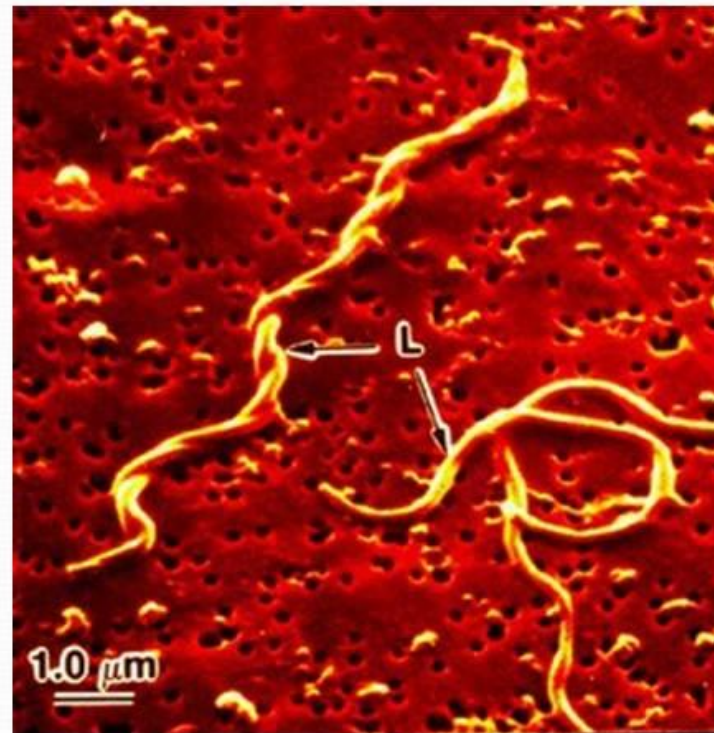
ETAPA 2 DA TES

- Essa etapa aconteceu **simultaneamente** com a etapa 1.
- A ideia fundamental dessa etapa é que as **organelas natatórias** – os **cílios**, **caudas de espermatozoides**, **protuberâncias sensórias** e muitos outros **prolongamentos** das células nucleadas – surgiram na **fusão original da arqueobactéria com a bactéria natatória** (etapa 1).
- Margulis acredita que a integração da **bactéria centriolo-cinetoplasto** foi o que criou a **célula eucarionte** em primeiro lugar. Sua tese é que todos os organismos nucleados (protistas, fungos, animais e plantas) surgiram pela simbiogênese quando **arqueobactérias se fundiram com ancestrais de centriolos-cinetoplastos** na evolução do ancestral protista final: a célula nucleada.
- O **antigo intruso que se transformou no centriolo-cinetoplasto** ainda tem parentes livres, são as bactérias conhecidas como **espiroquetas**.

ETAPA 2 DA TES

- Os ancestrais de espiroquetas famintos e desesperados **invadiram** muitas **arqueobactérias**, inclusive algumas similares à atual **termoplasma**. As invasões foram seguidas por alianças, o que permitiu o surgimento das primeiras células nucleadas.
- Para Margulis, o **núcleo evoluiu** em resposta à essa incômoda **incorporação** de bactérias semelhantes à **termoplasma** e à **espiroqueta**, pois surgiram “novas células” que aumentaram de tamanho e cujas membranas em interação proliferaram. A genética dessas “novas células” se tornou **mais complexa** devido a sua **dupla linhagem**.
- Nessa etapa ainda **surgiu a mitose** nos primeiros organismos com núcleo, devido ao movimento incessante de **espiroquetas vivas**.
 - SURGIU A CÉLULA EUCARIONTE
 - SURGIU A MITOSE NOS EUCARIONTES
 - ORIGEM DAS ORGANELAS NATATÓRIAS

ESPIROQUETAS

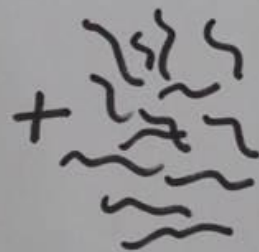


Fonte das imagens :<http://claraealinebioifes.wordpress.com/tag/espiroquetas/>

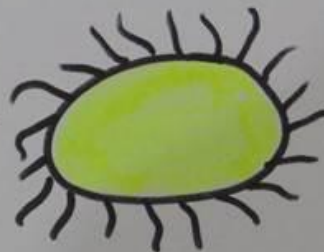
ETAPA 2



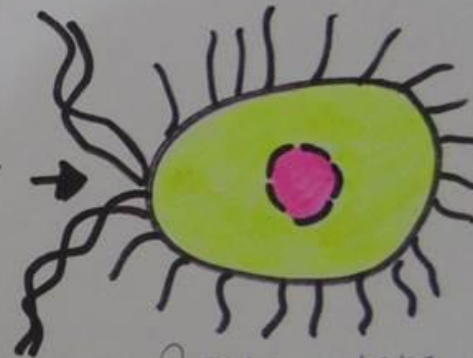
Arqueobactéria
fermentante
ou
Thermoplasma



Espiroquetas



Bactéria
natatória



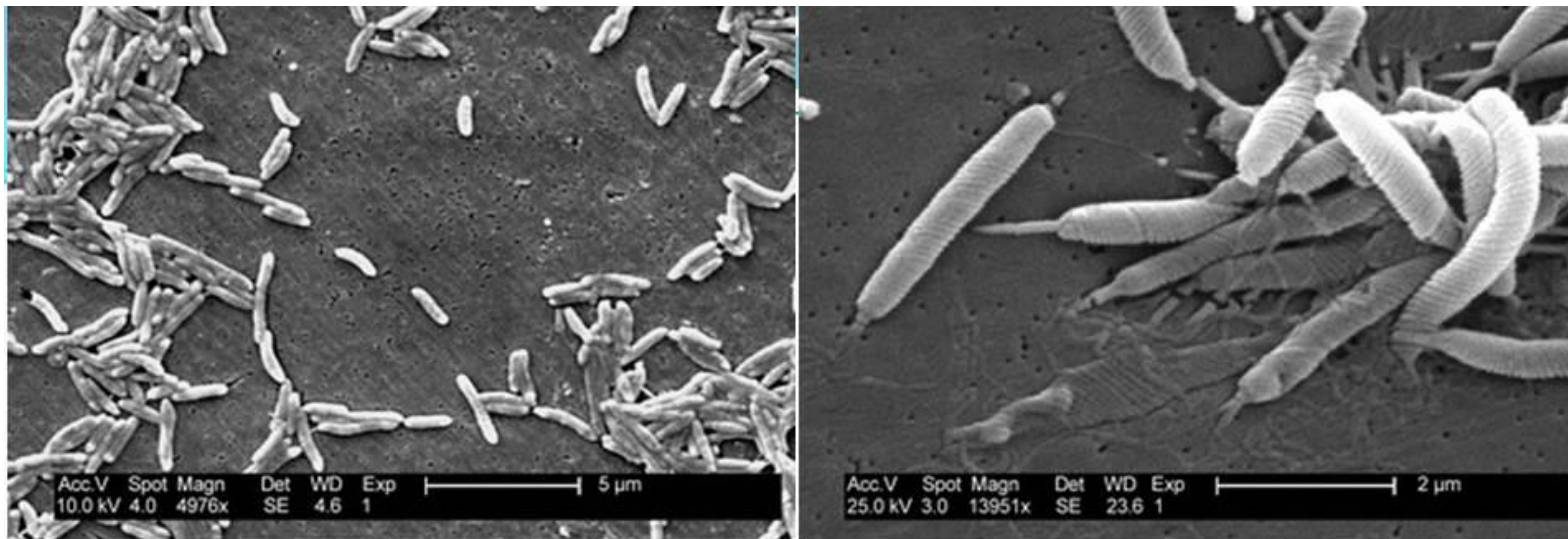
Protista natatório
anaeróbio

- formou a célula nucleada
- surgiu a mitose
- surgiram as organelas natatórias: cílios, flagelos, etc.

Imagem: Gracieli S. Henicka

ETAPA 3 DA TES

- Depois que a mitose evoluiu em protistas natatórios, outro tipo de micróbio livre, uma **bactéria que respirava oxigênio** (ancestral da mitocôndria) foi incorporada à fusão.
 - Células ainda maiores e mais complexas surgiram, o **complexo tripolar**. O complexo tripolar (apreciador do calor ácido, natatório e respirador de oxigênio) que respirava oxigênio se tornou capaz de **fagocitar** (ou “engolir”) determinados alimentos.
 - A organela **mitocôndria**, que respira oxigênio, evoluiu de simbiontes bacterianos atualmente denominados “**bactérias púrpura**” ou “**proteobactérias**”. O complexo tripolar se formou um único organismo e gerou uma prole infinita.
- SURGIU A MITOCÔNDRIA
- SURGIU A FAGOCITOSE



Fonte das imagens: http://tolweb.org/epsilon_Proteobacteria/57768



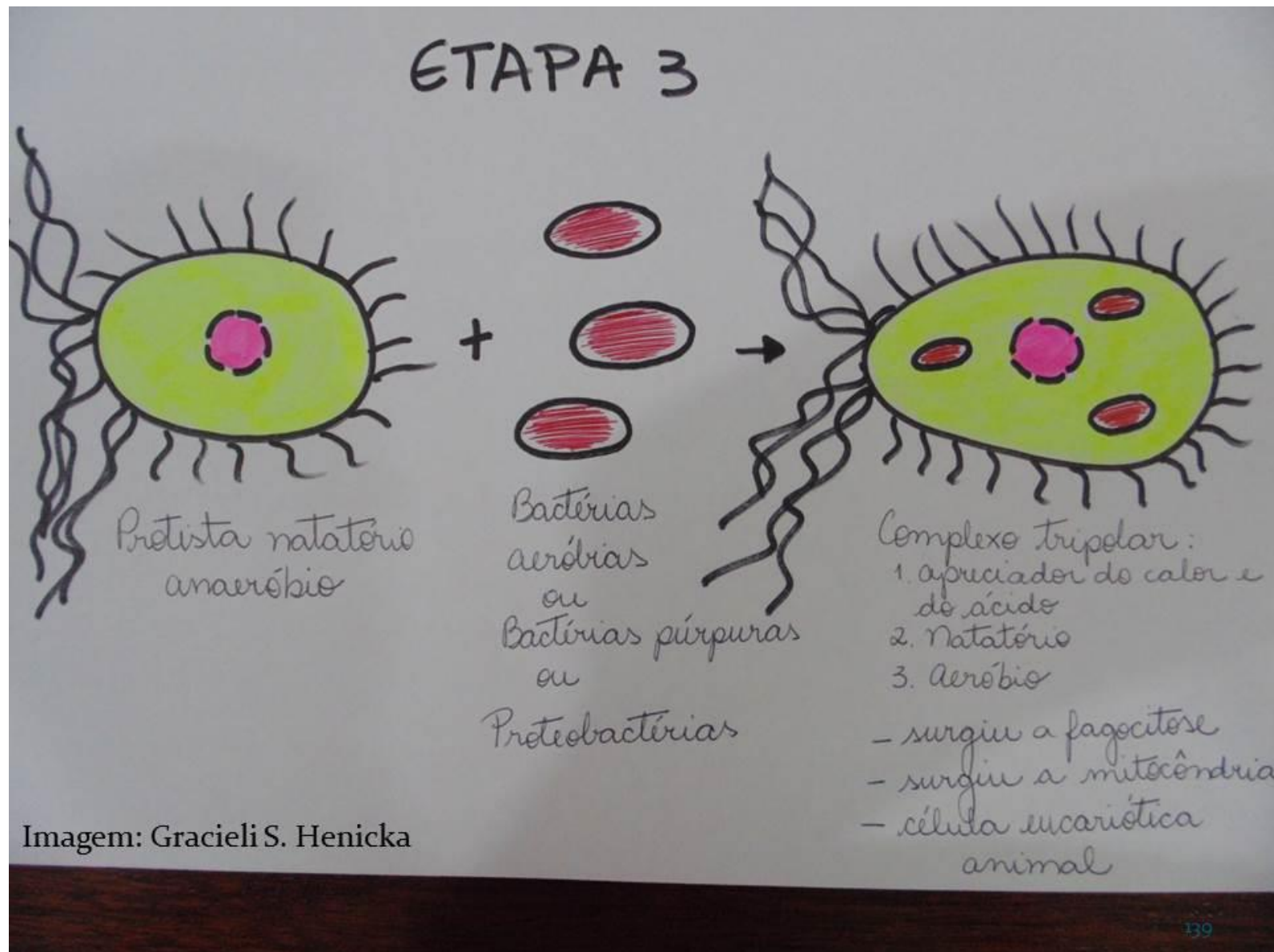
TEM

1 µm

Copyright © 2006 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

PROTEOBACTERIA OU BACTÉRIA PÚRPURA

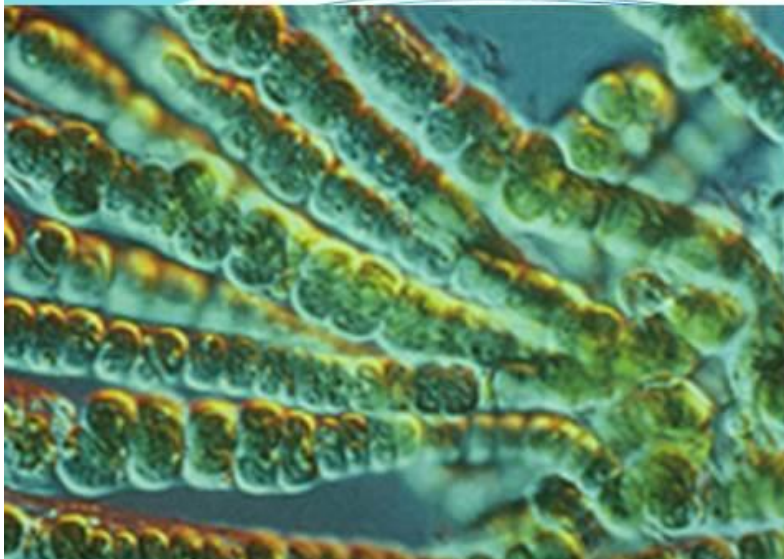
Fonte:
<http://academic.pgcc.edu/~kroberts/Lecture/Chapter%2011/proteobacteria.html>



ETAPA 4 DA TES

- Os respiradores de oxigênio fagocitaram, ingeriram mas não conseguiram digerir **bactérias fotossintetizantes verde-brilhantes**.
 - A “incorporação” literal só ocorreu após uma intensa batalha em que as bactérias não digeridas sobreviveram e a incorporação completa triunfou. Por fim, as bactérias verdes se tornaram **cloroplastos**.
 - Essa incorporação final deu origem às **algas verdes natatórias**.
 - Essas algas verdes primitivas não foram apenas ancestrais das células vegetais atuais, mas todos os seus componentes individuais estão em atividade separadamente, ainda nadando, fermentando e respirando oxigênio.
 - Bactérias verdes que fazem fotossíntese e produzem oxigênio, chamadas “**cianobactérias**”, ainda existem em lagos e rios, na lama e nas praias. As cianobactérias são uma forma de vida extremamente bem sucedida. Em todas as células vegetais, o tempo todo, há pequenos descendentes verdes das cianobactérias fotossintetizantes livres, os **cloroplastos** e outros **plastídios**.
- SURTIU O CLOROPLASTO EM ALGUNS EUCARIONTES AERÓBIOS

Fonte: <http://naturlink.sapo.pt/Natureza-e-Ambiente/Sistemas-Aquaticos/content/Blooms-de-Cianobacterias?bl=1>



CIANOBACTÉRIAS



Fonte: <http://unisite.com.br/Saude/31134/Tecnica-brasileira-detecta-toxinas-de-bacterias-na-agua.xhtml>

ETAPA 4

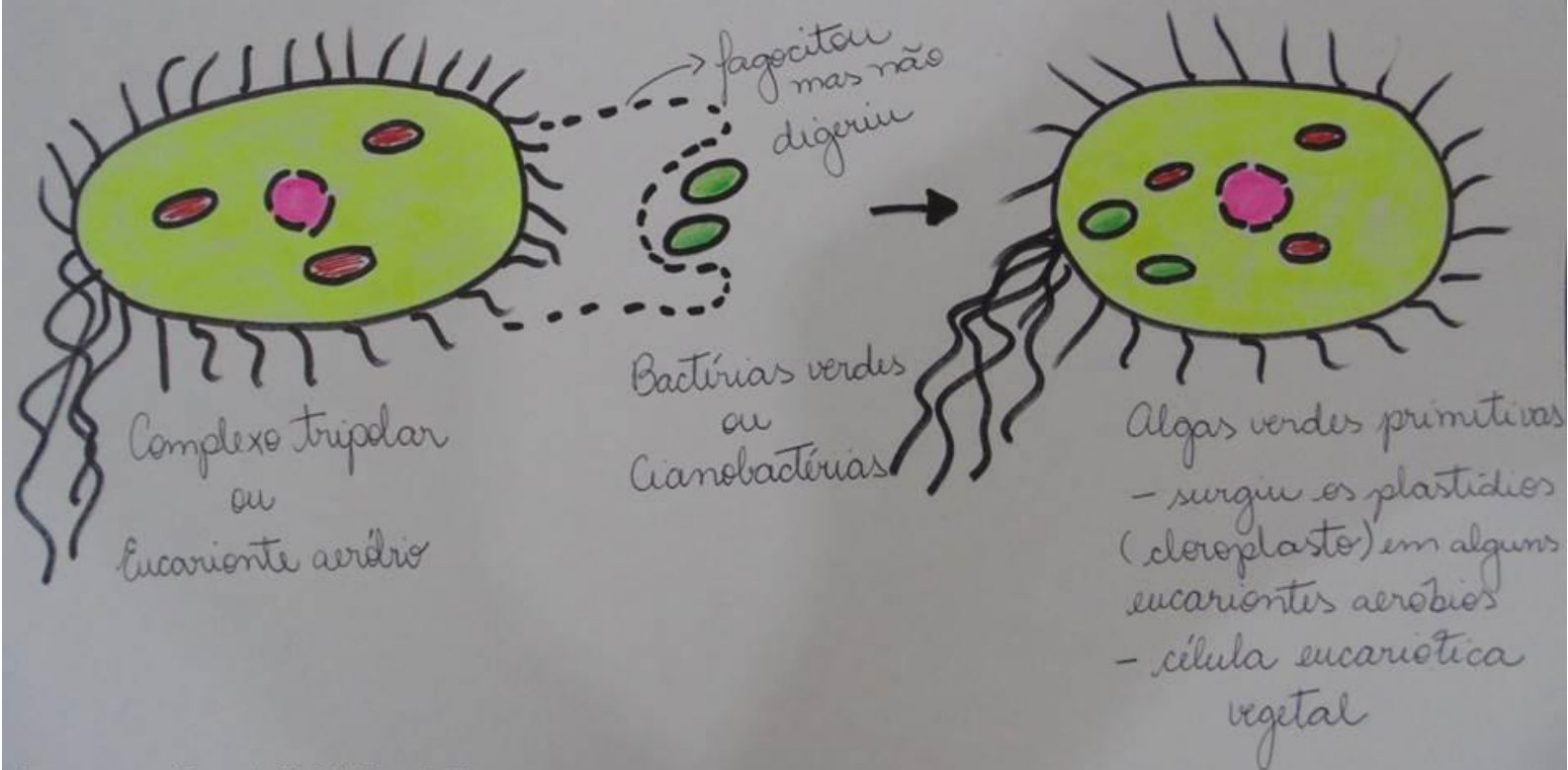


Imagem: Gracieli S. Henicka

PÓS-DIVULGAÇÃO DA TES

- VERSÃO INTERMEDIÁRIA DA TES – ORIGEM DA MITOCÔNDRIA E DOS PLASTÍDIOS: ACEITA PELA MAIORIA DOS CIENTISTAS
- Provas da versão intermediária:
- Tanto as **mitocôndrias** como os **plastídios** são **bacterianos** em tamanho e forma.
- Plastídios e mitocôndrias não só proliferam dentro das células, mas se reproduzem diferentemente e em momentos distintos do resto na célula na qual residem.
- Ambos os tipos ainda retêm seus **depósitos neutros de DNA**.
- Ambos contêm DNA distintos, separados do DNA do núcleo e inequivocamente bacteriano em estilo e organização.
- O DNA dessas organelas codifica suas próprias proteínas específicas.
- Assim como nas bactérias livres, a síntese de proteínas ocorre dentro das mitocôndrias e plastídios.
- Os genes ribossomais de DNA das mitocôndrias ainda são notavelmente semelhantes aos das bactérias que respiram oxigênio e vivem por si sós atualmente. Os genes ribossomais dos plastídios são muito semelhantes aos das cianobactérias.

PÓS-DIVULGAÇÃO DA TES

- VERSÃO EXTREMA DA TES – ORIGEM DAS ORGANELAS NATATÓRIAS: POLÊMICA ETAPA 2
- Mas para Margulis, apesar de escassos indícios, as organelas natatórias surgiram pela simbiogênese. Para ela, essa classe de organelas também era bacteriana.
- Os cílios, caudas de espermatozoides, protuberâncias sensoriais e outros flagelos celulares, sempre sustentados por ínfimos pontinhos, corpos denominados centríolos-cinetoplastos, vêm da etapa 2.
- Essas organelas natatórias da etapa 2 são mais antigas e estreitamente integradas em células do que as mitocôndrias ou os plastídios, por isso possuem uma história evolutiva cujo rastro é mais difícil de seguir.

“Não importa o quanto nossa espécie nos preocupe, a vida é um sistema muito mais amplo. A vida é uma interdependência incrivelmente complexa de matéria e energia entre milhões de espécies fora (e dentro) de nossa própria pele. Esses estranhos da Terra são nossos parente, nossos ancestrais, e parte de nós. Eles reciclam nossa matéria e nos trazem água e alimento. Não sobreviveremos sem “o outro”. Nosso passado simbiótico, interativo e interdependente é interligado por águas agitadas” (MARGULIS, 2001, p.106).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

- A ciência é feita por pessoas normais, e sofre influências de seu tempo.
- A TES muda nosso olhar sobre as bactérias. Elas são parte ancestral do que somos e fazem parte do nosso metabolismo.
- A TES muda nosso olhar sobre a evolução. A simbiose provocou evolução e maior complexidade nas células.
- Somos simbiontes num planeta simbiótico, então dependemos uns dos outros.
- Os seres mais complexos e de maior organização são os vegetais e não os animais. Não há um ser superior ou mais importante na natureza.
- A vida na Terra não depende do ser humano, mas o ser humano depende do planeta Terra.



BIBLIOGRAFIA

- PAULO, Iramaia Jorge Cabral de; JORGE NETO, Miguel; PAULO, Sérgio Roberto de. **Introdução à Teoria da Complexidade**. Cuiabá: EdUFMT, 2012.
- MARGULIS, Lynn. O planeta simbiótico: uma nova perspectiva da evolução. Tradução, Laura Neves; revisão técnica, Max Blum. – Rio de Janeiro: Rocco, 2001.

8 BIBLIOGRAFIA

AUSUBEL, D. P., NOVAK, J.D. e HANESIAN, H. Psicologia educacional. (trad. de Eva Nick et al) Rio, Interamericana, 1980. 625 p.

JORGE NETO, M. Física ambiental e teoria da complexidade: possibilidades de ensino na educação básica. Dissertação. 2008.

MARGULIS, LYNN. O planeta simbiótico: uma nova perspectiva da evolução. Tradução, Laura Neves; revisão técnica, Max Blum. – Rio de Janeiro: Rocco, 2001.

MATO GROSSO. Secretaria de Estado de Educação. Orientações Curriculares: Diversidades Educacionais./ Secretaria de Estado de Educação de Mato Grosso. Cuiabá: Defanti, 2010. 308p.

MOREIRA, M.A.. Aprendizagem significativa. Brasília: Editora da UnB., 1999.

PAULO, Iramaia Jorge Cabral de; JORGE NETO, Miguel; PAULO, Sérgio Roberto de. Introdução à Teoria da Complexidade. Cuiabá: EdUFMT, 2012.

SLONGO, I. I. P.; e DELIZOICOV, D. Teses e dissertações em ensino de biologia: uma análise histórico-epistemológica. Investigações em Ensino de Ciências – V15(2), pp. 275-296, 2010.

TAVARES, A. da S. Física ambiental e teoria da complexidade: inserção de tópicos essenciais da teoria da complexidade no ensino médio – a visibilidade de uma proposta. Dissertação. 2011.