



**UnB**

**INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
NÚCLEO DE EDUCAÇÃO CIENTÍFICA**

**O SISTEMA DE CLASSIFICAÇÃO DOS SERES VIVOS EM DOMÍNIOS E O  
GRUPO *ARCHAEA* EM LIVROS DE ENSINO MÉDIO**

**Lucas Batista Menezes**

**Maria Amélia Laranjeira**

Brasília

2020

**Lucas Batista Menezes**

**Maria Amélia Laranjeira Barbosa**

**O SISTEMA DE CLASSIFICAÇÃO DOS SERES VIVOS EM DOMÍNIOS E O  
GRUPO *ARCHAEA* EM LIVROS DE ENSINO MÉDIO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao  
Núcleo de Educação Científica do Instituto de  
Ciências Biológicas como requisito parcial para  
obtenção do título de Licenciado e Licenciada em  
Ciências Biológicas da Universidade de Brasília

Orientador (a): Cynthia Maria Kyaw

Brasília

2020

Ficha catalográfica elaborada automaticamente,  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

MM543s Menezes, Lucas Batista  
O Sistema de classificação dos seres vivos em domínios e o grupo Archaea em livros de Ensino Médio. / Lucas Batista Menezes; orientador Cynthia Maria Kyaw. -- Brasília, 2020. 57 p.

Monografia (Graduação - Ciências Biológicas - Licenciatura) -- Universidade de Brasília, 2020.

1. Sistema de três domínios. 2. Domínio Archaea. 3. Livro didático. 4. Sistemática. 5. Ensino de Biologia. I. Kyaw, Cynthia Maria, orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente,  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

LL318s Laranjeira Barbosa, Maria Amélia  
O SISTEMA DE CLASSIFICAÇÃO DOS SERES VIVOS EM DOMÍNIOS E O GRUPO ARCHAEA EM LIVROS DO ENSINO MÉDIO / Maria Amélia Laranjeira Barbosa; orientador Cynthia Maria Kyaw. -- Brasília, 2020. 55 p.

Monografia (Graduação - Ciências biológicas ) -- Universidade de Brasília, 2020.

1. Sistema de três domínios. 2. Domínio Archaea. 3. Livro didático. 4. Sistemática. 5. Ensino de Biologia. I. Kyaw, Cynthia Maria, orient. II. Título.

**O SISTEMA DE CLASSIFICAÇÃO DOS SERES VIVOS EM DOMÍNIOS E O  
GRUPO *ARCHAEA* EM LIVROS DE ENSINO MÉDIO**

**Lucas Batista Menezes**

**Maria Amélia Laranjeira Barbosa**

BANCA EXAMINADORA

---

**Prof. Dra. Cynthia Maria Kyaw**

(Orientador –(a))

**Universidade de Brasília – Depto. Biologia Celular**

---

**Prof. Dra. Lorena da Silveira Derengowski**

(2º membro)

**Colégio Militar de Brasília**

---

**Profa. Dra CRISTIANE RODRIGUES MENEZES RUSSO**

(Presidente da Banca)

**NÚCLEO DE EDUCAÇÃO CIENTÍFICA / IB**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos primeiramente a nossa orientadora Cynthia Maria Kyaw pela inspiração, apoio e paciência durante a realização deste trabalho de conclusão de curso, em meio a um semestre tão incomum e desafiador por consequência da pandemia. Agradecemos também a Universidade de Brasília, ao NECBio e seus docentes pelo papel fundamental em nossa formação pessoal e profissional. Por fim, agradecemos aos nossos familiares e colegas pela assistência e companheirismo nos momentos bons e ruins.

## RESUMO

O ensino de ciências desempenha uma função essencial no desenvolvimento da linguagem científica e do senso crítico no âmbito escolar e social dos estudantes. Esse papel da ciência deve ser refletido no processo de elaboração dos livros didáticos, visto que esses representam a principal ferramenta pedagógica utilizada no ambiente escolar. Dessa forma, é preciso que os livros didáticos forneçam informações contextualizadas e atualizadas com os avanços que surgem na ciência, principalmente nos conteúdos em constante atualização como a Sistemática. Essa área da biologia permitiu por muitos anos a catalogação e a descrição inicial da grande biodiversidade do planeta. Além disso, a sistemática moderna permitiu a maior compreensão da dinâmica evolutiva que gera a diversidade biológica e a determinação de relações de parentesco entre os organismos. O objetivo deste trabalho foi analisar os conteúdos de Sistemática nos livros didáticos aprovados pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD/2018) com foco na classificação dos três domínios (proposta por Woese) e o domínio *Archaea*. Para este fim, foram investigados: os sistemas de classificação adotados nos livros; o histórico da sistemática; a qualidade dos conteúdos e imagens; abordagem do domínio *Archaea*. Podemos notar uma preferência pela adoção do sistema de Margulis e Schwartz nos livros. Apenas dois livros adotam o sistema de três domínios, no entanto, esse é apresentado em associação a outros sistemas de classificação. O domínio *Archaea* é abordado em todos os livros, porém há pouca informação sobre esses organismos que são comumente relacionados a ambientes extremos. Além de serem referidos erroneamente como arqueobactérias em alguns livros. Dessa forma, devido ao caráter dinâmico da sistemática é preciso a atualização dos livros didáticos em consonância com estudos mais recentes da área, com o objetivo de evitar erros conceituais relacionados às características gerais e filogenia dos organismos.

Palavras-chave: Sistemática; Filogenia; Taxonomia; Reinos; Arquea; Arqueobactérias; Ensino de biologia; Livro didático;

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	8
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO</b>	12
2.1. O LIVRO DIDÁTICO DE BIOLOGIA	12
2.2. PROGRAMA NACIONAL DO LIVRO DIDÁTICO (PNLD)	13
2.3. SISTEMÁTICA	14
2.3.1. SISTEMÁTICA DE LINEU	14
2.3.2. SISTEMÁTICA DE ERNST HAECKEL (TRÊS REINOS)	15
2.3.3. SISTEMÁTICA DE COPELAND	16
2.3.4. SISTEMÁTICA FILOGENÉTICA (WILLI HENNIG)	17
2.3.5. SISTEMÁTICA DE WHITTAKER (CINCO REINOS)	17
2.3.6. SISTEMÁTICA DE WOESE (TRÊS DOMÍNIOS)	19
2.4. DOMÍNIO <i>ARCHAEA</i>	22
2.5. CONTEÚDOS DE SISTEMÁTICA E FILOGENIA NOS LIVROS DIDÁTICOS E EM DOCUMENTOS OFICIAIS	23
<b>3. OBJETIVOS</b>	26
3.1. OBJETIVO GERAL	26
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	26
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS</b>	26
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	29
5.1 - HISTÓRICO DA SISTEMÁTICA (TEORIAS ABORDADAS)	36
5.2. SISTEMA DE ORGANIZAÇÃO ADOTADO PELOS AUTORES	41
5.5. ANÁLISE DE IMAGENS	48
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	51
<b>7. REFERÊNCIAS</b>	54

## 1. INTRODUÇÃO

O estabelecimento de políticas públicas visando a criação de normas do currículo escolar, como o Programa Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD), tem como principais funções analisar e distribuir livros e materiais didáticos para escolas públicas de educação básica do país. Este Programa também visa a melhoria da qualidade do ensino público no Brasil, a democratização ao acesso à informação e cultura, além da atualização profissional e suporte aos professores, sempre baseado nas diretrizes de respeito às diferenças culturais e sociais e ao pluralismo de ideias (BRASIL, 2017).

O livro didático é o recurso pedagógico primário nas escolas, onde serve como norteador dos conteúdos e do processo de ensino-aprendizagem, principal fonte bibliográfica para alunos e professores e, em alguns casos, o único material didático utilizado, sendo-lhe atribuído caráter de verdade absoluta em relação aos temas ensinados (FREITAG; MOTTA; COSTA, 1989).

No entanto, o livro didático deveria ser usado como material de apoio, e não como a única fonte de informações, cabendo às escolas e professores ajustarem a forma como os temas são abordados, além de estratégias alternativas, que permitissem a adequação à sua realidade de contexto escolar e do aluno. Dessa forma, o livro didático de biologia “tem sofrido críticas quanto ao tratamento unidirecional dos conteúdos, o dogmatismo e a apresentação dos conhecimentos como prontos, sem possibilidade de questionamento” (SILVA et al, 2015, p. 25).

Porém, de acordo com o PCN+, os assuntos devem ser abordados de forma contextualizada e integrada à realidade dos alunos, ajudando na criação do pensamento crítico e fornecendo uma base de saberes que auxiliará no desenvolvimento e no enfrentamento de questões presentes no decorrer da vida do aluno. É preciso que o ensino-aprendizagem não se resuma a memorizar, mas que ganhe um sentido prático (BRASIL, 2018).

Desse modo, o ensino de ciências tem um papel essencial no desenvolvimento do senso crítico, como também na linguagem científica, o que é importante para a



compreensão de temas do currículo escolar e questões que surgem na sociedade ao longo do tempo. No que se refere ao conteúdo de sistemática e filogenia, o avanço dos estudos nessa área ocasionou, ao longo do tempo, a criação de novos modelos de organização e classificação dos seres vivos.

Segundo Lopes e Vasconcelos (2010, p. 151), “desde a antiguidade, diferentes sistemas de classificação dos organismos têm sido elaborados e alterados ou reorganizados em função do contexto histórico e das compreensões prevalentes sobre os seres vivos” (LOPES; VASCONCELOS, 2012, p. 151). Aristóteles (384-322 a.C.) classificou e dividiu a natureza em três reinos: animal, vegetal e mineral. Posteriormente, Carl von Linné – Lineu – elaborou um sistema baseado em um sistema hierárquico onde organizou os seres vivos nas categorias de: classe, ordem, gênero, espécie e variedades (KLEPKA, 2018).

Ao longo da história, com os avanços tecnológicos proporcionando o aumento do conhecimento sobre os organismos, o número e nome dos reinos foram sofrendo alterações. Ernst Haeckel, em 1866, sugere o Reino Protista onde inclui organismos microscópicos, que não eram animais ou plantas (MOREIRA, 2019).

Em 1969, Robert Whittaker publica seu trabalho “New Concepts of Kingdoms of Organisms” em que analisa e critica o então vigente Sistema de Dois Reinos (animal e vegetal), com argumentos baseados nas mudanças e novidades da ciência na época: o advento da microscopia e com ele a descoberta da riqueza de diversidade dos micro-organismos, suas características morfológicas, fisiológicas e nutricionais até então nunca vistas. Guiado principalmente pelos conhecimentos sobre as relações evolutivas entre os organismos, e baseado nos níveis de complexidade da célula (uni ou multicelular), organização celular (procarioto ou eucarioto) e tipos nutricionais (ingestão, absorção ou fotossíntese), propôs o sistema de cinco reinos: Monera, Protista, Fungi, Plantae e Animalia (WHITTAKER, 1969). Apesar dos avanços, esses modelos ainda retratavam a ideia de uma divisão entre dois extremos, procariontes e eucariontes.

Carl Woese, em 1977, a partir de análises comparativas de sequências dos rRNA 16S (procariotos) e 18S (eucariotos), - um dos componentes da subunidade menor do ribossomo (partícula celular responsável pela produção de proteínas), propôs a utilização

destas moléculas para estabelecer relações de parentesco evolutivo entre organismos. Essa molécula se mostrava bastante interessante, uma vez que estava presente em todos os seres vivos, exercendo a mesma função, além de apresentar regiões variáveis e outras conservadas em sua sequência, o que permite a análise comparativa com o objetivo de avaliar as modificações ocorridas ao longo da história evolutiva (WOESE et al 1977).

A partir de comparações das sequências nucleotídicas do RNA ribossômico e das análises bioquímicas das até então chamadas “bactérias metanogênicas” (classificadas posteriormente no domínio *Archaea*) foi sugerida uma distinção desse grupo das demais bactérias devido a diferenças significativas entre as sequências nucleotídicas de ambos. Esses organismos passariam a compor um reino denominado Archaeobacteria, enquanto as bactérias conhecidas formariam o reino Eubacteria. No entanto, análises posteriores de características fisiológicas revelaram que as arqueobactérias eram organismos distintos, com características de bactérias, de eucariotos e também características únicas, sugerindo não se tratarem de bactérias, mas sim de um novo grupo de organismos. Assim, em 1990, Woese e colaboradores apresentam uma proposta de divisão dos seres vivos em três Domínios, que seria uma nova categoria taxonômica, acima de Reino. Desta forma, teríamos os domínios *Archaea* (anteriormente chamadas de Archaeobacteria), *Bacteria* e *Eukarya*. (WOESE et al 1990).

Uma vez que o avanço de técnicas na biologia molecular possibilita novas abordagens e maior aprofundamento no estudo da biodiversidade, os taxonomistas, por sua vez tornam-se capazes de propor classificações e sistemas cada vez mais abrangentes e acurados, de modo a melhor compreender as relações entre os seres vivos (DA SILVA; NERY, 2020). Dessa forma, é importante que os livros didáticos acompanhem tais mudanças, mantendo-se atualizados em relação às novas descobertas científicas, convergindo com uma abordagem que visa uma melhor assimilação do conteúdo.

De acordo com Lopes et al (2007, p. 265) o conteúdo de sistemática e filogenia é importante pois permite a compreensão de como a diversidade biológica fundamentada no processo evolutivo é gerada, para isso o aluno precisa ter acesso a informações que, nas palavras dos autores, “ajudem na compreensão da dinâmica do universo biológico, a coesão

e a ordem deste sistema por laços de consanguinidade e as transformações que geraram e geram a diversidade de seus componentes”.

Desta forma, o presente trabalho tem como objetivo analisar o tema de Sistemática e filogenia nos livros didáticos, aprovados pelo PNL 2018 para uso em escolas públicas, com o foco na abordagem dos conteúdos referentes ao Sistema de Classificação dos Seres Vivos em três domínios e o grupo *Archaea*.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1. O LIVRO DIDÁTICO DE BIOLOGIA

Segundo o Ministério da Educação, o livro didático é uma das principais formas de documentação e consulta utilizadas por professores e alunos no país, chegando, às vezes, a “influenciar o trabalho pedagógico e o cotidiano da sala de aula” (BRASIL, 2003). Porém, o livro didático, frequentemente, é usado como única fonte de consulta e referência bibliográfica por professores e estudantes, limitando a visão dos conteúdos escolares. Tal situação não estimula os estudantes em relação às pesquisas sobre o tema, fazendo com que o livro didático não seja somente mais um referencial sobre o tema, mas sim a fonte única para os estudos.

Isso porque, muitos docentes acabam criando uma dependência em relação ao livro didático, em virtude da falta de atualização em relação a práticas pedagógicas e o uso recursos de alternativos, ou ainda lacunas presentes nos cursos de formação de profissionais da área educacional (VIDAL; PORTO, 2012), dependência que resulta no dogmatismo criticado por Pimentel:

Seu uso [do livro didático], entretanto, não deve ser feito de maneira inflexível, como sendo ele uma referência que encerra toda a verdade dos fatos. O professor deve estar preparado para fazer uma análise crítica e julgar os méritos do livro e, se preciso, fazer as devidas correções e adaptações que achar convenientes e necessárias (PIMENTEL, 2006, p. 308-309).

Dessa forma, embora a adoção do livro didático possa guiar o currículo a ser seguido, alguns temas podem se apresentar de forma confusa e de difícil compreensão pelos estudantes, o que pode ocorrer pela falta de uma linguagem acessível ou informações insuficientes para a compreensão do conteúdo, além da dificuldade de abordar certos fenômenos da natureza, inerentemente complexos, de forma didática (SOUZA; ROCHA, 2017).

Entretanto, sobrepujar essas barreiras deveria ser um dos parâmetros para a seleção do livro didático, porém não o único. Segundo Pimentel (2006, p. 309),

Para ser utilizado nas escolas públicas do país, qualquer livro didático deve atender às recomendações comuns, existentes nas diferentes propostas curriculares em vigor. Seu conteúdo deve ser acessível à faixa etária e ao desenvolvimento cognitivo do aluno. O texto deve estimular e valorizar a participação do aluno durante as aulas, contrariamente

a atitudes e comportamentos passivos. O livro precisa promover uma integração entre os variados temas discutidos nos capítulos e valorizar a experiência e o conhecimento que o aluno leva para a sala de aula. As ilustrações precisam ser atualizadas e corretas e, sempre que recursos artísticos envolvendo cores, formatos e dimensões artificiais forem utilizados, isso deve ser claramente mencionado.

Dessa forma, o livro didático precisa estimular a participação ativa dos estudantes e evitar somente a memorização dos temas, como a prática de decorar fórmulas e definições conceituais (LANGHI; NARDI, 2017). Também é necessário que reflita o papel da ciência, “cujo ensino possibilita a inclusão dos cidadãos em debates que lidem com temas específicos da ciência e da tecnologia, com potencial impacto em suas vidas e trabalho” (SOUZA; ROCHA, 2017, p. 322).

## 2.2 PROGRAMA NACIONAL DO LIVRO DIDÁTICO (PNLD)

O Programa Nacional do Livro Didático (PNLD), de responsabilidade do Ministério da Educação (MEC) criado a partir do decreto nº 9.099, de 17 de julho de 2017, tem a função de avaliar e disponibilizar obras didáticas, pedagógicas, literárias e outros materiais de apoio de uso coletivo ou individual para escolas públicas da educação básica nas esferas federais, estaduais, municipais, distritais e a outras instituições comunitárias e filantrópicas conveniadas com o poder público. Os objetivos do PNLD incluem, entre outros: a melhoria da qualidade do processo de ensino aprendizagem nas escolas públicas de educação básica, estabelecer e garantir um padrão de qualidade do material de apoio utilizado nas escolas, democratização do acesso à informação e cultura e apoiar autonomia, atualização e desenvolvimento profissional de professores (BRASIL,2017).

Além disso, todas as ações, programas, análises dos livros didáticos são guiados pelas diretrizes de respeito ao pluralismo de ideias e concepções pedagógicas, às diversidades sociais, culturais e regionais, respeito à autonomia pedagógica das instituições de ensino, respeito à liberdade, o apreço à tolerância e a garantia de isonomia, transparência e publicidade nos processos de aquisição das obras didáticas, pedagógicas e literárias. (BRASIL,2017),

O PNLD foi criado a partir do decreto nº91.542, de 19 de agosto de 1985, com o objetivo inicial de distribuir livros didáticos aos estudantes matriculados nas escolas públicas de 1º grau. Este programa seria desenvolvido mediante análise e indicação dos livros didáticos por professores da educação básica (BRASIL, 1985).

No entanto, com o passar dos anos o programa sofreu diversas atualizações e adições nos seus parâmetros, objetivos, diretrizes, públicos-alvo, além da atualização das listas de materiais didáticos a serem distribuídos, mudanças estas que incluíram a criação de programas específicos que amparam outras modalidades de ensino, como o Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio (PNLEM) e o Programa Nacional do Livro Didático para a Alfabetização de Jovens e Adultos (PNLA).

## 2.3. SISTEMÁTICA

### 2.3.1. SISTEMÁTICA DE LINEU

Carl Linnaeus (1707–1778) foi um naturalista que revolucionou a taxonomia e nomenclatura botânicas e zoológicas, sendo que seus trabalhos incluem a catalogação de animais e plantas, um sistema binominal e a classificação hierárquica. Em seu sistema, o principal critério para a classificação dos organismos estava baseado no máximo de caracteres que pudessem ser observados para serem usados como base de comparação entre os espécimes que seriam analisados (KLEPKA, 2018).

Os estudos de Lineu renderam a publicação de alguns de seus trabalhos como *Systema Naturae* (1735) onde é catalogado uma série de organismos e minerais; além disso ele introduziu novas abordagens de estudos em relação as plantas, como o sistema sexual dessas, apresentando conceitos como pistilos e estames, em uma época que era debatido se as plantas possuíam ou não sexo, o caráter minucioso demonstrado por Lineu na aplicação das observações que deram origem ao seu sistema persuadiu os críticos (MANKTELOW, 2010).

Em termos de nomenclatura, duas obras de Lineu são reconhecidas como origem da taxonomia botânica e zoológica moderna: sua flora global *Species Plantarum* (1753) e a décima edição de seu *Systema Naturae* (1758), uma vez que elas introduziram um formato binário para nomes de espécies, tanto de plantas como animais, os chamados “nomes triviais”: a combinação de um epíteto para cada espécie com o nome de seu respectivo gênero (MANKTELOW, 2010).

A classificação de Lineu baseia-se em cinco categorias: Classe, Ordem, Gênero, Espécie e Variedades. A própria categoria Reino não estava em questão para ele, uma vez que, segundo o entendimento da época, a natureza só comportaria amostras animais, vegetais e minerais, os três reinos então concebíveis e a partir dos quais Lineu elaborou sua classificação, representada por

uma hierarquia que, partindo da categoria reino, é subsequentemente dividida em “quatro níveis categóricos: classe, ordem, gênero e espécie” (KLEPKA, 2018).

Há um debate acerca do sistema criado por Lineu e seu caráter essencialista. Alguns pesquisadores atribuem o uso do termo essência/essencial por Lineu a uma influência aristotélica, onde os seres vivos teriam um conjunto de características essenciais, e sendo fundamentada na descrição de tipos. Entretanto, alguns autores apresentam uma explicação alternativa, principalmente devido a mudanças no significado de determinadas palavras, que ocorrem ao longo do tempo, afirmando que Lineu não usava características essenciais e imutáveis na classificação dos seres vivos (KLEPKA, 2018).

Outra crítica ao sistema de Lineu é em relação ao seu caráter artificial, ou seja, seu sistema não reflete necessariamente as relações entre os organismos e seu grau de parentesco, algo que ele mesmo reconheceu, sendo preferível um sistema natural a um artificial (KLEPKA, 2018). Além disso, outro ponto se referia à dicotomia existente nesse modelo, porque os seres vivos eram obrigatoriamente classificados como animais ou vegetais.

### 2.3.2 SISTEMÁTICA DE ERNST HAECKEL (TRÊS REINOS)

Ernst Haeckel (1834-1919) foi um zoólogo alemão que introduziu o evolucionismo e o darwinismo na sistemática (SANTOS; RAMOS, 2013). Mesmo em uma época em que o darwinismo era pouco aceito, ele fundamentava o seu sistema na evolução, dispensando qualquer outra teoria como explicação. Inclusive, influenciado por Darwin, é considerado o primeiro biólogo a representar uma “árvore filogenética da vida”. Em seu sistema, Haeckel atribuía aos organismos unicelulares um papel na evolução dos organismos dos outros reinos (Animal e Vegetal), embora não considerasse os que integravam o seu novo reino, Protista, (formado em sua maioria por organismos unicelulares) como ancestrais imediatos dos outros organismos (CORLISS, 1998).

Esse novo grupo, que Haeckel propôs em 1866 como distinto dos reinos tradicionalmente aceitos na época, o Animal e o Vegetal (SANTOS; RAMOS, 2013), conteria organismos em sua grande parte microscópicos e unicelulares que até então eram incluídos nos referidos reinos, classificação que considerava problemática uma vez que, principalmente porque havia organismos que não tinham características mais definidas para classificação como animal ou vegetal, ou ainda, possuíam características dos dois grupos, o que dificultava sua separação. No entanto, Haeckel

não tinha a intenção de dividir os organismos em reinos sem nenhuma relação, visto que, ele acreditava que as plantas e os animais derivam das bactérias (SCAMARDELLA, 1999).

Referindo-se ao estágio blastular de desenvolvimento como a característica definidora de um animal, Haeckel apontava essa característica como a principal diferença entre os protistas e os animais, ao passo em que seu critério de diferenciação permaneceu essencialmente nutritivo no que diz respeito aos vegetais. Ele também reviveu os termos protozoários (“animais unicelulares”) e protófitos (“plantas unicelulares”), considerando esses agrupamentos como sub-reinos do Reino Protista (SCAMARDELLA, 1999).

Haeckel fez diversas mudanças em seu sistema ao longo do tempo, excluindo do grupo Protista a maior parte das algas verde-azuladas (as cianobactérias), as algas macrófitas verdes, marrons e vermelhas e também os fungos, classificando esses organismos como plantas. E embora tenha mantido grande parte das bactérias, a que se referia como Monera, naquele grupo, era consistente em distingui-las dos outros grupos protistas (CORLISS, 1998).

### 2.3.3 SISTEMÁTICA DE COPELAND

O fundamento da reclassificação dos organismos em quatro reinos — Monera (o grupo das bactérias de Haeckel), Protista, Plantae e Animalia — proposta por Copeland (1938) foi a exclusão das bactérias e das "algas azul-esverdeadas" (cianobactérias) do Reino Protista de Haeckel, incluindo-as num reino distinto, o Monera. Copeland considerava tão profunda a diferença entre a organização das células das bactérias e a das células nucleadas que lhe atribuía importância central no seu sistema. Isso resultou em sua escolha de referir-se ao reino Protista como Protoctista e incluir nele tanto protófitos como protozoários: embora o grupo de Haeckel incluísse os mesmos grupos, Copeland considerava a classificação anterior inadequada por incluir, no mesmo táxon, bactérias anucleadas e organismos nucleados (SCAMARDELLA, 1999).

No reino Planta, Copeland incluiu as algas verdes e todas as plantas. Para a classificação desse reino os organismos deveriam demonstrar a presença de clorofila a e b, xantofila, caroteno e a produção de amido. Quanto ao Reino Animal, ele manteve a caracterização, estabelecida por Haeckel, de organismos que apresentam estágio blastular multicelular de desenvolvimento. Entretanto, ele limitou o reino Protoctista a, organismos que possuíam núcleo (multicelulares ou unicelulares), que poderiam ou não ter pigmentos fotossintéticos, diferentes daqueles encontrados nas plantas, porém cujo desenvolvimento não inclui o estágio blastular, o que compreende a protozoários, fungos, algas marrons e algas vermelhas (SCAMARDELLA, 1999).



#### 2.3.4 SISTEMÁTICA FILOGENÉTICA (WILLI HENNIG)

O entomólogo alemão Willi Hennig criticava a visão dos autores de seu tempo. Para esses, o propósito da “sistemática” biológica era classificar os organismos de acordo com sua semelhança morfológica, utilizando um sistema hierárquico para este fim. Porém, para o autor, essa distinção nas bases teóricas entre os sistemas filogenéticos e morfológicos poderiam gerar erros e equívocos graves para o estudo da sistemática (HENNIG, 1965).

Hennig em sua obra “Phylogenetic Systematics” propõe um método objetivo para a reconstrução das relações filogenéticas entre os organismos - a Sistemática Filogenética (ou cladística). Segundo Santos (2018, p. 190): “Henning considerava que o objetivo da sistemática era a criação de um sistema geral que refletisse diretamente os resultados do processo evolutivo.” O novo método partia do pressuposto que o parentesco entre os organismos só poderia ser definido a partir da análise de caracteres derivados, sendo estes necessariamente homólogos entre os grupos a serem estudados. Outro ponto essencial da cladística se refere aos grupos monofiléticos, por serem agrupamentos naturais. Assim as classificações filogenéticas devem incluir apenas esses grupos, já que estes carregam a informação completa da história evolutiva de uma linhagem (SANTOS, 2008). Isto reforçado por Hennig na definição das bases da sistemática filogenética, em que a semelhança morfológica entre espécies não deveria ser considerado um critério na determinação das relações filogenéticas entre espécies. Esse conceito por sua vez deveria ser dividido nos conceitos simpliomorfias, convergência e sinapomorfias, sendo a última usada para estabelecer relações entre organismos (HENNIG, 1965).

Assim o trabalho de Hennig foi revolucionário pois diferente das outras escolas de sistemática, discriminava caracteres primitivos (plesiomórficos) de derivados (apomórficos), estabelecendo relações de parentesco a partir do compartilhamento das apomorfias, já que essas auxiliam na determinação de grupos monofiléticos, essenciais na sistemática filogenética (SANTOS, 2012).

#### 2.3.5 SISTEMÁTICA DE WHITTAKER (CINCO REINOS)

Em 1969, Whittaker propôs um sistema de cinco reinos, criando concomitantemente o reino Fungi. Este novo sistema era baseado em três critérios principais: o nível de organização celular (diferenciação de células procariontes para eucariontes e uni e multicelularidade), modo de nutrição e interações nos ecossistemas (MOREIRA 2014).

Em seu trabalho “New Concepts of Kingdom of organisms” o autor analisa e aponta problemas e limitações dos sistemas de classificação de dois e quatro reinos. Em relação ao sistema de dois reinos, suas críticas se focam na dicotomia entre plantas *versus* animais, críticas que incluem a separação dos organismos por sua capacidade ou não de se moverem, a capacidade ou não de produzir seu próprio alimento, e que essa caracterização não seria suficiente devido ao avanço da microscopia e a descoberta de organismos unicelulares que não seguiam os moldes dos seres vivos até então conhecidos (WHITTAKER, 1969). Assim, segundo Whittaker (1969, p. 163, tradução nossa): “[...] alguns grupos de microrganismos eram considerados do reino das plantas pelos botânicos e ao mesmo tempo do reino dos animais pelos zoólogos.”.

No mesmo trabalho o autor, utilizando como referência muitos outros estudos e teorias das áreas de citologia, evolução e bioquímica, reforça a ideia de que os fungos deveriam ser retirados dos grupos das plantas, inclusive cita outros artigos que também propõem a separação do grupo em um reino próprio (Reino Fungi). Como argumento para separação do grupo, o autor evidencia as diferenças e não homologia entre estruturas reprodutivas de fungos e plantas. Isto, associado ao fato da nutrição dos fungos (baseada na secreção de enzimas para posterior absorção de compostos orgânicos do meio em que vivem) ser muito diferente do presente nas “plantas superiores” (WHITTAKER, 1969).

Uma parte importante da publicação de Whittaker é a ênfase que o mesmo dá ao modo de nutrição dos organismos (fotossintético, absorptivo e ingestivo), sua distribuição nos grupos de seres vivos e quais adaptações evolutivas esses modos de vida resultaram. Por exemplo, a fotossíntese teria implicado na evolução de um estilo de vida sésil com estruturas baseadas em células com parede celular, formando folhas ou lâminas para concentração de células contendo cloroplastos e atividade fotossintética; com raízes que sustentam a planta e vascularização que permite a absorção de água e nutrientes. Já nos animais, a ingestão implicaria a evolução de motilidade, e evolução dos sistemas neural, motor, sensorial e digestivo. Os fungos por sua vez teriam evoluído em um estilo de vida sésil, fixado a um substrato usado como fonte de alimento, entre outras características (WHITTAKER, 1969).

Whittaker propõe então um sistema de cinco reinos baseado em três níveis de organização: o procariótico (Reino Monera), o eucariótico unicelular (Reino Protista) e eucariótico multicelular e multinucleado (Reinos Animalia, Fungi e Plantae). Em cada nível desse sistema haveria divergências em relação aos principais tipos de nutrição comentados anteriormente. O sistema de

Whittaker difere das propostas anteriores pois separava os grupos Monera e Protista em nível de reino, reconhecia filós dentro do reino Monera e propunha ramos evolutivos como agrupamentos entre os sub-reinos e seus respectivos filós. Além de descrever o Reino Fungi, incluindo nessa descrição os filós pertencentes a este reino. (WHITTAKER, 1969).

Posteriormente, Lynn Margulis e Karlene Schwartz publicaram *Five Kingdoms: An Illustrated Guide to the Phyla of Life on Earth*, obra na qual apresentaram uma classificação de cinco reinos baseada em Whittaker (1969). Segundo elas, a razão principal para adoção e expansão desse sistema foi considerá-lo consistente com o conceito da origem das organelas de células eucarióticas por simbiose e com o registro fóssil, a ultraestrutura celular e bioquímica do que o sistema de dois reinos que o precedera (MARGULIS, 1981).

Além de introduzir a ideia simbiogênica para Eukarya, as autoras retornaram as algas multicelulares para o grupo dos protistas, abandonando a definição apresentada por Whittaker, que limitava o grupo a organismos unicelulares com núcleo (RODRIGUES, 2018).

Por outro lado, a Teoria Endossimbiótica Serial, construída em torno da ideia de que as primeiras células eucarióticas surgiram de combinações simbióticas de procaríotos, é bastante consistente com a adoção do sistema de cinco reinos de Whittaker — ao invés da tradicional dicotomia planta e animal — uma vez que a principal contribuição desse sistema foi o ênfase dado às diferenças entre procariontes e eucariontes (MARGULIS, 1981).

Outra alteração no sistema de Whittaker foi no critério de unicelularidade usado para classificar organismos no grupo Protista, que até então era formado pela maioria dos microrganismos eucarióticos e seus descendentes seguintes, apesar de alguns deles serem multicelulares. No entanto, havia para Lynn Margulis uma tendência natural de multicelularidade que ocorreu na maioria dos grupos protistas; baseando-se nisso, ela preferiu o termo Protoctista, pelo fato de que muitos protistas não são unicelulares, mas também não pertencem aos outros reinos (MARGULIS, 1981).

### 2.3.6 SISTEMÁTICA DE WOESE (TRÊS DOMÍNIOS)

A classificação filogenética dos organismos procaríotos pelas técnicas fenotípicas clássicas se mostrava insuficiente, ou até mesmo impossível de se realizar. Assim era necessário para a sistemática bacteriana o estabelecimento de um sistema de classificação que abrangesse toda a

diversidade procariótica. (FOX et al, 1977a). Segundo os pesquisadores americanos Carl Woese e George Fox ,

[...] para determinação de relações filogenéticas, é necessária uma abordagem comparativa que permita medir o grau de diferença entre estruturas comparáveis. Neste sentido, o genoma de um organismo parece ser o registro final de sua história evolutiva. (WOESE e FOX, 1977, p 5088, tradução nossa).

Assim, guiados pelos estudos de Linus Pauling e Emile Zuckerkandl com macromoléculas biológicas capazes de carregar informações, e utilizando a metodologia de sequenciamento de nucleotídeos, Woese e colaboradores sugeriram a utilização dessas moléculas para classificação dos procariotos (FOX et al, 1977a)

Surge então um novo desafio, a determinação de uma molécula marcadora adequada que permita a determinação das relações entre os organismos. O “marcador universal” deveria ser uma molécula de distribuição apropriadamente ampla. Desta forma, o RNA ribossômico (rRNA) tornou-se forte candidato a marcador molecular, por ser um componente de todos os sistemas auto replicantes - podendo ser facilmente isolado; e pela sequência do RNA ribossômico mudar lentamente com o tempo, permitindo assim, a detecção de parentesco entre espécies muito distantes (WOESE e FOX 1977). Além disso os RNAs ribossômicos apresentam regiões hipervariáveis e outras super conservadas, permitindo a definição de parentescos distantes ou próximos entre organismos. Dentre os três tipos de RNA ribossomais existentes (5S, 16S e 23S), o 16S foi escolhido devido ao seu tamanho de aproximadamente 1600 nucleotídeos, tornando-o mais adequado no manuseio experimental e na determinação mais confiável de relações filogenéticas quando comparados aos outros rRNAs. (FOX et al, 1977a).

A metodologia da análise comparativa de rRNAs foi inicialmente testada por Woese e seu grupo de pesquisa na construção de uma taxonomia utilizando algumas bactérias bastante conhecidas. A partir de um método exaustivo e manual, as moléculas de rRNA 16S eram tratadas com enzimas de restrição com a subsequente catalogação e comparação entre as sequências nucleotídicas obtidas para cada um dos organismos estudados. Assim, a partir dos dados obtidos por esse estudo foi possível, utilizando um único marcador molecular, determinar relações de parentesco entre diversas espécies do gênero *Bacillus*. Esse experimento mostrou-se eficaz pois permitiu a utilização do mesmo método para qualquer agrupamento, já que resulta em coeficientes de similaridade diretamente comparáveis entre si. (FOX et al, 1977a)

Este mesmo experimento foi utilizado para a classificação de um grupo de organismos bastante peculiar, os metanogênicos. Esses organismos possuem características únicas: (1) a capacidade de crescer na ausência de oxigênio (anaerobicamente), por meio da oxidação de hidrogênio e redução de dióxido de carbono em metano; (2) ausência de peptidoglicano compondo sua parede celular; (3) presença de padrões incomuns de modificação de bases nitrogenadas em seu RNA transportador em comparação a outros grupos. Essas características, associadas às diferenças obtidas nas análises comparativas de rRNA, indicavam que os organismos metanogênicos formavam um grupo filogeneticamente distinto das bactérias. (FOX et al, 1977b)

Utilizando a análise comparativa de sequências de rRNA 16S e 18S de diversos organismos, Woese e seu grupo de pesquisa separaram os organismos em três grupos: (1) reino primordial (urkingdom) *eubacteria* composto pelas cianobactérias, cloroplastos, bactérias gram positivas e gram negativas; (2) O grupo *urkaryotes*, definido pelo uso do rRNA 18S de eucariotos; (3) o grupo *archaeobacteria*, representado pelas bactérias metanogênicas. A identificação e caracterização dos três “urkingdoms” significaria o início do entendimento da estrutura filogenética do mundo vivo, e este estaria organizado nesses três grupos. (FOX et al, 1977b). Assim, segundo Woese e Fox (1990, p. 4577) “somente no nível molecular podem ser percebidas a divisão do mundo vivo em três grupos”. Onde o grupo das bactérias parece ser mais distante evolutivamente dos outros dois grupos, fato reforçado pela maior semelhança entre moléculas de eucariotos e “archaeobacteria” quando comparadas às bactérias. (WOESE, 1990).

Devido às evidências e estudos citados acima, Woese e seu grupo de pesquisa propõem, em 1990, um nível taxonômico hierarquicamente superior, denominado Domínio, situado acima do táxon de reino, uma vez que as diferenças entre esses três grupos são mais profundas que aquelas comumente associadas à classificação em reinos. Para nomeação de cada domínio foram levados em conta os seguintes pressupostos: manter a continuidade apropriada dos nomes já existentes, implicação de características básicas de cada grupo e evitar o equívoco de que *eubacteria* e *archaeobacteria* (arqueobactéria) são relacionados entre si, como o nome sugere. São propostos assim, os domínios *Bacteria*, *Eukarya* e *Archaea*. Os autores recomendam o abandono do termo “archaeobactéria” (arqueobactérias), já que este sugere incorretamente uma relação específica entre arqueas e bactérias. Dessa maneira, o simples uso dos nomes comuns de bactéria, archaea e eucariotos já mantém implícito o domínio e características de cada um desses organismos. (WOESE et al, 1990). Nesta mesma proposta, também baseada na comparação de moléculas de rRNAs, as arqueas são divididas em dois grupos: (1) *Eury67yarchaeota*: composto

pelas arqueas metanogênicas (antigas bactérias metanogênicas), halófilas extremas e espécies redutoras de enxofre; (2) *Crenarchaeota*: contendo as arqueas termoacidófilas, arqueas dependentes de enxofre e as termófilas extremas (WOESE et al, 1990).

Dessa forma, associado ao advento das técnicas de biologia molecular, a análise de sequências moleculares tornou-se uma poderosa abordagem para determinar as relações evolutivas que abrangem todo o espectro dos sistemas vivos existentes (WOESE e FOX, 1977). Com a mudança nas bases da sistemática, os critérios fenotípicos foram substituídos pelos critérios moleculares, já que as sequências moleculares por sua vez podem revelar relações evolutivas de um modo mais eficiente que a clássica análise fenotípica (WOESE et al, 1990).

#### 2.4. DOMÍNIO *ARCHAEA*

*Archaea* é um grupo único de seres vivos que se tornaram críticos para o estudo e a compreensão dos processos evolutivos que investigam as origens da vida, sua descoberta tendo renovado o debate sobre o curso da evolução das espécies. É um grupo que possui algumas características em comum com as bactérias e os eucariotos, dentre as quais pode-se destacar a maior semelhança com os Eukarya relacionada à maquinaria de replicação, transcrição e tradução do DNA; enquanto que a organização celular — ausência de núcleo e organelas — e os genes associados ao metabolismo são mais semelhantes aos de Bacteria (CAVICCHIOLI, 2011).

No entanto, o domínio *Archaea* é caracterizado por vários traços distintivos. Por exemplo, enquanto que nos lipídios das membranas de bactérias e eucariotos, os ácidos graxos são unidos ao glicerol por ligações éster, os lipídeos de arqueas são compostos por isoprenóides (unidades repetidas de cinco carbonos) ligados ao glicerol-1-fosfato através de ligações éter, ou seja, não possuem ácidos graxos, e apresentam ligações éter entre o glicerol e suas cadeias hidrofóbicas laterais (CAVICCHIOLI, 2011). Além disso, a membrana das arqueas pode estruturar-se em bicamadas ou monocamadas lipídicas, mais resistentes ao calor amplamente distribuídas entre arqueas hipertermófilas, permitindo que esses organismos se desenvolvam em ambientes com temperaturas acima de 80°C (MADIGAN, 2010).

Dentre outras características relacionadas às arqueas está a ausência de peptidoglicano, uma estrutura comumente encontrada em bactérias, porém algumas poucas arqueas possuem um polímero que apresenta certa semelhança ao peptidoglicano, a pseudomureína. Várias espécies possuem uma camada proteica, a camada S, que pode ser o único constituinte do envoltório celular

ou pode estar acompanhada por polímeros, incluindo os polissacarídeos pseudomureína e metanocondroitina (ALBERS; MEYER, 2011).

Em relação ao habitat, as arqueas por muito tempo foram referidas como extremófilas, devido à sua presença em ambientes extremos com respeito à temperatura, pressão osmótica, salinidade e valores de pH. No entanto, essa qualificação é muito limitada, uma vez que membros desse domínio são detectados numa ampla variedade de habitats (MATARAZZO et al, 2012), como, por exemplo esgotos, poços de petróleo, oceanos, no solo — onde desempenham um papel importante na reciclagem de elementos como carbono, nitrogênio e enxofre — e também nos tratamentos digestivos de animais de insetos a mamíferos e em plantas. Nesses vários ambientes, algumas arqueas metanogênicas ocupam nichos mutualísticos como, por exemplo, a interação endossimbiótica com protozoários no sistema digestivo de alguns organismos (cupins e ruminantes) que digerem celulose (DRIDI; RAOULT; DRANCOURT, 2011). As arqueas metanogênicas são integrantes conhecidos da microbiota do sistema digestivo, e por vezes envolvidas em algumas patologias, em relação às quais seu papel exato permanece incerto. (SOGODOGO; DRANCOURT; GRINE, 2019).

## 2.5. CONTEÚDOS DE SISTEMÁTICA E FILOGENIA NOS LIVROS DIDÁTICOS E EM DOCUMENTOS OFICIAIS

A reformulação do ensino médio no Brasil, estabelecida pela Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDBEN) de 1996, regulamentada em 1998 pelas Diretrizes do Conselho Nacional de Educação e pelos Parâmetros Curriculares Nacionais, procurou atender a uma necessidade na atualização da educação brasileira, visando a uma democratização social e cultural mais eficiente (BRASIL, 2018). Em 2014, a Lei nº13.005/2014 promulgou o Plano Nacional de Educação (PNE), que reitera a importância de uma base nacional comum curricular para o Brasil, com o foco na aprendizagem como estratégia para elaborar maneiras propícias para o melhoramento da qualidade da Educação Básica. Posteriormente, em 2017, a LDB sofreu uma alteração, onde a Base Nacional Comum Curricular definirá direitos e objetivos de aprendizagem, conforme as diretrizes do Conselho Nacional da Educação (BRASIL, 2018).

Os documentos curriculares oficiais servem como um programa para o estabelecimento de uma organização e estruturação do planejamento curricular nas instituições de ensino, normatizando os conteúdos de cada disciplina, com o objetivo de orientar as escolas e professores sobre metodologias e assuntos que devem ser expostos e debatidos dentro desse ambiente

educacional. Visando a formação de indivíduos dentro do contexto de sociedade que vivemos, ou seja, não sendo voltado apenas em termos profissionalizantes ou como uma etapa anterior ao curso superior (BRASIL, 2018). Atualmente, o documento obrigatório usado para a elaboração de propostas pedagógicas e dos currículos escolares é a base nacional comum curricular (BNCC).

Esse documento "definirá direitos e objetivos de aprendizagem do ensino médio, conforme diretrizes do Conselho Nacional de Educação, nas seguintes áreas do conhecimento [...]" de acordo com o art. 35-A da Lei nº 13.415/2017. E "a organização das áreas de que trata o caput e das respectivas competências e habilidades será feita de acordo com critérios estabelecidos em cada sistema de ensino" de acordo com o Art. 36 da Lei nº 13.415/2017 (BRASIL, 2018).

As disciplinas da área da ciência da natureza devem contribuir com esses objetivos na educação básica, fomentando não apenas uma compreensão puramente teórica — inclusive as formas de reflexão e expressão características do meio científico — mas, por meio da contextualização do conteúdo estudado e da introdução de novas tecnologias que vêm surgindo, formar estudantes independentes quanto à aquisição de conhecimento, capazes de julgamento crítico e multifacetado, produção original e aplicação prática dos conceitos estudados em diversos contextos (BRASIL, 2018).

O ensino médio precisa garantir o desenvolvimento de competências específicas que são associadas com diversos temas presentes ao longo do ensino médio. Em relação ao conteúdo de sistemática, a competência atribuída está relacionada com o entendimento dos processos evolutivos que originam a diversidade de formas e da classificação em níveis atribuídas a cada organismo, permitindo aos estudantes a contextualização desse conteúdo sobre a importância da preservação dos recursos naturais, a imprevisibilidade de fenômenos e as limitações científicas presentes nesse tema (BRASIL, 2018).

Em conjunto com as competências especificadas pelo documento, há também as habilidades desenvolvidas:

Analisar e utilizar modelos científicos, propostos em diferentes épocas e culturas para avaliar distintas explicações sobre o surgimento e a evolução da Vida; Interpretar formas de manifestação da vida, considerando seus diferentes níveis de organização, bem como as condições ambientais favoráveis e os fatores limitantes a elas, tanto na Terra quanto em outros planetas; Justificar a importância da preservação e conservação da biodiversidade, considerando parâmetros qualitativos e quantitativos, e avaliar os efeitos da ação humana e das políticas ambientais para a garantia da sustentabilidade do planeta (BRASIL, 2018, p. 557).



O objetivo é que, partindo dessas competências e habilidades, os estudantes desenvolvam o conhecimento necessário para a análise de situações-problema, aplicando os saberes científicos em conjunto com as linguagens próprias desses temas. De fato, a facilidade imensa e crescente de acesso à informação, que caracteriza a era digital, torna particularmente necessária a capacidade de analisar com discernimento os diversos temas científicos com que cada estudante se depara. (BRASIL, 2018)

O PCN+, o documento de orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais, busca através de orientações da estruturação curricular em áreas do conhecimento e por sugestões de práticas educativas, ajudar no desenvolvimento do projeto escolar e na organização de temas que serão abordados nas instituições de educação. Essa proposta visa manter os avanços que vêm surgindo no campo da pesquisa educacional conectados com os conteúdos e metodologias utilizados nas escolas, oferecendo um apoio às instituições e professores. Visto que, a implementação de conteúdos e diferentes formas de abordá-los não podem ser só inovadores, mas precisam também ter uma aplicabilidade possível dentro do contexto escolar e social dos alunos (BRASIL, 2018).

O ensino de ciências tem um papel fundamental para o desenvolvimento da linguagem científica e senso crítico não só em relação às questões escolares, mas nas cotidianas também. Para que o indivíduo possa ter informação suficiente em se posicionar diante de temas científicos que impactem nas suas vidas ou temas de seu interesse. Os PCNEM enfatizam que a apropriação e conhecimento de métodos ou conceitos presentes nas diferentes áreas da ciência ajuda na democratização da participação dos indivíduos na sociedade (BRASIL,2018).

O PCN+ também pontua os objetivos relacionados às áreas e temas da disciplina de biologia. Por exemplo, em relação ao tema diversidade os objetivos gerais são baseados na compreensão dos mecanismos que geram a biodiversidade, a influência do ambiente na distribuição dos seres vivos, na caracterização e classificação dos diversos organismos presentes na Terra. Além disso, são comentados pontos contextualizados para serem debatidos como os desequilíbrios ambientais provocados pela ação humana ameaçam a biodiversidade (BRASIL,2018). Em relação aos objetivos específicos são sistematizados alguns como: a construção de árvores filogenéticas para o entendimento das relações de parentesco dos seres vivos, o reconhecimento das principais características dos grupos presentes no sistema de cinco reinos, a importância da sistemática para o estudo da enorme diversidade de organismos e o uso da nomenclatura binominal na taxonomia (BRASIL,2018).

Como citado, um dos principais objetivos do tema de Sistemática e filogenia seria o reconhecimento de características dos representantes de cada um dos cinco reinos. Aqui já existe uma tendência na predominância de ensino do modelo de cinco reinos em relação ao sistema de três domínios. Essa influência de um documento oficial, pode ser um dos fatores que levam aos professores a preferir ou se concentrar mais em um modelo em relação ao outro, mesmo havendo autonomia dos professores para dar ênfase também no sistema dos três domínios.

Assim, embora o documento funcione como uma guia, estruturando a sequência dos temas que serão abordados, os professores precisam ter a discricionariedade para decidir os conteúdos e estratégias a serem abordados ao longo das aulas segundo sua realidade e contexto escolar, adequando os conteúdos para uma melhor aprendizagem por parte dos alunos. (BRASIL,2018).

### **3.OBJETIVOS**

#### **3.1. OBJETIVO GERAL**

Analisar os livros didáticos de Biologia- aprovados pelo Programa Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD2018) - usados em escolas públicas do Distrito Federal, com o intuito de avaliar o tema Sistemática Filogenética, com o foco na abordagem dos conteúdos referentes ao Sistema de três domínios e o grupo *Archaea*.

#### **3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Análise de livros didáticos a fim de identificar e compilar as principais propostas de organização dos seres vivos abordadas nesses materiais didáticos;
- Análise comparativa dos livros didáticos utilizados no ensino público;
- Identificar como o conteúdo de Sistemática Filogenética é estruturado e apresentado nos livros didáticos do ensino médio aprovados pelo PNLD 2018, e se estes estão atualizados com as propostas mais atuais de organização dos seres vivos;
- Avaliar como o Domínio *Archaea* é abordado nos livros didáticos.

### **4. MATERIAL E MÉTODOS**

Os objetos de estudo deste trabalho são os livros didáticos de Biologia aprovados pelo PNLD (2018), onde será analisado o conteúdo de Sistemática filogenética, com enfoque no sistema

de três domínios e domínio *Archaea*. Foram analisados 10 volumes de livros didáticos das coleções aprovadas, organizados na Tabela 1.

**Tabela 1.**Relação dos livros didáticos analisados

<b>Título</b>	<b>Autores</b>	<b>Ano</b>	<b>Edição</b>	<b>Representação</b>
<b>Bio</b>	Sergio Rosso & Sônia Lopes	2016	3ª edição	Livro A
<b>Biologia Hoje</b>	Sergio Linhares, Fernando Gewandszjder & Helena Pacca	2016	3ª edição	Livro B
<b>Biologia</b>	Vivian L. Mendonça	2016	3ª edição	Livro C
<b>Biologia Moderna - Amabis &amp; Martho</b>	José Mariano Amabis & Gilberto Rodrigues Martho	2016	1ª edição	Livro D
<b>Contato Biologia</b>	Marcela Yaemi Ogo & Leandro Pereira de Godoy	2016	1ª edição	Livro E
<b>Biologia</b>				Livro F
<b>Unidade e diversidade</b>	José Arnaldo Favaretto	2016	1ª edição	
<b>Conexões com biologia</b>	Miguel Thompson & Eloci Peres Rios	2016	2ª edição	Livro G
<b>Integralis - biologia: novas bases</b>	Nélio Bizzo	2016	1ª edição	Livro H
<b>Biologia</b>	Cesar da Silva Junior, Sezar Sasson & Nelson Caldini Junior	2016	12ª edição	Livro I
<b>Ser protagonista</b>	André Catani, et al.	2016	3ª edição	Livro J

Fonte: Adaptado de RODRIGUES; JUSTINA; MEGLHIORATTI (2011).

A metodologia utilizada possui abordagem qualitativa que fornece condições para que se possa compreender, decodificar, explicar e, ainda, enfatizar a multiplicidade do campo de pesquisa, realizando essa ampla compreensão por meio do contato direto com a situação investigada (LUDKE; ANDRÉ, 1986). Conforme tal caracterização, é possível identificar que, ao pensarmos em pesquisa qualitativa, tratamos de descrição, de interpretação, de uma busca pela compreensão de situações, de fatos, de fenômenos, de documentos. E é nesse ponto de procedimentos que a Análise de Conteúdo se constitui como pressuposto teórico de análise (LEITE, 2017). Segundo Bardin (2000), este método envolve um conjunto de técnicas de análise das comunicações entre os homens, dentre elas, a da linguagem escrita, por estas serem mais estáveis e constituírem um material objetivo o qual podemos consultar quantas vezes forem necessárias.

Ainda segundo Bardin (1977), a tentativa do analista é dupla: compreender o sentido da comunicação (como se fosse o receptor normal), mas também e principalmente desviar o olhar para uma outra significação, uma outra mensagem entrevista através ou ao lado da mensagem primeira. A autora também sugere as seguintes etapas de análise: pré-análise, exploração do material, tratamento dos resultados, inferência e interpretação.

O que é corroborado por Moraes (1990), que afirma, que é necessário preparação das informações, que consiste na identificação das diferentes amostras de informação que serão analisadas, e o início do processo de codificação dos materiais. A unitarização ou transformação do conteúdo em unidades consiste inicialmente na leitura cuidadosa dos materiais definindo as unidades de análise. É necessária outra leitura dos materiais e identificação dessas unidades; assim como o isolamento e a definição de cada uma das partes das unidades de análise. Após definido essas unidades, têm-se a categorização ou classificação das unidades em categorias, que consiste na classificação ou agrupamento dos dados, considerando características análogas ou não, onde determinados critérios deverão ser considerados. (DAS NEVES; DE OLIVEIRA, [2016](#)). É preciso dar ênfase a uma parte como modo de melhorar a compreensão do todo. Cada categoria de análise passa a constituir uma perspectiva de exame, um direcionamento do olhar dentro do todo (MORAES; GALIAZZI, 2013).

A metodologia utilizada é qualitativa e seu desenvolvimento ocorre por meio do contato direto com o objeto de estudo, objetivando decodificá-lo, compreendê-lo e explicá-lo, porém enfatizando a multiplicidade do campo de pesquisa (LUDKE; ANDRÉ, 1986), razão pela qual a Análise de conteúdo pode ser considerada a base para o processo analítico como um todo (LEITE, 2017). Segundo Bardin (2000), o método consiste num conjunto de técnicas de análise da comunicação, inclusive escrita, selecionadas por sua estabilidade e por produzirem resultados passíveis de revisões reiteradas e objetivas.

Para Bardin (1977), o trabalho do analista é duplo: compreender a comunicação tal como é dada e, principalmente, entrever um significado mais profundo. Assim, ela divide o processo em etapas: pré-análise, exploração do material, tratamento dos resultados, inferência e interpretação. É algo que Moraes (1990) corrobora, apontando a necessidade de preparar as informações, iniciando o processo de codificação com a identificação das amostras. Uma primeira leitura cuidadosa permite então isolá-las como unidades antes de, por meio de uma releitura subsequente, classificá-las em categorias. (DAS NEVES; DE OLIVEIRA, 2016). Enfatizando cada uma das partes e então estabelecendo as diversas categorias como diferentes perspectivas, é possível atingir uma compreensão mais profunda do objeto de estudo como um todo (MORAES; GALIAZZI, 2013).

## **5. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A análise dos livros didáticos foi baseada nas seguintes categorias: 1) Contempla o tema: Sistemática, 2) Sistema de organização adotado pelo livro, 3) Sistemas de classificação alternativos, 4) Imagens e ilustrações, 5) Grau de qualidade dos conteúdos abordados, 6) Abordagem do domínio *Archaea*, sendo essas informações sintetizados na tabela 2.

**Tabela 2.** Critérios utilizados na análise dos capítulos referentes ao conteúdo de Sistemática nos livros didáticos aprovados pelo PNLD 2018.

<b>Livro a ser analisado</b>	<b>Sistema de organização adotado pelos autores</b>	<b>Sistemas de classificação alternativos abordados</b>	<b>Qualidade das imagens e ilustrações presentes</b>	<b>Qualidade dos tópicos: Três domínios e <i>Archaea</i></b>	<b>Possui um tópico específico sobre o domínio <i>Archaea</i></b>
<b>Livro A</b>	Sistema de três domínios (Woese 1977) e, para eucariotos, o Sistema de Baldauf (2008)	Willi Hennig (1966); Whittaker (1969) Swartz e Margulis (1982) Woese (1977) Baldauf (2008)	Adequado	Adequado	Presente. Inclui características reprodutivas. Descreve metanogênicas, halófilas e termófilas extremas.
<b>Livro B</b>	Junção do Sistema de Três Domínios e de cinco reinos de semelhante ao proposto Schwartz e Margulis (autoras não são citadas)	Lineu (1735) Whittaker (1969) Woese (1977)	Adequado	Inadequado	Presente. Relacionando a ambientes extremos em que vivem (extremófilas)

<b>Livro a ser analisado</b>	<b>Sistema de organização adotado pelos autores</b>	<b>Sistemas de classificação alternativos abordados</b>	<b>Qualidade das imagens e ilustrações presentes</b>	<b>Qualidade dos tópicos: Três domínios e <i>Archaea</i></b>	<b>Possui um tópico específico sobre o domínio <i>Archaea</i></b>
<b>Livro C</b>	Cinco Reinos de Schwartz e Margulis (2001)	Lineu (1735) Whittaker (1969) Willi Hennig (1960) Woese (1990) Schwartz e Margulis (2001) Projeto Tree of Life Cavalier-Smith (1998)	Inadequado	Inadequado	Presente. Traz informações atualizadas e completas.
<b>Livro D</b>	Seis reinos	Lineu (1735) Haeckel (1866) Copeland (1960) Whittaker (1969) Woese (1990)	Adequado	Inadequado	Presente. Relacionando a ambientes extremos em que vivem (extremófilas).

<b>Livro a ser analisado</b>	<b>Sistema de organização adotado pelos autores</b>	<b>Sistemas de classificação alternativos abordados</b>	<b>Qualidade das imagens e ilustrações presentes</b>	<b>Qualidade dos tópicos: Três domínios e <i>Archaea</i></b>	<b>Possui um tópico específico sobre o domínio <i>Archaea</i></b>
		Cavallier-Smith (1998)			
<b>Livro E</b>	Classificação de Cinco Reinos de Lynn Margulis e Karlene Schwartz	Aristóteles; Teofrasto; Sistemas de classificação de povos chineses, hindus e mesopotâmicos; Lineu (1735); Hening (1960); Heackel (1866); Copeland (1956); Whittaker (1969); Schwartz e Margulis (2001); Woese (1990); Cavalier-Smith (1998);	Adequado	Inadequado	Ausente. Utiliza o termo arqueobactérias para se referir ao grupo. Restringe o grupo a ambientes extremos. Informações incompletas e com incoerências.



<b>Livro a ser analisado</b>	<b>Sistema de organização adotado pelos autores</b>	<b>Sistemas de classificação alternativos abordados</b>	<b>Qualidade das imagens e ilustrações presentes</b>	<b>Qualidade dos tópicos: Três domínios e <i>Archaea</i></b>	<b>Possui um tópico específico sobre o domínio <i>Archaea</i></b>
<b>Livro F</b>	Seis reinos	Lineu (1735) Haeckel (1866) Woese (1990)	Inadequado	Inadequado	Presente. arqueas são referidas como Arqueobactéria. Relacionada a ambientes extremos em que vivem (extremófilas).
<b>Livro G</b>	Classificação de Cinco Reinos de Lynn Margulis e Karlene Schwartz	Lineu (1735) Sistema de três domínios	Adequado	Adequado	Presente. Arqueas divididas em Halófilas, Termófilas e Metanogênicas.
<b>Livro H</b>	Indefinido	Lineu (1735) Willi Hennig (1960) Whittaker (1969) Woese (1990)	Inadequado	Inadequado	Presente. Relacionando a ambientes extremos em que vivem (extremófilas)

<b>Livro a ser analisado</b>	<b>Sistema de organização adotado pelos autores</b>	<b>Sistemas de classificação alternativos abordados</b>	<b>Qualidade das imagens e ilustrações presentes</b>	<b>Qualidade dos tópicos: Três domínios e <i>Archaea</i></b>	<b>Possui um tópico específico sobre o domínio <i>Archaea</i></b>
<b>Livro I</b>	Indefinido	Lineu (1735) Willi Hennig (1960) Haeckel (1866) Copeland (1956) Whittaker (1969) Margulis e Schwartz (1982) Woese (1977) Aristóteles, Teofrasto,	Inadequado	Inadequado	Ausente. Aborda brevemente o domínio <i>Archaea</i> no tópico sobre a classificação em domínios.
<b>Livro J</b>	Indefinido	Santo Agostinho, Conrad Gessner, Lineu, Willi Hennig (1960), Haeckel (1866),	Adequado	Inadequado	Ausente. Aborda brevemente o domínio <i>Archaea</i> no tópico sobre a classificação em domínios.

<b>Livro a ser analisado</b>	<b>Sistema de organização adotado pelos autores</b>	<b>Sistemas de classificação alternativos abordados</b>	<b>Qualidade das imagens e ilustrações presentes</b>	<b>Qualidade dos tópicos: Três domínios e <i>Archaea</i></b>	<b>Possui um tópico específico sobre o domínio <i>Archaea</i></b>
		Copeland (1956), Whittaker (1969), Margulis e Schwartz (1982) Carl Woese (1977)			

No tópico 1 os livros foram examinados com base na presença ou não dos conteúdos referentes à Sistemática, Taxonomia e organização dos seres vivos. Em relação ao tópico 2, foi evidenciado o sistema de classificação utilizado pelos autores como base para o desenvolvimento dos conceitos e organização dos capítulos subsequentes, e se o autor apresenta argumentos para a adoção de determinado sistema em sua obra. Sobre o tópico 3, foi verificada a presença de teorias ou sistemas de classificação dos organismos, alternativos àqueles adotados pelos autores. As imagens e ilustrações foram contempladas no tópico 4, onde foram analisadas com base na presença de erros conceituais, uso corretos de termos, presença de informações suficientes na representação imagética para a compreensão adequada das mesmas e se haviam imagens referentes ao domínio *Archaea*. Os conceitos apresentados nos livros ficam contemplados no tópico 5, onde foram analisados clareza do conteúdo, presença ou ausência de erros conceituais, definição e utilização adequada de termos, além da atualização e contextualização do tema. Por fim, no tópico 6 foram averiguadas a disposição dos conteúdos referentes ao domínio *Archaea* nos capítulos e a presença de descrições e caracterizações específicas do grupo.

## 5.1 - HISTÓRICO DA SISTEMÁTICA (TEORIAS ABORDADAS)

O Livro A introduz a sistemática apresentando a classificação hierárquica de Lineu e suas regras de nomenclatura das espécies. O capítulo introdutório é baseado na teoria da evolução, que utiliza para contextualizar e explicar a classificação dos organismos. Nesse livro os autores optaram por estudar os seres vivos de acordo com os princípios da sistemática filogenética e, além disso, apontam a diversidade dos seres vivos como resultado dos processos evolutivos.

No decorrer do capítulo os autores deixam claro que serão citadas apenas as classificações mais recentes da sistemática. Ao tratar do Sistema de Cinco Reinos, por exemplo, os autores utilizam-se da junção das propostas de Whittaker (1969) e Margulis e Schwartz (2001), dividindo os organismos em cinco reinos — Monera (bactérias e arqueas), Protoctista, Fungos, Plantas e Animais —, cujas descrições são baseadas na organização celular (uni ou pluricelular), na natureza da célula (eucariotos e procariotos) e no tipo de nutrição (ingestão, absorção e fotossíntese) de cada grupo de organismos. Embora a caracterização dos reinos assemelhe-se, assim, àquelas utilizadas por Whittaker em seu trabalho “New Concepts of Kingdom of Organisms”, os autores evidenciam que essa classificação se encontra em desuso, tendo sido substituída pelo sistema de três domínios.

Já os autores do Livro B citam Lineu como precursor da taxonomia científica. Breve e muito objetivo em sua contextualização, esse livro, diferentemente do anterior, traz apenas três sistemas de classificação dos seres vivos que, com exceção do sistema de Lineu, estão separados em subtítulos durante as unidades. O Sistema de Cinco Reinos (Whittaker, 1969) é apresentado muito brevemente na seguinte frase: “O cientista Robert Whittaker (1924-1980) agrupou os organismos em cinco reinos, com base na organização celular e no tipo de nutrição”. O sistema de três domínios é apresentado de maneira muito satisfatória e relativamente completa em comparação a outros livros analisados, apresentando uma breve descrição e contextualização para cada um dos domínios; os autores inclusive trazem o esquema de árvore filogenética proposta por Woese em 1990.

No que se refere ao Livro C, a autora introduz o tema de classificação dos seres vivos e sua diversidade, determinando o que é um ser vivo e quais são suas características básicas. São revisados os conceitos de composição e tipos de material genético dos seres vivos, as diferenças entre eucariotos e procariotos, os conceitos de mutação, reprodução e seleção natural, dentre outros, em um texto completo e de simples leitura. São abordados pela autora: o sistema de

nomenclatura binomial de Lineu; a Sistemática filogenética de Henning, suas bases e comparações com outros sistemas de classificação dos organismos, além dos impactos desta teoria na Biologia; o sistema de cinco reinos de Margulis e Schwartz; o Sistema de três domínios (seus autores, contexto histórico e conclusões). Além disso, há uma seção exclusiva no livro sobre a constante revisão da sistemática. Nesta seção são apresentadas propostas recentes de classificação como o projeto “Árvore da Vida - *Tree of Life*”, a proposta de seis reinos de Cavalier-Smith entre outras. As teorias de Whittaker, Lineu, Margulis e Schwartz não são descritas no capítulo referente a Sistemática, estas por sua vez, são abordadas no capítulo referente ao reino protista.

No Livro D, os autores caracterizam a sistemática como um dos ramos mais dinâmicos da biologia, apontando Aristóteles como o responsável por elaborar um dos primeiros sistemas de classificação. A seguir, ao apresentar Lineu e abordar a suposta influência da teoria criacionista em seu sistema de classificação, é reforçada a importância da teoria evolucionista de Darwin para a sistemática moderna, visto que esta é baseada no parentesco evolutivo entre os organismos.

Seguindo o capítulo, os autores reservam subtítulos para falar individualmente de alguns sistemas de classificação e os pensadores que os propuseram. Sobre Lineu, traz os nomes das obras em que o autor sintetiza suas propostas e descobertas, descrevem as críticas do autor aos sistemas de classificação vigentes na época, como a utilização do habitat do organismo na classificação do mesmo. Também trazem a classificação de Lineu em táxons hierárquicos e adições posteriores de outros autores a essa classificação, além de descreverem de maneira contextualizada as regras para nomenclatura binomial e sua importância para a biologia.

A Sistemática Moderna é contemplada com um subtítulo no capítulo, onde estão descritos seus objetivos de catalogar e nomear os organismos, compreender os processos que geram a diversidade biológica, além de estabelecer os critérios para organizá-la. A sistemática é usada como base para o desenvolvimento dos conceitos relacionados ao processo evolutivo (homologias evolutivas, divergência e convergência evolutiva, cladogramas, etc). Sobre a teoria de Henning (cladística ou sistemática filogenética) os autores trazem as bases evolutivas e a utiliza para introduzir conceitos de Evolução.

Os sistemas de classificação são explicados, seus contextos históricos e os fatos que levaram à proposição desses diferentes sistemas de classificação. São abordados no capítulo: os sistemas de dois Reinos de Lineu; o sistema de três reinos de Haeckel; os estudos sobre estrutura e organização das células procarióticas, apontados como base para a criação do reino Monera. Trazem também o Sistema de quatro reinos de Copeland e a sua ampliação por Whittaker, com a

adição do reino Fungi em sua proposta; o sistema de cinco reinos (modificada de Whittaker) proposto por Margulis e Schwartz, com a nova organização do reino Protoctista. Por último, o Sistema de três domínios é citado como resultado dos estudos de biologia molecular, porém não são explicadas no capítulo inicial, as bases subjacentes à proposta.

Diferente dos outros livros analisados, os autores do Livro E trazem na abertura da primeira unidade, a importância da classificação e descrição de espécies de plantas e animais na vida, saúde e cultura de povos indígenas brasileiros. O capítulo tem um item específico para o histórico da taxonomia onde explica a classificação conhecida como “Escala da natureza” de Aristóteles, em que os seres vivos eram classificados de acordo com a complexidade de sua “alma”. Tendo em seu nível mais baixo a matéria inanimada, seguido pelas plantas e animais, no nível mais alto estariam os seres humanos, com as mesmas características dos animais, porém dotados de razão. Também são citados o filósofo Teofrasto e seu sistema de classificar plantas com base em seus hábitos de vida.

Outro diferencial deste livro é a abordagem de classificações orientais, como a classificação e nomeação científica de plantas por botânicos chineses datadas desde o século III a.C; o sistema de classificação hindu da classificação do hábito de vida de plantas, além da atribuição de nomes para centenas de espécies animais. São contempladas também as classificações dos povos árabes e mesopotâmicos e suas bases. Sobre Lineu, é atribuída de forma incorreta a autoria da classificação dos elementos da natureza em minerais, animais e plantas em seu trabalho “*Systema Naturae*”, o novo sistema de classificação hierárquica dos organismos e a nomenclatura binomial. Assim, Lineu e sua teoria são utilizados para explicar os conceitos de táxon, as regras de nomenclatura binomial e o conceito de “espécie biológica”. Sobre a sistemática moderna, são abordadas a sistemática filogenética de Henning e seu caráter evolutivo, onde a mesma é utilizada para explicar os conteúdos de anagênese, e cladogênese, construção e interpretação de cladogramas além dos conceitos associados a estes conteúdos.

São abordadas outras teorias de classificação, seus contextos históricos e suas contribuições para a sistemática moderna além de trazerem representações simplificadas de diversas propostas de classificação. O sistema de três domínios de Woese e suas bases são caracterizados brevemente, por fim é abordada a teoria Cavalier-Smith com seus dois domínios (procarioto e eucarioto) e seis reinos (sendo criado o Reino Chromista).

Ao apresentar a sistemática, o livro F relata como os animais eram classificados anteriormente em "com sangue vermelho" e "sem sangue vermelho" sem, no entanto, especificar

que a classificação fora estabelecida por Aristóteles. Além disso, os autores limitam a contribuição de Lineu à classificação binominal, não citando seu sistema hierárquico de classificação dos organismos, afirmando, inclusive, que ele propusera classificá-los somente nos reinos Animalia e Plantae. Porém, Lineu usava o sistema vigente de reinos da época, os reinos: Vegetal, Mineral e Animal.

O texto não é claro. Ao abordar a classificação em reinos, por exemplo, os autores citam Ernst Haeckel, mas só explicam vagamente as razões de sua proposta; tratando a seguir da criação do Reino Monera, fazem isso de forma confusa e sem sequer mencionar seu criador, Herbert F. Copeland. Por fim, quando o texto afirma que Woese, por meio de análises bioquímicas, dividiu os procariontes em dois reinos — Eubacteria e Archaeobacteria —, divisão a partir da qual surgiu a classificação em seis reinos, fica apenas subentendido que ele tinha proposto um sistema de classificação em três domínios — *Archaea*, *Bacteria* e *Eukarya* —, e conseqüentemente não atribui a devida importância à mudança da classificação em reinos para o sistema em domínios; além disso, os autores usam o modelo de Woese como justificativa para a criação do sistema de seis reinos.

Em relação ao Livro G, os autores contextualizam a importância do sistema de classificação para guiar a identificação de novas espécies, o que fazem por meio do questionamento de situações expostas em textos a serem analisados criticamente pelos estudantes. Este foi um dos poucos livros analisados que não só descrevem as classificações de Aristóteles e Lineu como sistemas artificiais, mas também explicam que isso se dá por eles não refletirem a história evolutiva dos organismos. Os autores também apresentam a separação entre animais e plantas como uma dicotomia predominante numa época em que critérios como locomoção eram priorizados, apontando a seguir que essa classificação passou por diversas mudanças ao longo do tempo graças ao surgimento da microscopia e de novas técnicas de análise que permitiram a formulação de novos critérios de classificação, como, por exemplo, a diferenciação entre células procariontes e eucariontes.

Sobre o sistema de Três Domínios, não cita Woese, sendo afirmado que este surgiu pelas dificuldades de agrupar organismos com características tão distintas como bactérias e arqueas, mas não fica claro que arqueas eram classificadas como bactérias.

Já o Livro H, correto em apresentar Lineu como tendo sido influenciado por Aristóteles no desenvolvimento do seu trabalho, comete um equívoco ao atribuir-lhe a autoria do sistema de Três Reinos (Vegetal, Animal, Mineral) e das sete categorias taxonômicas. Seguem-se a isso críticas aos critérios utilizados por ele, principalmente por não possuírem um fundamento evolutivo.

Posteriormente, o autor dedica um tópico para mostrar, de forma contextualizada com o cotidiano, a importância da biodiversidade e como ela se relaciona com a sistemática, além de explicar bem os critérios para classificação de Whittaker em cinco reinos. A obra, no entanto, é superficial quanto aos motivos que levaram Woese a organizar o sistema em três domínios, além de ser vaga em relação aos problemas e descobertas que levaram ao surgimento de novos sistemas de classificação.

De acordo com o Livro I, o sistema de Lineu é apresentado como hierárquico, porém sem citar quais categorias hierárquicas constituem esse modelo, enfatizando que se tratava de uma organização sem bases evolutivas, anterior à mudança de visão na elaboração de novos sistemas devido ao surgimento da Teoria da evolução. Ao descrever o surgimento da classificação em reinos, os autores discutem brevemente as mudanças propostas em cada um deles mas não explicam as questões que levaram a essas mudanças, focando no sistema de cinco reinos de Margulis e Schwartz, em que cada reino é formulado com base em características como o tipo celular e o modo de nutrição, além de oferecer exemplos de organismos de cada um dos reinos.

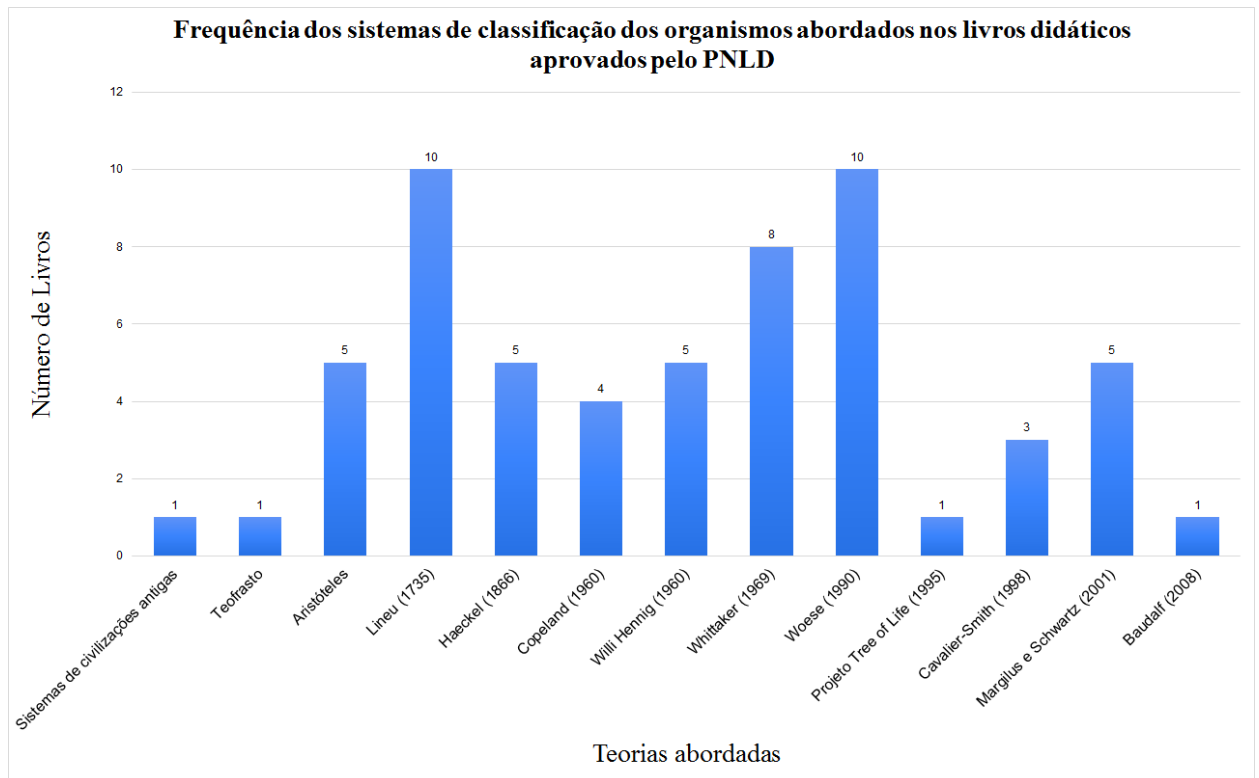
No Livro J, conforme o conteúdo de sistemática é apresentado, também são explicados os critérios para o desenvolvimento dos principais sistemas de classificação criados ao longo do tempo, abordando de forma contextualizada os problemas práticos gerados pelos parâmetros usados nas classificações que surgiram na antiguidade, como o sistema de Aristóteles, e na idade média, evidenciando assim que os critérios artificiais usados nesses modelos não possuem base evolutiva e por isso não refletem a evolução natural dos seres vivos. Contudo, ao indicar diferenças entre características artificiais e naturais, o livro é ambíguo quanto à classificação de Lineu ser artificial ou natural.

O livro também aponta os principais argumentos usados, e críticas aos problemas vistos nos modelos anteriores, por diversos cientistas, como Haeckel, Copeland, Whittaker e Woese, para propor novos modelos de sistema, o que culminou na proposta dos três domínios, além de enfatizar como o avanço da tecnologia foi essencial no desenvolvimento de novos sistemas — por exemplo, a microscopia para o modelo de Whittaker e novas técnicas moleculares para o desenvolvimento da proposta de Woese.

Assim, cada livro aborda o histórico da sistemática de uma forma, onde alguns autores preferem apresentar os principais sistemas desenvolvidos ao longo do tempo e outros escolhem de forma arbitrária abordar determinados sistemas. No gráfico 1 foram sistematizadas a quantidade de livros em que cada uma dessas teorias aparece.



**Gráfico 1. Frequência dos sistemas de classificação dos organismos abordados os livros didáticos aprovados pelo PNLD 2018.**



## 5.2. SISTEMA DE ORGANIZAÇÃO ADOTADO PELOS AUTORES

Os autores do Livro A adotam e utilizam como classificação vigente o Sistema de Três Domínios, no entanto adotando a proposta de Baldauf para os eucariotos – proposta que organiza filogeneticamente grupo em oito: (1) Plantas, (2) Cercozoa, (3) Alveolados, (4) Heterocontes, (5) Discicritados, (6) Excavados, (7) Opistocontes e (8) Amebozoários. Essa classificação foi proposta com base em análises comparativas de sequências proteicas, resultando em uma árvore filogenética representando as prováveis relações de parentesco entre os eucariotos, organizando-os a partir de estudos moleculares.

Eles não são deterministas, tratam a sistemática como um campo em desenvolvimento e com muitos problemas a serem resolvidos, apontam as novidades da classificação dos organismos como a relação de parentesco mais próxima entre arqueas e eucariotos, quando comparados com o grupo das bactérias, e com os fungos sendo um grupo mais próximo evolutivamente dos animais do que das plantas.

O Livro B não especifica o sistema de classificação adotado; sobre o tópico, os autores se restringem a dizer: “Para simplificar, e por falta de consenso na divisão em reinos, vamos incluir

os protozoários e as algas no grupo protista — um grupo sem valor taxonômico”. Podemos supor, com base na classificação do grupo protista, que utilizaram uma junção entre o Sistema de Três Domínios e um Sistema de Cinco Reinos semelhante àquele proposto por Schwartz e Margulis, embora essas autoras não sejam citadas.

A autora do Livro C refere-se à classificação dos organismos como um assunto polêmico em que há pouco consenso entre a comunidade científica, razão pela qual reserva uma seção exclusiva para discutir a constante revisão da classificação dos organismos. Ela explicita que a teoria adotada na obra é baseada na proposta de cinco reinos feita por Lynn Margulis e Karlene Schwartz (2001), porém sem utilizar o termo Protocista para se referir ao reino, conforme sugerido pelas autoras, mas sim Protista, com a justificativa de ser mais aceito pelos pesquisadores.

No livro D é adotada a divisão dos organismos em seis reinos: *Plantae*, *Animalia*, *Protocista*, *Fungi*, *Bacteria* e *Archaea*. Dada a quantidade de reinos e a escrita característica do reino Protocista, podemos concluir que o sistema adotado pelo livro é, ou baseia-se, na proposta das biólogas Lynn Margulis e Karlene Schwartz — a mesma adotada no Livro E.

O Livro F adota o sistema dos Seis reinos (Eubacteria, Archaeobacteria, Protista, Fungi, Plantae e Animalia) sem, no entanto, especificar o autor ou fonte desse sistema e nem o motivo para sua adoção.

A classificação em cinco reinos, adotada no livro G, vem da proposta de Lynn Margulis e Karlene Schwartz. Segundo o autor, esse modelo teria sido escolhido não com vistas a encontrar o melhor sistema de classificação, e sim entender as bases da classificação de organismos.

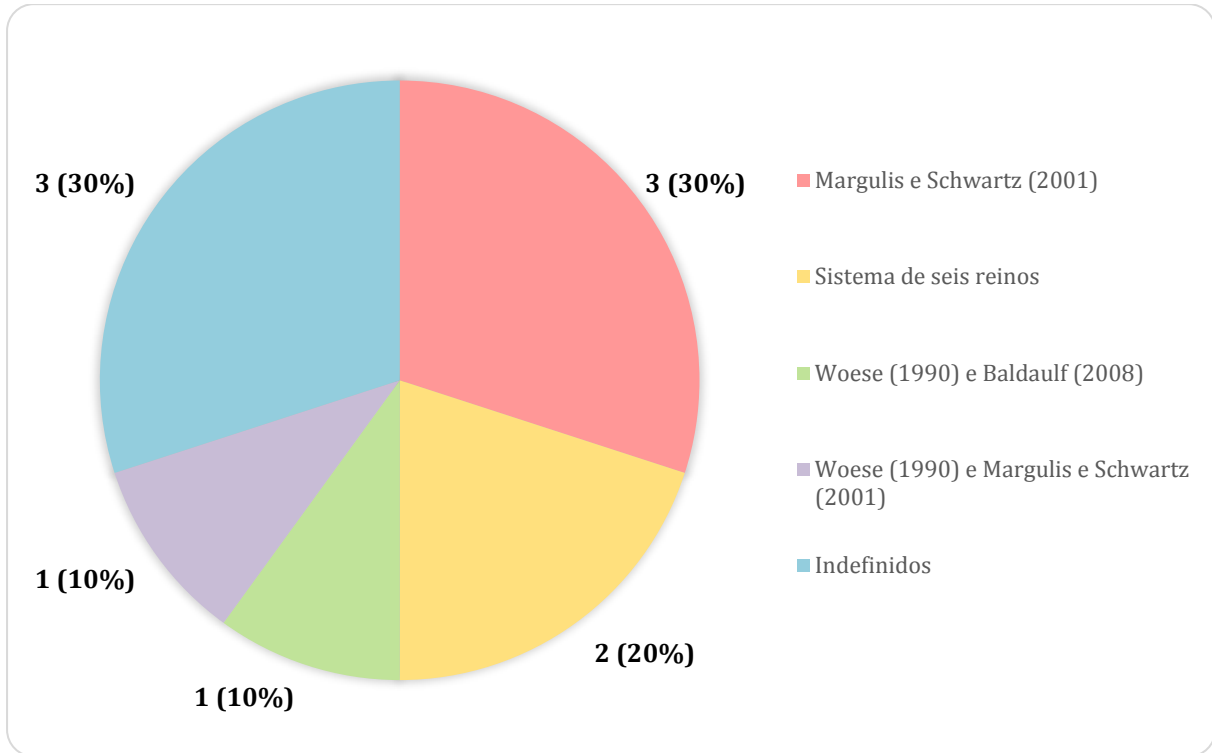
Nos livros J, H e I, não é especificado qual sistema de classificação é adotado pelos autores.

O sistema de Margulis e Schwartz foi o mais adotado pelos autores dos livros didáticos analisados. O sistema de três domínios por sua vez, foi adotado em apenas dois livros, estando em ambos, associados a outro sistema de classificação.

Alguns autores decidiram adotar um sistema de seis reinos, composto pelos cinco reinos propostos por Whittaker e Margulis e o “Reino *Archaea*”. Essa classificação é incorreta pois rebaixa o domínio *Archaea* a táxon inferior.

Em três livros didáticos não é dito qual sistema de classificação foi adotado. Os sistemas adotados pelos livros didáticos foram compilados no gráfico 2.

**Gráfico 2.** Teorias adotadas nos livros didáticos de biologia aprovados pelo PNDL (2018).



### 5.3. ABORDAGEM DO CONTEÚDO

O Livro A aborda o problema dos termos taxonomia e sistemática serem tratados como sinônimos, citando alguns estudos que consideram a taxonomia como o trabalho de apenas nomear e descrever espécies e suas características. O termo sistemática é definido como um campo amplo que inclui a taxonomia e o estudo das relações evolutivas entre os organismos. Neste capítulo, os conceitos importantes relacionados aos conteúdos de evolução (como a interpretação de cladogramas) e nomenclatura binomial por exemplo, são contextualizados utilizando as teorias de classificação Lineu e Henning respectivamente. Os autores deixam claro que a sistemática é uma área em modificação, e que essa dinâmica sempre esteve presente na história da biologia. Apresentam a sistemática clássica e a sistemática filogenética como duas formas distintas de classificação, em que a última teria surgido pela necessidade de estabelecer critérios mais rígidos como a presença de um ancestral comum em um táxon. Reforçando a importância da evolução para a compreensão da organização dos seres vivos e suas relações.

O Livro B os termos como “taxonomia” e “filogenia” são simplificados e diretos. Além disso, explica corretamente o termo Sistemática e contextualiza bem suas aplicações com exemplos atuais. O mesmo ocorre na explicação dos cladogramas, com conceitos associados descritos de forma completa, exemplificada e contextualizada.

No Livro C, a conceituação de Sistemática é clara e objetiva e a sistemática filogenética de Henning é explicada e comparada com a de Lineu, tendo como exemplo a organização do grupo dos peixes. O volume contém alguns equívocos, como a omissão do grupo das arqueas no quadro dos representantes do reino Monera, onde só estão contempladas as bactérias e as cianobactérias. As arqueas, por sua vez, são comentadas no texto, porém algumas figuras contém o termo arqueobactérias, já em desuso. Contudo, os conteúdos de montagem de cladogramas e os conceitos apresentados no capítulo introdutório, comentado no item 4.2, são claros, objetivos e sem erros conceituais aparentes.

Os conceitos do Livro D são explicados de maneira clara, contextualizados e sempre acompanhados de exemplos. O termo taxonomia é introduzido de maneira individual e bem completa, o mesmo ocorre na conceituação de sistemática. Os autores deste livro evitam resumir em excesso os temas abordados. Além disso, a importância dessa área é muito reforçada durante a leitura do capítulo.

O Livro E frequentemente utiliza exemplos incomuns, quando comparados aos dos outros livros analisados, relacionando a biologia a aspectos culturais, como ao tratar da classificação dos seres vivos por comunidades indígenas, de seu uso e importância cultural para esses povos, além de, por outro lado, evidenciar a influência dos povos indígenas na nomenclatura popular dos seres vivos. Também foi um dos poucos livros a trazer informações sobre classificações orientais, tema cuja abordagem geralmente limita-se a pensadores e teorias ocidentais de classificação dos organismos.

No livro F são apresentados termos como biodiversidade e taxonomia, mas esse último fica um pouco vago ao ser explicado apenas como "...determina as regras da classificação dos seres vivos". Outro problema é o uso da nomenclatura arqueobactéria para se referir as arqueas, este é um termo inapropriado que pode gerar uma conclusão errada sobre a relação entre os organismos dos domínios *Archaea* e *Bacteria*.

O Livro G é bem contextualizado, apresentando problematizações para o desenvolvimento do pensamento crítico em alguns temas como a importância da Sistemática. Embora defina e contextualize o termo "biodiversidade", ignora tanto "taxonomia" como "táxons". Ao conceituar o tema da sistemática, o conecta com a teoria da seleção natural, evidenciando a importância da área da evolução para o entendimento da Sistemática filogenética.

Outro livro que procura contextualizar os temas expostos é o livro H que, no entanto, não define bem os termos taxonomia e sistemática, dando a impressão de serem sinônimos,

confundindo-os durante o texto. Em relação à biodiversidade, embora bem contextualizada nos textos, não é bem definida, sendo abordada de uma forma geral. O livro também problematiza a visão não evolutiva de Lineu para explicar importância de uma base evolutiva, conectando com o tema a explicação do conceito da árvore filogenética, define bem o seu conceito e apresenta um exemplo.

O Livro I, ao contrário, define bem taxonomia e sistemática mas não deixa claro a importância dos estudos da área de taxonomia. Assim, não há contextualização dos conteúdos, que acabam por serem apresentados de forma fragmentada. Consequentemente, a forma como o assunto é apresentado não desperta uma visão crítica por parte do estudante durante a leitura, sendo a memorização conceitual predominante ao longo dos textos.

No Livro J, o termo taxonomia também é bem caracterizado, sendo explicada a importância dessa área no estudo da biodiversidade. O texto então aborda a “sistemática filogenética” e a “sistemática clássica”, distinguindo-as, antes de conectá-las ao conceito de homologia, que é apresentado de forma contextualizada. Em relação à classificação dos organismos, o livro enfatiza que a sistemática não é uma área estática e que continua sofrendo mudanças em razão dos avanços de novas técnicas, exemplificando essa mutabilidade ao mostrar as alterações na classificação em Reinos ao longo do tempo e os pontos problemáticos que levaram a mudanças, e, consequentemente, à proposição de novos modelos, como a classificação em Domínios.

#### 5.4. DOMÍNIO *ARCHAEA*

Dentre as obras analisadas, o Livro A é um dos que mais trazem informações sobre o grupo das arqueas, que os autores esclarecem serem evolutivamente mais próximas dos eucariotos que das bactérias, enfatizando que as arqueas não são bactérias, razão pela qual a utilização do termo “arqueobactérias” foi abandonada. É dito que não são conhecidas espécies patogênicas, mas há espécies em mutualismo e mesmo comensalismo com eucariontes, a composição da parede celular varia nas diferentes espécies, podendo ser composta, por exemplo, de polissacarídeos complexos associados a proteínas, sem a presença de peptidoglicano, ou mesmo inexistente. O livro também apresenta diversas informações sobre as características estruturais e fisiológicas das arqueas, dentre estas, o modo de reprodução por bipartição e a importância das arqueas no desenvolvimento da técnica de PCR, porém focando em seus grupos principais: metanogênicas, halófilas e termófilas extremas.

No Livro B, cujos dois primeiros capítulos dedicam, respectivamente, um parágrafo e um subtítulo ao domínio *Archaea*, os autores contextualizam as bactérias e arqueas segundo diferentes propostas, apontando que em classificações anteriores estas formavam um único grupo, o das arqueobactérias. Sobre as arqueas, explicam simplificadaamente as características que distinguem seu grupo dos outros dois domínios, além de conceituar os subgrupos das halófilas, termófilas e metanogênicas.

Embora a obra, seja uma boa introdução ao grupo e mencione a importância das arqueas (por exemplo, para a obtenção de enzimas resistentes a condições normalmente não suportadas, com aplicações que vão desde a produção de detergentes ativos em água quente ou meio ácido, a técnicas de isolamento de DNA), os autores pecam por limitar a caracterização do grupo a informações generalizadas e pouco aprofundadas — e embora deem a entender que o grupo não é exclusivo de ambientes extremos, afirmando que: “...*muitas arqueas vivem em condições extremas de temperatura, de salinidade ou de pH ...*”, porém em nenhum momento apresentam exemplos de arqueas de ambientes não extremos.

Além disso todas as informações sobre nutrição, reprodução e estrutura celular presentes no capítulo ficam restritas às bactérias, cianobactérias e vírus. Assim, as arqueas são pouco caracterizadas se restringindo a informações gerais, e pouco específicas e/ou aprofundadas, como pode ser visto pelo seguinte trecho: “*Porém, em razão da composição da parede celular e de outras características bioquímicas exclusivas desse grupo, atualmente são classificados em domínio próprio.*”

No Livro C há discrepâncias entre texto, esquemas e quadros que tratam do Domínio *Archaea*. Por exemplo, na figura da árvore filogenética representando a proposta de Margulis e Schwartz adotada pela autora, as arqueas são erroneamente agrupadas às Eubactérias (bactérias e cianobactérias) dentro do Reino Monera.

O livro não restringe as arqueas a ambientes extremos e explica brevemente a história da descoberta do grupo e, embora em algumas partes empregue um termo em desuso, “arqueobactérias”, enfatiza que as arqueas são mais próximas evolutivamente dos eucariotos do que das bactérias. Há também uma breve descrição de arqueas de ambientes extremos de salinidade, temperatura e anaerobiose, porém sem citar os nomes dos respectivos grupos. Por outro lado, todas as informações sobre estrutura celular, morfologia, metabolismo e reprodução presentes no capítulo são referentes ao grupo das bactérias, cianobactérias e vírus, sem informações semelhantes para o domínio *Archaea*.

O Livro D apresenta a mesma limitação: não só restringe as informações supracitadas ao grupo das bactérias, mas ao distingui-las das arqueas, o texto afirma apenas que as diferenças entre os grupos residem na organização e funcionamento de seus genes — embora deixe claro ser mais próximo o parentesco evolutivo entre *Eukarya* e *Archaea* que entre *Bacteria* e *Archaea*. Além disso são comentados os grupos das arqueas termoacidófilas, halófilas, metanogênicas e arqueas de ambientes frios, essas informações não são aprofundadas no livro, limitando-se a características básicas dos ambientes onde esses organismos vivem.

O livro E não apresenta qualquer informação específica sobre a nutrição, estrutura ou metabolismo das arqueas, definindo-as apenas como organismos capazes de suportar condições extremas e procariotos com parede celular diferente das que são encontradas nas “Eubactérias” e capazes de suportar condições extremas. Outro problema encontrado no livro é o uso do termo “arqueobactérias” tanto para se referir ao domínio quanto aos seus representantes.

Para o autor do livro F, o domínio *Archaea* é onde estão as arqueobactérias, que diferem das bactérias principalmente por sua parede celular não possuir peptidoglicano — estrutura que, no entanto, não é explicada. As arqueas são apresentadas, basicamente, como extremófilas, sendo citadas arqueas metanogênicas, halófilas e termófilas, seguidas do tipo de ambiente onde são encontradas. Contudo, por mencionar somente ambientes extremos, as arqueas podem ser entendidas como exclusivas desses ambientes.

Já o tópico sobre arqueas, no capítulo Reino Monera do livro G, não passa a ideia de serem organismos extremófilos, já que exemplifica outros ambientes, como solo e água, além de superfícies de alimentos (carnes) conservados em sal e estações de tratamento de esgoto, contextualizando as Halófilas e as Metanogênicas, respectivamente, e aproximando o tema do nosso cotidiano. Outro tópico, sobre a importância dos procariontes e, especificamente, a importância das arqueas na indústria, explica várias aplicações envolvendo características e produtos metabólicos únicos desses organismos, o que torna mais fácil compreender e distinguir esses organismos.

O livro H contém pouca informação sobre arqueas, abordadas como extremófilas e relacionadas a ambientes de altas temperaturas e salinidade, além de serem apontadas como resistentes à radiação do espaço e diferenciadas das bactérias por terem o RNA ribossomal diferente. Embora a obra também inclua um tópico sobre biorremediação de bactérias e arqueas, ele não inclui exemplos envolvendo arqueas.

Outro livro que aborda pouco o domínio *Archaea* é o livro I, que não possui um tópico dedicado a esse grupo, a propósito como extremófilo. O autor cita um fato interessante, que arqueas são mais próximas evolutivamente de eucariontes do que de bactérias, porém não o explora, muito embora pudesse tê-lo conectado com a classificação antiga das arqueas como bactérias e explicado porque são mais próximas dos primeiros.

No Livro J o Domínio *Archaea* não possui um tópico, sendo exposto conforme é abordado o sistema de três domínios. Um ponto positivo é que o livro não limita o grupo a condições extremas, além de apontar o fato de ambientes com altas temperaturas, salinidade e acidez, serem comuns na terra primitiva e que por isso as arqueas foram denominados como microrganismos antigos — erroneamente, já que são encontradas em diversos ambientes e são mais recentes do que se acreditava.

### 5.5. ANÁLISE DE IMAGENS

O Livro A inicia o capítulo sobre Evolução e classificação dos organismos com uma ilustração da árvore filogenética de todos os grupos de organismos conhecidos — bactérias, arqueas, os grupos coletivamente chamados de protistas, plantas, fungos e animais — e, no ponto central da figura, a origem da vida. Porém, mesmo sendo uma representação artística, a figura situa os seres humanos no ramo final, na parte mais alta dessa árvore filogenética circular. Tal posicionamento transmite uma ideia de progresso, dando a ideia de que a espécie humana seria a mais evoluída. Os cladogramas apresentados são adequados e baseados no fato de eucariotos e arqueas serem mais próximas evolutivamente em comparação ao domínio *Bacteria*. O livro, no entanto, não contém ilustrações, micrografias ou figuras de quaisquer representantes do domínio *Archaea*, mas apenas dos ambientes em que são encontradas — limitando-os a condições extremas, como fontes termais e altas concentrações de sal, o que reforça a ideia de arqueas como extremófilas.

O Livro B apresenta a árvore filogenética dos Três Domínios proposta por Woese em 1990, porém modificada com a inserção e a indicação dos reinos que compõem o domínio *Eukarya* e a inclusão de cloroplastos e mitocôndrias, no domínio *Bacteria*, de acordo com a teoria endossimbiótica, além da caracterização dos domínios como procarióticos ou eucarióticos. O livro, contudo, não inclui imagens ou ilustrações de quaisquer representantes do domínio *Archaea*.

O Livro C opta pela árvore filogenética proposta por Margulis e Schwartz, que, embora correta, usa um termo em desuso, “arqueobactérias”, para referir-se ao grupo das arqueas. A obra



também não apresenta imagens ou ilustrações de representantes do domínio *Archaea*, porém inclui uma figura em miniatura de um microrganismo filamentoso, sem, no entanto, identificar qual organismo a imagem se refere, ao indicar o domínio *Archaea*.

O Livro D, que inclui uma fotomicrografia de *Pyrococcus furiosus*, uma espécie de archaea termófila, apresenta uma árvore filogenética dos três domínios semelhante à proposta por Woese para nomear os domínios em seu esquema, contudo, os autores empregam os termos “Bactéria”, “Arquea” e “Eucarionte”, enquanto que nomenclatura correta seria “*Bacteria*”, “*Archaea*” e “*Eukarya*”. Por fim, o livro contém uma tabela com todos os 8 sistemas de classificação citados no capítulo, incluindo, para cada um, o nome de quem o propôs, o ano em que foi proposto, o número e a nomenclatura dos reinos (ou domínios) que o compõem.

O Livro E traz uma imagem que consiste em quadros com diversas ilustrações que conceituam e exemplificam as categorias hierárquicas da mais abrangente para a mais específica utilizando como exemplo base uma espécie de tubarão. Os autores trazem representações gráficas simplificadas de diversas propostas de classificação e suas características, trazem também esquemas explicativos das características de todos os reinos biológicos. Porém os autores somente utilizam o termo “arqueobactérias” para se referir ao domínio *Archaea*, não são mostradas imagens ou figuras de nenhum representante deste domínio.

O Livro F representa uma árvore filogenética simplificada dos três domínios e dos reinos, que os autores nomeiam como Eubacteria, Archaeobacteria, Protista, Fungi, Animalia e Plantae. O mesmo esquema contém a única ilustração do grupo *Archaea* presente no livro, porém apresentando uma morfologia típica de estreptococos e sem incluir uma legenda indicando a espécie utilizada como base para a ilustração.

O Livro G apresenta uma árvore filogenética do reino Animalia, que os autores usam para explicar os componentes básicos de um cladograma e seus conceitos associados, e também uma árvore filogenética construída com base na proposta de Woese, baseada na análise de sequências de RNA ribossômico. Este esquema também inclui subgrupos para cada domínio e uma tabela comparativa com as principais diferenças entre características estruturais, genéticas e de metabolismo dos três domínios. O fato do domínio *Archaea* incluir diversos gêneros revela uma qualidade da obra: uma rara caracterização individual desse domínio, abordagem que nos outros livros analisados geralmente limitou-se aos outros domínios. Outra figura importante se refere a um quadro contendo uma árvore filogenética dos cinco reinos biológicos, incluindo representações gráficas de diversos grupos e espécies que compõem cada reino, além da caracterização desses

grupos quanto à natureza da célula (procariótica ou eucariótica), sua organização (pluricelular ou unicelular) e seu modo de nutrição. O esquema está associado a uma tabela na qual os reinos são caracterizados quanto aos hábitos de vida de seus integrantes e os ambientes que habitam, além de exemplificá-los. A obra também inclui uma micrografia da arquea termófila *Pyrococcus furiosus*.

O Livro H, ao explicar o sistema de cinco reinos, inclui a figura de árvore filogenética organizada em eixos referentes aos três tipos de nutrição elaborada por Whittaker em sua proposta de cinco reinos, onde estão representados nomes de diversos filos dentro de cada reino. Os autores, entretanto, não descrevem, caracterizam e nem citam quaisquer desses filos, além de omitir as linhas que Whittaker usou para delimitar os grupos em favor de um esquema de cores — verde para o Reino Monera e rosa para todos os outros — o que torna o esquema confuso, sendo agravado pelo uso de vários termos desconhecidos que não são abordados no capítulo.

De forma geral, as figuras representadas no livro H contém alguns equívocos, por exemplo o uso dos termos “bactérias extremófilas” e “bactérias metanogênicas” para referir-se aos organismos do domínio *Archaea*” e a obra também não apresenta imagens, figuras ou ilustrações de qualquer representante do domínio.

O Livro I não apresenta figuras representando árvores filogenéticas de qualquer sistema de classificação dos organismos ou imagens referentes ao domínio *Archaea*.

O Livro J, por fim, inclui árvores filogenéticas de grupos variados e também uma representando a proposta de três domínios e associada a uma escala de tempo geológico que reforça o fato do domínio *Archaea* ser evolutivamente mais próximo de *Eukarya* do que *Bacteria*. A obra, entretanto, também não apresenta imagens referentes ao domínio *Archaea*.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho teve como finalidade analisar o conteúdo de sistemática, com enfoque no sistema de três domínios e domínio *Archaea*, nos livros didáticos aprovados pelo PNLD 2018 como adequados e sugeridos para o ensino médio público brasileiro, objetivando o levantamento de dados qualitativos desse tema e a análise crítica dessas informações.

A categoria de análise referente aos sistemas de classificação adotados pelos autores varia entre os livros analisados. À adoção ou não de teorias significam como os organismos são agrupados e as relações filogenéticas implícitas determinadas por cada um dos sistemas, além de representarem em alguns livros o modo de organização estrutural dos capítulos e unidades. Em quatro dos livros selecionados, o sistema de classificação adotado é o de Margulis e Schwartz. Os únicos livros que dizem adotar o sistema de três domínios são os livros A e B, onde em ambos os casos são utilizados em associação a outros sistemas de classificação. Alguns livros não deixam clara a adoção de qualquer sistema de classificação, nestes a organização dos capítulos fica é feita com base em filós. Sendo que, em apenas dois livros é utilizado um sistema de seis reinos, onde o sexto reino representa o grupo das arqueas.

Percebe-se em todos os livros, independente da teoria adotada, a organização dos capítulos e características dos seres vivos são semelhantes àquelas realizadas por Whittaker, baseadas na estrutura celular e meios de obtenção de energia. Este tipo de organização facilita a transmissão das informações, pois proporcionam o entendimento dos grupos individualmente, baseando-se em sua estrutura e organização celular, tipos de nutrição e reprodução. Tal organização permite a maior possibilidade de contextualização dos conteúdos e conexão entre diferentes temas por parte dos autores, além da melhor assimilação das informações pelos estudantes. Mesmo que o sistema de cinco reinos seja uma boa ferramenta para descrever os grupos de organismos, para determinação de relações filogenéticas e para estudos evolutivos, esse sistema torna-se

insuficiente, pois não leva em consideração os estudos moleculares que dividiram o mundo vivo em três domínios.

O livros G, C, I utilizam o sistema de cinco reinos e seus termos durante seus capítulos, empregando o termo “Monera”, porém este reino não pode ser considerado um táxon filogeneticamente válido, tanto por não ser monofilético, quanto por incluir em um único nível hierárquico (reino) dois níveis superiores (domínio) com organismos completamente distintos (arqueas e bactérias). Essa questão já havia sido levantada por Woese, já que o sistema de cinco reinos ignora o fato das diferenças entre os organismos dos dois domínios procarióticos serem muito mais significativas entre si, do que as diferenças entre os outros quatro reinos. Associado com as frequentes controvérsias referentes ao caráter polifilético do reino chamado “Protista ou Protoctista” e seus representantes, faz com que a teoria de cinco reinos não seja a mais adequada quando colocada a luz dos estudos mais recentes de biologia molecular e evolução.

O Sistema de três domínios é abordado em todos os livros didáticos analisados, porém a profundidade, atualização e coerência das informações varia muito entre eles. A grande maioria cita o nome Carl Woese como autor desta proposta. No entanto, o contexto histórico, motivações e bases dessa teoria não são bem caracterizados, visto que, em metade dos livros analisados é afirmado que, a separação dos organismos em domínios foi proposta com base em análises comparativas de sequências de RNA ribossômico. Contudo, na outra metade, os critérios apresentados para explicar a proposição deste sistema variam entre: análises bioquímicas; análises moleculares; diferença entre paredes celulares e a dificuldade em agrupar as bactérias e arqueas em um só grupo. Porém, nenhum desses critérios é explicado, dificultando o entendimento da proposta por professores e estudantes.

O domínio *Archaea* é abordado em todos os livros, no entanto, as informações são genéricas, sendo um grupo pouco caracterizado nestas obras. Na maioria das obras, as arqueas dividem o capítulo com o domínio *Bacteria*, assim as informações sobre meios de obtenção de energia, estrutura celular, reprodução, ecologia, ficam restritas ao grupo das bactérias. A maioria dos livros, ao descrever o grupo, as relaciona a ambientes extremos, assim é comum encontrar a descrição do domínio associada a simples descrições dos ambientes de origem das primeiras arqueas estudadas. Poucos livros trazem exemplos de arqueas em outros ambientes, podendo ser entendidas como exclusivas de ambientes extremos. A restrição do domínio *Archaea* a estes ambientes, além de reduzir a grande diversidade do domínio, revelada pelos recentes avanços nos estudos de biologia molecular, também perpetuam erros conceituais relacionados à história

evolutiva do grupo, seus reais papéis nos ecossistemas terrestres, as relações com outros organismos e conseqüentemente com a espécie humana.

O termo arqueobactéria ainda é usado erroneamente por alguns autores, tanto durante o texto, quanto nas imagens e esquemas do capítulo. Porém alguns autores reconhecem e reforçam o uso da terminologia correta para se referir ao grupo. A utilização deste termo já havia sido desaconselhada, com a concomitante substituição do termo para *Archaea* (arquea) tanto para o domínio quanto seus representantes, por Woese em sua proposta oficial do sistema de três domínios. A utilização do termo “arqueobactérias”, como reforçada pelo autor, sugere uma relação equivocada entre bactérias e arqueas, implicada pela semelhança entre os termos.

A pouca informação presente nos livros sobre as arqueas é refletida nas imagens, onde a maioria possui árvores filogenéticas relacionadas aos três domínios, mas apenas um livro traz uma micrografia de uma arquea. Assim, as imagens utilizadas para ilustrar o domínio se resumem a fotos dos ambientes extremos em que algumas são encontradas. Em relação às árvores filogenéticas, é utilizado como base o cladograma proposto pelos autores do sistema de três domínios variando apenas na estética e quantidade de informações adicionais, como por exemplo, a adição de alguns grupos pertencentes a cada um dos domínios. A utilização deste cladograma auxilia no entendimento das relações evolutivas entre os organismos, além de reforçar o fato de as arqueas serem evolutivamente mais próximas dos eucariotos do que das bactérias.

Percebemos que os conteúdos de sistemática são abordados de maneira muito diferente entre todos os livros analisados, são encontradas tanto descrições ligadas a história da ciência, quanto estruturados individualmente para cada sistema de classificação. Essa diversidade de estruturação e organização dos capítulos das obras analisadas pode estar relacionada com a dinâmica constante na área sistemática, desde o surgimento dos primeiros sistemas de classificação do mundo vivo. Reforçamos a necessidade de revisão das obras que utilizam termos equivocados e em desuso; a reestruturação dos conteúdos referentes ao domínio *Archaea*, que se encontram muito simplificados, a fim descrevê-las com informações atuais referentes a sua estrutura e organização celular, metabolismo e relações ecológicas, para que possam ser desassociadas da ideia de serem exclusivos de ambientes extremos.

Devido ao caráter dinâmico da sistemática, cabe aos autores de livros didáticos e aos professores a atualização de seus materiais em concordância aos estudos mais recentes da área, visto que a sistemática contemporânea tem utilizado principalmente critérios como análises

comparativas de sequências entre e outras análises moleculares, que por sua vez são pouco abordados em livros didáticos de nível médio.

## 7. REFERÊNCIAS

- ALBERS, S.V.; MEYER, B.H. The bactl cell envelope. **Nature Reviews Microbiology**, n. 9, p. 414-426. 2011.
- AMABIS, José Mariano; MARTHO, Gilberto Rodrigues. **Biologia Moderna Amabis & Martho**. 1. ed. São Paulo: Moderna, 2016.
- BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1977.
- BIZZO, Nélio. **Biologia**: Novas bases. 1. ed. São Paulo: IBEP, 2016.
- BRASIL. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**. Lei nº 13.415/2017, de 13 de fevereiro de 2017.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular – Educação é a Base**. Brasília: MEC, 2018.
- BRASIL. Decreto nº 91.542, de 19 de Agosto de 1985. **Institui o Programa Nacional do Livro Didático**. Diário Oficial da União - Seção 1, p. 12178. Brasília 1985.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Fundamental. **Programa Nacional do Livro Didático 2004 (PNLD 2004)**. Guia de livros didáticos: 1ª a 4ª séries, v. 2, p. 275. Brasília: MEC, 2003.
- BRASIL. Decreto Nº 9.099. de 18 de julho de 2017. **Dispõe sobre o Programa Nacional do Livro e do Material Didático**. Diário Oficial da União - Seção 1, p. 7. Brasília 2017.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+)**. Linguagens, códigos e suas tecnologias. Brasília: MEC, 2018.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Parâmetros Curriculares Nacionais 2018 (PCN 2018)**. Linguagens, códigos e suas tecnologias. Brasília: MEC, 2018.

CATANI, André. *et al.* **Ser protagonista**: Biologia. 3. ed. São Paulo: SM, 2016.

CAVICCHIOLI, R. Archaea—timeline of the third domain. **Nature Reviews Microbiology**, n. 9, p. 51-61, 2011.

CORLISS, J. O. Haeckel's Kingdom Protista and Current Concepts in Systematic Protistology. **Stapfia**, n. 56, p. 85-104, 1998.

DA SILVA JUNIOR, Cesar; SASSON, Sezar; CALDINI JUNIOR, Nelson. **Biologia**. 12. ed. São Paulo: Saraiva, 2016.

DA SILVA, J. A. D.; NERY, A. S. D. A classificação dos seres vivos nos livros didáticos de biologia do Ensino Médio: Uma investigação à luz das novas contribuições da biologia molecular à taxonomia. **Cadernos de Educação Básica**, v. 5, n. 2, p. 61-72, 2020.

DAS NEVES, D. B.; DE OLIVEIRA, M. C. A. **Domínio *archaea* e *bacteria* nos livros didáticos de biologia do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD)**. IN: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA E ENSINO EM CIÊNCIAS, 1, 2016, Campina Grande. Campina Grande: Conapesc, 2016.

DRIDI, B.; RAOULT, D.; DRACOURT, M. Archaea as Emerging Organisms in Complex Human Microbiomes. **Anaerobe**, n. 17, p. 56-63, 2011.

ERESHEFSKY, Marc. **Species, taxonomy, and systematics**. In: Philosophy of biology. North-Holland, p. 403-427, 2007.

FAVARETTO, José Arnaldo. **Biologia**: Unidade e diversidade. 1. ed. São Paulo: Saraiva, 2016.

FOX, G. E., Magrum, L. J., Balch, W. E., Wolfe, R. S., & Woese, C. R. . **Classification of methanogenic bacteria by 16S ribosomal RNA characterization**. Proceedings of the National Academy of Sciences, v. 74, n. 10, p. 4537-4541, (1977b)

FOX, G. E., Pechman, K. R., & Woese, C. R. **Comparative cataloging of 16S ribosomal ribonucleic acid: molecular approach to procaryotic systematics**. International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology, v. 27, n. 1, p. 44-57, (1977a)

FRACALANZA, H.; AMARAL, I. A.; GOUVEIA, M. S. F. **O ensino de ciências no Primeiro Grau**. São Paulo: Atual, 1987.

- FREITA, G. B.; MOTTA, V. R.; COSTA, W. R. **O livro didático em questão**. São Paulo: Cortez, 1989.
- HENNIG, W. **Phylogenetic systematics**. Annual Review of Entomology v. 10, p. 97-116, 1965
- KLEPKA, V.; CORAZZA, M. J. O essencialismo na Classificação de Lineu e a repercussão dessa controvérsia na biologia. **História da ciência e ensino: Construindo interfaces**, n. 18, p. 73-110, 2018.
- LANGHI, R; NARDI, R. Ensino de astronomia: Erros conceituais mais comuns presentes em livros didáticos de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 24, p. 87-111, 2007.
- LEITE, R. F. A perspectiva da análise de conteúdo na pesquisa qualitativa: Algumas considerações. **Qualitative Research Journal**, v. 5, n. 9, p. 539-551, 2017.
- LINHARES, Sergio; GEWANDSZNJDER, Fernando; PACCA, Helena. **Biologia Hoje**. 3. ed. São Paulo: Ática, 2016.
- LOPES, W. R.; VASCONCELOS, S. D. Representação e distorções conceituais do conteúdo “filogenia” em livros didáticos de biologia do Ensino Médio. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v. 14, n. 3, p. 149-165, 2012.
- LOPES, W.R; FERREIRA, M.J.M; ATEVAUX, M. N. Proposta pedagógica para o Ensino Médio: Filogenia de animais. **Revista Solta a Voz**, v.18, 2007.
- MADIGAN, M. T. & outros 3 coautores. **Microbiologia de Brock**, 12ª edição. Porto Alegre, Artmed, 2010.
- MANKTELOW, Mariette. **History of taxonomy**. Lecture from Dept. of Systematic Biology, Uppsala University, v. 29, 2010.
- MATARAZZO, F; RIBEIRO, A.C, FAVERI, M. TADDEI, C. MARTINEZ, M.B; et al. The domain Archaea in human mucosal surfaces. **Clinical microbiology and infection**, n. 18.9, p. 834-840, 2012.
- MENDONÇA, Vivian L. **Biologia**. 3. ed. São Paulo: Editora AJS, 2016.
- MORAES, R. **Análise de conteúdo**. Revista Educação, Porto Alegre, v. 22, n. 37, p. 7-32, 1999.
- MOREIRA, C. Classificação de Whittaker. **Revista Ciência Elementar**, v. 2, n. 4, p. 250, 2014.



MOREIRA, C. Reino. **Revista Ciência Elementar**, v. 1, n. 1, p. 88, 2013.

OGO, Marcela Yaemi; DE GODOY, Leandro Pereira. **Contato Biologia**. 1. ed. São Paulo: Quinteto Editorial, 2016.

PIMENTEL, Jorge Roberto. Livros didáticos de ciências: A física e alguns problemas. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 15, n.3 p. 308-318, 1998.

Rodrigues, M. E; Della Justina, L. A; Meghioratti, F. M. A. **O conteúdo de sistemática e filogenética em livros didáticos do ensino médio**. Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências, 13(2), 65-84, 2011.

ROSSO, Sergio; LOPES, Sônia. **Bio**. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2016.

SANTOS, Charles Morphy Dias dos. **Os dinossauros de Hennig: sobre a importância do monofiletismo para a sistemática biológica**. **Sci. stud.** São Paulo, v. 6, n. 2, p. 179-200, 2008.

SANTOS, Charles Morphy Dias; KLASSA, Bruna. **Sistemática filogenética hennigiana: revolução ou mudança no interior de um paradigma?**. **Sci. stud.** São Paulo, v. 10, n. 3, p. 593-612, 2012.

SANTOS, Guilherme Francisco; RAMOS, Maurício de Carvalho. Ernst Haeckel e a sua monografia das moneras. **Filosofia e História da Biologia**, v. 8, n. 3, p. 501-518, jul./dez. 2013.

SCAMARDELLA, Joseph M. Not plants or animals: A Brief History of the Origin of Kingdoms Protozoa, Protista and Protoctista. **International Microbiology**, v. 2, n. 4, p. 207-216, 1999.

SILVA, A. A. da. et al. Análise dos livros didáticos utilizados no ensino médio sobre peixes. **Educationis**, v. 3, n. 1, p. 23-33, 2015

SOGODOGO, E.; DRANCOURT, Michel; GRINE, Ghiles. Methanogens as emerging pathogens in anaerobic abscesses. **European Journal of Clinical Microbiology & Infectious Diseases**, n. 38.5, p. 811-818, 2019.

SOUZA, Pedro Henrique Ribeiro de; ROCHA, Marcelo Borges. Análise da linguagem de textos de divulgação científica em livros didáticos: Contribuições para o ensino de biologia. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 23, n. 2, p. 321-340, 2017.

THOMPSON, Miguel; RIOS, Eloci Peres. **Conexões com biologia**. 2. ed. São Paulo: Moderna, 2016.

VIDAL, Paulo Henrique Oliveira; PORTO, Paulo Alves. A história da ciência nos livros didáticos de química do PNLEM 2007. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 18, n. 2, p. 291-308, 2012.

WOESE, C. R., & FOX, G. E. **Phylogenetic structure of the prokaryotic domain: the primary kingdoms**. Proceedings of the National Academy of Sciences, v. 74 n. 11, p. 5088-5090, 1977.

WOESE, C. R., KANDLER, O., & WHEELIS, M. L. **Towards a natural system of organisms: proposal for the domains *Archaea*, *Bacteria*, and *Eukarya***. Proceedings of the National Academy of Sciences, v. 87, n. 12, 4576-4579, 1990.

WHITTAKER, R. H. (1969). **New concepts of kingdoms of organisms**. Science, v. 163 n. 3863, p. 150-160, 1969.