

**ANÁLISE DA SISTEMÁTICA FILOGENÉTICA NA REVISTA *SCIENTIFIC AMERICAN*
*BRASIL***

Pedro Henrique Ribeiro de Souza

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência, Tecnologia & Educação, Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, CEFET/RJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ciência, Tecnologia & Educação.

Orientador:
Marcelo Borges Rocha

Rio de Janeiro
Março de 2013

ANÁLISE DA SISTEMÁTICA FILOGENÉTICA NA REVISTA *SCIENTIFIC AMERICAN BRASIL*

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência, Tecnologia & Educação do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca CEFET/RJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ciência, Tecnologia & Educação.

Pedro Henrique Ribeiro de Souza

Aprovada por:

Presidente, Prof. Marcelo Borges Rocha, D.Sc. (orientador)

Prof. Maria Renilda Nery Barreto, D.Sc.

Prof. Tânia Goldbach, D.Sc. (IFRJ)

Rio de Janeiro
Março de 2013

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central do CEFET/RJ

S729 Souza, Pedro Henrique Ribeiro de
Análise sistemática filogenética na revista *Scientific American Brasil* / Pedro Henrique Ribeiro de Souza.—2013.
xviii, 157f. + anexos : il.color. ; enc.

Dissertação (Mestrado) Centro Federal de Educação
Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, 2013.

Bibliografia : f.151-157

Orientador : Marcelo Borges Rocha

1. Comunicação na ciência. 2. Biologia – Estudo e ensino. 3.
Filogenia. 4. Biologia – Classificação. I. Rocha, Marcelo Borges
(Orient.). II. Título.

CDD 501.4

DEDICATÓRIA

Dedico esta dissertação à minha mãe, cujo apoio é sempre fundamental.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a...

Ao professor Marcelo Borges Rocha, pelo estímulo desde o início deste trabalho, pela colaboração e pela compreensão.

Ao professor Alcimar do Lago Carvalho, que me fez gostar de Sistemática Filogenética.

Aos colegas da Pós-Graduação em Ciência, Tecnologia & Educação, que tornaram as aulas interessantes debates sobre o que é Ciência e como transmiti-la em sala de aula.

Aos professores da Pós-Graduação em Ciência, Tecnologia & Educação, pelas aulas esclarecedoras e proveitosas, em especial a Andréia Guerra, Álvaro Chrispino, Marco Braga, Renilda Barreto, Glória Queiroz, José Cláudio Reis, dentre outros que marcaram minha passagem pelo CEFET.

Aos professores e alunos do Colégio Estadual Pedro Álvares Cabral, por me estimularem a continuar crescendo profissionalmente.

Aos professores do Instituto Superior de Educação do Rio de Janeiro, em especial a Elisa Benchimol, Marli Paulino, Magui Vallim, dentre outros, por estarem sempre querendo o melhor para a educação.

Aos meus ex-colegas e ex-alunos do Colégio Pedro II, com quem tenho contato, me orgulhando sempre de ter participado de tal instituição.

À Revista *Scientific American Brasil*, por ter um site completo, sem o qual o trabalho não seria possível.

À minha família, pelo carinho e apoio sempre.

Aos amigos, que deixaram de ter minha companhia para a realização deste trabalho.

Às minhas férias inexistentes, pois sem ela não teria tempo de acabar este trabalho.

A meu pai, por continuar sorrindo, mesmo quando a comunicação é um problema...

RESUMO**ANÁLISE DA SISTEMÁTICA FILOGENÉTICA NA REVISTA *SCIENTIFIC AMERICAN BRASIL***

Pedro Henrique Ribeiro de Souza

Orientador:

Marcelo Borges Rocha

Resumo da Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência, Tecnologia & Educação do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca CEFET/RJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ciência, Tecnologia & Educação.

Este trabalho tem por objetivo analisar de que forma artigos de Divulgação Científica, abordam a Sistemática Filogenética em seus textos. Vista como a popularização da ciência para um público não especialista, a Divulgação Científica é desenvolvida pelos cientistas para disseminar seus trabalhos. No presente, inúmeras são as atividades de Divulgação Científica, em meios como jornais, revistas, televisão e *internet*. Em tempos de valorização do Ensino de Ciências que possibilite a Alfabetização Científica e Tecnológica dos alunos, a Divulgação Científica é utilizada em atividades pedagógicas para contextualizar os conteúdos trabalhados, relacionando-os com o cotidiano do aluno. A Sistemática Filogenética consiste em um método rigoroso para a construção de filogenias e a classificação dos seres vivos a partir de suas relações de parentesco. Apesar de ser considerado um paradigma na classificação biológica, a Sistemática Filogenética é rara no Ensino de Biologia. Neste trabalho, foram selecionados 15 artigos da versão *on line* da Revista *Scientific American Brasil*, encontrados por palavras-chave relacionadas à temática analisada. Utilizou-se a Análise de Conteúdo para investigar de que forma os artigos abordam a Sistemática Filogenética. Como resultados, a maioria dos artigos trata a temática superficialmente, sem citar diretamente os conceitos, porém trazendo explicações claras e com poucos erros conceituais. As analogias e metáforas foram identificadas como recursos para elucidar determinados conceitos científicos. As imagens encontradas foram analisadas na sua relação com o texto, mostrando de forma didática elementos da Sistemática Filogenética. Os artigos trazem visões da natureza do trabalho científico enquanto humano, dinâmico e falível. Por fim, é feita uma discussão acerca das potencialidades didáticas dos artigos, mostrando que a participação do professor é importante para trabalhar estes textos em sala de aula de forma adequada.

Palavras-chave:

Divulgação Científica; Ensino de Biologia; Sistemática Filogenética

ABSTRACT**ANALYSIS OF THE PHYLOGENETIC SYSTEMATICS IN *SCIENTIFIC AMERICAN BRASIL* MAGAZINE**

Pedro Henrique Ribeiro de Souza

Advisor:

Marcelo Borges Rocha

Abstract of dissertation submitted to Programa de Pós-graduação em Ciência, Tecnologia & Educação - Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca CEFET/RJ as partial fulfillment of the requirements for the degree of Master in Science, Technology & Education.

This study aims to examine how Popular Science articles approach Phylogenetic Systematics in their texts. Seen as popularizing science for a non-specialist audience, the science communication is developed by scientists to disseminate their work. At present, there are countless activities in Popular Science, in media such as newspapers, magazines, television and internet. In times of recovery of Science Teaching enabling Science and Technology Literacy in students, the Popular Science appears in educational activities to contextualize the worked contents, relating them to the daily student. The Phylogenetic Systematics consists of a rigorous method for constructing phylogenies and classification of living beings from their kinship relations. Although considered a paradigm in biological classification, Phylogenetic Systematics is rare in Biology Teaching. In this study, 15 articles were selected from online version of the journal *Scientific American Brasil*, found for keywords related to the discussed topic. Content Analysis was used to investigate how the articles deal with Phylogenetic Systematics. As a result, most of the articles deal with the topic superficially, without directly quoting the concepts, but bringing with few clear explanations and conceptual errors. Analogies and metaphors were identified as resources to establish some scientific concepts. The images were analyzed in relation to the text, showing elements of Phylogenetic Systematics. Articles bring visions of the nature of scientific work as human, fallible and dynamic. Finally, there is a discussion about the potential of educational articles, showing that the participation of the teacher is important to work these texts in the classroom appropriately.

Keywords:

Popular Science; Biology Teaching; Phylogenetic Systematics

Rio de Janeiro
March 2013

SUMÁRIO

Introdução	1
I – Divulgação Científica	4
I.1. O que é Divulgação Científica	6
I.2. Histórico da Divulgação Científica	8
I.2.1. Histórico da Divulgação Científica no Brasil	12
I.2.2. Jornalismo Científico e Revistas de Divulgação Científica	17
II – Divulgação Científica no Ensino de Ciências	20
II.1. O Ensino de Ciências e a Alfabetização Científica e Tecnológica	20
II.1.1. Alfabetização Científica	23
II.2. Uso de textos de Divulgação Científica no Ensino de Ciências	25
II.2.1. Estudos a respeito do uso de Divulgação Científica em atividades pedagógicas	27
II.2.2. Estudos de análise de artigos de Divulgação Científica	30
III – Sistemática Filogenética	32
III.1. A Sistemática tradicional	33
III.2. A Teoria da Evolução e novas formas de Classificação Biológica	34
III.3. A Sistemática Filogenética	36
III.4. A Sistemática Filogenética no Ensino de Biologia	39
IV – Desenho Metodológico	43
IV.1. Problema de Pesquisa	43
IV.2. Questões da Pesquisa	43
IV.3. Objetivos	43
IV.3.1. Objetivo Geral	44
IV.3.2. Objetivos Específicos	44
IV.4. Tipo de Pesquisa	44
IV.5. Coleta de Dados	45

IV.5.1. Seleção dos Artigos	46
IV.5.2. Breve descrição dos Artigos	46
IV.6. Análise dos dados	59
IV.6.1. Análise de Conteúdo	59
IV.6.2. Ficha de Análise	60
IV.6.3. Análise das Imagens	61
IV.6.4. Análise da visão da Natureza da Ciência	63
V – Resultados e Discussão	64
V.1. Classificação dos Artigos quanto à temática central	64
V.1.1. Evolução de grupos de seres vivos	64
V.1.2. Sistemática ou Classificação Biológica	66
V.1.3. Investigações ligadas à saúde	67
V.2. Abordagem da Sistemática Filogenética nos Artigos	67
V.2.1. Conceitos de Sistemática Filogenética	69
V.2.1.1. Grupo-irmão	69
V.2.1.2. Grupo monofilético	71
V.2.1.3. Sinapomorfia	74
V.2.1.4. Homoplasia	76
V.2.1.5. Árvore Filogenética	77
V.2.1.6. Grupos polifilético e parafilético	79
V.2.1.7. Cladogênese	80
V.2.1.8. Grupo externo	80
V.2.1.9. Reversão	81
V.2.1.10. Grupo basal	81
V.2.1.11. Plesiomorfia	82
V.2.1.12. Elementos da Sistemática tradicional	82
V.2.2. Linguagem adotada pelos Artigos	84
V.2.3. Uso de Analogias e Metáforas	88

V.2.4. Erros Conceituais	90
V.3. Análise das Imagens presentes nos Artigos	91
V.3.1. Imagens encontradas e sua relação com os textos	91
V.3.1.1. Artigo A01	91
V.3.1.2. Artigo A02	99
V.3.1.3. Artigo A03	100
V.3.1.4. Artigo A04	101
V.3.1.5. Artigo A05	106
V.3.1.6. Artigo A06	109
V.3.1.7. Artigo A07	112
V.3.1.8. Artigo A08	114
V.3.1.9. Artigo A09	116
V.3.1.10. Artigo A10	117
V.3.1.11. Artigo A11	117
V.3.1.12. Artigo A12	118
V.3.1.13. Artigo A13	118
V.3.1.14. Artigo A14	120
V.3.1.15. Artigo A15	127
V.3.2. Descrição das Imagens associadas à Sistemática Filogenética	127
V.4. Visão de Natureza da Ciência nos Artigos	132
V.5. Discussão dos Resultados e o Potencial Didático dos Artigos analisados	140
Conclusão	148
Referências Bibliográficas	151
Anexos	158
A01a – A Evolução dos Gatos	159
A01b – A Evolução dos Gatos – versão multimídia	162

A02 – Colombo levou a sífilis para a Europa?	166
A03 – O que há com nomes em latim?	167
A04 – Somos únicos? Biologia, cultura e humanidade	168
A05 – O admirável mundo das cobras-cegas	172
A06 – Ferreiros da Mata Atlântica	175
A07 – Parceiro de Charles Darwin	178
A08 – O universo luminoso dos fungos bioluminescentes	181
A09 – Ardi tinha características humanas?	184
A10 – As raízes mais profundas da vida	186
A11 – Pessoas que transmitiram o HIV podem ser identificadas por testes de DNA	189
A12 – Tentando salvar os diabos-da-tasmânia	190
A13 – O Brasil e suas Aves	191
A14 – O que é uma espécie?	193
A15 – Novas espécies de anfíbios	198

Lista de Figuras

FIGURA III.1	Caracteres compartilhados entre espécies de uma mesma série de transformação. O quadrado representa uma apomorfia deste grupo e uma simplesiomorfia entre os integrantes do grupo. A presença de cauda e asas é uma característica autapomórfica da espécie β , enquanto ter pés é uma característica sinapomórfica das espécies δ e ϵ . Bico e orelhas são autapomorfias das espécies δ e ϵ , respectivamente. Fonte: Ferreira-Júnior & Paiva (2004).....	37
FIGURA III.2	Diferença entre os grupos polifilético, formado por táxons provenientes de ramos diferentes; parafilético, formado por táxons cujo ancestral comum não é exclusivo deles; e monofilético, cujo ancestral comum é exclusivo deles. Fonte: Ferreira-Júnior & Paiva (2004).....	38
FIGURA III.3	Relações filogenéticas entre os vertebrados. Os grupos de peixes e répteis são considerados parafiléticos por não apresentarem um ancestral comum exclusivo. Fonte: Ferreira-Júnior & Paiva (2004).....	39
FIGURA IV.1	Primeira parte do artigo A01, sobre a evolução dos felinos.....	47
FIGURA IV.2	O artigo A02 investiga a origem da sífilis na América do sul.....	48
FIGURA IV.3	Parte do artigo A03, que mostra um pouco dos fundamentos da Taxonomia.....	48
FIGURA IV.4	Primeira parte do artigo A04, sobre as origens da comunicação e da moralidade.....	49
FIGURA IV.5	O artigo A05 trata da biologia e do cuidado parental em cobras-cegas.	50
FIGURA IV.6	Parte do artigo A06, que lida com a convergência de vocalização entre a araponga e a perereca-de-marsúpio.....	51
FIGURA IV.7	Trecho do artigo A07, sobre vida e obra de Fritz Müller.....	52
FIGURA IV.8	O artigo A08 fala das espécies de fungos bioluminescentes,.....	53
FIGURA IV.9	Parte do artigo A09, que lida com a posição de Ardi na evolução humana.....	53
FIGURA IV.10	Trecho do artigo A10, sobre organismos de fontes termais.....	54
FIGURA IV.11	O artigo A11 é uma notícia sobre como descobrir quem transmitiu o HIV.....	55
FIGURA IV.12	O artigo A12 mostra a pesquisa para entender um câncer que ataca os diabos-da-tasmânia.....	55
FIGURA IV.13	Parte do artigo A13, que lida com as pesquisas ornitológicas no Brasil.....	56
FIGURA IV.14	Parte do artigo A14, que trata do debate sobre o conceito de espécie.....	57
FIGURA IV.15	O artigo A15 noticia o descobrimento de nova espécie de perereca.....	58
FIGURA V.1	“Relações entre felinos”	92
FIGURA V.2	“Há cerca de 600 milhões de gatos domésticos em todo o mundo. Fósseis de felinos são tão parecidos que é muito difícil, mesmo para os especialistas, distinguir o crânio de um leão do de um tigre”.....	92
FIGURA V.3	“Leões, tigres, onças e leopardos são os únicos felinos que rugem. Um osso parcialmente calcificado na garganta, chamado hióide, permite que eles rujam”.....	92

FIGURA V.4	Felinos de regiões mais frias.....	93
FIGURA V.5	Felinos de regiões tropicais.....	93
FIGURA V.6	“CINNAMON (CANELA) DNA sequenciado”	94
FIGURA V.7	Introdução da versão multimídia do artigo A01.....	95
FIGURA V.8	Linhagens de felinos.....	96
FIGURA V.9	Gráfico da variação do nível dos oceanos nos últimos períodos geológicos.....	96
FIGURA V.10	Árvore “genealógica” dos felinos.....	98
FIGURA V.11	A primeira onda migratória de felinos.....	99
FIGURA V.12	A segunda onda migratória dos felinos.....	99
FIGURA V.13	“Cristóvão Colombo – Nova pesquisa revela que o explorador e seus homens podem ter levado a sífilis de volta para a Europa na bagagem.”.....	100
FIGURA V.14	Lineu catalogando as espécies de animais.....	100
FIGURA V.15	Imagem resumo dos conceitos abordados no artigo “Somos únicos? Biologia, cultura e humanidade”	101
FIGURA V.16	“AS EVIDÊNCIAS obtidas até agora são favoráveis ao modelo do Big Bang, segundo o qual o Universo teve início com uma grande explosão, há uns 15 bilhões de anos”	101
FIGURA V.17	“Os três níveis de moralidade”	102
FIGURA V.18	“OS CHIMPANZÉS são nossos parentes mais próximos. Na verdade, em relação à variação específica do DNA, a diferença é de apenas 1,2%. A linhagem evolutiva que deu origem aos seres humanos e aos grandes primatas provavelmente teve uma divisão entre 7 milhões e 5 milhões de anos A.P.”	102
FIGURA V.19	“Comparação entre a transmissão genética e a cultural”	103
FIGURA V.20	“PARA ROBERT FOLEY a cultura seria a característica que nos torna uma espécie única. Os rudimentos de cultura de outros animais são um pálido reflexo do processo manifestado pelo Homo sapiens [sic]. Acima, O bibliotecário, de Giuseppe Arcimboldo”	104
FIGURA V.21	“SOMENTE SERES HUMANOS e golfinhos (foto) têm capacidade de imitação vocal em suas múltiplas modalidades – o que deve implicar grandes alterações na organização neural. Embora alguns animais sejam capazes de acessar e utilizar uma série de conceitos abstratos, apresentam limitações que os humanos não têm”	104
FIGURA V.22	“REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA das relações entre as quatro principais famílias lingüísticas de nativos da América do Sul, de acordo com três especialistas na área”	105
FIGURA V.23	“Características da linguagem”	105
FIGURA V.24	“UMA CARACTERÍSTICA que compartilhamos com os chimpanzés é a violência intergrupar letal, com organização de grupos específicos de ataque a comunidades vizinhas, em último caso levando a guerras”	106
FIGURA V.25	“FEITICEIROS E CURANDEIROS associaram o divino ao sobrenatural, precedendo as religiões e suas revelações: herança de antepassados que viviam em estado de incerteza em relação ao ambiente”	106

FIGURA V.26	“ANFÍBIOS, de que as cecílias (cobras-cegas) são parte, foram os primeiros vertebrados a trocar o mundo das águas pela terra firme. Os registros mais antigos dessa mudança recuam a mais de 360 milhões de anos. Atualmente os anfíbios se agrupam em três ordens.”.....	107
FIGURA V.27	“DENTIÇÃO FETAL, em imagem que ajudou a decifrar enigma da cobra-cega”.....	107
FIGURA V.28	“Estrutura é fundamental para retirada de pele do corpo materno. Combinada com secreção rica em lipídios, pele é fonte de alimentos durante estágio inicial da vida.”.....	108
FIGURA V.29	“A BIOLOGIA BÁSICA da cobra-cega permaneceu desconhecida durante longo tempo. Não se compreendia o processo de alimentação dos filhotes que permanecem em movimento constante sobre o corpo da fêmea que se mantém aparentemente inativo.”.....	108
FIGURA V.30	“COBRA-CEGA geralmente é encontrada em ambientes cultivados pelo homem. Fêmeas colocam, em geral, de 8 a 15 ovos em câmaras subterrâneas, ou no interior de troncos de árvores em decomposição. Embriões têm desenvolvimento direto e são cuidados até a fase de filhotes.”.....	109
FIGURA V.31	“NO INTERIOR DA MATA ATLÂNTICA, condicionamentos ambientais levaram a Perereca de-Marsúpio (<i>Gastrotheca microdisca</i>) [sic] a desenvolver, pelo processo de convergência, canto semelhante ao da Araponga (<i>Procnias nudicollis</i>) [sic]. Pesquisadores ainda não sabem quais benefícios o anfíbio pode obter.”.....	109
FIGURA V.32	Fotografias da araponga e da perereca-de-marsúpio.....	110
FIGURA V.33	Fotografia de uma perereca-de-marsúpio.....	110
FIGURA V.34	“REMANESCENTE DE MATA ATLÂNTICA, fl oresta [sic] que já ocupou quase toda a costa brasileira, agora restrita a poucos trechos preservados, onde, em São Paulo, pesquisas revelaram mimetismo envolvendo a perereca-de-marsúpio [sic] (em vermelho) e a araponga (em azul).”.....	111
FIGURA V.35	“APESAR DE O CANTO da perereca-de-marsúpio [sic] (acima) não ter a mesma intensidade exibida pela araponga, supera o nível registrado entre os anuros.”.....	111
FIGURA V.36	“O NATURALISTA, numa de suas raras fotografias, foi um dos poucos defensores e o único colaborador de Darwin no Brasil. À direita, ilustrações envolvendo crustáceos que ele fez à mão livre para acompanhar suas pesquisas. Sua correspondência com Charles Darwin durou 17 anos, até 1882, com a morte do naturalista inglês. Apesar disso, Müller ainda é um desconhecido no Brasil.”.....	112
FIGURA V.37	“FASCINADO POR BOTÂNICA E ZOOLOGIA de invertebrados, Müller desenvolveu pesquisas de ponta no litoral de Santa Catarina, com resultados transmitidos a Darwin, com quem nunca teve contato pessoal. Trabalhos sempre acompanhados de ilustrações detalham estudos de botânica, à esquerda, e mimetismo de borboletas, conhecido como mimetismo mulleriano.”.....	113

FIGURA V.38	“MESMO LONGE DOS PRINCIPAIS centros de pesquisa científica, Fritz Müller não só acompanhou trabalhos de fronteira como deu suas próprias contribuições, tirando partido de infra-estrutura quase caseira. O microscópio que utilizou para pesquisas integra acervo do museu que leva seu nome, em Santa Catarina.”.....	113
FIGURA V.39	Fotografia de dois cogumelos bioluminescentes.....	114
FIGURA V.40	Capa do livro “ <i>Naturalis Historiae Tomus Primus</i> ”, de Caio Plínio Segundo.....	115
FIGURA V.41	“QUEDA D'ÁGUA compõe cenário de alta complexidade ambiental do Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira (Petar), em São Paulo, onde os fungos bioluminescentes foram identificados pela primeira vez.”.....	115
FIGURA V.42	“MICÉLIO CLARO/MICÉLIO ESCURO”.....	116
FIGURA V.43	“MYCENA CLARO/MYCENA ESCURO”.....	116
FIGURA V.44	“Ardi: reconstituição de ossos poderia dar resposta mais completa”.....	117
FIGURA V.45	“O Ecossistema das fontes hidrotermais de Lost City parece estéril, mas abriga uma infinidade de micro-organismos. Muitos deles se desenvolvem independentes da luz do Sol”.....	117
FIGURA V.46	Tubo de ensaio contendo sangue livre de HIV.....	118
FIGURA V.47	“O tratador e criador Tim Faulkner com um diabo-da-tasmânia”.....	118
FIGURA V.48	“Seriema (<i>Cariama cristata</i>)”.....	119
FIGURA V.49	Binóculos de um possível observador de aves.....	119
FIGURA V.50	“Anacã (<i>Deroptyus accipitrinus</i>)”.....	119
FIGURA V.51	“Ararinha-azul (<i>Cyanopsitta spixii</i>)”.....	119
FIGURA V.52	“Mimus sp. [sic]”.....	120
FIGURA V.53	Ferramentas usadas por um sistemata.....	120
FIGURA V.54	Homem examinando escorpião.....	121
FIGURA V.55	Classificação de Lineu: fundamentos e problemas.....	122
FIGURA V.56	Conceito biológico de espécie e problemas.....	123
FIGURA V.57	Conceito filogenético de espécie.....	124
FIGURA V.58	Definição de espécies com a junção de dados de diferentes fontes de informações.....	125
FIGURA V.59	Relação entre as espécies de bactérias e seus nichos no Parque Nacional de Yellowstone.....	126
FIGURA V.60	“Parede de granito próximo a localidade onde a nova espécie foi descoberta, a parede tem vários exemplares da bromélia <i>Alcantarea imperialis</i> [sic] onde a nova perereca vive, se reproduz e cria seus girinos. No canto inferior direito, uma imagem mais próxima da planta”.....	127
FIGURA V.61	Detalhe da filogenia dos felinos, destacando as linhagens do gato leopardo e do gato doméstico.....	128
FIGURA V.62	Filogenia proposta por Rodrigues para os ramos linguísticos da América do Sul.....	129
FIGURA V.63	Esquema que mostra os níveis hierárquicos da classificação biológica.....	130
FIGURA V.64	Árvore filogenética resumida dos grupos de vertebrados.....	131
FIGURA V.65	Combinação de dados para definir as espécies.....	131

LISTA DE QUADROS

Quadro II.1	Evolução da Situação Mundial, segundo Tendências do Ensino (1950-2000).	
	Fonte: KRASILCHIK (2000, p. 14).....	23
Quadro IV.1	Resumo das principais informações de cada artigo.....	58
Quadro IV.2	Resumo da ficha de análise.....	61

LISTA DE ABREVIATURAS

CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

CYTED - Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo

FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo

FIOCRUZ – Fundação Oswaldo Cruz

PNLEM – Programa Nacional do Livro Didático do Ensino Médio

RICYT – Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología Iberoamericana e Interamericana

UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro

UNESCO – United Nations Education, Scientific and Cultural Organization

Introdução

“Peixes não existem!”

Foi através desta frase que meu curso de Graduação em Ciências Biológicas começou, revelando-se uma série de surpresas e momentos de profundas descobertas sobre a natureza das coisas. Conhecer as árvores filogenéticas, sua importância e a forma como são construídas modificou de vez minha visão sobre a natureza da Biologia. Eu não tinha entrado em contato com estas ferramentas de representação da evolução e das relações de parentesco entre os seres vivos durante a minha Educação Básica. Portanto, foi profundamente revelador ter aulas de Sistemática Filogenética logo no início da faculdade!

Anos mais tarde, após uma experiência não muito duradoura em um laboratório de Taxonomia de Insetos Aquáticos, iniciei minha vida no Magistério de forma bem peculiar – como professor particular. Lecionei para alunos de muitas escolas e qual não foi a minha surpresa ao me deparar com árvores filogenéticas no material que me traziam nas aulas? Sim, era a Sistemática Filogenética no Ensino de Biologia! Percebi de imediato a importância desta ferramenta no ensino: desconstruir a visão de classificação antiga, proposta por Lineu, baseada em um sistema tipológico e obsoleto (GUIMARÃES, 2004; 2005; LOPES *et al.*, 2008). Ou, simplesmente, o objetivo era adequar-se a uma nova realidade, que começara em livros didáticos mais recentes e em exames para ingresso nas universidades públicas.

O tema me perseguiu até a Pós-Graduação *latu sensu* em Especialização em Ensino de Ciências, sendo tema de meu Trabalho de Conclusão de Curso (SOUZA, 2011) e em mais dois trabalhos submetidos a encontros de Ensino de Biologia (SOUZA, 2010; SOUZA & ROCHA 2012b). De início, o foco estava nos livros didáticos aprovados pelo PNLEM/2009, onde foi possível constatar uma incorporação crescente do tema. Ao ingressar no Mestrado, senti a necessidade de expandir o foco para outras formas de se transmitir conhecimento científico que não o método formal, da sala de aula. E pensei: se a Sistemática Filogenética atinge o espaço escolar, por que não difundi-la para o público em geral? Quem seria capaz de tornar isto possível?

Assim, surgiu o meu objeto de trabalho: a Divulgação Científica! Impregnada de matérias sobre os mais diferentes temas e áreas da ciência, atrelada às mais diferentes formas de mídia, como jornais, revistas, televisão e internet, e até mesmo em espaços como museus e casas de ciência, a Divulgação Científica vem se revelando uma excelente forma de transmitir novos conceitos científicos. Isto se dá porque apenas as novidades interessam neste campo, muito embora, ao longo de suas matérias, possam recorrer a pesquisas do passado. O desafio estaria na busca de material a respeito do assunto tratado, por conta da variedade de temáticas científicas encontradas.

Pelo poder diagramático das árvores filogenéticas, a mídia impressa revelou-se a ideal para trabalhar o conteúdo. No vasto universo de jornais e revistas, escolhi a *Scientific American Brasil*, principalmente pelo fato de trabalhar com vocabulário e linguagem mais complexos, típicos da nomenclatura científica, em comparação com outras revistas do gênero, como a *Superinteressante* (CARVALHO, 2010). Porém, uma busca pelas matérias com qualquer enfoque no tema, apenas pela sua leitura, seria algo cansativo e alguns artigos poderiam “escapar” de meus olhos. A inúmera quantidade de artigos de outras áreas da ciência publicadas pela revista (SÉRIO & KAWAMURA, 2008) pesou para que se optasse pela versão *on line* da revista. Mas isto não tem problema?

As versões da *Web* de jornais e revistas surgiram como meras cópias do jornalismo impresso (PIMENTA & GOUVÊA, 2009). Nelas, é possível encontrar as matérias na íntegra, inclusive com as mesmas imagens das publicações originais. O sítio da revista disponibiliza uma caixa em branco onde é possível realizar a busca por artigos usando palavras, o que facilitou o acesso e a seleção dos mesmos. Para este trabalho, palavras comuns para a Sistemática Filogenética – como filogenia e cladograma – foram usadas na busca. Isto possibilita que tais artigos também sejam encontrados com o uso destas mesmas palavras em portais de busca em geral, como o *Google*, o que é muito recorrente quando se pesquisa por algo na *Web*.

Entretanto, este trabalho não se propõe apenas a analisar isoladamente os artigos em busca de possíveis erros conceituais ou classificá-los como bons ou ruins. O interesse desse trabalho é revelar se é possível utilizar os artigos de Divulgação Científica em sala de aula, acerca da temática analisada – a Sistemática Filogenética. Ora, e com que propósito? Avaliar o potencial didático destes artigos, descrever de que maneira podem trazer o conteúdo, como o contextualizam, o uso de conceitos pertinentes a esta área temática, como e porque os usam, etc. Mas, é este o objetivo destes artigos científicos que abordam a temática – e de todos os artigos de Divulgação Científica em geral?

A resposta é simples: se o objetivo fosse pedagógico, este material estaria restrito às escolas e à mochila dos alunos, não estariam veiculando por aí, em troca de dinheiro. A Divulgação Científica não possui a finalidade de ensinar, apenas de informar, trazer o que há de novo na ciência. É claro que existem espaços nestes meios que trazem conceitos científicos sob um olhar mais didático – como a seção “Aula Aberta” da Revista *Scientific American Brasil*, como veremos mais adiante neste trabalho. Porém, as matérias destas revistas, jornais e demais veículos são utilizadas como estratégia para contextualizar o conteúdo ministrado em sala de aula e para despertar o interesse dos alunos, prender sua atenção, fazê-los perceber que aquilo está envolvido com a realidade da vida deles, com o seu cotidiano. Usar Divulgação Científica é fornecer subsídios para que os alunos atinjam a Alfabetização Científica e

Tecnológica, para que possam construir seus papéis na sociedade como cidadãos críticos e participativos na tomada de decisões.

No que concerne à Sistemática Filogenética, descobri-la em artigos de Divulgação Científica é bastante oportuno, pois reafirma o papel desta área no contexto da Biologia atual. Mostra que a própria Sistemática é uma área viva e dinâmica – não apenas àquela desenvolvida pelos naturalistas, como Lineu. Áreas conhecidas pelo excessivo caráter descritivo, como Zoologia e Botânica, podem magnetizar os alunos no sentido de contribuir para o entendimento dos aspectos morfológicos e evolutivos dos organismos. A temática ainda atua de forma decisiva no debate ainda recente dos que aceitam e dos que negam a Evolução Biológica: ora, se existem organismos com muitas características semelhantes, como morfológicas, ecológicas e bioquímicas, porque não dizer que são parentes e derivaram de um mesmo ancestral comum?

Com este breve relato, justifico a minha escolha por este objeto e por esta área temática. A partir deste momento, começarei descrevendo, com base na literatura, a proposta de cada aspecto de ambos.

Dedico o capítulo I à Divulgação Científica, suas definições, seu histórico e, em particular, quais as principais características das Revistas de Divulgação Científica. Em seguida, no capítulo II, descrevo como a Divulgação Científica pode estar atrelada ao Ensino de Ciências, relatando contribuições e obstáculos.

No capítulo III, fundamento teoricamente a área temática pesquisada neste trabalho – a Sistemática Filogenética. Em um primeiro momento, relato de que maneira surgiu a Sistemática Clássica, desenvolvida por Lineu, e sua importância no contexto da época. Em seguida, estabeleço a importância da Teoria da Evolução e da montagem de filogenias para os sistemas de classificação. A Sistemática Filogenética surge neste âmbito, desde seu desenvolvimento por Hennig até o presente, enquanto é um paradigma vigente da classificação biológica. Por fim, destaco a importância desta área no Ensino de Biologia, presente em livros didáticos e em propostas de aulas e materiais didáticos a respeito do tema.

No capítulo IV, está o Desenho Metodológico desta pesquisa. Descrevo as questões norteadoras do trabalho, os seus objetivos, a forma de coleta dos dados e as análises realizadas. Em seguida, no capítulo V, apresento os resultados e, em se tratando de uma pesquisa qualitativa, busco discuti-los à medida que os exponho. Por fim, no capítulo VI, faço a conclusão, um fechamento para este trabalho com possíveis desdobramentos para trabalhos futuros.

Capítulo 1 – Divulgação Científica

Objeto de pesquisa deste trabalho, a divulgação científica vem recebendo uma atenção especial por todo o mundo. As revoluções científicas dos três últimos séculos possibilitaram um enorme avanço tecnológico e um profundo impacto social, alterando o cotidiano da maioria das pessoas. Recentemente, vivemos na era da Ciência, onde se acredita apenas no que se estabelece como sendo de caráter científico, isto é, que pode ser validado mediante experimentos. Contudo, a maior parte da população ainda parece desconhecer a verdadeira natureza da atividade científica, principalmente na forma errônea como esta é transmitida ainda na escola, em grande parte pelos próprios professores (GIL-PERÉZ *et al.*, 2001).

A crescente produção da atividade científica, característica de seu dinamismo, e de novas formas de tecnologia requer que as pessoas se atualizem constantemente (BERTOLETTI, 2003). Isto distanciaria o conhecimento científico dos laboratórios e centros de pesquisa do cotidiano dos cidadãos. Daí emerge a necessidade de uma alfabetização científica, isto é, fornecer a estes cidadãos um mínimo de conhecimentos específicos, tornando-os perfeitamente acessíveis e possibilitando a participação na tomada fundamentada de decisões, com planejamentos globais e considerações éticas que não exijam qualquer especialização (GIL-PÉREZ & VILCHES, 2004; PRAIA *et al.*, 2007). Gordillo e Osorio (2003, p. 166) defendem que a educação tecnocientífica esteja orientada para “propiciar uma formação da cidadania que a capacite para compreender, para ser manejada e para participar de um mundo no qual a ciência e a tecnologia estão, a miúdo, mais presentes.”

Em contrapartida, Hobsbawn (1995) é incisivo ao destacar que o século XX foi o período da história mais penetrado pelas ciências naturais e delas mais dependente, porém também seria o que se sentiu menos à vontade com elas. Este ponto de vista vai de acordo com a Declaração de Budapeste de 1999, que indica a falta de interesse ou mesmo a rejeição pelo estudo das ciências, assim como a falha escolar de boa parte dos alunos, como problemas de especial gravidade que atingem as nações ibero-americanas e até mesmo países desenvolvidos. Tais problemas merecem atenção prioritária, porque, como foi indicado na Conferência Mundial sobre a Ciência para o Século XXI, organizada pela UNESCO, e pelo Conselho Internacional para a Ciência, “para que um país esteja em condições de atender as necessidades fundamentais de sua população, o ensino das ciências e da tecnologia é um imperativo estratégico” (UNESCO, 2003, p. 50).

Vogt e Polino (2003) apresentaram os resultados de uma pesquisa realizada em países como Argentina, Brasil e Espanha, para avaliar a percepção pública da ciência, encomendada pela Organização dos Estados Ibero-Americanos (OEI) e pela Rede Ibero-Americana de Indicadores de Ciência e Tecnologia (RICYT/CYTED). Esta pesquisa revelou algumas visões consensuais de como a ciência é transmitida para a população de uma maneira geral, como a

ciência enquanto palco para “grandes descobertas” ou forma de produzir avanços tecnológicos e benefícios para a vida do ser humano. A maioria dos entrevistados atribui à ciência um grau de legitimidade e que seus efeitos negativos são maiores que os positivos, acreditando que não seria capaz de solucionar todos os problemas da humanidade. Esta pesquisa também revela que a maioria dos entrevistados se considera pouco informada a respeito de conhecimentos científicos – a saber, 80% na Argentina, 71% no Brasil e 67% na Espanha. Grande parte dos opinantes afirmou que o consumo de informações científicas por jornais ou por televisão é ocasional e que adquirem revistas de Divulgação Científica esporadicamente. No que diz respeito à comunicação dos cientistas, é consenso que não há maiores dificuldades de entendê-los. Por fim, a pesquisa revelou que os entrevistados consideram importante participar de decisões relativas à ciência e à tecnologia, porém uma minoria teve esta oportunidade, devido ao fato de muitos considerarem não terem conhecimentos suficientes para exercer tal prática (*idem*).

De fato, a divulgação de novos conhecimentos científicos demanda uma base epistemológica essencial para a apropriação dos mesmos. No entanto, a despeito deste desconforto face às ciências naturais, há dados que comprovam que o grande público reconhece a importância e a influência da ciência e da tecnologia no cotidiano. Oliveira (2001), ao julgar a validade de se divulgar os avanços científicos e tecnológicos, ressalta o interesse da maioria da população urbana brasileira por estes temas, que deveriam ganhar um maior espaço na mídia, de forma geral. A autora também pontua que, mesmo com a fragilidade socioeconômica da população brasileira, é relevante divulgar ciência e tecnologia por acreditar ser esta uma demanda reprimida no Brasil (*idem*).

Em 2007, o Ministério de Ciência e Tecnologia realizou pesquisa buscando identificar o interesse e o grau de informação dos entrevistados. Como resultados, boa parte considera a cobertura feita pelos jornais satisfatória (53%), em grande parte por acreditar que tais matérias têm boa qualidade e fácil entendimento. Porém 32% dos entrevistados não estão satisfeitos com esta cobertura, alegando número reduzido de artigos, a falta de discussão acerca dos riscos e problemas causados por ciência e tecnologia, a dificuldade de compreensão das matérias e a postura tendenciosa da mídia (BRASIL, 2007).

Em suma, é importante difundir os conhecimentos científicos, pois são do interesse da população em geral. Contudo, é importante ressaltar que a mídia nem sempre transmite com imparcialidade e precisão os conceitos abordados nas reportagens, o que requer uma leitura crítica por parte dos cidadãos. Por isso, é importante definir o que é, de fato, a Divulgação Científica, seus limites e seu impacto no cotidiano dos leitores.

I.1. O que é Divulgação Científica?

Existem muitos termos empregados para os mais diversos níveis de transmissão de assuntos científicos para quaisquer tipos de público, dentre os quais estão difusão científica, jornalismo científico, divulgação científica, popularização da ciência, comunicação científica, dentre outros, como destacados por Kemper (2008). Entretanto, alguns termos são empregados como sinônimos indevidamente, sendo importante delimitar os principais conceitos que serão abordados nesta pesquisa. Para tal, Loureiro (2003) e Bueno (2010) serão as principais referências teóricas a respeito da definição da Divulgação Científica para este trabalho.

De acordo com Loureiro (2003), a geração e transferência de informação de qualquer área científica compõem o que chamamos de comunicação científica ou difusão científica. Esta, de acordo com o público-alvo e a linguagem empregada, subdivide-se em duas partes: a disseminação científica, destinada para os especialistas, e a divulgação científica, “voltada à circulação de informação em ciência e tecnologia para o público em geral” (LOUREIRO, 2003, p. 90). A disseminação científica possui, ainda, dois segmentos diferenciados: a disseminação intrapares, voltada para o fluxo de informações científicas entre especialistas de uma mesma área do saber, com isto sendo caracterizada por uma linguagem muito hermética; e a disseminação extrapares, voltada para propagação da informação científica e tecnológica, destinada a especialistas de outras áreas do conhecimento e cujo conteúdo apresenta interesse para campos heterogêneos.

O mesmo autor identifica a vulgarização ou popularização científica como sinônimos de divulgação científica e que esta “constitui-se no emprego de técnicas de recodificação de linguagem da informação científica e tecnológica objetivando atingir o público em geral e utilizando diferentes meios de comunicação de massa” (LOUREIRO, 2003, p. 91). A seguir, o autor defende que a divulgação científica é vista, erroneamente, apenas como as informações científicas e tecnológicas veiculadas na imprensa, denominado jornalismo científico. Sua abrangência seria mais ampla, podendo se estender a museus e centros de ciência, por exemplo.

Bueno (2010) emprega o termo comunicação científica como sendo a “transferência de informações científicas, tecnológicas ou associadas a inovações e que se destinam aos especialistas em determinadas áreas do conhecimento” (BUENO, 2010, p. 2), o que se trata de disseminação científica, de acordo com Loureiro (2003), anteriormente citado. O autor ratifica a diferença entre a comunicação científica e a divulgação científica no que diz respeito ao público. Enquanto na primeira os leitores estão familiarizados com os conceitos científicos, na segunda “ele (...) não tem, obrigatoriamente, formação técnico-científica que lhe permita, sem maior esforço, decodificar um jargão técnico ou compreender conceitos que respaldam o processo singular de circulação de informações especializadas” (BUENO, 2010, p. 2).

Este autor identifica discordância entre comunicação científica e divulgação científica em relação ao nível do discurso. Enquanto na comunicação científica o discurso não sofre alterações, por todos serem especialistas naquela área do saber, na divulgação científica o público entende como ruído termos e conceitos científicos e tecnológicos que implicam em alguma complexidade. Para tal, esta divulgação requer processos de decodificação ou de recodificação, com o uso de recursos, como metáforas e ilustrações, com o objetivo de facilitar o seu entendimento pelo público leigo. Porém, isto poderia penalizar a precisão das informações, podendo levar a leituras equivocadas e incompletas (*idem*).

No tocante à natureza dos canais de veiculação, a comunicação científica restringe-se a eventos técnico-científicos, como congressos, simpósios e conferências, e a periódicos especializados, atingindo uma audiência reduzida. A divulgação científica abrange não só a mídia impressa, rádio e TV, que alcançam uma grande audiência, como também livros didáticos, histórias em quadrinhos, campanhas publicitárias e até mesmo manifestações artísticas, como peças de teatro e literatura de cordel, desde que haja um conteúdo científico (*idem*).

Com relação ao jornalismo científico, deve se levar em conta a interferência do jornalista ou divulgador em relação à fonte de pesquisa (um cientista, pesquisador ou centro de produção de ciência e tecnologia), o que pode aumentar os ruídos na interação com o público. Isto se deve, em muitos casos, à falta de capacitação para decodificar ou recodificar o discurso especializado e à espetacularização da notícia (BUENO, 2010).

O autor encerra as diferenças entre as duas formas de transmitir ciência no que diz respeito às intenções. Enquanto a comunicação científica visa disseminar informações especializadas entre os pares, para torná-los conhecidos na comunidade científica, divulgar resultados de pesquisas em áreas específicas, elaborar novas teorias ou refinar as existentes, a divulgação científica cumpre a função primordial de democratizar o acesso ao conhecimento científico e estabelecer condições para a chamada alfabetização científica. Em um processo de inclusão dos cidadãos em debates científicos que impactariam suas vidas, permite-se que tenham um mínimo conhecimento do mundo e que assimilem as novas descobertas, o progresso científico (*idem*).

Como pontos de convergência, o autor destaca que tanto comunicação científica como divulgação científica estão submetidas a interesses extra científicos, como políticos, comerciais e militares, e denunciam fraudes científicas. O autor também revela que é comum encontrar parcerias entre jornalistas e pesquisadores na produção de textos ou reportagens para determinadas publicações. Por outro lado, a comunicação científica serve para alimentar a divulgação científica, pois muitos jornalistas recorrem a revistas especializadas na elaboração de suas pautas, incluindo falas de pesquisadores trechos inteiros de artigos de comunicação científica em matérias para o público leigo (*idem*).

Como se viu, a divulgação científica apresenta muitas características diferentes da comunicação ou disseminação científica. No entanto, estes pontos de divergência são produto de um processo histórico que se inicia desde o nascimento da Ciência Moderna até o momento atual, sendo necessário contextualizar cada período da comunicação científica para entender o momento em que houve esta separação.

I.2. Histórico da Divulgação Científica

O advento da imprensa no século XV, desenvolvida a partir dos tipos móveis de Gutenberg, é fundamental para a origem da divulgação do conhecimento científico para o público leigo, na Europa (MUELLER & CARIBÉ, 2010). Anteriormente, a comunicação entre os cientistas se dava pela troca de cartas e outros tipos de documentos entre as pessoas consideradas cultas. Grandes pensadores da época, como Leonardo Da Vinci (1452-1519) e Gerolamo Cardano (1501-1576) já entendiam a importância de comunicar a ciência ao mundo. Entre 1490 e 1520, ocorre ampla publicação de livros científicos, como o compêndio *Fascículo de Medicina*, de 1491. Neste período, apenas as elites mais ilustradas possuíam acesso a esse tipo de informação, pois as obras eram escritas em latim. Com o avanço das línguas vernáculas, apareceram obras de conteúdo científico voltadas a um público maior, obtendo grande êxito editorial na Europa, nos séculos XVI e XVII, como o livro de segredos naturais ou *Secreti*, de Alessio Piemontese (MUELLER & CARIBÉ, 2010).

No século XVI, surgiram as primeiras academias de ciência na Europa, de caráter secreto, como a italiana *Accademia Secretorum Naturae*, criada em Nápoles, em 1560, encerrando suas atividades em 1580, por pressão da inquisição. Entretanto, no século XVII, outros países acompanharam o surgimento destas entidades, como a *Royal Society*, na Inglaterra, criada em 1620 por Francis Bacon, e a *Académie des Sciences*, na França, criada em 1631, ambas reconhecidas pelas suas respectivas autoridades monárquicas. Até então, a comunicação entre os cientistas ocorria mediante a troca de cartas, pois não eram abertas pelos governantes locais. O conteúdo gerado nas reuniões destas primeiras academias recebia o nome de anais ou atas das respectivas sociedades e as cartas a elas enviadas, as *Letters*, originariam os primeiros periódicos ou revistas científicas (*idem*).

Os primeiros periódicos científicos e de divulgação científica foram publicados pelo francês *Journal de Sçavans*, iniciado em 1665, destinado a transmitir conhecimentos científicos para o público leigo. Editado três meses depois, o inglês *Philosophical Transactions* apresentava apenas registros de experimentos conduzidos por membros da *Royal Society*, ao passo que o periódico francês também publicava outras temáticas, não científicas. Logo, a publicação inglesa era uma revista dirigida apenas à comunidade científica. A controvérsia sobre qual teria sido o primeiro periódico está no fato de que não há definição clara do que são público leigo e comunidade científica neste período (*idem*).

Ainda no século XVII, Galileu Galilei criou o que é considerado um importante precursor da divulgação científica – o livro *Dialoghi*, cuja primeira versão foi publicada em 1632. Versando sobre os dois sistemas de mundo e universo em conflito no período, o sistema copernicano e o ptolomaico, o livro é escrito na forma de diálogos, de forma a atrair um público mais amplo e usá-lo para introduzir a essência do pensamento científico. Neste século, as atividades de divulgação da ciência produzida na época se desenvolveram e se consolidaram. Bernard le Bouyer de Fontenelle publicou, em 1686, a obra *Entretiens sur la pluralité des mondes*, apresentando os descobrimentos astronômicos dos séculos XVI e XVII. O êxito deste livro foi sem precedentes, prolongando-se até meados do século XVIII, muito devido à forma de abordagem do autor, com uso de diálogo, assim como Galileu, e metáforas, abordando o conhecimento científico de forma clara e inteligível. Por conta deste sucesso, Fontenelle é considerado um autor pioneiro da divulgação científica, bem como o projetou a ponto de se indicado para secretário permanente da *Académie des Sciences*, em 1699 (MUELLER & CARIBÉ, 2010).

No século XVIII, a obra de Newton e a consolidação da ciência moderna atraíram o interesse da aristocracia e da classe média, motivadas por livros contendo explicações de Física, eletricidade e história natural. A marquesa Emille du Châtelet, o filósofo Voltaire e o italiano Francesco Algarotti publicaram obras que dissecavam os princípios da Física Newtoniana, de forma a ganhar o público leigo, em especial o último autor, que destinou sua obra para as mulheres. Leonhard Euler publicou, entre 1768 e 1772, as *Lettres a une princesse d'Allemagne sur divers sujets de physique et de philosophie*, inspirada em aulas a uma princesa da Casa Real da Prússia e que atraiu o público em geral, sendo publicada em nove idiomas (SILVA, 2006; MUELLER & CARIBÉ, 2010). O interesse do público em conhecer as maravilhas da ciência e da técnica no período motivou Didertot e D'Alembert que produziram, entre 1751 e 1765, a *Encyclopedie*, cujo texto melhor exemplifica a função da divulgação científica (MUELLER & CARIBÉ, 2010).

Neste mesmo período, anfiteatros europeus eram palcos de inúmeras conferências públicas, atraindo a população urbana. Realizavam-se verdadeiros shows científicos, pois eram feitos inúmeros experimentos que geravam efeitos espetaculares, através de fenômenos pneumáticos, elétricos, mecânicos, magnéticos e ópticos, por exemplo. O uso de instrumentos, como microscópios e telescópios, possuíam papel central, pois facilitavam estas demonstrações. Estes recursos ilustravam as principais teorias e tornavam possível a visualização dos fenômenos pelos participantes, possuindo, portanto, um forte aspecto lúdico e de entretenimento, captando e retendo a atenção do público (SILVA, 2006; MUELLER & CARIBÉ, 2010). Algumas palestras e exposições sobre medicina, física e química, eram itinerantes, percorrendo várias cidades e até países, na Europa. Marat, um dos líderes da Revolução Francesa, foi um dos promotores destas conferências públicas, além de escrever

inúmeras monografias sobre calor, óptica e eletricidade (SILVA, 2006). Alguns palestrantes eram famosos, como Desaguilers, curador de experimentos da *Royal Society*, e

“considerado por historiadores como um dos mais influentes da Europa. Várias palestras eram divulgadas num mesmo e específico veículo impresso, e algumas formavam séries cuja lista de conteúdos também era impressa e publicamente distribuída (SILVA, 2006, p. 54).”

O século XVIII também é o período da produção dos primeiros livros infantis com conteúdo científico (SILVA, 2006; MUELLER & CARIBÉ, 2010). Para atender um público de três até dezesseis anos, estas obras apresentavam características como páginas pequenas, letras grandes, muitas ilustrações e linguagem mais simplificada, de modo a transmitir ciência de forma acessível. John Newberry foi um dos pioneiros neste campo, principalmente pela série *Tom Telescope*, publicada pela primeira vez em 1761. Os temas do livro variavam desde princípios da Física Newtoniana até elementos de história natural, no formato de lições dadas pelo autor.

Em 1750, foi publicado o livro *A museum for young gentlemen and ladies*, considerada a primeira enciclopédia infantil. Outras estratégias para o público infantil eram os jogos científicos, normalmente baseados em conhecimentos de nomes e de dados, modelos de instrumentos e de máquinas, além de zoológicos e aviários em miniatura (MUELLER & CARIBÉ, 2010). É importante ressaltar que estas formas de se dirigir ao público infantil, no intuito de dirigir as mentes em formação e difundir as bases do Iluminismo, configuram-se como as primeiras ferramentas didáticas no ensino de ciências.

Entretanto, percebe-se como a concepção de Ciência, neste período, é bastante diferente da que seria apresentada posteriormente. O século XVIII representa o início da institucionalização da ciência moderna, à medida que a atividade científica se profissionalizava. De acordo com Silva (2006), pesquisa científica e popularização possuíam limites quase inexistentes, assim como entre pesquisa, formação de profissionais e entretenimento. Ainda não existia a figura do especialista, o cientista *expert* em um determinado assunto, após obter uma pós-graduação, modelo como se conhece do presente. Os periódicos científicos não apresentavam, ainda, esse caráter voltado para apenas uma área do conhecimento científico. Portanto, neste período, não era possível diferenciar a posição de produtores de conhecimento, isto é, dos pesquisadores, daqueles que divulgam a ciência. Porém, o autor pondera ainda que,

“com a ciência se constituindo aos poucos como um certo tipo de instituição vinculada a uma certa forma de produção de conhecimento, já havia uma tensão pela diferenciação. Filósofos naturais acadêmicos da época do Iluminismo esforçavam-se por parecerem diferentes dos chamados “vendedores científicos”, com suas palestras e shows itinerantes.” (SILVA, 2006, p.55)

Em fins do século XVIII e início do século XIX, as disciplinas científicas se emanciparam gradativamente de disciplinas mais gerais, como filosofia, sendo comum a dedicação de muitos filósofos naturais a apenas uma especialidade científica. Mueller e Caribé (2010, p.21) ressaltam que “o século XIX foi considerado o século da ciência, da educação e das transformações políticas, econômicas e sociais, produzindo condições que propiciam atividades de divulgação científica”. Esta divulgação foi possível graças à modernização das técnicas de impressão e à diminuição do analfabetismo, o que possibilitou o enraizamento da ciência como força cultural influente em todos os setores da sociedade e motor do progresso. A paixão pela informação motivou a coleta de objetos de várias partes do mundo, para exibição em museus e exposições, bem como o amplo uso de informações estatísticas, microscópios e instrumentos de medida. Neste período, os benefícios trazidos pelo avanço técnico e científico geram otimismo, em especial devido à aplicação da ciência na indústria (MUELLER & CARIBÉ, 2010).

O livro científico impulsionou a industrialização das atividades editoriais, permitindo o surgimento de novas publicações periódicas, tanto técnico-científicas quanto de divulgação. O autor francês Camille Flammarion acreditava que a divulgação científica deveria despertar a paixão pela ciência, motivando-o a escrever o livro *Astronomie populaire*, publicado em 1880 e vendendo mais de 100.000 exemplares da primeira edição (*idem*).

A ciência deixou de ser restrita aos eruditos e incorporou-se à cultura cotidiana, com o esforço para torná-la mais acessível. Na segunda metade do século XIX, as atividades de divulgação científica se estabelecem de forma definitiva, sendo este período conhecido como a “idade de ouro” da divulgação. Neste período, também, ocorre a separação entre a comunicação entre os cientistas e a comunicação para o público não-especializado, quando ser pesquisador científico passou a ocupar tempo integral, sendo institucionalizada a prática científica enquanto profissão. Neste período, surgiram as primeiras associações, de âmbito nacional, para o progresso da ciência, desenvolvendo ações de divulgação científica voltadas para a sociedade em geral, como a *British Association*, a *American Chemical Society* (ACS) e a *American Association for the Advancement of Science* (AAAS) (*idem*).

O surgimento dos museus científicos e centros de ciência se dá na criação e na sistematização de coleções em “gabinetes de curiosidades”, nos séculos XV e XVI (LOUREIRO, 2003). Os primeiros museus públicos surgiram nos séculos seguintes, em consequência de maior interesse por cultura e por ciência, possuindo funções educacionais, conforme era enfatizado por importantes filósofos naturais da época, como Bacon, Descartes e Leibniz. Dentre os primeiros museus públicos, estão o *Museu Ashmoleano*, fundado em 1683, e o *British Museum*, de 1753, o primeiro de âmbito nacional. Apesar de outros países, como a França, também inaugurarem museus no período, não houve grande sucesso em termos de

divulgação científica e de atração pública, em parte devido à desorganização das coleções e ao despreparo dos organizadores (MUELLER & CARIBÉ, 2010).

No século XIX, os museus de ciência adquirem nova importância, devido ao contexto histórico marcado pela ascensão da burguesia como classe hegemônica ao poder, pelo imperialismo e pelas transformações científicas e ideológicas (LOUREIRO, 2003). A crescente experiência de curadores, pesquisadores e museólogos alteraram o perfil dos museus, em especial dos de história natural, que se proliferaram pelo mundo em muito devido ao impacto da Teoria da Evolução de Charles Darwin. No século XX, a função educativa dos museus firmou-se na Europa, na intenção de tornar as conquistas em ciência e tecnologia mais compreensíveis ao grande público. A partir dos anos 1960, os museus ganharam um estilo mais lúdico de apresentar suas coleções (MUELLER & CARIBÉ, 2010).

Os centros de ciência (*science centers*), por sua vez, surgiram nos EUA, a partir da década de 60, como um espaço de integração multidisciplinar, unindo ciência, tecnologia e arte, com técnicas interativas de caráter experimental (LOUREIRO, 2003; MUELLER & CARIBÉ, 2010). No contexto da Guerra Fria, os EUA procuravam se estabelecer como uma grande potência em ciência e tecnologia, portanto, nos centros de ciências, “encontram-se ausentes de tais instituições os objetos pertencentes ao passado científico e o caráter histórico e sociocultural do desenvolvimento da ciência e da tecnologia”, o que os diferenciava dos museus científicos (LOUREIRO, 2003, p. 89).

A segunda metade do século XX é marcada pela profusão dos meios de comunicação em massa, como rádio, televisão e cinema. Neste período, considerado como “a era da informação”, estes meios de comunicação, aliados a uma imprensa mais apurada e uma significativa melhoria na educação básica, permitiram à divulgação científica atingir públicos mais amplos. A *internet* gerou especial impacto, pois torna acessível um diversificado acervo de informações, tais como museus, revistas, livros, filmes, cursos, dentre outros, encontrados, na maioria das vezes, de forma simples e rápida, embora demande de tecnologia cada vez mais complexa. Portanto, a divulgação científica amplia-se através destas novas tecnologias, formando um novo público, que consome estas informações, tornando possível a democratização dos conhecimentos científicos (PIMENTA & GOUVÊA, 2009; MUELLER & CARIBÉ, 2010).

I.2.1. História da Divulgação Científica no Brasil

Até o século XVIII, por ser uma colônia de exploração controlada por Portugal, o Brasil não possuía atividades científicas significativas nem a transmissão de conhecimentos científicos. Com uma minoria letrada, instruída na Europa, apenas nas três últimas décadas surgiram algumas associações preocupadas com a difusão científica, como a Academia Científica do Rio de Janeiro e a Sociedade Literária do Rio de Janeiro, ambas de vida curta.

Com a vinda da Coroa Portuguesa, em 1808, surgiram as primeiras instituições de ensino superior voltadas para as ciências, como a Academia Real Militar e o Jardim Botânico, e, em 1810, foi inaugurada a Imprensa Régia, publicando livros, revistas, jornais, além de textos e manuais de educação científica. Os primeiros jornais surgiram neste período, apresentando artigos científicos, e décadas mais tarde, entre o período da Independência e a consolidação do Segundo Império, os primeiros periódicos, também publicando matérias voltadas à ciência (MOREIRA & MASSARANI, 2002; MASSARANI & MOREIRA, 2003).

A segunda metade do século XIX foi de intensa atividade de divulgação científica, seguindo um período de otimismo em relação aos benefícios do progresso científico e técnico, como anteriormente foi citado. Havia uma quantidade pequena de pesquisadores científicos em solo brasileiro, muitos atuando de forma individual e em poucas áreas como astronomia, ciências naturais e doenças tropicais, e as instituições de ensino superior apenas formavam profissionais de ciência, como engenheiros e médicos. O interesse do público ilustrado por temas científicos, como, por exemplo, o próprio imperador Dom Pedro II, deve-se em muito à aplicação das ciências na indústria (*idem*).

Entre 1850 e 1880, muitos periódicos entraram em publicação, dentre os quais havia cerca de 700 com alguma temática científica. Também surgiram muitas revistas que apresentavam matérias científicas, como a *Revista Brasileira – Jornal de Sciencias, Letras e Artes*, de 1857, a *Revista do Rio de Janeiro*, de 1876, a *Ciência para o Povo*, de 1881, e a *Revista do Observatório*, de 1886 (MOREIRA & MASSARANI, 2002; MASSARANI & MOREIRA, 2003).

A ligação telegráfica do Brasil com a Europa, a partir de 1874, tornou possível a rápida divulgação de novidades científicas. Nesta época, é publicado o livro *Doutor Benignus*, escrito por Augusto Emílio Zaluar, em 1875, possivelmente o primeiro livro brasileiro de ficção científica. Outro marco importante para a divulgação científica no período foi o artigo do professor de biologia francês Louis Couty para a *Revista Brasileira*, em 1875, no qual defendeu o desenvolvimento das ciências experimentais no país e enfatizou a importância da vulgarização científica (*idem*).

Em 1865, o naturalista americano Louis Agassiz realizou conferências a respeito de sua expedição ao Brasil, a *Expedição Thayer*, nas quais apontou a teoria de um período glacial na região da Amazônia e seus argumentos contrários ao transformismo e à Teoria da Evolução. Assim como Agassiz, muitos naturalistas estrangeiros realizaram expedições no Brasil, como Von Martius, Langsdorff, Wallace, Bates e Darwin, sendo que alguns deles passaram a aqui residir, como Peter Lund e Fritz Müller. Como ressaltam Moreira & Massarani (2002),

“Com a estada temporária ou provisória desses cientistas, é possível que tenha havido algum tipo de difusão de idéias científicas, ainda que indireta, na medida em que viajavam por lugares remotos do país e tinham interações com uma parcela da população local. Essa especulação está escorada em alguns

comentários que podem ser encontrados em seus livros de viagem. Registre-se também a existência evidente de processos de transmissão de conhecimentos no sentido inverso, isto é, os naturalistas adquirindo informações e conhecimentos variados, embora não contidos no quadro demarcatório da ciência, das populações nativas” (MOREIRA & MASSARANI, 2002, p. 51-52).

Em 1861, ocorreu a primeira edição das Exposições Nacionais, preparatórias para a participação do Brasil nas Exposições Universais, de modo a divulgar como estava a ciência no país. Em 1873, surgiram as *Conferências Populares da Glória*, que duraram 20 anos, de grande êxito e divulgação pela imprensa do período. Dentre os temas, destacaram-se glaciação, clima, origem da Terra, responsabilidade médica, doenças, bebidas alcoólicas, ginástica, o papel da mulher na sociedade, educação etc. Também foi importante a atuação dos museus de história natural no período. Em 1876, no Museu Nacional, iniciaram-se os *Cursos Públicos do Museu*, fazendo o público jovem se interessar por temáticas científicas, em áreas como botânica, agricultura, zoologia, mineralogia, geologia e antropologia. O Museu Paraense, dirigido por Emílio Goeldi (por isto, hoje este museu se chama Museu Goeldi), também estava voltado para a vulgarização de conhecimentos de história natural e etnologia da Amazônia. Em 1896, a Sociedade Zeladora do Museu Paraense foi criada para organizar conferências sobre temas da Amazônia, com grande público (MOREIRA & MASSARANI, 2002).

Do final do século XIX ao início do século XX, as atividades de divulgação científica sofreram uma redução e a pesquisa científica no Brasil ainda não estava institucionalizada. Curiosamente, este é o período em que o Brasil viveu um período de insurgências da população causadas pelo choque entre ciência e cultura, crenças e concepções políticas e científicas, como foi o caso da Revolta da Vacina, no Rio de Janeiro em 1904 (MASSARANI & MOREIRA, 2003).

A partir da década de 1920, no Rio de Janeiro, diversos cientistas, professores, médicos, engenheiros, dentre outros profissionais liberais, buscaram traçar novos rumos para a pesquisa e para a difusão dos conhecimentos científicos. Em 1916, foi criada a Sociedade Brasileira de Ciências, que, em 1922, se tornaria a Academia Brasileira de Ciências (ABC). Esta foi importante pelos estudos nas áreas de medicina e engenharia, devido ao processo de reurbanização da época, porém com intenções de louvar também a ciência pura, sem caráter utilitário, e novas teorias científicas, nos campos de física moderna e fisiologia (ALVES, 2001). Na ABC foi fundada, no ano seguinte, a Rádio Sociedade, cujo objetivo era a difusão de informações e de temas educacionais, culturais e científicos, de grande importância, inclusive, sendo citada por Einstein, em carta de 1925, em sua visita ao Brasil. Um dos maiores defensores da radiodifusão com finalidade educacional foi Roquette-Pinto, autor de muitos artigos na época sobre o assunto, abordando ainda temas como obras de cientistas brasileiros e estrangeiros, pesquisa básica, ciência e arte, literatura, populações indígenas e as

tendências da medicina moderna (MOREIRA & MASSARANI, 2002; MASSARANI & MOREIRA, 2003).

Outros divulgadores que se destacaram no período foram Amoroso Costa, que escreveu artigos e livros sobre a teoria da relatividade, e o fisiologista Miguel Osório de Almeida, que publicou livros como *A mentalidade científica no Brasil*, *Homens e coisas de ciência* e *A vulgarização do saber*. Dentre as revistas relacionadas à divulgação científica, encontram-se a *Rádio – Revista de divulgação científica geral especialmente consagrada à radiocultura*, lançada em 1923 e dirigida por Roquette-Pinto, *Electron*, criada em 1926, e a *Sciencia e Educação*, iniciada em 1929, cujo objetivo era divulgar ciência articulada com a questão educacional. Foram criadas coleções de livros didáticos, como Biblioteca de Filosofia Científica e Coleção Cultura Contemporânea, além de livros de ficção científica, como o romance *A Amazônia Misteriosa*, de Gastão Cruls, lançado em 1925. Os jornais do período também divulgavam temas ligados à ciência, como as visitas de Einstein e Marie Curie ao Brasil, por razão de diversas conferências realizadas na época (MOREIRA & MASSARANI, 2002; MASSARANI & MOREIRA, 2003).

É importante notar como muitas destas estratégias buscavam o incentivo e a institucionalização da pesquisa científica no Brasil, aliada às propostas educativas. Nas décadas seguintes, observa-se uma evolução lenta da ciência no Brasil, com a criação de instituições de caráter científico como o Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, em 1949, o Instituto de Matemática Pura e Aplicada e o Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, ambos em 1952, além da primeira agência pública de fomento à pesquisa, o Conselho Nacional de Pesquisas (CNPq), em 1951. Em 1937, foi criado o Instituto Nacional do Cinema Educativo (INCE), dirigido por Roquette-Pinto, produzindo filmes didáticos curtos sobre temáticas científicas, distribuídos e exibidos em escolas por todo o país. Dentre os livros do período, destacaram-se a série *Sítio do Pica-Pau Amarelo*, de Monteiro Lobato, que trazia diversas passagens ligadas às ciências, e *O homem que calculava*, de Malba Tahan, pseudônimo do matemático Júlio César de Mello e Souza.

Nos anos 1940, o médico, microbiologista e economista José Reis, professor da Universidade de São Paulo, começou a atuar na área do jornalismo científico. Escreveu colunas em jornais e revistas, publicou livros para crianças e adolescentes e fez programas de rádio, além de ser um dos fundadores, em 1948, da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC). Neste período, após a II Guerra Mundial, o público brasileiro apresentou maior interesse por ciência, especialmente após a descoberta dos *mésons pi* pelo físico brasileiro César Lattes. Alguns jornais, como o *A Manhã*, apresentavam suplementos de divulgação científica, com o objetivo de incentivar o interesse e o respeito pelos cientistas, além de pedir melhorias para o trabalho das instituições científicas e ressaltar aspectos humanos e divertidos

da ciência e da história da ciência no Brasil (MOREIRA & MASSARANI, 2002; MENDES, 2006). A divulgação científica nesta época

“solidificou-se como uma questão, também, para a comunidade científica brasileira, que lutava por obter do Estado recursos que sustentassem sua atividade e promovessem a constituição de uma carreira científica. Dessa forma, a ação dos cientistas no sentido de promoverem a divulgação científica direcionou-se tanto para o público interno da ciência (a coletividade científica) como para o público leigo, visando: 1. fortalecer a comunidade científica junto ao Estado, entendido como o responsável por estabelecer e implementar políticas direcionadas à ciência e tecnologia e ao projeto de carreira (profissionalização) e 2. construir um público mais favorável à ciência. A divulgação científica foi um dos meios pelos quais os cientistas procuraram valorizar a ciência como instrumento de intervenção na sociedade” (MENDES, 2006, p.123-124).

A partir das décadas de 1960 e 1970, as reuniões da SBPC ganharam forte adesão de cientistas e universitários, pois a instituição fazia oposição ao governo ditatorial, instaurado em 1964. Surgiram os primeiros programas televisivos de divulgação científica, como *Nossa Ciência*, originado em 1979 e transmitido pelo canal estatal de televisão, e o *Globo Ciência*, que foi ao ar pela primeira vez em 1984 (MOREIRA & MASSARANI, 2002; MASSARANI & MOREIRA, 2003).

Neste período também proliferaram os museus e os centros de ciência, tais como o Centro de Divulgação Científica e Cultural, fundado em 1980 em São Carlos; o Espaço Ciência Viva, de 1982 no Rio de Janeiro; e a Estação Ciência, em 1987. Ao longo das últimas décadas, os principais museus e centros de ciências foram criados por universidades, governos ou instituições públicas de pesquisa, como o Museu de Ciências e Tecnologia da Pontifícia Universidade Católica, em Porto Alegre, o maior do Brasil; o Museu da Vida da Fiocruz, no Rio de Janeiro; o Espaço Ciência da Secretaria de Educação e Esportes de Pernambuco, em Recife; e a Casa da Ciência, da UFRJ. Entretanto, os espaços de divulgação científica concentram-se nos grandes centros urbanos, sendo frequentados por cerca de 1% da população brasileira. Isto deixa claro que as estratégias de popularização da ciência no Brasil ainda estão aquém do que se observa na Europa e nos Estados Unidos, por exemplo. Sem uma tradição cultural de interesse pela ciência, poucos recursos e falta de pessoal qualificado, muitos museus e centros de ciência reproduzem os modelos europeus, americanos ou do próprio país, o que distancia estes espaços de suas realidade e cultura locais (MOREIRA & MASSARANI, 2002; MASSARANI & MOREIRA, 2003).

Na década de 1980, houve um aumento considerável da presença de temas científicos em meios de comunicação de massa. Mesmo com baixo investimento em ciência e tecnologia, o campo do jornalismo científico se desenvolveu e diferentes meios de divulgação surgiram. Começaram a circular importantes revistas brasileiras de divulgação científica, como a *Ciência*

Hoje (MENDES, 2006). Por isto, a seção seguinte tratará da produção do jornalismo científico e das revistas de divulgação científica.

1.2.2. Jornalismo Científico e Revistas de Divulgação Científica

O jornalismo científico surgiu à medida que o próprio jornalismo aumentava sua influência na sociedade. O primeiro jornal a incluir artigos científicos foi o *Gazzette de France*, em 1631, apresentando resultados de reuniões científicas semanais, sendo anterior aos primeiros periódicos considerados como científicos, como o *Journal de Sçavans* e o *Philosophical Transactions* (MUELLER & CARIBÉ, 2010).

No século XIX, os cientistas passaram a permitir a entrada de jornalistas em suas sessões e disponibilizar as atas de suas reuniões, como forma de mostrar a transparência científica. Assim, os jornalistas adquirem a possibilidade de também serem divulgadores da ciência, tarefa anteriormente exclusiva dos próprios cientistas. Já no século XX, o jornalismo científico se profissionaliza, seguindo o mesmo caminho de objetividade e neutralidade que os próprios cientistas americanos alegavam, por considerar a ciência acima da política (*idem*).

Ainda no século XIX, surgem os primeiros periódicos de âmbito nacional, como a britânica *Nature*, fundada em 1869, e a americana *Science*, fundada em 1880 por Thomas A. Edison e que já foi propriedade de outro cientista ilustre, Alexander Graham Bell (*idem*). Outras revistas surgiram neste contexto, dentre elas a *Scientific American*, fundada em 1845 pelo inventor americano Rufus Porter (GRILLO, 2009). Entretanto, os cientistas criticavam as notícias sobre ciência, em geral fragmentadas e que não respeitavam as linhas disciplinares rigidamente traçadas (MUELLER & CARIBÉ, 2010).

No Brasil, o papel de divulgar ciência era dos próprios cientistas, seja para valorizar as aplicações da ciência na indústria, como no século XIX, ou para promover a institucionalização da ciência enquanto atividade profissional, até meados do século XX. O surgimento de uma divulgação científica brasileira está relacionado à sua própria produção científica, o que evidencia uma mobilização e o interesse da comunidade científica em divulgar suas atividades para um público leigo, obtendo, assim, o reconhecimento da sociedade (MASSARANI & MOREIRA, 2003; MENDES, 2006).

A partir dos anos 1980, grandes jornais de abrangência nacional, como *O Globo* e o *Jornal do Brasil*, ganharam seções de ciência, cujo espaço vem sendo reduzido, havendo, ainda, matérias de cunho científico em outras seções dos jornais. Programas de televisão de caráter jornalístico, como *Jornal Nacional*, *Fantástico* e *Globo Repórter*, abrem espaço para temáticas científicas com bastante frequência. Porém, o jornalismo científico no Brasil ainda é frágil, pois há poucos jornalistas especializados em ciência e muitas das matérias veiculadas são versões ou traduções de jornais, revistas ou emissoras de televisão do exterior (MASSARANI & MOREIRA, 2003).

Na década de 80, foram criadas as primeiras revistas de divulgação científica no Brasil, como a *Ciência Hoje*, ligada à SBPC, cujo objetivo era “divulgar a ciência produzida no Brasil e aproximar a comunidade científica brasileira do grande público” (MASSARANI & MOREIRA, 2003, p. 56). A estratégia era publicar artigos dos próprios pesquisadores locais, divulgando os seus trabalhos para o grande público. Mesmo com reduzida atuação, devido ao surgimento de outras revistas de divulgação, a *Ciência Hoje* continua sendo referência, pois foi criada a *Ciência Hoje das Crianças*, em 1987, com foco em crianças de 8 a 12 anos, cuja distribuição é feita pelo Ministério da Educação para as escolas públicas. A revista também possui uma versão *on line*, assim como o Jornal da Ciência, informativo quinzenal, criado em 1992, destinado a notícias e discussões sobre a realidade das políticas científicas, educacionais e tecnológicas do país (MASSARANI & MOREIRA, 2003).

Outras revistas, ligadas a empresas privadas, apareceram no cenário da divulgação científica, acompanhando a *Ciência Hoje*: a *Globo Ciência*, cujo nome foi alterado para *Galileu*, a *Superinteressante* e a *Scientific American Brasil*. Com temáticas bem variadas, estas revistas são veiculadas por grandes editoras e vendem milhares de exemplares por todo o país. No caso da revista *Superinteressante* em especial, suas notícias e artigos possuem leitura mais acessível, porém sem um apuro maior no que diz respeito à qualidade e à dimensão crítica da ciência (MOREIRA & MASSARANI, 2002).

Com relação à *Scientific American Brasil*, suas publicações possuem uma linguagem mais elaborada, com maior uso de termos científicos, desde que começou a circular em 2002. Acredita-se que tal fato é relativo a uma grande quantidade de artigos escritos por cientistas, sejam eles brasileiros ou estrangeiros, o que se configura como a proposta da revista (SÉRIO & KAWAMURA, 2008; CARVALHO, 2010). Inclusive, houve uma proposta para reduzir a participação estrangeira na revista, pois a equipe editorial da mesma propôs uma parceria com a FAPESP, mas não se consolidou, pois este órgão de fomento exigiu 70% de matérias produzidas por cientistas brasileiros, e não os 50% como era a intenção da revista (GRILLO, 2009).

Com uma tiragem média de 33.000 exemplares mensais, a revista *Scientific American Brasil*, também apresenta uma versão *on line*, na qual podem ser encontradas as versões integrais dos artigos, reportagens e notícias, além de sessões exclusivas, como “Aula Aberta”, “Blog”, “Multimídia” e “Agenda” (SCIENTIFIC AMERICAN BRASIL, 2013). Desde sua primeira edição, tem por objetivo “traduzir”, em linguagem precisa e acessível, as novidades científicas e tecnológicas. Esta ideia de tradução antevê um “fosso” entre os saberes científicos e os saberes cotidianos, como afirma Grillo (2009).

No entanto, a equipe editorial da revista mostra-se profundamente preocupada com o fazer divulgação científica. Sérgio & Kawamura (2008) analisaram 55 editoriais, ressaltando que nestes é possível encontrar um discurso explícito da revista, destacando que não se dissocia a

importância de fazer ciência da de se divulgar ciência. Considera-se, ainda, a ciência como um componente da cultura humana, devendo, por isto, divulgar ciência como serviço ao bem estar social. As autoras também analisaram as propostas temáticas da revista desde sua origem, em 2002, o que ressaltou uma abordagem diversificada de temáticas em suas edições, com exceção de alguns poucos exemplares temáticos. Também ficou destacado que a maioria das reportagens da revista diz respeito às Ciências Exatas e da Terra, tais como Astronomia, Física e Geologia, seguidas pelas Ciências Biológicas.

Carvalho (2010) realizou uma análise de duas reportagens com a mesma temática, a respeito de avanços das neurociências, porém uma foi extraída da *Scientific American Brasil* e a outra, da *Superinteressante*. Como pontos em comum, a autora revela que ambas citam diretamente as fontes de onde buscaram suas informações, sendo que a *Scientific American Brasil* realizou maior número de citações. Também não citam cientistas brasileiros e usam matérias publicadas na revista *Nature* para conferir maior fundamentação científica aos leitores. Em ambas, foi possível encontrar um diálogo entre cientistas que eram favoráveis e outros que eram contrários a determinados aspectos da pesquisa científica em questão, bem como pontuam questões econômicas envolvidas. Porém, a *Scientific American Brasil* apresenta um maior uso de depoimentos de cientistas, fazendo uso de uma linguagem mais técnica e de maior complexidade para o leitor comum. A *Superinteressante* usou relatos de pessoas comuns para ilustrar e vocabulário mais próximo do linguajar cotidiano, mostrando, de acordo com a autora, o público ao qual se destina, de menor poder econômico do que os leitores da *Scientific American Brasil*.

De acordo com Massarani & Moreira (2003), o Brasil ainda está longe de uma divulgação científica de qualidade que contemple todos os aspectos que já vem sendo trabalhados no exterior. Muito do que se apresenta sobre ciência na grande mídia, seja ela impressa ou televisiva, a transforma em “um empreendimento espetacular, no qual as descobertas científicas são episódicas e realizadas por indivíduos particularmente dotados” (MASSARANI & MOREIRA, 2003, p. 64). Os processos de produção científica, seu contexto, limitações e incertezas são ignorados em favor de mostrar apenas seus resultados e aplicações. É rara a participação de cientistas na produção destas matérias, ocorrendo de forma desorganizada e com pouca valorização institucional. Candotti (2002) pontua que deveria ser uma das responsabilidades dos pesquisadores divulgar suas atividades científicas para o grande público, da mesma forma como o fazem para revistas especializadas. Entretanto, esbarra-se nas barreiras promovidas pelos interesses mercadológicos, que excluem o viés educativo da divulgação científica. No próximo capítulo, será discutido o potencial didático da divulgação científica e o que já pode ser encontrado na literatura a respeito dessa integração com o Ensino de Ciências.

Capítulo 2 – Divulgação Científica no Ensino de Ciências

Conforme mencionado no capítulo anterior, a sociedade atual depende da Ciência e da Tecnologia para o seu desenvolvimento e bem estar social, porém ainda persiste o desinteresse dos alunos pelo estudo das ciências. Face a esta situação, evidencia-se a importância de um Ensino de Ciências que possibilite não só a apropriação dos conteúdos científicos contemplados nos currículos dos vários níveis da Educação Básica e também do Ensino Superior, mas também torná-lo acessível e atraente. Porém existem alguns aspectos que tornam o Ensino de Ciências ineficaz nestes seus objetivos, a despeito de seu papel fundamental em uma era dominada pelas Ciências.

Fourez (2003) destaca a crise do Ensino de Ciências no mundo industrializado como sendo um problema alimentado por diversos atores: os alunos, cada vez menos interessados em carreiras científicas, pela distância entre a ciência que se ensina e a realidade de suas vidas; os professores de ciências, devido às falhas nos seus cursos de formação; os dirigentes do mundo econômico e social, devido à remuneração insuficiente de profissionais das áreas científicas e técnicas, como engenheiros; os pais dos alunos, preocupados com o emprego dos filhos, face à questão econômica; e os cidadãos de forma geral, pois relacionam os avanços científicos apenas associados a novas aquisições tecnológicas. O autor também destaca controvérsias ligadas a essa crise, como a oposição entre a quantidade e a qualidade dos conteúdos científicos ministrados aos alunos e a intenção de se ensinar ciências, seja para formação de cientistas ou para alfabetizar cientificamente.

Portanto, neste capítulo, apresentam-se os principais objetivos do Ensino de Ciências na formação dos cidadãos, os rumos e tendências deste no Brasil e no mundo e qual a importância de se desenvolver atividades pedagógicas que propiciem a Alfabetização Científica e Tecnológica dos alunos. Em seguida, será discutido de que forma o uso da Divulgação Científica pode contribuir para o Ensino de Ciências, de forma a tornar a ciência mais acessível aos alunos.

II.1. O Ensino de Ciências e a Alfabetização Científica e Tecnológica

O estabelecimento de programas de Ensino de Ciências nos diferentes países, como é o caso do *Biological Science Curriculum Study* (BSCS), desenvolvido a partir da década de 1950 nos Estados Unidos, transformou a forma de se apresentar os conteúdos científicos em sala de aula, tornando-se impactante a partir dos anos 1970 (KRASILCHIK, 1992, 2000; TEIXEIRA *et al.*, 2007). Os currículos, antes baseados em conteúdos programáticos, que apresentavam a ciência como algo pronto e acabado, passaram a considerar os conhecimentos prévios dos alunos. Inicialmente, o objetivo era a formação de futuros

cientistas, tornando os alunos capazes de resolver problemas através de processos intelectuais e da investigação científica. Dentre as tendências que se consolidaram no Ensino de Ciências, está o Construtivismo, que ganhou força na década de 1980, permitindo a aproximação de conteúdos científicos com a realidade do aluno levando em consideração suas concepções prévias, além de favorecer a entrada de avanços tecnológicos e de questões ambientais no programa escolar (SCHNETZLER, 1992; MORTIMER, 1996; TEIXEIRA *et al.*, 2007).

A década de 1990 é marcada pelo estabelecimento de currículos nacionais, que ignoraram as grandes diferenças regionais brasileiras. Nos últimos anos, com a aprovação de documentos como os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) em 1998 e da Lei de Diretrizes e Bases (LDB nº 9394/96) em 1996,

“observa-se a definição de parâmetros nacionais mais flexíveis. Na tentativa de contribuir para a formação de um cidadão consciente e comprometido com a construção de um mundo melhor, os conteúdos de Ciências propostos pelos PCN são permeados por três linhas, a saber: educação ambiental, educação em saúde e educação tecnológica” (TEIXEIRA *et al.*, 2007, p. 660).

Bizzo (2008) comenta sobre este constante debate em torno do Ensino de Ciências relacionado com aspectos como a psicologia do desenvolvimento, a pedagogia, a sociologia e a economia, por exemplo. A importância dada à metodologia do Ensino de Ciências suscitou diferentes linhas de pesquisa, como às relacionadas com concepções prévias (DRIVER, 1985 *apud* BIZZO, 2008), e ao uso de História e Filosofia da Ciência no ensino (MATTHEWS, 1995; McCOMAS, 2008). Porém, Bizzo (*op. cit.*) ainda destaca que o Ensino de Ciências constituía parte obrigatória de planos de reformulação econômica e social, devido à sua inter-relação com o desenvolvimento das forças produtivas.

Krasilchik (1992, p. 3) também ressalta diferentes vertentes que debatem sobre o papel do Ensino de Ciências:

“uma primeira que considera não só o papel atribuído às disciplinas científicas no currículo escolar, no que respeita à formação do homem comum, capaz de contribuir para a melhoria da qualidade de vida, mas que também atue na formação de quadros de cientistas e tecnólogos capazes de trabalhar para a superação das diferenças existentes entre os países desenvolvidos e (...) o Brasil.” (KRASILCHIK, 1992, p. 3)

Ainda segundo a autora, apesar da criação de inúmeros projetos visando investimentos e reformulações nos programas vigentes, o Ensino de Ciências encontrava-se em situação lastimável, assim como de outras disciplinas. A preocupação real em formar não só cidadãos pluralistas, mas também profissionais competentes, revela opiniões que divergem no sentido da finalidade do Ensino de Ciências (KRASILCHIK, 1992).

Em outro artigo (KRASILCHIK, 2000), a autora destaca as transformações do Ensino de Ciências no Brasil em consonância com reformas curriculares orientadas pelo contexto político

e econômico de cada período. As décadas de 1950 e 1960 são fortemente marcadas pela Guerra Fria, o que determina o estabelecimento de um ensino com programas rígidos, destinado à formação das elites, mostrando a ciência enquanto atividade neutra. O principal instrumento legal que norteia este período é a Lei 4.024 – Diretrizes e Bases da Educação, de 21 de dezembro de 1961, havendo um aumento considerável das ciências em todas as séries do ensino. Na década de 1970, cujo contexto é a Guerra Tecnológica e a Ditadura Militar, o Ensino de Ciências no Brasil passa a destinar-se a formação de cidadãos trabalhadores, em especial ligado a setores industriais. A ciência passa a ser transmitida em função de sua evolução histórica e visando o desenvolvimento de um pensamento lógico-crítico, seguindo propostas curriculares estaduais, todas regidas pela Lei 5.692, promulgada em 1971. Neste período, ocorre uma ênfase do caráter profissionalizante da educação científica, com o aumento considerável do número de escolas técnicas. A partir da década de 1990, com a nova Lei de Diretrizes e Bases da Educação, nº 9.394/96, o Ensino de Ciências passa a se destinar a um cidadão envolvido com questões sociais pertinentes ao mundo globalizado. A ciência é concebida enquanto atividade com implicações sociais, o que propicia o desenvolvimento de parâmetros curriculares de nível federal. Cada período também possui especificidades no que diz respeito ao tipo de modalidades didáticas recomendadas: entre 1950 e 1970, eram as aulas práticas; entre 1970 e 1990, projetos e discussões de caráter científico; a partir de 1990, os jogos e exercícios no computador. Este processo de transformações no Ensino de Ciências está sintetizado no **quadro II.1**.

Outras tendências a serem consideradas surgem a partir da década de 1980, buscando tornar os conteúdos científicos mais contextualizados com os avanços científicos e tecnológicos, como “Ciência, Tecnologia e Sociedade” (CTS ou STS). De acordo com esta vertente, tira-se a neutralidade da ciência, em contraposição ao pressuposto cientificista, que atribuía fé cega ao discurso científico. Nesse viés, apresentar uma ciência cuja atividade está ligada à sociedade contribuiria para a tomada de decisão de forma a tornar o cidadão consciente da relevância de seu papel social (SANTOS & MORTIMER, 2001). Neste contexto, a fundamental importância atribuída ao Ensino de Ciências está na possibilidade de uma “Alfabetização Científica” conforme será visto na próxima seção.

Quadro II.1: Evolução da Situação Mundial, segundo Tendências do Ensino (1950-2000).
Fonte: KRASILCHIK (2000, p. 14).

Tendências no Ensino	Situação Mundial			
	1950	1970	1990	2000
	Guerra Fria	Guerra Tecnológica	Globalização	
Objetivo do Ensino	• Formar Elite • Programas Rígidos	• Formar Cidadão-trabalhador • Propostas Curriculares Estaduais	• Formar Cidadão-trabalhador-estudante • Parâmetros Curriculares Federais	
Concepção de Ciência	• Atividade Neutra	• Evolução Histórica • Pensamento Lógico-crítico	• Atividade com Implicações Sociais	
Instituições Promotoras de Reforma	• Projetos Curriculares • Associações Profissionais	• Centros de Ciências, Universidades	• Universidades e Associações Profissionais	
Modalidades Didáticas Recomendadas	• Aulas Práticas	• Projetos e Discussões	• Jogos: Exercícios no Computador	

II.1.1. Alfabetização Científica

O termo “alfabetização científica”, adotado em países francófonos, Portugal, Brasil e Espanha, advém do termo “literacia” ou “letramento científico” (*scientific literacy*), desenvolvido em 1958 pelo educador Paul Hurd, apresentando como sinônimos “compreensão pública da ciência”, comum no Reino Unido, e “cultura científica”, adotado pela UNESCO (CACHAPUZ, 2008). Desde então, o tema gera discussões de caráter conceitual (LAUGKSCH, 2000; CHASSOT, 2003; MILLAR, 2008) ou então relacionados a questões particulares de determinadas áreas da pesquisa em educação científica, como as relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) (ACEVEDO-DIAZ *et al.*, 2001; ANGOTTI & AUTH, 2001; AULER & BAZZO, 2001; AULER, 2003; GORDILLO, 2003; GORDILLO & OSÓRIO, 2003), a Natureza da Ciência no ensino (VÁZQUEZ-ALONSO *et al.*, 2008), as relações entre Ciência e Arte (MONTEIRO *et al.*, 2005), a educação ambiental (MARTINS *et al.*, 2008) e o uso de museus como proposta educativa (CAZELLI *et al.*, 1999). A expressão “alfabetização científica” ganha, em certos estudos, a tecnologia como complemento, passando a denominar-se Alfabetização Científica e Tecnológica, ou, simplesmente, ACT (AULER & BAZZO, 2001; AULER, 2003).

Em comum, os trabalhos que abordam a Alfabetização Científica a definem como um aprendizado significativo dos conteúdos científicos, tornando-os parte da interpretação do mundo, além de apropriarem-se novos códigos, como termos e conceitos, relativos da Ciência. Mais ainda, a Alfabetização Científica deve propiciar uma leitura crítica do mundo e abarca um espectro bastante amplo de significados, traduzidos através de expressões como popularização da Ciência, divulgação científica, entendimento público da ciência e

democratização da Ciência (AULER, 2003). A Alfabetização Científica aparece em documentos como a Declaração de Budapeste, alegando que o ensino de ciências e tecnologia é um imperativo estratégico para o desenvolvimento e que “é necessário fomentar e difundir a alfabetização científica em todas as culturas e em todos os sectores da sociedade, [...] a fim de melhorar a participação dos cidadãos na adopção de decisões relativas à aplicação de novos conhecimentos” (UNESCO, 2003, p. 50).

Chassot (2003) afirma que a Alfabetização Científica está ligada a uma educação mais comprometida, que deve estar atrelada aos diferentes níveis de ensino, desde a Educação Infantil até o Ensino Médio e incluindo o Ensino Superior. O autor defende a visão de que estar alfabetizado cientificamente é ser capaz de realizar uma leitura do mundo e do universo, partindo do pressuposto de que a ciência é uma linguagem.

Santos (2007) também fornece um panorama de como a Alfabetização Científica tem sido objeto de preocupação de profissionais de diversas áreas, como educadores em ciência, cientistas sociais, sociólogos da ciência, comunicadores da ciência e economistas. Para a Alfabetização Científica, Santos cita os argumentos mencionados por Millar (1996 *apud* SANTOS, 2007), tais como: o argumento econômico, que relaciona o nível de conhecimento público da ciência com o desenvolvimento econômico do país; o utilitário, justificando o letramento por razões práticas e úteis; o democrático, auxiliando os cidadãos a participar das discussões, do debate e da tomada de decisão sobre questões científicas; o social, vinculando a ciência à cultura e fazendo com que as pessoas fiquem mais simpáticas à ciência e à tecnologia; e o cultural, cuja meta é fornecer aos alunos o conhecimento científico como produto cultural. Tais argumentos estão presentes no currículo escolar como fatores que influenciam seu planejamento. Desta forma, a prioridade da Alfabetização Científica muda de acordo com o seu objetivo: se for melhorar o conhecimento científico, o currículo enfocará conteúdos científicos; se o objetivo for formar cidadãos, enfocará a função social e o desenvolvimento de atitudes e valores (SANTOS, 2007).

Os Parâmetros Curriculares Nacionais para Ensino Médio destacam que, entre os maiores desafios para uma Alfabetização Científica e Tecnológica, desde o Ensino Fundamental, estão “a formação adequada de professores, a elaboração de materiais instrucionais apropriados e até mesmo a modificação do posicionamento e da estrutura da própria escola, relativamente ao aprendizado individual e coletivo e a sua avaliação” (BRASIL, 1999, p. 49). Deficiências nestes aspectos se agravam no Ensino Médio, pois o aluno que não estiver alfabetizado cientificamente e tecnologicamente dificilmente acompanhará as mudanças econômicas e culturais, aceleradas por uma revolução científico-tecnológica mal acompanhada pelo desenvolvimento na educação.

Teixeira (2003, p. 97) critica a educação científica da forma como é feita, pois a ciência aprendida não ultrapassa o período escolar, sendo a Alfabetização Científica constituída por

“semântica, vocabulários sem correspondência conceitual e, na pior das hipóteses, o sentimento de conhecer alguma coisa sem o comprometimento de uma compreensão de que se trata”. O autor ressalta ainda que as disciplinas científicas (biologia, física e química) abordam seus conteúdos de forma internalista, aprisionando o ensino dentro de um campo epistemológico próprio, restrito aos conceitos de cada ciência. Nesta ótica, que transmite a ciência de forma estanque da sociedade, surgem as referências a problemas que afetam o ensino-aprendizagem de conhecimentos na área científica, como “o conteúdismo exacerbado, ao excesso de terminologia inócua que exige memorização sem compreensão, falta de contextualização e a ausência de articulação com outras disciplinas” (*idem*, p. 98).

Desta forma, que práticas educacionais possibilitariam uma Alfabetização Científica e Tecnológica que efetivamente propiciasse aos estudantes se tornarem cidadãos capazes de tomar decisões? Que tipos de estratégias no Ensino de Ciências se adequariam a esta proposta?

Uma destas possibilidades seria o uso de material de Divulgação Científica em práticas pedagógicas. Segundo Fourez (1995), a vulgarização científica pode se dar de duas maneiras: pelo efeito vitrine, que demonstra ao povo “as maravilhas da ciência”, resultando em uma sociedade tecnocrática com pouca liberdade; e pela transmissão de poder social, transmitindo certo conhecimento científico ao ponto de ser considerado útil no entendimento de questões tecnocientíficas, resultando em cidadãos capazes de tomar decisões em relação a sua vida e à coletividade.

Na próxima seção, serão destacadas propostas de trabalhos de pesquisa que analisaram como a Divulgação Científica vem se articulando com o Ensino de Ciências, na busca de propiciar aos alunos uma Alfabetização Científica e Tecnológica efetiva.

II.2. Uso de Textos de Divulgação Científica no Ensino de Ciências

Para Bueno (2010, p. 5), a função primordial da Divulgação Científica é “democratizar o acesso ao conhecimento científico e estabelecer condições para a chamada alfabetização científica.” Desta forma, contribuiria para incluir os cidadãos em debates sobre certos temas específicos da ciência e que poderiam impactar suas vidas e trabalho, como transgênicos, células tronco, mudanças climáticas, energias renováveis, dentre outros. Isto seria possível porque o divulgador está encarregado de “traduzir” os saberes científicos para o público leigo, articulando-se com outros discursos, como o pedagógico, o político e o religioso, a fim de tornar acessíveis tais conhecimentos (ALFERES & AGUSTINI, 2008).

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) recomendam a incorporação de uma variedade de textos informativos como fontes alternativas de conhecimento, além do livro didático, pois cada um destes possui estrutura e finalidade próprias (BRASIL, 2000). Nesta variedade, enquadram-se enciclopédias, livros para-didáticos, artigos de jornais e revistas,

folhetos de campanhas de saúde, de museus, textos da mídia informatizada, etc. Assim, estes textos podem contribuir para o Ensino de Ciências, no sentido de apresentar aos alunos uma maior diversidade de informações, além de possibilitar o desenvolvimento de habilidades de leitura, o domínio de conceitos, formas de argumentação e elementos da terminologia científica (MARTINS *et al.*, 2001).

Orlandi (2001) caracteriza o discurso da Divulgação Científica como um discurso a parte, sendo formado pela união dos discursos científico, jornalístico e cotidiano. A autora aponta para a ocorrência de uma “metaforização” dos discursos científico e jornalístico na relação com o cotidiano, necessária para reduzir o uso excessivo de terminologias, o que torna o discurso da Divulgação Científica eficaz. Para Alferes e Agustini (2008), na Divulgação Científica ocorre uma vulgarização dos saberes científicos ao serem transpostos para um público não restrito. Tal processo pode afetar e transformar a concepção de ciência presente no senso comum, vista como forma de conhecimento acumulativo, sistematizável e atemporal. O propósito de transmitir uma visão de ciência neutra e utilitária, relacionada com o bem-estar da sociedade, é de caráter político, pois são privilegiados os resultados científicos referentes à tecnologia e à saúde, áreas de maior destaque na sociedade capitalista.

O uso de textos de Divulgação Científica no ensino de ciências constitui-se numa prática marcante e gera discussões em diversos artigos encontrados na literatura, como será visto adiante. Em comum, estes trabalhos estabelecem a importância dos textos como

“motivadores ou estruturadores da aula, organizadores de explicações, desencadeadores de debate e contextos para a aquisição de novas práticas de leitura, estabelecendo relações com o cotidiano dos alunos, ampliando seu universo discursivo e permitindo ressaltar aspectos da natureza da prática científica.” (MARTINS *et al.*, 2004, p. 95)

Rocha (2010), em pesquisa realizada com professores de ciências do Ensino Fundamental, constatou a importância da Divulgação Científica ao contextualizar o conteúdo trabalhado e ao possibilitar aos alunos o acesso a informações que contribuem para a formação de cidadãos críticos e conscientes de seu papel na sociedade. O autor destaca, ainda, que o trabalho com tais textos possibilita

“(I) a reflexão, a interação e a interpretação dos fatos, facilitando o processo de reelaboração das informações pelos alunos, o que é fundamental para construção do conhecimento; (II) a ampliação da visão de mundo do aluno, na medida em que permite a discussão e a troca de opiniões a respeito dos fatos apresentados; (III) a ampliação do universo lexical e da competência linguística do aluno; (IV) a vinculação dos conteúdos curriculares à realidade, fazendo com que o aluno perceba o sentido e a aplicabilidade do que aprende na escola e (V) o desenvolvimento do hábito de leitura, seja por prazer ou por necessidade de buscar informações.” (ROCHA, 2010, p. 32)

Para Gonçalves *et al.* (2011), o uso pedagógico de recursos midiáticos na sala de aula requer preparo do professor, face aos múltiplos significados dos conteúdos, assim como aos eventuais erros de informação. As autoras também destacam que, quando se fala em Divulgação Científica, devem ser considerados dois problemas: o do vínculo entre ciência e tecnologia, no qual a ciência não se restringe a um conhecimento puramente acadêmico, mas a serviço da sociedade, sustentada pelo mercado de consumo; e o grau de legitimidade atribuída a Divulgação Científica, bem como a acessibilidade ao público consumidor. Porém, isto não significaria torná-la irrelevante, uma vez que é importante porta de acesso para novos conhecimentos, além de ser elemento motivador para o ensino e complemento para o aprendizado em sala de aula, ao lado de livros didáticos e professores.

As publicações de Divulgação Científica caracterizam-se por serem estritamente informativas, sem intenção de tornar os leitores mais competentes em uma área do saber (GRILLO, *et al.*, 2004). Portanto, os textos de Divulgação Científica não possuem objetivos didático-pedagógicos ao dirigirem-se a um público leigo, produzindo matérias voltadas para o cotidiano dos leitores, situando os conhecimentos nos contextos de significação do leitor ou provocando rupturas nesse saber cotidiano (ROCHA, 2010). A apropriação destes textos para efeitos de ensino não pode ser automática, sendo necessário: estabelecer conexões entre o que abordam e os conteúdos curriculares; entender o funcionamento destes textos em cada contexto; e de que maneira estes textos são selecionados e adaptados para o uso em sala de aula, processo que envolve atividades de reelaboração discursiva dos mesmos (MARTINS *et al.*, 2001).

A seguir, encontram-se os estudos que discutem o uso pedagógico de textos de Divulgação Científica. Para tal, duas categorias de trabalhos serão analisadas: na primeira, trata-se do uso destes textos enquanto ferramenta pedagógica e, na segunda, de investigações que analisaram os textos, verificando suas potencialidades pedagógicas.

II.2.1. Estudos a respeito do uso de Divulgação Científica em Atividades Pedagógicas

Nesta seção serão abordados alguns estudos que exploram o uso de textos de Divulgação Científica em sala de aula, seja a presença destes em livros didáticos, em propostas pedagógicas de professores e/ou professores em formação, em entrevistas com professores e em trabalhos que analisam o estado da arte da pesquisa relacionada com o uso de Divulgação Científica no Ensino de Ciências.

Martins *et al.* (2001) analisaram um caso de reelaboração discursiva de um texto de Divulgação Científica, que abordava a dinâmica do fogo no Cerrado, ao ser transferido para um livro didático do Ensino Médio, vinculado ao tema Ecologia. Os autores constataram uma redução significativa de informação nesta adaptação, inclusive com modificação da natureza da ciência, de uma construção dinâmica no texto de Divulgação Científica para neutra e objetiva

no texto didático. Além disso, houve perda na função das imagens, que eram informativas no texto de Divulgação Científica para meramente ilustrativas no texto didático.

Martins e Damasceno (2002) analisaram seis coleções de livros didáticos e constataram a presença de 83 textos escritos ou imagéticos de Divulgação Científica, sendo a maioria (84%) proveniente de jornais e revistas de divulgação. Além disso, boa parte dos textos (65%) sofreu algum tipo de adaptação para a sua inclusão no livro didático. Nascimento (2003) também identifica a presença de textos de Divulgação Científica adaptados nos livros, o que corrobora seus diferentes discursos e funções, além da forma como o leitor irá interagir, seja no ambiente informal ou no escolar.

Martins *et al.* (2004) utilizaram um texto de Divulgação Científica em sala de aula, para um curso noturno, no qual a professora adaptou o texto antes de trabalhá-lo com seus alunos. Entre as reelaborações discursivas realizadas pela professora destacam-se adaptações de textos originais, menores e menos específicos, na preparação de textos para uso em aula, a introdução de atividades de leitura, de forma livre e dirigida, e a utilização conjunta com textos didáticos. As aulas foram gravadas e, analisando-as, observou-se que tais textos motivaram a participação dos alunos, além de fornecer explicações para o conteúdo trabalhado e estímulo à prática da leitura.

Nascimento (2005) analisou as operações de reelaboração discursiva sofridas por um texto de Divulgação Científica sobre clonagem ao ser inserido em um livro didático de ciências. O estudo revelou que o texto de Divulgação Científica, cuja principal função é promover a atualização de conteúdos, não estabelece conexões com as demais partes do livro, mantendo, ainda, as principais características do discurso da divulgação. Em trabalho posterior da mesma autora (NASCIMENTO, 2008), discute-se acerca das atividades de reelaboração discursiva em textos de Divulgação Científica adaptados por licenciandos para suas aulas de regência, destacando a relevância do licenciando como mediador do texto de Divulgação Científica em sua introdução em sala de aula.

Puiati *et al.* (2007) realizaram um levantamento das produções que tratam de Divulgação Científica em sala de aula apresentadas nas edições do Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC). Os trabalhos foram classificados de acordo com o modo de utilização dos textos de divulgação em sala de aula e a relação dos alunos com estes textos. Os autores concluíram que os professores apresentam dificuldade para organizar e utilizar as fontes diversificadas de Divulgação Científica, porém estas se mostram de grande suporte para atividades didáticas e como um importante elemento motivador para os alunos.

Rocha (2010), em seu estudo, entrevistou professores de ciências, investigando a forma como selecionam, adaptam e trabalham textos de Divulgação Científica em sala de aula. Apesar das vantagens de suas utilizações pelos professores, o autor destaca a necessidade de “aprofundar as discussões acerca da incorporação didática destes materiais, de como eles

podem complementar os livros didáticos, e da natureza das reelaborações discursivas envolvidas na articulação com temas do currículo de ciências” (ROCHA, 2010, p. 25).

Gomes *et al.* (2012) também entrevistaram professores em cursos de pós-graduação ligados ao Ensino de Ciências, em especial ao Ensino de Biologia, a respeito de seus hábitos de leitura, como selecionam e empregam textos das revistas de divulgação em sala de aula, se os adaptam, além das vantagens e desvantagens de seu uso. Como conclusões, os autores perceberam que os entrevistados consideram importante o uso destes textos em sala de aula, de forma alternada com textos didáticos, como forma de atualização constante em questões científicas, além de tornar as aulas mais participativas e dinâmicas.

Ferreira e Queiroz (2012b) fizeram levantamento semelhante, porém utilizando não só trabalhos apresentados no ENPEC, no período de 1997 a 2009, mas também artigos de revistas de pesquisa em Ensino de Ciências e Matemática encontrados por uma busca realizada no Portal de Periódicos da Capes. As produções foram classificadas e agrupadas de acordo com suas temáticas principais: seleção, caracterização e/ou análise de texto de divulgação para fins escolares; experiências em salas de aula de ciências com textos de divulgação; formação de professores e o uso de texto de divulgação em contextos escolares; ponderações sobre Divulgação Científica e suas implicações no Ensino de Ciências; e estado da arte das pesquisas relacionadas à Divulgação Científica. As autoras destacaram que o número de produções ligadas a esta temática tem aumentado substancialmente a partir dos anos 2000 e que a maioria dos trabalhos investigam as potencialidades didáticas dos textos de divulgação a partir da análise dos mesmos.

Souza & Rocha (2012a) analisaram as alterações sofridas por um texto de divulgação ao ser inserido em livro didático de ciências, de forma semelhante ao que Martins *et al.* (2001) e Nascimento (2005) realizaram. O texto original, que tratava da criação de onças em cativeiro e de problemas gerados em encontros com seres humanos, foi amplamente reduzido na passagem para um livro de Ciências do 6º ano do Ensino Fundamental. Identificou-se, nesta transferência, que há processos de reelaboração discursiva, como substituição, adição, eliminação e reordenação, além de mudanças na linguagem do texto, de tal forma a se ajustar ao programa curricular da série e à faixa etária dos alunos. O texto também sofreu modificações no que diz respeito à Natureza da Ciência, pois o texto de divulgação abordava a pesquisa em genética de populações realizadas com onças, como estratégia de conservação das duas espécies destes felinos, e incluía a questão das onças em ambiente silvestre e os encontros acidentais com humanos, enquanto o texto didático aborda apenas este último aspecto.

II.2.2. Estudos de análise de artigos de Divulgação Científica

Os trabalhos a seguir realizaram análises de textos de divulgação científica, verificando aspectos conceituais, linguagem e, alguns casos, o possível uso pedagógico destes textos.

Goldbach *et al.* (2005) analisaram artigos de quatro revistas de Divulgação Científica – *Ciência Hoje*, *Superinteressante*, *Scientific American Brasil* e *Galileu* – a respeito de conceitos presentes que envolvem os genes. Os autores encontraram muitos termos específicos a esta área, como genes reguladores, *homeobox*, genes do desenvolvimento, dentre outros, assim como metáforas associadas à ideia de gene, como “mensagem”, “grande livro de receitas”, “programa-software”, dentre outras. O objetivo dos autores era integrar as análises feitas a partir das revistas com entrevistas e questionários aplicados a professores e outros profissionais ligados ao ensino de Biologia. Goldbach e El-Hani (2008) analisam esta relação entre os conceitos de gene presentes em revistas de divulgação e na concepção de professores de Biologia, discutindo de forma epistemológica as metáforas normalmente encontradas para estes conceitos.

Kemper (2008; 2010) selecionou artigos das revistas *Superinteressante* e *Galileu* cujo assunto estivesse relacionado à Evolução dos seres vivos, no ano de 2006. Analisando aspectos ligados a esta temática e à linguagem dos artigos, a autora estabeleceu diferenças entre as revistas, sendo a *Superinteressante* mais voltada para leitores leigos, com uso de expressões do cotidiano, do que a *Galileu*, porém considerando ambas de leitura acessível. Isto facilita o seu uso didático, porém com a necessidade de se atentar para certos descuidos conceituais dos artigos, como apologia ao instrucionismo, teleologia e direção ao progresso.

Sério e Kawamura (2008) investigaram os editoriais e as principais temáticas dos artigos da revista *Scientific American Brasil*, publicados entre 2002 e 2006. Com relação aos editoriais, há consenso em promover a motivação do leitor a se interessar pelos temas científicos em geral. No que diz respeito às temáticas, verifica-se predominância de chapéus (indexador que define a área temática do artigo) ligados às ciências da saúde, em especial à biotecnologia. Quanto à temática de cada artigo, a maioria inclui-se na categoria de Ciências Exatas e da Terra, com predomínio de textos que abordavam assuntos de Astronomia. Grillo (2009) analisou as imagens de capa de artigos da *Scientific American Brasil*, cuja função é representar uma síntese do conteúdo abordado nesta matéria. A autora conclui não só que a imagem cumpre este papel de resumir, de forma objetiva, o ponto principal da matéria de capa, mas que representa uma visão da própria revista a respeito do progresso do conhecimento científico.

Carvalho (2010) investigou as matérias de capa sobre a mesma temática – pílulas que aumentam a capacidade de memorizar – em duas revistas diferentes: a *Superinteressante* e a *Scientific American Brasil*. A autora analisou as imagens da capa e do corpo do texto, bem como a linguagem, as entrevistas com pesquisadores ou cidadãos comuns e as referências

utilizadas pelos autores das matérias, como a revista *Nature*. Ao final, a autora percebe a diferença clara entre a linguagem adotada na *Superinteressante*, mais acessível e voltada para o cotidiano do leitor, em geral leigo, e a adotada na *Scientific American Brasil*, com uso maior de termos científicos, ideal para um público com maior apropriação destes termos.

Ferreira e Queiroz (2012a) selecionaram artigos de Divulgação Científica da revista *Ciência Hoje* com potencialidades para o uso didático em aulas de Química. As autoras analisaram três destes textos, classificando cada um de acordo com seus traços de didaticidade, laicidade e científicidade. O texto com maior grau de didaticidade apresentou linguagem mais acessível, com maior número de explicações dos termos científicos presentes, assim como interações coloquiais com o leitor. O artigo com maior grau de laicidade buscava o debate a respeito de assuntos científicos com forte influência na sociedade, utilizando-se de falas de cientistas e setores do governo para tal. O texto com forte grau de científicidade, no entanto, apresentou maior número de termos e conceitos científicos usados apenas pelos cientistas desta área, sendo de linguagem hermética e próxima de textos de disseminação científica.

É consenso que os artigos de Divulgação Científica possuem um aproveitamento para seu uso em sala de aula, desde que mediado pelo professor. Dependendo do objetivo, o texto pode ser adaptado ou não, podendo o professor retirar do artigo inteiro apenas os trechos e/ou imagens que os interessarem. Se ocorrer a adaptação, esta deve estar relacionada às especificidades dos leitores ou à possibilidade do texto apresentar erros conceituais ou estar desatualizado. Mesmo sem a intenção didática, o texto de divulgação torna-se um importante recurso pedagógico se estiver apropriado ao contexto da sala de aula, motivando os alunos e contextualizando os conteúdos disciplinares. Por isto, ressalta-se a escolha deste objeto de pesquisa neste trabalho.

Capítulo 3 – Sistemática Filogenética

A Sistemática Filogenética configura-se como um novo paradigma da Biologia, se for adotado o conceito de paradigma científico proposto por Thomas Kuhn (1998). Para o autor, a ciência é resultado de atividades concretas em determinado contexto histórico e apresenta características próprias em cada tempo, resultando em um enfoque historicista de ciência. Um paradigma, isto é, um padrão de pensamento em ciência, é estabelecido mediante inúmeros trabalhos científicos que comprovam sua legitimidade, tornando-se vigente no meio científico. De acordo com o autor, o período no qual a atividade científica se alicerça neste paradigma estabelecido, amplamente aceito pela comunidade científica, é denominado Ciência Normal. Quando este paradigma não resolve mais todas as questões levantadas sobre estes aspectos, ocorre um período de crise do paradigma, o que leva a comunidade científica a mover esforços para tentar explicar estas questões. Após testar novas teorias que consigam resolvê-las, é estabelecido um novo paradigma e esta ruptura com o pensamento anterior define a estrutura de uma Revolução Científica.

Em Biologia, a Teoria da Evolução é um exemplo de quebra de paradigma (MEGLHIORATTI, 2004). As pesquisas referentes ao processo de diversificação dos seres vivos e à formação de novas espécies intensificaram-se no século XIX, por pesquisadores como Lamarck, Darwin, Haeckel e Spencer, gerando ideias que ocasionaram muitas controvérsias iniciais (MEGLHIORATTI *et al.*, 2006). O Evolucionismo foi contrário ao Fixismo e ao Criacionismo, pensamentos em vigência que defendiam a origem da vida sob a luz da criação divina e a imutabilidade das espécies, baseando-se em doutrinas religiosas (MARTINS *et al.*, 2009).

A classificação dos seres vivos fundamentava-se no Fixismo, em uma lógica essencialista, tipológica, sem uma correlação com a história evolutiva dos seres (AMORIM *et al.*, 2001; GUIMARÃES, 2005; LOPES *et al.*, 2008). Com a divulgação da Teoria da Evolução, a partir da metade do século XIX, alguns pesquisadores na área da Sistemática, em especial da Zoologia, passaram a basear seus métodos de classificação em função da história evolutiva – ou filogenia – dos grupos biológicos envolvidos.

Nas décadas de 1950 e 1960, surgiram diferentes tendências de promover agrupamentos naturais de seres vivos, estabelecidos por apresentar uma ascendência comum e baseando-se em informações que pudessem resgatar a filogenia destes grupos. Dentre estas tendências, está a Sistemática Filogenética, desenvolvida pelo entomólogo alemão Willi Hennig, em 1950 (PAPAVERO, 1994; HULL, 2001; AMORIM, 2002). Deste modo, o sistema de classificação proposto por Lineu foi aos poucos sendo modificado e a adoção da Sistemática Filogenética pelos pesquisadores como ferramenta de interpretação dos parentescos evolutivos foi intensa a partir da década de 1960 e se transformou em um novo paradigma no contexto da pesquisa em Biologia.

Neste capítulo, será discutido o papel da classificação biológica, a princípio de acordo com o sistema de classificação elaborado por Lineu, para, em seguida, recriar o panorama responsável pela sua crise e o estabelecimento de novos métodos de classificação. Com isto, pretende-se demonstrar como a Sistemática Filogenética alcançou o status de novo paradigma no que diz respeito aos sistemas de classificação. Por fim, explora-se de que forma se encontra o ensino de classificação biológica na Educação Básica, em especial no Ensino Médio, descrevendo propostas que incorporam a Sistemática Filogenética à sala de aula.

III.1. A Sistemática Tradicional

A Sistemática é a ciência da biodiversidade, isto é, seu objeto central de estudo é a diversidade biológica, ocupando-se de: “(1) descrever essa diversidade; (2) encontrar que tipo de ordem existe na diversidade biológica (se existir); (3) compreender os processos que são responsáveis pela geração dessa diversidade. (...) (4) apresentar um sistema geral de referência sobre a diversidade biológica” (AMORIM, 2002, p. 16). A prática de se agrupar os seres vivos – gerando táxons – remete às origens da humanidade e os sistemas de classificação, baseados em lógicas precisas, pelo menos teriam um início na Grécia Antiga, por Aristóteles. Entretanto, esses sistemas baseavam-se em um pensamento essencialista, no qual a diversidade dos seres vivos só ocorreria por acidentes da matéria, e em agrupamentos por compartilhamento de semelhanças (AMORIM, *op. cit.*; GUIMARÃES, 2005).

A formalidade da Sistemática e da Taxonomia tem como grande marco a 10ª edição da obra *Systema Naturae* (1758), de autoria do naturalista sueco Carolus Linnaeus – conhecido como Lineu –, fundamentada no sistema essencialista de Aristóteles. Uma espécie biológica recebe o sistema binomial de nomenclatura, no qual o primeiro nome constitui-se de um gênero e, o segundo, um epíteto definidor da espécie (*e.g.*: o lobo pertence à espécie *Canis lupus*, no qual *Canis* é o gênero e *lupus*, o epíteto definidor da espécie). Lineu também criou as categorias taxonômicas que organizam a diversidade biológica, denominadas Espécie, Gênero, Ordem, Classe e Reino, da mais específica para a mais geral (AMORIM, 2002). Lineu catalogou as 4.236 espécies de animais conhecidas na época, pertencentes a 312 gêneros, distribuídas em 34 ordens dentro de seis classes (Mammalia, Aves, Amphibia, Pisces, Insecta e Vermes) (PAPAVERO, 1994).

De forma geral, a classificação de Lineu tornou-se o sistema de referência para as classificações biológicas, tradicionalmente adotado pelos sistematas e taxonomistas. Entretanto, suas limitações vão desde as crenças de Lineu ao fundar tal método, pois, além de essencialista, acreditava no Criacionismo e no Fixismo. A diversidade biológica não era muito conhecida e, para Lineu e demais naturalistas, deveriam existir apenas alguns milhares de espécies de seres no mundo (GUIMARÃES, 2005). Estas categorias se tornaram insuficientes com o aumento do conhecimento sobre a diversidade biológica e da identificação de outros

níveis de parentesco. Logo, tornou-se necessária a criação de novas categorias taxonômicas intermediárias às preexistentes, como Filo, Família, Divisão, Tribo, etc., e as subdivisões das categorias, com prefixos “super”, “sub”, “infra”, etc., sendo denominadas de categorias pós-Linneanas (AMORIM, 2002; GUIMARÃES, 2005; ARAÚJO-DE-ALMEIDA *et al.*, 2007b). As categorias atualmente utilizadas são Espécie, Gênero, Família, Ordem, Classe, Filo e Reino, da mais específica para a mais geral.

Nesta mesma época, o também naturalista Buffon atentou para o fato de que não haveria um método perfeito para classificar os organismos, pois a arbitrariedade humana não estaria de acordo com a natureza, que “caminha por gradações desconhecidas”, devido às sutis diferenças entre as espécies (POMBO, 1998). Atualmente, a classificação biológica feita de acordo com Lineu é útil apenas para a descrição de espécies novas, devido à grande biodiversidade e ao uso das filogenias, isto é, das histórias evolutivas de cada grupo de organismos. Estas relações evolutivas foram sendo conhecidas a partir de estudos aprofundados de morfologia, fisiologia, ecologia, comportamento, paleontologia, bioquímica, dentre outras áreas, o que alterou as classificações biológicas de tal forma a romper com a tendência fixista e tipológica gerada pela Sistemática Tradicional, criada por Lineu (AMORIM *et al.*, 2001; AMORIM, 2002; GUIMARÃES, 2005; LOPES *et al.*, 2008).

III.2. A Teoria da Evolução e o surgimento de novas formas de Classificação Biológica

Para Santos e Calor (2007a), a Teoria da Evolução é considerada o núcleo histórico da Biologia. Antes, havia o pensamento transformista, protagonizado por Lamarck ao fim do século XVIII, que já entendia haver transformações sofridas pelos seres vivos ao longo do tempo. Porém, o grande marco inicial do Evolucionismo foi a divulgação das pesquisas de Charles Darwin e Alfred Wallace sobre a seleção natural, realizadas de forma independente. A publicação da obra “A Origem das Espécies”, de Charles Darwin (1859), é parte considerável deste marco. Para Mayr (2000), nenhum biólogo parece ter sido responsável por mais modificações – e por modificações mais drásticas para a visão de mundo de pessoas comuns – que Charles Darwin. Entretanto, Darwin e Wallace aparentemente desconheciam as origens genéticas da variabilidade, pois os trabalhos a respeito de genética de populações desenvolvidos por Mendel no século XIX foram divulgados nos primórdios do século XX (AMORIM *et al.*, 2001; BIZZO & EL-HANI, 2009).

Em 1937, Theodosius Dobzhansky (1900-1975) publica “*Genetics and the origin of species*”, no qual associa Genética e Evolução de forma definitiva. Pesquisadores, como Dobzhansky, os zoólogos Ernst Mayr (1904-2005) e Julian Huxley (1887-1975), o paleontólogo G.G. Simpson (1902-1984), o botânico G.L. Stebbins (1906-2000), dentre outros, fundam a Síntese evolutiva moderna, ou Neodarwinismo. Este é o pensamento vigente na área de Evolução, pois admite que o fenômeno da mutação gênica e de sua recombinação produzem

novas características fenotípicas, passíveis de sofrer o processo de seleção natural (FREIRE-MAIA, 1998; MAYR, 1998). Esta nova teoria passou a integrar e unificar todos os conteúdos em Biologia, como Genética, Citologia, Sistemática, Paleontologia, Fisiologia e Ecologia, tornando célebre a frase de Dobzhansky, de que “nada em Biologia faz sentido, a não ser à luz da Evolução” (DOBZHANSKY, 1973).

Frente às novidades que surgiam no campo filosófico da Teoria da Evolução, de forma prática alguns pesquisadores começaram a fazer estudos de reconstrução de filogenias, isto é, uma forma gráfica de se representar a história evolutiva e parentescos implícitos de um ou mais grupos de seres vivos. A proposta de uma ‘Árvore da Vida’, criada por Charles Darwin em “A Origem das Espécies”, com o objetivo de explicar as divergências evolutivas, colaborava para o início dos estudos nesta área, complementado por Haeckel, em 1866 (GUIMARÃES, 2004, 2005; MARCELOS, 2006). Entretanto, estas filogenias careciam de um método para sua inferência, sendo reconhecidas como atividades de segundo plano dos pesquisadores e ignoradas para fins de classificação (GUIMARÃES, 2005).

Nas décadas de 1950 e 1960 surgiram métodos que buscavam identificar as relações de parentesco entre os seres vivos reduzindo arbitrariedades dos sistematas. Os taxonomistas numéricos, também conhecidos como ‘feneticistas’, desenvolveram complexas operações numéricas, produzindo diagramas ramificados, nos quais a reunião ou separação de táxons se faz com base na semelhança média dos caracteres apresentados na matriz de dados (HULL, 2001; AMORIM, 2002). A Taxonomia Numérica, posteriormente chamada de Sistemática Fenética, foi desenvolvida por R. Sokal e P. Sneath no livro “*The Principles of Numerical Taxonomy*”, lançado em 1963. Dentre as críticas a esta escola, o agrupamento destes táxons por quantidade de semelhanças remete a uma fragilidade ontológica, pois se ignora possíveis características plesiomórficas, comuns a grupos ancestrais, ou homoplásticas, que surgiriam de forma independente em dois ou mais grupos (HULL, 2001; AMORIM, 2002; GUIMARÃES, 2004, 2005; DORVILLÉ, 2009).

A Sistemática Gradista, tendo em Ernst Mayr um importante fundador e defensor, baseia-se em uma visão mais genérica da história evolutiva de um grupo. Cada grupo – ou *grado* – apresenta um conjunto de características ‘adaptativas’, representando um grau na evolução. Amorim (2002) cita um exemplo de proposta desta escola: O exemplo clássico é o da evolução dos vertebrados, que partem do *grado* dos grupos aquáticos (Pisces); no nível dos Tetrapoda, passam ao *grado* dos grupos terrestres, com alguma dependência da água (Amphibia); a partir dessa condição, surgem os grupos terrestres amniotos de sangue frio (Reptilia), a partir do qual surgem os organismos voadores de sangue quente (Aves) e, independentemente, os organismos de sangue quente com pelos e outras características ‘adaptativas’ (Mammalia) (*idem*, p. 93).

A maior discussão envolvendo este sistema é a dificuldade de se estabelecer uma classificação baseada em grupos que apresentem características autoecológicas comuns, sem informar se são plesiomórficas (ancestrais) ou apomórficas (novidades evolutivas). Além disso, estas características são desconhecidas para a maioria dos quase dois milhões de espécies descritas, tornando seu método semelhante ao da Sistemática de Lineu, realizado de forma intuitiva e subjetiva (*idem*).

III.3. A Sistemática Filogenética

A Sistemática Filogenética surge a partir dos anos 1950, sendo desenvolvida pelo entomólogo alemão Willi Hennig, como mencionado anteriormente. Embora a publicação original sobre seu método fosse desenvolvida em 1950, na obra *Grundzüge einer Theorie der Phylogenetischen Systematik*, seu reconhecimento chegou a partir de 1966, ano da publicação de *Phylogenetic Systematics*, versão traduzida para o inglês e amplamente difundida (HULL, 2001; AMORIM, 2002; GUIMARÃES, 2005). De acordo com Amorim (2002, p. 95), “o centro da proposta de Hennig é que as classificações biológicas devem ser um reflexo inequívoco do conhecimento atual sobre as relações de parentesco entre os táxons.” Ou seja, as classificações devem se basear em grupos monofiléticos, também denominados grupos ‘naturais’, isto é, conjuntos de seres vivos que apresentam ancestrais comuns e exclusivos.

O objetivo do estudo da Sistemática Filogenética, ou Cladística, consiste na identificação das relações de parentesco pela reconstrução da filogenia dos seres vivos. Para tal, há de se verificar a existência de homologias, isto é, estruturas que apresentem a mesma origem ontogênica, e se correspondem a estruturas primitivas, também denominadas plesiomorfias, ou derivadas, também denominadas apomorfias. Se corresponder a uma característica apomórfica exclusiva de um grupo, também denominada autapomorfia, é o suficiente para constatar que este grupo é monofilético, pois apresenta um ancestral comum, o primeiro a apresentar esta novidade evolutiva. Se a característica é compartilhada por vários grupos de seres vivos, diz-se então que é uma sinapomorfia. Estes grupos, considerados naturais, recebem um nome cientificamente válido e assumem uma posição, dependendo da hierarquia do grupo em questão (AMORIM, *op. cit.*). A **figura III.1** mostra os diferentes casos de caracteres compartilhados entre diferentes espécies de uma mesma árvore filogenética.

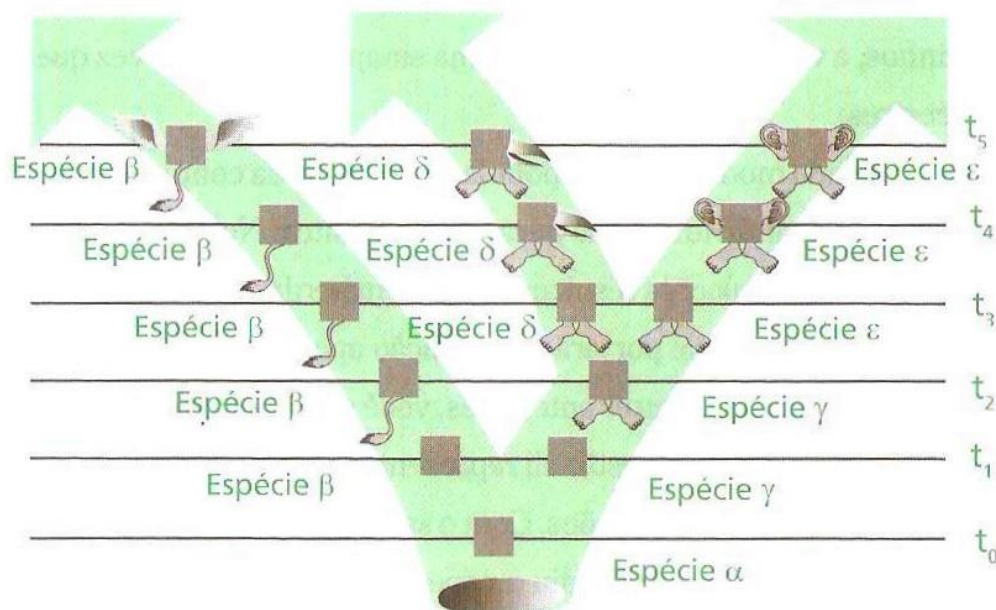


Figura III.1: caracteres compartilhados entre espécies de uma mesma série de transformação. O quadrado representa uma **apomorfia** deste grupo e uma **simplesiomorfia** entre os integrantes do grupo. A presença de cauda e asas é uma característica **autapomórfica** da espécie β , enquanto ter pés é uma característica **sinapomórfica** das espécies δ e ϵ . Bico e orelhas são **autapomorfias** das espécies δ e ϵ , respectivamente.

Fonte: Ferreira-Júnior & Paiva (2004).

A forma gráfica de se representar as relações evolutivas entre os seres vivos é o cladograma ou árvore filogenética. Os cladistas produziram métodos matemáticos para a construção de um cladograma, gerando dados a serem primariamente lançados em uma matriz de dados. Nesta, normalmente números são usados para definir a condição de um determinado caráter, seja ele plesiomórfico (definido pelo número 0) ou apomórfico (definido primariamente pelo número 1, podendo-se usar outros números, dependendo da série de transformação em questão). Esta definição pode ser chamada de polarização dos caracteres (AMORIM, 2002).

A partir da elaboração da matriz, a árvore filogenética é construída por ramos e nós representando as modificações dos seres vivos ao longo do tempo. O ramo corresponde ao processo de anagênese, isto é, processo de modificação em apenas um grupo, seja por mutação, recombinação, seleção, deriva gênica e fixação de alelos. As sinapomorfias definem os diferentes ramos entre os nós e as autapomorfias representam os ramos que terminam nas unidades taxonômicas analisadas. Os nós da árvore correspondem ao processo de cladogênese, isto é, fragmentação em dois ou mais ramos – dicotomias e politomias, respectivamente – que evoluem independentemente. Este processo normalmente é causado por eventos de vicariância (surgimento de uma barreira geográfica entre populações de uma mesma espécie) ou dispersão. Os nós são definidos quando dois ou mais grupos apresentam

uma ou mais sinapomorfias, porém apresentam autapomorfias diferentes, que as tornam diferentes a ponto de serem grupos separados na árvore (AMORIM, 2002).

Em oposição aos grupos monofiléticos, estão os grupos merofiléticos, também conhecidos como grupos ‘artificiais’, que podem ser classificados pelo compartilhamento de características não sinapomórficas. Um grupo definido por simplesiomorfias, isto é, uma característica plesiomórfica (ou primitiva) compartilhada, denomina-se **parafilético**. Este tipo de grupo apresenta um ancestral comum a todo o grupo, mas que não é exclusivo dele. Um táxon que apresenta uma condição derivada em relação a esta simplesiomorfia, mas proveniente da mesma linhagem, estaria excluído deste grupo, não configurando um grupo natural. Outro grupo merofilético pode ser definido por homoplasias, isto é, características semelhantes em dois ou mais grupos que surgiram de forma independente nestes. Este caso também é conhecido como convergência evolutiva (ou adaptativa). Ao se agrupar táxons usando caracteres homoplásticos, o grupo resultante é **polifilético**, pois resulta na reunião de seres vivos provenientes de diferentes ramos (*idem*). A **figura III.2** mostra a diferença entre os grupos monofilético, parafilético e polifilético.

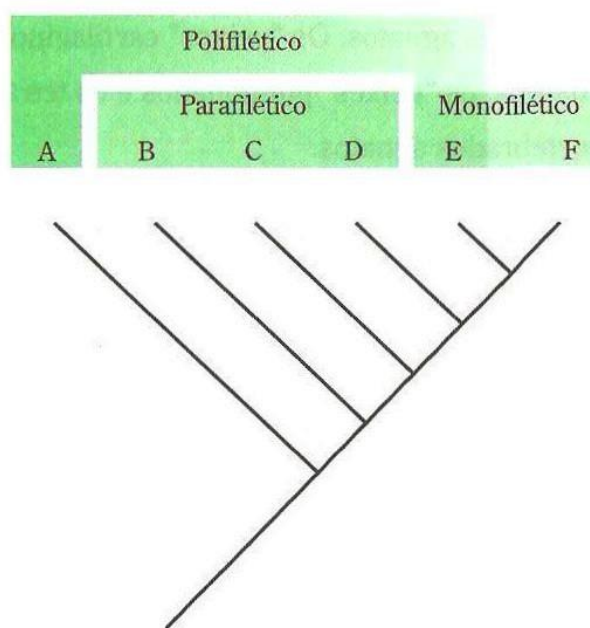


Figura III.2: Diferença entre os grupos **polifilético**, formado por táxons provenientes de ramos diferentes; **parafilético**, formado por táxons cujo ancestral comum não é exclusivo deles; e **monofilético**, cujo ancestral comum é exclusivo deles.

Fonte: Ferreira-Júnior & Paiva (2004).

As árvores filogenéticas não somente são úteis para auxiliar na reconstrução do parentesco dos seres vivos e na estrutura das classificações, como também são úteis em refazer – e, até certo ponto, extinguir – certas classificações errôneas. A mais famosa está presente em dois grupos de vertebrados, como peixes e répteis. Estes táxons eram definidos pelo compartilhamento de plesiomorfias, o que foi suficiente para desmembrá-los. Os

diferentes grupos de peixes, como Chondrichthyes (peixes cartilaginosos), Osteichthyes/Actinopterygii (peixes ósseos) e Osteichthyes/Sarcopterygii (peixes pulmonados), não são mais reunidos em um grupo só, antigamente denominado Pisces. No grupo dos répteis, é comum subdividi-lo em diferentes táxons, como Squamata (lagartos e cobras), Testudinata (tartarugas) e Crocodilia (crocodilos), ou incluir o grupo das aves, podendo denominar este último táxon como Sauropsida (**figura III.3**).

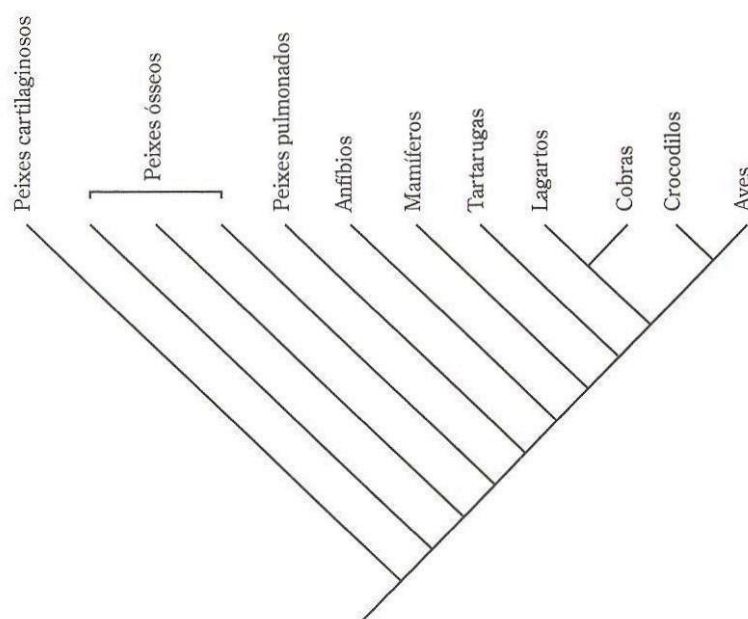


Figura III.3: relações filogenéticas entre os vertebrados. Os grupos de peixes e répteis são considerados parafiléticos por não apresentarem um ancestral comum exclusivo.

Fonte: Ferreira-Júnior & Paiva (2004).

III.4. A Sistemática Filogenética no Ensino de Biologia

Como foi discutido nas seções anteriores, a Sistemática Filogenética tornou-se a forma de classificação vigente a partir dos anos 1950 e 1960, ao se basear nas relações de parentesco entre os grupos de seres vivos. Entretanto, o ensino da classificação dos seres vivos encontra-se associado ao Sistema de Lineu, baseado em um pensamento essencialista, que nega a continuidade das espécies. Tal método é considerado obsoleto e incoerente com uma visão mais evolutiva e integradora da Biologia (GUIMARÃES, 2005; LOPES *et al.*, 2008). Adicionalmente, o ensino da diversidade biológica é, em geral, realizado de forma memorística, pela dissociação de uma abordagem evolutiva e também pelo excesso de nomes latinizados (GUIMARÃES, 2004). De acordo com os PCN's (BRASIL, 2002),

“Do mesmo modo, os estudos zoológicos (ou botânicos), para citar outro exemplo, privilegiam a classificação, a anatomia e a fisiologia comparadas. Os animais (e os vegetais) são abstraídos de seus ambientes e as interações que estabelecem com outros seres vivos, geralmente, são ignoradas. Discute-se a evolução anatômica dos aparelhos captadores de oxigênio (pulmões,

brânquias), ou filtradores do sangue (rins, nefrídios), desconsiderando o ambiente em que essa evolução se deu. Trabalham-se as características dos grandes grupos de seres vivos, sem situá-los nos ambientes reais, sem determinar onde vivem, com quem efetivamente estabelecem relações, sem, portanto, tratar de questões essenciais como distribuição da vida na Terra, uso sustentável da biodiversidade, expansão das fronteiras agrícolas, desafios da sustentabilidade nacional. Com isso, deixam de ser desenvolvidos saberes práticos importantes para o estudante exercer sua cidadania.” (BRASIL, 2002, p. 32)

O ensino da diversidade biológica baseado na Evolução, no âmbito da Educação Básica, vem recebendo uma forte influência da Sistemática Filogenética, como defendem Amorim *et al.* (2001). Os autores explicam que outras disciplinas, como Física e Química e outras áreas da Biologia, sofreram grandes modificações ao longo do tempo que favoreceram um ensino mais integrado de seus conteúdos. A Sistemática permaneceu estanque, adotando a lógica de Aristóteles e Lineu, e o ensino de Zoologia e Botânica nos ensinos Fundamental e Médio se tornou pouco estimulante a partir do momento que negam as relações de parentesco entre os seres vivos. Os autores observaram que cada grupo biológico é descrito nos livros didáticos de forma separada, sem uma sequência lógica, apresentando muitos grupos atualmente considerados artificiais e listando as características de cada um de forma descritiva.

Nos parágrafos seguintes, são listadas algumas propostas para se trabalhar o tema nos cursos de formação de professores ou na sala de aula da Educação Básica. Este tema também é abordado em pesquisas na área do Ensino de Ciências, de caráter teórico, investigando a relação entre a Evolução e a Sistemática Filogenética em diferentes abordagens: orientações curriculares, análise de livros didáticos e estado da arte da pesquisa sobre o tema.

Schrago *et al.* (2001) realizaram uma atividade em sala de aula desenvolvida por professores em formação (licenciandos) com alunos de sexta série do Ensino Fundamental (atualmente, sétimo ano), com a intenção de relacionar a classificação biológica com o processo de evolução. Partindo do pressuposto de que a Sistemática Filogenética é a área que melhor trabalha essa relação, os autores propuseram a construção de uma filogenia de um grupo de peixes hipotéticos, no intuito de trabalhar com noções como características apomórficas e plesiomórficas, grupo externo e grupos ‘natural’ e ‘artificial’. Os alunos relacionaram as características dos peixes com estes conceitos e puderam vivenciar as dificuldades dos filogeneticistas ao desenvolver critérios para elaborar uma filogenia e mostrando ser eficiente a proposta de trabalhar, na sala de aula, com conceitos discutidos apenas no meio acadêmico.

Guimarães (2004) apresenta uma proposta de trabalho para o ensino de Zoologia atrelada à Sistemática Filogenética com uma atividade em aula com os alunos, identificando sinapomorfias em organismos hipotéticos a partir dos quais os alunos construíram seus cladogramas. Como resultados, o autor destaca a facilidade que os alunos possuem em interpretar os processos evolutivos em uma árvore filogenética. Guimarães (2005) relata dois

minicursos ministrados pelo próprio com o mesmo objetivo da atividade anterior, porém com maior aprofundamento e realizando entrevistas com os participantes, a fim de investigar o que de fato foi apreendido pelos alunos.

Existem algumas propostas de uso dos cladogramas como um eixo estruturador de muitas aulas de Biologia, em especial de diversidade de processos, como destacam Santos & Calor (2007a):

“em uma aula voltada à citologia, por exemplo, a partir de um cladograma que mostre as relações entre as bactérias, as arqueobactérias e os eucariotos, pode-se mostrar a evolução da respiração celular nos eucariotos a partir dos processos de fermentação já existentes nos procariotos.” (SANTOS & CALOR, 2007a, p. 3)

Entretanto, os mesmos autores anteveem dificuldades em esclarecer o significado de homologia, conceito fundamental em Sistemática Filogenética, base para a construção de filogenias. Destacam também a importância das árvores filogenéticas como ferramenta fundamental diagramática para a interpretação do processo evolutivo.

Santos & Calor (2007b, p. 1) relacionam o ensino de Sistemática Filogenética nas escolas com as normas dos Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 2002,), “uma vez que ela abrange todos os aspectos do ensino de biologia por meio da teoria evolutiva e os apresenta conectados à história do desenvolvimento científico, à filosofia e à prática da ciência”. Ao exibir uma Biologia dinâmica, os alunos podem incorporar conceitos mais adequados sobre os conteúdos específicos da disciplina bem como da própria atividade científica em geral. Dessa forma, é possível resolver problemas conceituais anteriores, como a evolução linear ou “em escada”, muitas vezes relacionado à própria evolução humana, e possibilitar aos alunos uma participação mais efetiva no processo de ensino-aprendizagem ao instigar a argumentação e a análise crítica do método científico.

Guimarães & Carvalho (2007) fazem um apanhado histórico da pesquisa em Ensino de Evolução, suas principais dificuldades e algumas estratégias para melhorar seu desempenho no sentido de promover melhor entendimento dos alunos. Os autores realizaram uma pesquisa fenomenográfica a partir de um minicurso sobre o processo evolutivo e o método da Sistemática Filogenética, ministrado para alunos do Ensino Médio. Como resultado, os autores destacam que os alunos mantêm alguns conceitos errôneos, muitos deles motivados por fatores religiosos ou por concepções prévias, mas que o uso de cladogramas prova ser útil para melhorar o Ensino de Evolução.

Lopes *et al.* (2008) realizaram questionários com alunos e professores de escolas de Ensino Médio, buscando identificar suas concepções a respeito do uso de filogenias na classificação zoológica. Como os resultados mostraram pouco conhecimento sobre este tema, os autores criaram um plano de curso com o objetivo de possibilitar um aprofundamento de

questões ligadas à Taxonomia e à Sistemática Filogenética, através de exercícios de construção e compreensão de árvores filogenéticas em aulas teóricas, em laboratório e em campo. Desta forma, os autores acreditam que seja possível aproximar as pesquisas de ponta realizadas em grandes centros acadêmicos das salas de aula da Educação Básica.

Dorvillé (2009) parte de uma observação dos livros didáticos para criticar o caráter descritivo do ensino de Zoologia, inicialmente baseado em um método tipológico e Linneano da classificação dos seres vivos. A partir disto, realiza um apanhado histórico das correntes de pensamento da Sistemática e de seu reflexo no ensino da diversidade biológica, como a escola Gradista, fortemente adotada no Ensino Médio. O autor aponta as falhas desta corrente, baseada na Teoria do Equilíbrio Pontuado, de Eldridge e Gould da década de 1970, e que encara os táxons “como categorias taxonômicas fechadas e mesmo como parte do senso comum” (*idem*), como é o caso dos répteis e peixes. No mesmo trabalho, o autor denuncia que a Sistemática Filogenética, de forte crescimento nas áreas de Zoologia, Botânica e Paleontologia, não era sequer mencionada nos livros didáticos de Biologia.

Oliveira & Silva (2010) promovem uma análise da abordagem do tema Sistemática Filogenética no Ensino Médio, investigando doze coleções de livros didáticos de forma quantitativa, de acordo com forma de abordagem do tema, seja ela completa, parcial ou ausente, e o ano de publicação. A maioria das obras analisadas não mencionou o tema e apenas uma o desenvolveu de forma mais – a obra Lopes & Rosso (2005). Os autores também entrevistaram professores que, em sua maioria, desconheciam a Sistemática Filogenética e, após a leitura de uma cartilha sobre o tema, confeccionada para professores de Biologia do Ensino Médio, reconheceram a importância desta área da Biologia para a melhor compreensão e ensino da diversidade biológica e as relações de parentesco evolutivo entre os seres vivos.

Souza e Goldbach (2010) e Souza (2011) investigaram cinco coleções didáticas de Biologia do Ensino Médio, analisando em que capítulos e unidades temáticas e de que forma abordam os conceitos de Sistemática Filogenética. Como resultados, a maioria das coleções analisadas expõe o assunto trabalhado de forma superficial, sendo observado apenas em árvores filogenéticas de grupos de seres vivos, como animais e plantas. No que diz respeito à parte textual, os conceitos de Sistemática Filogenética pouco aparecem, sendo mais explorados na obra de Lopes & Rosso (2005). Resultado semelhante ao desta pesquisa foi encontrado por Rodrigues *et al.* (2011). Com isto, verifica-se que os livros didáticos começam, de forma gradual, a incorporar o tema, o que ressalta o impacto da Sistemática Filogenética sobre a classificação biológica. No entanto, são raras as pesquisas que relacionam esta área da Biologia com o seu aparecimento em artigos de Divulgação Científica. Enquanto temas como Genética, Biotecnologia e Medicina são frequentes (SÉRIO & KAWAMURA, 2008), são poucos os artigos que tratam de temas como classificação biológica ou Sistemática.

Capítulo 4 – Desenho Metodológico

Neste capítulo, a metodologia da pesquisa será descrita, de forma a justificar a análise realizada sobre a abordagem da Sistemática Filogenética em artigos de Divulgação Científica. Para tal, a análise de conteúdo revela-se importante ferramenta, devido à complexidade da análise realizada nesta pesquisa. Os artigos foram selecionados criteriosamente por abordarem o tema, seja de forma aprofundada ou superficial, estando disponíveis em publicações *on line* da Revista *Scientific American Brasil*, no período de 2007 a 2011.

IV.1. Problema de Pesquisa

Esta dissertação aponta como principal problema para o seu desenvolvimento: Como a Revista *Scientific American Brasil*, em sua versão *on line*, aborda a Sistemática Filogenética em seus artigos e qual o potencial didático deste material?

IV.2. Questões da Pesquisa

A questão central desta pesquisa desdobra-se nos seguintes questionamentos secundários:

- Em que contexto a Sistemática Filogenética está inserida nos artigos?
- Como aparecem os conceitos-chave da Sistemática Filogenética? Os termos são explicados nos artigos? Existem erros conceituais?
- Com que linguagem os artigos estão escritos? De que forma a linguagem dos artigos contribui para o entendimento dos conceitos de Sistemática Filogenética?
- Existem analogias e metáforas? Quais e com que finalidade foram utilizadas?
- Existem imagens relativas à Sistemática Filogenética nos artigos? Como são? De que forma contribuem para o entendimento da temática?
- De que forma os artigos descrevem a atividade científica? Que noções de Natureza da Ciência são transmitidas?
- Qual o potencial didático dos artigos analisados?

IV.3. Objetivos

A partir do levantamento das questões que norteiam esta pesquisa, foram traçados os seus objetivos.

IV.3.1. Objetivo Geral

Este trabalho tem como principal objetivo analisar detalhadamente como a Sistemática Filogenética é abordada em artigos de Divulgação Científica publicados pela versão *on line* da Revista *Scientific American Brasil*.

IV.3.2. Objetivos Específicos

O objetivo geral pode ser desdobrado nos seguintes objetivos específicos:

- Discutir a relevância dada ao tema nos artigos selecionados e analisados;
- Analisar os recursos da linguagem utilizados nos artigos, tais como vocabulário, analogias e metáforas;
- Analisar como conceitos-chave da Sistemática Filogenética são trabalhados nos artigos, identificando possíveis erros conceituais;
- Analisar o papel das imagens nos artigos;
- Identificar a visão de Natureza da Ciência transmitida nos artigos;
- Discutir o potencial didático dos artigos para posterior uso em sala de aula.

IV.4. Tipo de Pesquisa

Este trabalho se desenvolve a partir de um viés descritivo e envolverá uma pesquisa qualitativa. Para Bogdan & Biklen (1994), a pesquisa qualitativa possui cinco características fundamentais:

- O investigador assume a função de instrumento principal da pesquisa, tendo o ambiente natural como sua fonte direta de dados;
- A investigação é descritiva, pois os dados obtidos são palavras e imagens e não números;
- O processo de investigação interessa mais aos pesquisadores do que simplesmente os resultados e os produtos da mesma;
- Os investigadores qualitativos tendem a analisar seus dados de forma indutiva; e
- O significado é de vital importância na abordagem qualitativa

Neste trabalho, a fonte de dados utilizada será a versão *on line* da Revista *Scientific American Brasil* e sua ampla diversidade de artigos de Divulgação Científica. Como os dados são documentos escritos pelos autores da revista em questão, proceder-se-á uma análise documental. Para Kemper (2008), a análise documental constitui-se de uma operação, ou conjunto de operações, visando representar o conteúdo de um documento de forma diferente da original, facilitando sua consulta e referência. Tal tipo de análise é apropriado quando interessa ao pesquisador avaliar a linguagem usada nos documentos, sendo ainda útil pelo

baixo custo financeiro e por não haver interferência do pesquisador sobre o objeto de estudo (LÜDKE & ANDRÉ, 1986, *apud* KEMPER, 2008).

IV.5. Coleta de Dados

Como dito anteriormente, a fonte dos dados da pesquisa foi o sítio da Revista *Scientific American Brasil* (SCIENTIFIC AMERICAN BRASIL, 2013). A Revista *Scientific American Brasil* foi escolhida por apresentar textos escritos por jornalistas e por cientistas, o que não é comum nos demais veículos especializados (SÉRIO & KAWAMURA, 2008). A revista também se caracteriza por apresentar uma linguagem mais elaborada, com uso de termos específicos pertinentes ao assunto explorado, o que pode dificultar a leitura feita por um leigo (CARVALHO, 2010). Isto motivou ainda mais a escolha, pois, considerando que a Sistemática Filogenética é uma temática ainda pouco abordada no âmbito da Educação Básica, seria mais fácil encontrá-la em artigos desta revista em comparação com outras revistas de Divulgação Científica no Brasil, como a *Galileu* ou a *Superinteressante*, cuja linguagem é mais acessível.

Com seu início em 1845, por iniciativa do inventor norte-americano Rufus Porter, a *Scientific American* constitui a publicação sem interrupção mais antiga dos Estados Unidos e a primeira agência de patentes do país, em 1850. Em 1986, um grupo editorial alemão comprou a revista, que agora possui publicações em 20 países e em 16 idiomas (SÉRIO & KAWAMURA, 2008; GRILLO, 2009).

Produzida pela *Duetto Editorial*, a primeira edição brasileira da revista foi publicada em junho de 2002, como parte de um grande *pool* de publicações da editora, em sua maioria destinada à divulgação dos saberes acadêmicos. Artigos produzidos pelas versões estrangeiras da revista são traduzidos, compartilhando as edições com outros textos, escritos por cientistas brasileiros. A revista possui uma tiragem média de 33 mil exemplares, comercializados em bancas de jornal, por assinaturas ou por encomendas feitas à editora (SÉRIO & KAWAMURA, *idem*; GRILLO, *idem*).

O sítio da revista possui uma vasta rede de informações, tais como o acesso às suas edições, índice remissivo e um breve texto dedicado à importância da ciência brasileira. Este sítio disponibiliza as versões integrais dos artigos, reportagens e notícias, apresentando ainda sessões exclusivas da versão *on line*, como “Aula Aberta”, “Blog”, “Multimídia” e “Agenda”. Por ser fácil de acessar, o sítio é uma ferramenta útil de pesquisa para os interessados em matérias de Divulgação Científica, o que inclui professores e estudantes em geral.

IV.5.1. Seleção dos Artigos

No menu do sítio, abaixo do logo da revista, encontra-se disponível uma caixa de busca, que possibilita uma rápida consulta de artigos pelo uso de palavras-chave. Com o intuito de encontrar artigos que estivessem diretamente associados à temática de pesquisa – Sistemática Filogenética – fez-se uma busca utilizando as seguintes palavras-chave: “Sistemática”; “Filogenética”; “Filogenia”; “Cladograma”; “Taxonomia” e “Classificação”. As palavras “Sistemática” e “Filogenética” foram utilizadas por constituírem, de forma conjunta, o nome da área temática estudada neste trabalho, embora o termo “Sistemática” seja utilizado como sinônimo de classificação e o termo “Filogenética” como adjetivo de outros termos – como em “Árvore Filogenética” e “Análise Filogenética”. As palavras “Filogenia” e “Cladograma”, muitas vezes utilizados como sinônimos, foram selecionadas por serem conceitos-chave relativamente comuns em textos a respeito da área temática estudada. Já os termos “Taxonomia” e “Classificação” são comuns a qualquer produção que envolva a Sistemática, podendo estabelecer algum contato com a Sistemática Filogenética, vista sua ampla utilização na classificação biológica.

Para Epstein (2002), após a escolha das fontes e da ferramenta de busca, deve-se estabelecer uma seleção dos documentos pela data. Após uma leitura preliminar de cada artigo, identificou-se 22 artigos que possuíam alguma relação com a área temática analisada. A maior concentração de artigos encontrados (15 no total) estava no período de janeiro de 2007 a dezembro de 2011, ao longo de cinco anos, isto é, a metade mais recente do período de publicação da versão brasileira da Revista *Scientific American*. O ano de 2012 foi excluído da análise, pois a pesquisa se desenvolveu ao longo do mesmo.

IV.5.2. Breve descrição dos artigos

Os 15 artigos selecionados possuem temáticas variadas, desde a explicação de processos evolutivos de determinados grupos biológicos até investigações que permitem identificar a origem de uma doença. Os artigos foram codificados para facilitar sua referência ao longo deste trabalho. A numeração dos códigos segue a ordem de publicação dos mesmos, do mais antigo ao mais recente (ver **Quadro IV.1**).

O artigo A01 trata-se de uma reportagem intitulada “A Evolução dos Gatos”, com subtítulo “Pistas genéticas no DNA de felinos selvagens do mundo todo permitiram construir com mais clareza a árvore genealógica da família dos felídeos e revelaram vários processos migratórios” (**Figura IV.1**). Publicada em agosto de 2007, pela edição 63 da revista, a reportagem foi escrita pelos autores Stephen J. O’Brien e Warren E. Johnson e descreve, a partir de análises genéticas e paleontológicas, como se deu a origem e diversificação das 37 espécies atuais da família dos felídeos pelo mundo. O artigo dispõe de 3104 palavras em 19 parágrafos, 10 imagens e 5 boxes formados por tópicos, onde há um breve resumo dos

conceitos-chave abordados, explicações adicionais sobre a evolução dos gatos e a distribuição geográfica das espécies atuais de felídeos (O' BRIEN & JOHNSON, 2007a; ANEXO A01a). O artigo é acompanhado de uma versão multimídia, com mais informações, imagens e animações a respeito da migração dos felídeos (O' BRIEN & JOHNSON, 2007b; ANEXO A01b).

Reportagem

A Evolução dos Gatos

Pistas genéticas no DNA de felinos selvagens do mundo todo permitiram construir com mais clareza a árvore genealógica da família dos felídeos e revelaram vários processos migratórios

Stephen J. O'Brien e Warren E. Johnson

Elegantes e enigmáticos, os felinos desafiam não somente aqueles que dividem seu sofá com espécies menores, mas também cientistas que tentam descobrir as origens e a história evolutiva de seus primos maiores. Onde o ramo moderno da família dos felinos se desenvolveu? Quando e por que saíram de seu habitat e migraram pelos continentes? Quantas espécies existem atualmente? Quais delas estão mais intimamente relacionadas?

De modo geral, os especialistas concordam que há 37 espécies na família Felidae. No entanto, nas dezenas de esquemas de classificação existentes, alguns pesquisadores dividem as espécies de felinos em apenas dois gêneros, enquanto outros consideram até 23. Quem pode culpá-los? Todas as espécies de felinos são muito semelhantes: todos parecem apenas gatos, de grande, médio ou pequeno porte. Distinguir o crânio de um leão do de um tigre pode ser um desafio mesmo para especialistas. Todas as pesquisas genéticas que nas últimas duas décadas tentaram dividir os felinos em agrupamentos bem definidos falharam.

Nos últimos anos, no entanto, a revolução no sequenciamento genético de vários seres vivos, induzida pelo Projeto Genoma Humano e por poderosas tecnologias de estudo do DNA, deu origem a novas ferramentas de pesquisa extremamente valiosas. Atraídos por essas novas técnicas e com o auxílio de colegas de outras instituições conseguimos finalmente construir a primeira árvore da família Felidae mais claramente resolvida. Comparando as mesmas sequências de DNA de 30 genes de cada espécie de felino existente pudemos determinar as ramificações da árvore. Em seguida, para chegar aos períodos em que cada ramo surgiu, usamos fósseis datados de modo confiável e a análise de "relógios moleculares" – que, com base no grau de diferenciação em um dado gene, permite estimar há quanto tempo as espécies se separaram umas das outras. Assim, foi possível visualizar pela primeira vez um panorama de como felinos de todos os tamanhos se relacionam uns com os outros e como e quando esses magníficos predadores colonizaram os cinco continentes.

Percebemos imediatamente que os estudos de DNA pareciam indicar 37 espécies distribuídas em oito grupos distintos, ou linhagens. Ficamos fascinados, e ainda mais motivados, quando verificamos que os oito grupos definidos exclusivamente por análise molecular estavam de acordo com observações baseadas em outros tipos de informação. Espécies de uma mesma linhagem, por exemplo, freqüentemente compartilham características morfológicas, biológicas e fisiológicas encontradas somente em seu próprio grupo.



Fotomontagem por James Porto; esquerda para direita: DLIL C Corbis (leão vermelho); Russell Glen ister image100/Corbis (gato doméstico); Terry Whittaker Frank Lane Picture Agency/Corbis (gato ferrugem); Zainal Zahari Zainudin (gato-dourado asiático); Getty Images (serval); Darryl Estrine Getty Images (tigre); Daniel J. Fox Corbis (puma); Dave King Getty Images (jaguarina)

Figura IV.1: Primeira parte do artigo A01, sobre a evolução dos felinos.

O artigo A02 é uma notícia intitulada “Colombo levou a sífilis para a Europa?”, tendo como subtítulo “A DST pode ter sido a primeira doença globalizada” (**Figura IV.2**). Publicada em 16 de janeiro de 2008, mostra a busca pela origem da sífilis, supostamente vinda do Novo Mundo, a partir de evidências de análises filogenéticas feitas com DNA. O artigo é composto por 500 palavras em 9 parágrafos e 1 imagem (SCIENTIFIC AMERICAN BRASIL, 2008; ANEXO A02).

Notícias

Colombo levou a sífilis para a Europa?

A DST pode ter sido a primeira doença globalizada

Aparentemente, o Novo Mundo não foi só o que o intrépido explorador Cristóvão Colombo descobriu. Parece que também devemos a ele a difusão do patógeno causador da sífilis – além de notícias das Américas – pela Europa.

Um novo estudo traz evidências que, de acordo com os cientistas, são as mais claras até agora de que o aventureiro italiano e parte de sua tripulação contraíram a doença durante a expedição para o Novo Mundo – e, sem querer, a introduziram no Velho Mundo em 1493.

A pesquisa é o ponto alto de séculos de debates sobre a doença ter se desenvolvido a partir de uma bactéria originária do Velho ou do Novo Mundo.

Pesquisadores da Emory University, em Atlanta, relataram na publicação online PLoS Neglected Tropical Diseases que usaram filogenética – um estudo da ligação evolucionária entre organismos – para estudar 26 linhagens dispersas de uma família de bactérias conhecida como Treponemas, causadora da sífilis, uma doença sexualmente transmissível, e também de infecções não-venéreas, como a boubá (um tipo de erupção cutânea). Eles descobriram que as linhagens que causam a sífilis venérea apareceram em um período relativamente recente na história humana, e estão intimamente relacionadas a uma antiga infecção isolada na América do Sul que causa boubá.

“Isso corrobora a hipótese de que a sífilis – ou algum precursor dessa doença – veio do Novo Mundo,” – declarou Kristin Harper, pesquisadora de genética molecular na Emory e principal autora do estudo.

De acordo com os pesquisadores, a origem da sífilis tem sido debatida acaloradamente desde a primeira epidemia registrada na Europa, em 1495. A maior parte das evidências científicas recentemente foi obtida de ossos de membros de civilizações antigas, tanto do Novo quanto do Velho Mundo; os ossos eram considerados marcadores confiáveis já que a sífilis crônica causa lesão esquelética. No entanto, as análises dos ossos foram dificultadas pela incapacidade de determinar sua idade com precisão, e também pela falta de evidências epidemiológicas.



Cristóvão Colombo – Nova pesquisa revela que o explorador e seus homens podem ter levado a sífilis de volta para a Europa na bagagem.

Figura IV.2: O artigo A02 investiga a origem da sífilis na América do sul.

O artigo A03, de nome “O que há com nomes em latim?” e subtítulo “O talento especial por trás das espécies e gêneros” (**Figura IV.3**), foi escrito por Steve Mirsky e explica os fundamentos de Taxonomia e seu desenvolvimento por Lineu, com apelo humorístico e uso de exemplos de sinonímia e diferença de nomes vulgares. Publicado em fevereiro de 2008, pela edição 69 da revista, o artigo apresenta 672 palavras em 6 parágrafos e 1 imagem (MIRSKY, 2008; ANEXO A03).

Artigos

O que há com nomes em latim?

O talento especial por trás das espécies e gêneros

Steve Mirsky

O papa-léguas é classificado como *Geococcyx californianus*. O menor, como *Geococcyx velox*. E aquele mais familiar, do desenho animado (bip, bip), foi designado em ocasiões diferentes como *Accelerati incredibilis*, *Velocitus tremenjus*, *Birdibus zippibus*, *Speedipus rex* e *Morselus babyfastious tastius*. E quem fracassa em suas tentativas de apanhá-lo é Wile E. Coyote, ele próprio classificado como um representante das espécies *Carnivorous slobbius*, *Eatius birdius*, *Overconfi dentii vulgaris*, *Poor schinookius* ou *Caninus nervous rex*. (Os coiotes reais são *Canis latrans*, o que soa como um banheiro usado por legionários romanos.)

Então a quem nós, e as figuras do desenho animado, temos a agradecer por criar as regras que levaram a todo esse pomposo humor alatinado? A ninguém menos que o naturalista sueco Carl Linnaeus, que era tão apaixonado por nomear coisas que deu a si mesmo alguns outros: Carl Linné, Carl von Linné, Carolus Linnaeus e Caroli Linnaei, nomes pelos quais propôs o sistema padrão de gênero das espécies da nomenclatura taxonômica binominal, ainda usada para registrar toda a vida existente. O ano de 2007 foi o do tricentenário do nascimento de Linnaeus, o que mostra que a contribuição de algumas pessoas dá a elas uma *vita postmortem* que não é nada *brevis*.

O jornalista e fofoqueiro americano H. L. Mencken fez um involuntário tributo à classificação de Linnaeus quando apelidou grande parte da população americana de *Boobus americanus*. (Não se preocupe. São os outros, não você.) Mencken descreveu o perpetuamente mistificado *B. americanus* como “um pássaro que desconhece a estação proibida”, o que coincidentemente descreve o Papa-Léguas, também conhecido como *Disappearialis quickius*. Mencken, por falar nisso, cobriu o famoso caso Scopes, no qual o *Homo sapiens* tratou a idéia de estar relacionado ao *Gorilla gorilla* e ao *Pan troglodytes* como se fosse uma infecção da *Yersinia pestis*.

FOTOGRAFIA DE FLYNN LARSEN; ILUSTRAÇÃO DE MATT COLLINS



Figura IV.3: Parte do artigo A03, que mostra um pouco dos fundamentos da Taxonomia.

O artigo A04 é uma reportagem intitulada “Somos únicos? Biologia, cultura e humanidade” e subtítulo “Embora haja um elo comum entre os seres humanos e toda a biosfera, existem certas peculiaridades, algumas especialmente criadas pelo desenvolvimento da cultura, que nos distinguem dos outros seres vivos. O conhecimento científico nos proporcionou uma ideia mais clara sobre a nossa posição no Universo, e possibilidades inimagináveis a até pouco tempo de manipulação do meio ambiente. É nosso dever contribuir para que esse conhecimento seja aplicado na construção de uma ordem mundial socialmente mais justa” (**Figura IV.4**). Escrita por Francisco M. Salzano, a reportagem foi publicada na edição 71 da revista, em abril de 2008. O texto aborda aspectos da evolução humana para indicar quais as origens da moralidade, da linguagem da cooperação e das religiões nos aspectos biológico e antropológico. O artigo constitui-se de 3541 palavras em 28 parágrafos, 11 imagens e 2 *boxes* com um breve resumo dos conceitos-chave abordados e informações adicionais (SALZANO, 2008; ANEXO A04).



Figura IV.4: Primeira parte do artigo A04, sobre as origens da comunicação e da moralidade.

O artigo A05 é uma reportagem de nome “O admirável mundo das cobras-cegas” e subtítulo “A biologia desses anfíbios é tão desconhecida que certos detalhes básicos, como os

relacionados ao comportamento das mães durante o cuidado parental nunca foram avaliados” (**Figura IV.5**). Publicada em novembro de 2008 pela edição 78, a reportagem de Carlos Jared e Marta Maria Antoniazzi fala sobre a biologia das cobras-cegas, especialmente no cuidado parental e na alimentação dos jovens de uma determinada espécie. O artigo dispõe de 3148 palavras em 21 parágrafos, 5 imagens e 2 *boxes* com um breve resumo dos conceitos-chave abordados e informações adicionais (JARED & ANTONIAZZI, 2008; ANEXO A05).

Reportagem

O admirável mundo das cobras-cegas

A biologia desses anfíbios é tão desconhecida que certos detalhes básicos, como os relacionados ao comportamento das mães durante o cuidado parental nunca foram avaliados

Carlos Jared e Marta Maria Antoniazzi

Ao final do revolucionário *A origem das espécies* Charles Darwin afirma que existe uma grandeza na visão evolucionista da vida. O acesso a essa grandeza seria a contemplação das “infinitas formas de grande beleza” que evoluíram – e continuam a evoluir – a partir de um ancestral muito simples. Essa afirmação, além de demonstrar a sensibilidade poética de Darwin, é de grande profundidade e nos remete aos fundamentos da morfologia dos seres vivos. O conceito da existência de uma linhagem – ou linhagens – de seres vivos transformando-se ao longo das gerações faz uma grande diferença na maneira de enxergar o mundo. A forma das espécies atuais reflete as mudanças sofridas ao longo de sua história evolutiva.

De todos os grupos dos seres vivos, talvez o que mais nos chame a atenção seja o dos vertebrados. Nós, os seres humanos, como mamíferos, partilhamos uma mesma origem com os peixes, anfíbios, répteis e aves. Pode-se afirmar que esses tipos de vertebrados são “variações sobre o mesmo tema”. Foi o interesse por esse tema – ou “design” – que nos conduziu ao estudo da morfologia dos anfíbios e répteis adaptados à vida no ambiente subterrâneo – ou fossório. A colonização desse tipo de ambiente, através das gradativas mudanças corporais e comportamentais, é um bom exemplo para demonstrar a plasticidade das espécies. E um dos aspectos mais interessantes da dinâmica do processo evolutivo é o fato de que várias adaptações de forma e função repetiram-se, independentemente, em diferentes grupos de seres vivos. Por exemplo, para o deslocamento fluido e eficiente no ambiente subterrâneo, é importante que não se tenha patas. Os atuais vertebrados fossórios eram inicialmente tetrápodos e, ao longo do processo de colonização do mundo subterrâneo, perderam seus membros. Parte dos cientistas acreditam que essa tenha sido a origem das serpentes a partir dos lagartos, e que, posteriormente, voltaram a colonizar – já sem as patas – o ambiente terrestre. Mas, além das serpentes, encontram-se lagartos, anfisbenas e anfíbios ápodos. O corpo anelado é um outro exemplo de adaptação presente em alguns vertebrados fossórios de várias linhagens, mas também nas minhocas. Esse tipo de corpo deve ter sido selecionado como o mais eficiente para a fossorialidade, já que facilita o deslocamento no solo, pois os seus anéis se apóiam firmemente, atraindo contra as paredes dos túneis.

Os anfíbios foram os primeiros vertebrados a conquistar o ambiente terrestre. Os registros mais antigos datam da era Paleozóica, no período Devoniano, há mais de 360 milhões de anos. Atualmente a classe *Amphibia* agrupa três ordens: Anura, representada pelos sapos, rãs e pererecas, Urodela (ou Caudata), compreendendo as salamandras e tritões, e *Gymnophiona* (ou Apoda), representada pelas cecílias, também conhecidas popularmente como cobras-cegas. Aliás, o nome cecília é originário do latim *caecus* = cego, o que dá pleno sentido ao seu nome popular.



ANFÍBIOS, de que as cecílias (cobras-cegas) são parte, foram os primeiros vertebrados a trocar o mundo das águas pela terra firme. Os registros mais antigos dessa mudança remontam a mais de 360 milhões de anos. Atualmente os anfíbios se agrupam em três ordens.

Figura IV.5: O artigo A05 trata da biologia e do cuidado parental em cobras-cegas.

O artigo A06 é uma reportagem intitulada “Ferreiros da Mata Atlântica” e subtítulo “Observações em campo sugerem convergência evolutiva entre o canto da perereca-de-marsúpio e o da araponga” (**Figura IV.6**). Escrita por André Pinassi Antunes e Célio F. B. Haddad, a reportagem foi publicada na edição 83 em abril de 2009 e fala da convergência de vocalização entre a araponga e a perereca-de-marsúpio. Apresenta 2230 palavras em 21 parágrafos, 7 imagens e 2 *boxes* com um breve resumo dos conceitos-chave abordados e informações adicionais (ANTUNES & HADDAD, 2009; ANEXO A06).

Ferreiros da Mata Atlântica

Observações em campo sugerem convergência evolutiva entre o canto da perereca-de-marsúpio e o da araponga

André Pinassi Antunes e Célio F. B. Haddad

Difícil imaginar outro animal capaz de emitir um canto parecido com a metálica e estridente sonoridade da araponga (*Procnias nudicollis*). Curiosamente, uma perereca dá conta dessa façanha. De hábitos pouco conhecidos, a perereca-de-marsúpio (*Gastrotheca microdisca*) exibe canto semelhante, que a longas distâncias pode confundir os ouvidos mais apurados. Mas por quê animais tão diferentes, aparentemente, convergiram para vocalizações tão similares? As respostas permanecem desconhecidas, mas algumas características ecológicas que essas espécies endêmicas da Mata Atlântica compartilham, indicam que elas podem não ser tão diferentes assim. Além disso, cantar parecido com a araponga talvez possa trazer benefícios para a perereca-de-marsúpio.

Afora sua imensa biodiversidade e uma expressão paisagística sem paralelos, a Mata Atlântica também é palco de uma sinfonia que envolve curiosa semelhança entre o canto de duas espécies endêmicas dessa floresta: uma ave e um anfíbio anuro, do grupo dos sapos, rãs e pererecas. Genericamente, podem ser denominados simplesmente sapos, mas os zoólogos costumam se referir aos sapos, como aquelas espécies terrestres, em geral grandes e que apresentam pele rugosa e duas glândulas de veneno desenvolvidas atrás dos olhos. As rãs também são terrestres, de tamanho variável e têm a pele mais lisa que os sapos. Já as pererecas são animais delgados, arborícolas, e para isso têm discos adesivos arredondados nas pontas dos dedos que permitem escalar a vegetação.

A vocalização, tanto nos anuros como nas aves, é uma das principais formas de comunicação social. Entre outras razões, o canto reprodutivo de um macho deve atrair uma fêmea, ou ainda, manter distanciamento entre machos que estejam competindo pela atenção das fêmeas.

ARQUIVO DOS AUTORES



NO INTERIOR DA MATA ATLÂNTICA, condicionamentos ambientais levaram a Perereca-de-Marsúpio (*Gastrotheca microdisca*) a desenvolver, pelo processo de convergência, canto semelhante ao da Araponga (*Procnias nudicollis*). Pesquisadores ainda não sabem quais benefícios o anfíbio pode obter.

A araponga (*Procnias nudicollis*) pertence ao grupo dos cotingídeos, aves vistosas, de porte médio e das mais variadas cores. Entre elas, a araponga é famosa principalmente pelo seu canto característico, que faz lembrar o golpe de um martelo sobre uma bigorna. Intensa, essa sonoridade é uma das mais estridentes de todas as aves do continente sul-americano. Por isso, em algumas regiões é chamada de "ferreiro".

© EMERSON PANIS KASEKER/ARQUIVO DOS AUTORES



Ameaçada de extinção em alguns locais, a araponga foi por muito tempo perseguida e capturada por criadores para confinamento em gaiolas. Atualmente, devido ao pouco que restou da Mata Atlântica, cerca de 7% de sua cobertura original, essa ave ficou restrita a trechos mais bem preservados. Em áreas mais alteradas, lamentavelmente, desapareceu.

Figura IV.6: Parte do artigo A06, que lida com a convergência de vocalização entre a araponga e a perereca-de-marsúpio.

O artigo A07 é uma reportagem de nome “Parceiro de Charles Darwin” e subtítulo “Pesquisador alemão Fritz Müller, naturalizado brasileiro, em longa correspondência com Darwin, forneceu evidências empíricas da consistência da seleção natural” (Figura IV.7). Publicada em maio de 2009, pela edição 84, a reportagem de Margherita Anna Barracco e Cezar Zillig expõe a vida e obra de Fritz Müller, importante naturalista alemão que viveu no Brasil no século XIX e deu um importante suporte à teoria darwinista. O texto distribui-se em 2304 palavras em 22 parágrafos e 2 boxes com um breve resumo dos conceitos-chave abordados e informações adicionais, além de 5 imagens (BARRACCO & ZILLIG, 2009; ANEXO A06).

Reportagem

Parceiro de Charles Darwin

Pesquisador alemão Fritz Müller, naturalizado brasileiro, em longa correspondência com Darwin, forneceu evidências empíricas da consistência da seleção natural

Margherita Anna Barracco e Cezar Zillig

Neste ano em que se comemoram o bicentenário do nascimento de Charles Darwin e os 150 anos do livro *A origem das espécies*, poucos sabem como idéias inovadoras e transformadoras do pensamento humano nessa área chegaram ao Brasil. Na realidade, elas foram introduzidas por um pesquisador alemão, naturalizado brasileiro, conhecido por Fritz Müller, personagem excêntrico e progressista que viveu boa parte de sua vida em Santa Catarina, entre Blumenau e Nossa Senhora do Desterro, antigo nome de Florianópolis. Müller deixou uma obra naturalística enorme, que contribuiu para fundamentar e enriquecer a teoria da evolução das espécies por seleção natural de Darwin e projetou o Brasil no cenário da culta ciência européia. Infelizmente, o legado de Müller é pouco conhecido entre nós, mesmo entre a comunidade de biólogos e professores que não divulgam sua obra.

Johann Friedrich Theodor Müller, seu nome completo, nasceu na Alemanha, numa pequena aldeia (Windischholzhausen) da Turingia, próximo à cidade de Erfurt. Filho mais velho de um pastor evangélico, desde cedo revelou seu interesse pela Natureza, influenciado por Hermann Blumenau, amigo de seu avô, e de quem receberia profunda influência.

Atraído pelas ciências naturais e matemática Müller ingressou na Universidade de Berlim, onde, em 1844, obteve o grau de doutor em filosofia (história natural) aos 22 anos, defendendo uma tese sobre as sanguessugas da região de Berlim. Nessa ocasião já pensava em imigrar, empolgado pelas aventuras e descrições do Brasil feitas por Hermann Blumenau – fundador da cidade que leva seu nome, em Santa Catarina. Em 1845 torna-se professor ginasial em Erfurt, mas devido a suas crenças liberais e temperamento rebelde abandona o posto. No mesmo ano, decide cursar medicina na Universidade de Greifswald (1845-1848) como meio de facilitar sua migração.

CORTESIA DO MUSEU FRITZ MÜLLER, FLORIANÓPOLIS



O NATURALISTA, numa de suas raras fotografias, foi um dos poucos defensores e o único colaborador de Darwin no Brasil. À direita, ilustrações envolvendo crustáceos que ele fez à mão livre para acompanhar suas pesquisas. Sua correspondência com Charles Darwin durou 17 anos, até 1862, com a morte do naturalista inglês. Apesar disso, Müller ainda é um desconhecido no Brasil.

Mudança para o Brasil

Em 1852, aos 30 anos, Müller emigra com sua família (esposa e filha de nove meses) e um irmão da Alemanha para a recém-fundada Colônia de Blumenau, onde vive por 45 anos, até sua morte em 1897. Nos quatro primeiros anos em que viveu na mata virgem de Blumenau ajudou a construir a colônia, trabalhando na enxada e no machado como simples colono, apesar de sua privilegiada formação acadêmica. Durante esse período pesquisou fauna e

CORTESIA DO MUSEU FRITZ MÜLLER, FLORIANÓPOLIS



FASCINADO POR BOTÂNICA E ZOOLOGIA de invertebrados, Müller desenvolveu pesquisas de ponta no litoral de Santa Catarina, com resultados transmitidos a Darwin, com quem tinha leve contato pessoal. Trabalhos sempre acompanhados de ilustrações detalham estudos de botânica, à esquerda, e mimetismo de borboletas, conhecido como mimetismo mülleriano.

Figura IV.7: Trecho do artigo A07, sobre vida e obra de Fritz Müller.

O artigo A08 é uma reportagem e intitula-se “O universo luminoso dos fungos bioluminescentes”, com subtítulo “Novas espécies descobertas recentemente no Brasil refletem a necessidade de pesquisa e conservação do patrimônio pouco conhecido envolvendo a diversidade de fungos tropicais” (**Figura IV.8**). Integra a edição 86 da revista, publicada em julho de 2009, e foi escrita por Ricardo Braga-Neto e Cassius V. Stevani, falando sobre a existência de fungos bioluminescentes, sua descoberta, espécies com esse fenômeno e possíveis explicações para o mesmo. Ao final, o texto comenta sobre efeitos de desmatamento sobre os estudos com fungos, o crescimento do número de micólogos e os poucos estudos na área da micologia. O artigo conta com 2874 palavras em 25 parágrafos, 7 imagens e 4 boxes

com um breve resumo dos conceitos-chave abordados e informações adicionais (BRAGA-NETO & STEVANI, 2009; ANEXO A08).

Reportagem

O universo luminoso dos fungos bioluminescentes

Novas espécies descobertas recentemente no Brasil refletem a necessidade de pesquisa e conservação do patrimônio pouco conhecido envolvendo a diversidade de fungos tropicais

Ricardo Braga-Neto e Cassius V. Stevani

A bioluminescência é um fenômeno natural bastante conhecido em alguns grupos de animais, como vaga-lumes, pirilâmpas, mosquitos, peixes e moluscos. Ela ocorre também em dezenas de espécies de fungos, embora poucas pessoas já tenham presenciado esse fenômeno. Até recentemente, o conhecimento sobre as espécies de fungos bioluminescentes estava concentrado, sobretudo, em regiões temperadas do hemisfério norte e na Australásia. Mas pesquisas recentes, na Mata Atlântica e na Amazônia, descobriram muitas espécies novas e novos registros de bioluminescência, evidenciando que pouco se conhece sobre a biodiversidade de fungos no Brasil.

Em 2008, Dennis Desjardin, da San Francisco University State e colaboradores publicaram uma revisão sobre fungos bioluminescentes, atualizando e expandindo o trabalho de E. C. Wassink, de 1978, 'Luminescence in fungi', que se referia principalmente a espécies asiáticas e europeias. Segundo a revisão, são conhecidas 64 espécies de fungos bioluminescentes no planeta. Nesses 30 anos, as novas descobertas de bioluminescência descritas por Desjardin e os demais autores são referentes ao Brasil, principalmente à região Sudeste. O Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira (Petar), em São Paulo, é o local onde se conhece o maior número de espécies simpátricas – espécies que ocorrem na mesma região – de fungos bioluminescentes de todo o mundo. No total, são sete espécies identificadas (*Gerronema viridilucens*, *Mycena lucentipes*, *Mycena discobasis*, *Mycena singeri*, *Mycena luxaeterna*, *Mycena asterina*, *Mycena fera*) e uma do gênero *Mycena* em fase de descrição.

A história dessas descobertas começou com o biólogo João Ruffi n Leme de Godoy. Grande conhecedor da região do Vale do Ribeira, ele descobriu de que alguns desses fungos eram conhecidos por moradores do parque em uma enorme jabuticabeira e convidou o químico especialista em bioluminescência Cassius V. Stevani, do Instituto de Química da Universidade de São Paulo, para visitar o local. Tendo em vista o desafio de identificar os fungos, Stevani prontamente percebeu a necessidade de envolver pesquisadores especializados em fungos – micólogos.

IMAGENS CEDIDAS PELO AUTOR

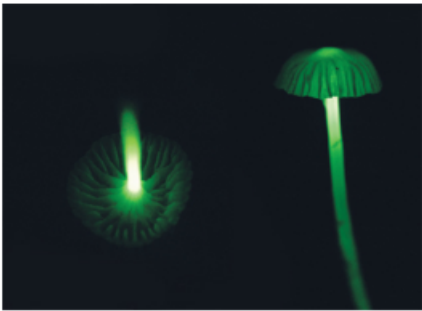


Figura IV.8: O artigo A08 fala das espécies de fungos bioluminescentes.

O artigo A09 é uma notícia intitulada “Ardi tinha características humanas?” e subtítulo “Primata de 4,4 milhões de anos reacende debate sobre o andar ereto e o significado de pertencer à tribo dos humanos” (Figura IV.9). Divulgada em 08 de dezembro de 2009, a notícia escrita por Katherine Harmon relata as opiniões de diversos pesquisadores na área da paleontologia sobre a posição de “Ardi” na evolução do homem, com base em caracteres obtidos no registro fóssil que podem responder se a espécie em questão era bípede. O artigo constitui-se de 2077 palavras em 27 parágrafos e 1 imagem (HARMON, 2009; ANEXO A09).

Notícias

Ardi tinha características humanas?

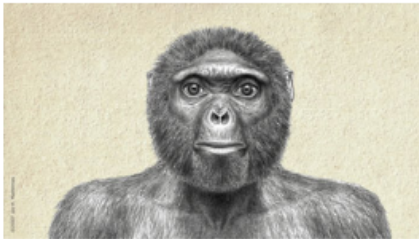
Primata de 4,4 milhões de anos reacende debate sobre o andar ereto e o significado de pertencer à tribo dos humanos

Katherine Harmon

Para uma criatura tão pequena, “Ardi” (*Ardipithecus ramidus*), de 1,2m de altura, provocou grandes polêmicas no mundo da paleoantropologia. Essa descoberta significativa – anunciada 15 anos atrás e formalmente descrita na Science de outubro – aprofundou os debates acadêmicos sobre o surgimento do bipedalismo, a aparência de nosso último ancestral comum com os chimpanzés e de que forma alguns primatas antigos deram origem aos humanos modernos.

“Este é um fóssil fascinante, não importa de que lado se esteja da discussão,” comenta William Jungers, professor e chefe do Departamento de Ciências Anatômicas do Centro Médico da Stony Brook University, localizado em Long Island (NY, EUA). Na verdade, a análise da Science com 11 artigos acentuou ainda mais as diferenças, em vez de atenuá-las.

Os autores dos trabalhos, incluindo Tim White, da University of California, em Berkeley (EUA), propuseram que o *Ardipithecus* apresentava “um andar ereto eficaz” e que isso “soluciona muitas dúvidas em torno da evolução primitiva da humanidade, incluindo a natureza do último ancestral comum”. Entretanto, muitos outros especialistas da área sugerem que algumas dessas afirmações podem ser grandiloquentes. Para Jungers, “muitas das coisas ditas podem, na verdade, ter somente o propósito de impressionar”.



Ardi: reconstituição de ossos poderia dar resposta mais completa

Figura IV.9: Parte do artigo A09, que lida com a posição de Ardi na evolução humana.

O artigo A10 é uma reportagem de nome “As raízes mais profundas da vida” e subtítulo “Análises de um tipo de fonte termal, descoberta no leito marinho, sugerem novas possibilidades para a evolução da vida” (**Figura IV.10**). Escrito por Alexander S. Bradley e publicado na edição 92 da revista, de janeiro de 2010, o texto aborda a existência de micro-organismos em uma torre mineral, de origem vulcânica, no oceano Atlântico, que realizam processos quimiossintetizantes e podem gerar indícios da origem da vida na Terra, e até da vida fora dela. O artigo possui 3003 palavras em 25 parágrafos e 1 imagem (BRADLEY 2010; ANEXO A10).



Figura IV.10: Trecho do artigo A10, sobre organismos de fontes termais.

O artigo A11 é uma reportagem intitulada “Pessoas que transmitiram o HIV podem ser identificadas por testes de DNA”, com subtítulo “Estudos de biologia evolutiva permitem rastrear cadeia de infecção por HIV” (**Figura IV.11**). Publicada em novembro de 2010, pela edição 102 da revista, o texto de Katherine Harmon aborda um estudo em que é feita uma análise filogenética para determinar a evolução do vírus do HIV, permitindo a identificação de quem o transmitiu. O artigo conta com 208 palavras em 4 parágrafos e 1 imagem (HARMON, 2010; ANEXO A11).

Reportagem

Pessoas que transmitiram o HIV podem ser identificadas por testes de DNA

Estudos de biologia evolutiva permitem rastrear cadeia de infecção por HIV

Helen Thompson

Por Katherine Harmon

Estudos de DNA vêm sendo utilizados para vincular suspeitos a cenas dos crimes e até mesmo para identificar pessoas que tenham infectado outras com vírus do HIV.

Um estudo recente, publicado em novembro no *Proceedings of National Academy of Sciences*, explica como uma abordagem filogenética pode mostrar a evolução viral em diferentes pessoas, permitindo descobrir quem transmitiu o vírus para quem.

"Esse é o primeiro estudo de caso para estabelecer a direção da transmissão do vírus HIV", explica Mike Metzker, pesquisador da Baylor College of Medicine e co-autor do estudo.

"A análise do HIV não é tão simples quanto o estudo de DNA usado para identificar uma amostra de sangue ou de cabelo de uma determinada pessoa. A dificuldade se deve às altas taxas de mutações genéticas sofridas pelo vírus", complementa Metzker. Para resolver isso, os pesquisadores estudaram o caminho reverso da mutação viral. Depois de realizar uma análise filogenética das amostras em um teste cego (quando os pesquisadores não têm informações sobre as amostras), Metzger e seus colegas foram capazes de determinar a pessoa mais provável de ter contaminado outros.



Figura IV.11: O artigo A11 é uma notícia sobre como descobrir quem transmitiu o HIV.

O artigo A12 é uma notícia também escrita por Katherine Harmon e intitula-se "Tentando salvar os diabos-da-tasmânia", com subtítulo "Sequenciamento do genoma desses animais sugere novo tratamento contra o câncer contagioso" (**Figura IV.12**). Divulgada em 05 de julho de 2011, o artigo comenta sobre a pesquisa para identificar geneticamente um câncer que ataca diabos-da-tasmânia. O texto constitui-se de 782 palavras em 10 parágrafos, além de conter 1 imagem (HARMON, 2011; ANEXO A12).

Notícias

Tentando salvar os diabos-da-tasmânia

Sequenciamento do genoma desses animais sugere novo tratamento contra o câncer contagioso

Katherine Harmon

O diabo-da-tasmânia (*Sarcophilus harrisii*) vem sendo atacado por um câncer altamente contagioso que tem encurralado a espécie, levando-a cada vez mais perto da extinção. Nos últimos 15 anos, o tumor facial do diabo-da-tasmânia se espalhou por toda a ilha da Tasmânia, na Austrália, matando a maioria dos animais contagiados.

Em uma ação para ajudar a salvar o maior marsupial carnívoro existente, os conservacionistas recolheram espécimes para preservar em cativeiro até a doença deixar de existir. Mas esse último recurso pode acabar restringindo o patrimônio genético de uma espécie que já tem diversidade genética limitada.

Para orientar melhor essas ações protecionistas – e ajudar a desvendar o comportamento desse câncer curioso – uma equipe de cientistas sequenciou o genoma do animal e de seus tumores. As descobertas foram publicadas on-line em 27 de junho no *Proceedings of the National Academy of Sciences*, e mais detalhes sobre o genoma estão disponíveis no *The Tasmanian Devil Genome Project*.

Não é fácil comparar o genoma do diabo-da-tasmânia com o de outros marsupiais, pois está um pouco distante de seus primos já sequenciados, o gambá e o wallaby, na árvore filogenética.

A equipe sequenciou o genoma completo de dois diabos: Cedric, um macho nascido em cativeiro, cujos pais eram do noroeste, e Spirit, uma fêmea selvagem, do sudeste. Como eram oriundos de dois extremos opostos da gama de diabos-da-tasmânia, os pesquisadores acharam que deveriam exibir uma boa faixa da atual diversidade genética da espécie. Por isso, seria útil ter dois espécimes para uma avaliação comparativa. Dessa forma, os cientistas descobriram que eles compartilhavam cerca de 47% de sua variabilidade genética; especificamente têm em comum muitos dos chamados polimorfismos de nucleotídeo único, mutações genéticas, com frequência, utilizadas para avaliar o nível de relação entre os animais. Os pesquisadores enfatizaram que esses dois animais são quase duas vezes mais semelhantes geneticamente que a comparação entre pessoas do Japão e da China. O genoma do animal tem cerca de 300 milhões de pares de base a mais que o do ser humano (3,3 bilhões contra cerca de 3 bilhões, respectivamente), o que poderá ajudar os pesquisadores a descobrir os segredos da rara imunidade a esse câncer.



O tratador e orador Tim Faulkner com um diabo-da-tasmânia

Figura IV.12: O artigo A12 mostra a pesquisa para entender um câncer que ataca os diabos-da-tasmânia.

O artigo A13 é uma reportagem de nome “O Brasil e suas Aves” e subtítulo “Alguns dos principais ornitólogos do país explicam a situação atual da nossa rica avifauna” (**Figura IV.13**). Dos autores Pedro F. Develey, Fabio Olmos e Vagner Cavarzere, a reportagem integra a edição 110 da revista, publicada em julho de 2011, e destaca a relação do homem com as aves, as atividades ornitológicas e a importância da conservação das aves no Brasil. O artigo é formado por 2136 palavras em 23 parágrafos e 5 imagens (DEVELEY *et al.*, 2011; ANEXO A13).



Figura IV.13: Parte do artigo A13, que lida com as pesquisas ornitológicas no Brasil.

O artigo A14 faz parte da seção Aula Aberta do sítio da revista e intitula-se “O que é uma espécie?”, com subtítulo “Ainda hoje cientistas continuam a debater essa questão. Uma melhor definição poderá alterar a lista das espécies ameaçadas” (**Figura IV.14**). Correspondente à edição 111 de agosto de 2011, o texto de Carl Zimmer disserta sobre o conceito de espécie, desde o método de Lineu, pesquisas em cima do surgimento de espécies, uso de DNA, compartilhamento de características e nicho ecológico nas delimitações do que é uma espécie. O artigo é composto por 3729 palavras em 39 parágrafos e 7 imagens (ZIMMER, 2011; ANEXO A14).

O que é uma espécie?

Ainda hoje cientistas continuam a debater essa questão. Uma melhor definição poderá alterar a lista das espécies ameaçadas

Carl Zimmer

Se você visitar o Parque Provincial de Algonquin, em Ontário, Canadá, poderá ouvir os uivos solitários dos lobos e, com um pouco de sorte, observará ao menos de relance uma alcatéia correndo, ao longe, através da floresta. Mas quando chegar em casa todo contente por ter avistado aqueles animais, qual a espécie de lobo você dirá ter encontrado? Se for tirar a dúvida com dois ou três cientistas, talvez ouça diferentes respostas. Pode até acontecer de um deles ficar em dúvida e lhe dizer que se trata dessa ou daquela espécie.

No século 18 naturalistas europeus nomearam de *Canis lycaon* os lobos do Canadá e do leste dos Estados Unidos, porque eles pareciam diferentes de *Canis lupus*, o lobo-cinzento da Europa e da Ásia. No início do século 20, naturalistas americanos decidiram que os lobos de Algonquin pertenciam, na verdade, à mesma espécie do lobo-cinzento eurasiático, ou seja, *Canis lupus*. Mais recentemente, entretanto, pesquisadores canadenses estudaram o DNA dos lobos e trouxeram à tona a velha questão. Eles argumentaram que os verdadeiros lobos-cinzentos (*C. lupus*) seriam apenas as populações que habitam o oeste da América do Norte. Os lobos do Parque Provincial de Algonquin, de acordo com os pesquisadores, constituiriam uma espécie diferente, que eles renomearam *C. lycaon*.

Outros especialistas em lobos não aceitam que haja evidências suficientes para separar *C. lupus* em duas espécies distintas. Os dois lados, porém, concordam que a identidade dos lobos do Parque de Algonquin ficou muito mais confusa devido ao problema do inter cruzamento (hibridização). Os coiotes – outra espécie do gênero *Canis* – vêm se expandindo a leste e inter cruzando com *C. lycaon*. Agora, boa parte da população de coiotes do lado leste carrega o DNA do lobo, e vice-versa. *C. lycaon*, entretanto, está inter cruzando com lobos-cinzentos na borda oeste da área de distribuição desses animais. Assim os animais do Parque de Algonquin não estão apenas misturando o DNA de *C. lycaon* com o DNA de *C. lupus* mas, também, passando adiante o DNA do coiote.



Figura IV.14: Parte do artigo A14, que trata do debate sobre o conceito de espécie.

O artigo A15 é uma notícia de nome “Novas espécies de anfíbios” e subtítulo “Descobrimos e descrevemos anfíbios que vivem próximo aos grandes centros urbanos” (**Figura IV.15**). Divulgada em 28 de outubro de 2011, a notícia escrita por Helio Ricardo da Silva e Ricardo Alves-Silva narra a descoberta de uma nova espécie de anfíbio e a importância do trabalho de um sistemata nessa identificação. O artigo possui 460 palavras em 3 parágrafos e 1 imagem (SILVA & ALVES-SILVA, 2011; ANEXO A15).



Notícias

28 de outubro de 2011



Tweeter 7



Curtir 29

Novas espécies de anfíbios

Descobrimos e descrevemos anfíbios que vivem próximo aos grandes centros urbanos

por Helio Ricardo da Silva & Ricardo Alves-Silva

Em geral, quando pensamos em preservação de espécies na natureza, somos remetidos a associar o controle de desmatamentos na Mata Atlântica, na Amazônia, ou no Cerrado como forma de minimizar a perda de diversidade biológica; ou ainda ao que representa o desaparecimento (para sempre) de espécies que todos conhecemos (pelo menos os biólogos). Associada a biodiversidade também está certa crença de que biólogos já descobriram e descreveram todas as espécies que vivem do mundo. Temos notícias de que esse trabalho de catalogar as espécies de animais e plantas, que começou faz tanto tempo — No Século XVIII, com Carolus Linnaeus (1707–1778) — já deve ter sido concluído e que hoje, em pleno século XXI, já conhecemos como são e onde vivem todas as espécies do planeta. A realidade, no entanto, é outra. Ainda temos um número significativamente grande de espécies para descrever; algo estimado em dezenas de milhões!



Helio Ricardo da Silva

Parede de granito próximo a localidade onde a nova espécie foi descoberta, a parede tem vários exemplares da bromélia *Aicantarea imperialis* onde a nova perereca vive, se reproduz e cria seus girinos. No canto inferior direito, uma imagem mais próxima da planta

Figura IV.15: O artigo A15 noticia o descobrimento de nova espécie de perereca.

No quadro abaixo, encontra-se um resumo das principais informações pertinentes a cada um dos 15 artigos analisados neste trabalho.

Quadro IV.1: Resumo das principais informações de cada artigo.

CÓDIGO DO ARTIGO	TÍTULO	AUTORES	EDIÇÃO E DATA DE PUBLICAÇÃO
A01	A Evolução dos Gatos	Stephen J. O'Brien e Warren E. Johnson	Edição 63 – ago/2007
A02	Colombo levou a sífilis para a Europa?	Não identificado	16 de janeiro de 2008
A03	O que há com nomes em latim?	Steve Mirsky	Edição 69 – fev/2008
A04	Somos únicos? Biologia, cultura e humanidade	Francisco M. Salzano	Edição 71 – abr/2008
A05	O admirável mundo das cobras-cegas	Carlos Jared e Marta Maria Antoniazzi	Edição 78 – nov/2008

A06	Ferreiros da Mata Atlântica	André Pinassi Antunes e Célio F. B. Haddad	Edição 83 – abr/2009
A07	Parceiro de Charles Darwin	Margherita Anna Barracco e Cezar Zillig	Edição 84 – mai/2009
A08	O universo luminoso dos fungos bioluminescentes	Ricardo Braga-Neto e Cassius V. Stevani	Edição 86 – jul/2009
A09	Ardi tinha características humanas?	Katherine Harmon	08 de dezembro de 2009
A10	As raízes mais profundas da vida	Alexander S. Bradley	Edição 92 – jan/2010
A11	Pessoas que transmitiram o HIV podem ser identificadas por testes de DNA	Katherine Harmon	Edição 102 – nov/2010
A12	Tentando salvar os diabos-da-tasmânia	Katherine Harmon	05 de julho de 2011
A13	O Brasil e suas Aves	Pedro F. Develey, Fabio Olmos e Vagner Cavarzere	Edição 110 – jul/2011
A14	O que é uma espécie?	Carl Zimmer	Edição 111 – agosto/2011
A15	Novas espécies de anfíbios	Helio Ricardo da Silva & Ricardo Alves-Silva	28 de outubro de 2011

IV.6. Análise dos Dados

A análise de dados é o processo de busca e de organização sistemático das impressões coletadas, a fim de compreendê-los e apresentá-los (BOGDAN & BIKLEN, 1994). Como são duas fontes de dados de caráter descritivo, a principal forma de analisá-los será através da análise de conteúdo. Alguns dados quantitativos serão analisados em conjunto com os dados qualitativos, porém não possuirão caráter contundente na discussão dos resultados.

IV.6.1. Análise de Conteúdo

Segundo Bardin (2002, p. 38), a análise de conteúdo consiste em “um conjunto de técnicas de análise das comunicações que utiliza procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens.” Surge a partir de uma longa tradição de abordagem de textos, a partir do início do século XX, preocupando-se com recursos metodológicos que validem suas descobertas. A análise de conteúdo sistematiza e busca conferir maior objetividade a uma atitude que conta com exemplos dispersos e variados de pesquisa com textos (ROCHA & DEUSDARÁ, 2005).

Para Silva *et al.* (2005, p. 74), “o método da análise de conteúdo aparece como uma ferramenta para a compreensão da construção de significado que os atores sociais

exteriorizam no discurso.” Tal análise se realiza em três etapas: a pré-análise, que consiste na organização do material; a descrição analítica, o material é reunido e analiticamente analisado, orientado pelas hipóteses e pelo referencial teórico; e a interpretação referencial, onde ocorre a análise propriamente dita. O conteúdo obtido pela leitura minuciosa dos artigos passa por uma fase de categorização. De acordo com Bardin (2002), o texto é desmembrado em unidades, com o intuito de descobrir os diferentes núcleos de sentido que constituem a comunicação, e posteriormente, realizar o seu reagrupamento em classes ou categorias. Para Bogdan & Biklen (1994),

“o desenvolvimento de um sistema de codificação envolve vários passos: percorre os dados na procura de regularidades e padrões bem como de tópicos presentes nos dados e, em seguida, escreve palavras e frases que representam estes mesmos tópicos e padrões.” (BOGDAN & BIKLEN, 1994, p. 221)

De acordo com Epstein (2002), a análise de conteúdo frequentemente utiliza variáveis da mídia, isto é, aqueles aspectos do conteúdo que são únicos e característicos do meio utilizado. No caso desta análise, em se tratando de publicações de Divulgação Científica, é comum encontrar padrões nos textos produzidos pelos diferentes autores, mesmo que os temas dos artigos diverjam. Estes elementos em comum encontrados nos artigos serão o escopo para a análise, permitindo identificar relações na forma como a Sistemática Filogenética está presente nos artigos de divulgação científica da Revista *Scientific American Brasil*. A categorização foi realizada ao longo da análise e da comparação entre os artigos e será discutida nos resultados.

IV.6.2. Ficha de Análise

Para facilitar a leitura dos artigos à luz da análise de conteúdo, foi desenvolvida uma ficha, contendo os principais aspectos que serão explorados na análise. São 14 tópicos que permitem satisfazer todos os objetivos propostos por este trabalho e responder todas as questões de análise anteriormente identificadas. Os primeiros tópicos descrevem os principais elementos do artigo: endereço eletrônico, edição e data de publicação, o tipo de artigo, o título e o subtítulo, o(s) autor(es) e sua(s) respectiva(s) formação(ões) acadêmica(s), a temática central do artigo e o *layout*, o que inclui número de páginas, imagens e palavras. Os tópicos seguintes fazem parte da análise propriamente dita e estão relacionados com o tema investigado nos artigos: contexto em que a Sistemática Filogenética se insere, abordagem do tema, presença de conceitos do tema, linguagem, presença de analogias e metáforas, imagens e de que forma o artigo trabalha aspectos de Natureza da Ciência. A ficha de análise encontra-se resumida no **Quadro IV.2**.

Quadro IV.2: Resumo da ficha de análise.

- 1) Endereço eletrônico**
- 2) Edição e data de publicação**
- 3) Tipo de artigo (artigo, reportagem, notícia ou aula aberta)**
- 4) Título e Subtítulo**
- 5) Autor(es) e formação acadêmica**
- 6) Temática central do artigo**
- 7) Layout: número de páginas, imagens, palavras, parágrafos e boxes**
- 8) Contexto em que a Sistemática Filogenética aparece: Sistemática (Classificação), Evolução e Investigação**
- 9) Abordagem da Sistemática Filogenética**
- 10) Presença de conceitos de Sistemática Filogenética**
- 11) Linguagem**
- 12) Presença de Analogias e Metáforas**
- 13) Imagens**
- 14) Método científico e aspectos de Natureza da Ciência**

IV.6.3. Análise das Imagens

De acordo com Pimenta & Gouvêa (2009), as imagens presentes nas publicações de Divulgação Científica são signos científicos relevantes, fornecendo subsídios para o aprendizado de certos conhecimentos científicos. Os esquemas podem atrair o interesse do leitor, auxiliando na fixação e compreensão do conteúdo presente na matéria. Com isto, é importante analisar também as imagens presentes nestes artigos selecionados.

Imagens são formas de expressão e comunicação que buscam representar o mundo (PIMENTA & GOUVÊA, *idem*; ÁLVARES & SCHMITT, 2007). As imagens também são fontes ricas para investigar os acontecimentos ou para transmitir ideias e difundir determinados discursos, em especial as veiculadas pela mídia (MARANHÃO, 2008). É de consenso, portanto, que se aprenda a ler estas imagens, ou seja, compreender as estruturas da mensagem transmitida pela imagem. A partir desta leitura, pode se entender se a imagem constitui uma forma de comunicação estética, permitindo uma pausa para reflexões durante a leitura, ou se é fiel ou não ao texto, o complementando ou o contradizendo (PIMENTA & GOUVÊA, *idem*).

Na literatura, existem trabalhos que analisaram imagens da Revista *Scientific American Brasil* e sua ligação com o texto. Grillo (2009) abordou a importância da dimensão verbo-visual da ilustração-síntese, como as imagens da capa e a ilustração de abertura da reportagem. Tais imagens têm o poder de sintetizar o conteúdo presente no *corpus* do artigo, atraindo o interesse do leitor pela matéria. Carvalho (2010) analisou a matéria de capa de uma edição da revista, investigando de que forma a ilustração da capa e as imagens presentes no *corpus* do artigo se relacionam com o conteúdo da matéria. A autora constatou, também, que a maior parte das ilustrações do artigo analisado são tabelas, gráficos e esquemas, contendo apenas uma fotografia.

Em se tratando de uma pesquisa que busca analisar artigos provenientes da versão *on line* da Revista *Scientific American Brasil*, cabe ressaltar que a maioria dos sítios jornalísticos surgiram como cópia da versão impressa. Porém, o leitor da mídia eletrônica difere do leitor da mídia impressa, pois é menos fiel à fonte jornalística, podendo realizar buscas por informações específicas, mas podendo desviar sua atenção por um *link* ou imagem que desperta o seu interesse. Logo, estes novos leitores, maioria de jovens entre 18 e 25 anos, são fortemente atraídos pelos recursos visuais (em especial, os imagéticos) que a mídia eletrônica proporciona (PIMENTA & GOUVÊA, 2009).

Para Álvares & Schmitt (2007, p. 1), análise de imagem é “a atividade de desconstruir e interpretar imagens com a finalidade de identificar a intenção do autor e a mensagem implícita da imagem”. De acordo com a Teoria da Gestalt, deve se identificar, primariamente, os principais elementos da composição da imagem, tais como sua qualidade, cor, tamanho, complexidade, etc. Tais elementos gráficos são analisados da forma como eles se estruturam na mente humana, isto é, de como o cérebro “arruma” as informações, o que possibilita ao homem assimilar dados com maior facilidade e rapidez.

Neste trabalho, a análise das imagens ocorrerá de acordo com o trabalho de Pimenta & Gouvêa (*idem*), baseando-se nas categorias de propostas por Joly (1996) e Barthes (1990) de relação entre o texto e a imagem. Esta relação pode ser de:

- Exclusão/ Interação – a imagem não exclui a linguagem, pois esta a acompanha sob a forma de comentários, títulos ou legendas;
- Verdade/ Mentira – a imagem pode ser verdadeira ou mentirosa devido ao que é informado sobre o que esta representa, podendo esta representação ser ou não verdadeira;
- Interação/ Complementaridade – o texto pode indicar a forma correta de se ler a imagem (ancoragem); criar uma expectativa acerca da imagem futura (suspensão); o texto cria uma alusão à imagem, mas esta nega o que é apresentado (alusão); o texto dá informações acerca de uma imagem (contraponto);

- Revezamento – em geral aplicada em charges ou no cinema, quando uma imagem perde o sentido se isolada de outras e do texto, configurando-lhe uma ação;
- Símbolo – imagens simbólicas que transmitem noções e valores abstratos;
- Imagem/ Imaginário – casos em que filmes narram histórias de fotografias ou pinturas, onde imagens originam palavras que, por sua vez, originam imagens.

Com base nestas categorias, propõe-se identificar de que forma as imagens que compõem os artigos se relacionam com o texto, justificando a sua escolha pelos autores e sua capacidade de melhor explicar os conteúdos analisados neste trabalho.

IV.6.4. Análise da Visão de Natureza da Ciência

Em se tratando do potencial didático que os artigos de Divulgação Científica podem apresentar, se faz necessário identificar possíveis distorções da natureza do trabalho científico transmitidas por eles. Gil-Pérez *et al.* (2001) caracteriza algumas visões epistemológicas errôneas da atividade científica, como:

- neutra ou ateórica, baseado numa concepção empírico-indutivista, que destaca o papel ‘neutro’ da observação e da experimentação;
- rígida, isto é, exata ou infalível, que apresenta um método científico rigoroso, como um conjunto de etapas a seguir mecanicamente;
- aproblemática ou a-histórica, na qual se transmitem os conhecimentos já elaborados, sem mostrar os problemas que lhe deram origem e a sua evolução;
- exclusivamente analítica, na qual se visualiza uma divisão das áreas de conhecimento, de caráter limitado, simplificador;
- acumulativa de crescimento linear, na qual o desenvolvimento científico é visto como fruto de um processo puramente acumulativo;
- individualista e elitista, na qual se ignora o papel do trabalho coletivo e cooperativo;
- e, enfim, socialmente neutra da ciência, na qual se esquecem as complexas relações entre ciência, tecnologia, sociedade

Sob este prisma, este trabalho identificará a existência destas visões distorcidas da Natureza da Ciência nos artigos selecionados, pontuando de que forma os autores concebem o trabalho científico descrito no texto dos artigos. Com isso, busca-se destacar de que forma podem ser utilizados em sala de aula de forma crítica, sem propagar a concepção errônea veiculada pelos artigos.

Capítulo V – Resultados e Discussão

Neste capítulo, serão apresentados os resultados obtidos a partir da análise qualitativa dos 15 artigos selecionados nesta pesquisa. Para facilitar a compreensão desta análise, os resultados foram desmembrados em quatro partes: classificação dos artigos de acordo com a sua temática central; análise dos artigos de acordo com a forma como abordam os conceitos de Sistemática Filogenética; análise das imagens presentes nos artigos; e análise da visão de Natureza da Ciência transmitida pelos artigos. Em seguida, será realizada uma discussão acerca das potencialidades didáticas de cada artigo, discutidos os resultados à luz do referencial teórico.

V.1. Classificação dos artigos quanto à temática central

Após a seleção dos textos, realizou-se uma análise preliminar a fim de identificar a temática central de cada artigo, verificando similaridades, convergências e divergências entre os textos, no que diz respeito à temática estudada. Nesta análise, os artigos foram categorizados quanto ao contexto em que a Sistemática Filogenética foi abordada, como: Evolução de grupos de seres vivos; Sistemática ou Classificação biológica; e Investigação, ligado a questões de saúde. Apesar de alguns artigos apresentarem aspectos ligados a mais de uma destas categorias, optou-se por inseri-los nas que predominassem no texto destes artigos.

Do total de 15 artigos, 8 abordaram o tema numa perspectiva prioritariamente evolutiva, embora alguns apresentassem elementos a respeito de classificação biológica, como os artigos A01, A05 e A08; 4 artigos se aprofundaram nas questões relativas à Sistemática e 3 artigos estavam relacionados com o uso de filogenias em investigações ligadas à origem de determinadas doenças.

V.1.1. Evolução de grupos de seres vivos

Os seguintes artigos trataram da temática sob uma perspectiva evolutiva: A01, A04, A05, A06, A07, A08, A09 e A10.

O artigo A01 descreve como se deu a evolução da família dos felídeos, identificando suas 37 espécies pelo mundo. Os autores, o geneticista Stephen J. O'Brien e o ecólogo Warren E. Johnson, do *National Cancer Institute* (NCI), relacionam as migrações dos felídeos com a sua filogenia, baseando-se em dados paleontológicos, morfológicos, como análises de esqueletos das espécies atuais, e genômicos, com o uso dos “relógios moleculares” – espécie de calibração entre o tempo geológico e as divergências nas cadeias de DNA. Tais dados permitiram a identificação de oito diferentes linhagens de felídeos, cuja relação de espécies, rotas de migração e árvore filogenética são apresentados na seção multimídia do artigo.

O artigo A04 possui caráter mais antropológico, no qual busca identificar as relações entre a moralidade com a cultura humana, a linguagem e as religiões. Para tal, o autor, o geneticista Francisco M. Salzano, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), explora as origens evolutivas e genéticas da comunicação e da coletividade, buscando em exemplos como o chimpanzé e o golfinho para evidenciar esta evolução. Ao falar sobre as origens das linguagens, o artigo ilustra, de forma explícita, propostas de árvores filogenéticas das linguagens dos índios sul-americanos, relacionando a evolução humana com a evolução da comunicação entre os seres humanos.

O artigo A05 aborda as especificidades do cuidado parental das cobras-cegas, sendo mais aprofundado na questão da alimentação dos jovens de uma determinada espécie deste grupo. Os biólogos Carlos Jared e Marta Maria Antoniazzi, do Laboratório de Biologia Celular do Instituto Butantan, mostram casos de dermatofagia da pele da mãe pelos filhotes de cobras-cegas, sendo este comportamento uma forma importante de nutrição destes recém-nascidos. Os autores investigam as origens deste comportamento, considerando a presença de uma dentição nos fetos, descoberta por estudos recentes, e as espécies que possuem este hábito, uma africana e a outra sul-americana.

O artigo A06 narra o curioso caso de convergência entre as vocalizações da araponga e da perereca-de-marsúpio, ambos da Mata Atlântica. Escrito pelo zoólogo e ambientalista André Pinassi Antunes, do Instituto Piagaçu, e pelo ecólogo Célio F. B. Haddad, da Unesp, o artigo mostra, a partir de registros dos cantos destes animais, similares ao bater de um martelo, como é possível determinar e explicar tais semelhanças, geradas a partir de pressões seletivas.

O artigo A07, escrito pela bióloga Margherita Anna Barracco e pelo médico Cezar Zillig, trata do naturalista alemão Fritz Müller, que viveu no Brasil no século XIX. Seus estudos com desenvolvimento larval de crustáceos geraram resultados importantes para dar respaldo à teoria darwinista. Ao descrever esta pesquisa ontogenética de crustáceos, Müller concluiu que a ontogenia remontaria a filogenia, similar à lei da biogenética de Haeckel. O texto também apresenta muitas referências a termos próprios da Sistemática Filogenética, como será discutido mais adiante.

O artigo A08, do biólogo Ricardo Braga-Neto e do químico Cassius V. Stevani, expõe o caso da ocorrência de fungos bioluminescentes na Amazônia. No corpo do texto, afirma-se que análises moleculares revelam que tais fungos são polifiléticos, resultantes de várias linhagens. Em uma delas, do gênero *Mycena*, a bioluminescência pode ter surgido uma vez e ter desaparecido em algumas espécies do gênero, o que configura um exemplo claro de reversão.

O artigo A09, de Katherine Harmon, apresenta inúmeros dados paleontológicos a respeito da posição do fóssil “Ardi” na árvore evolutiva dos ancestrais humanos. Trazendo informações relativas e evidências presentes nos ossos do pé e do crânio, o texto mostra o

embate entre diversos pesquisadores a respeito do possível bipedalismo deste fóssil e das relações evolutivas entre o homem e outros primatas, como os chimpanzés.

O artigo A10 descreve um ecossistema formado por inúmeros micro-organismos em uma torre mineral de origem no fundo do Oceano Atlântico. O autor é Alexander S. Bradley, pesquisador na área de biogeoquímica e geobiologia, que também explica os processos metabólicos realizados por estes micro-organismos, identificando-os como similares a processos ocorridos no período do surgimento da vida na Terra.

V.1.2. Sistemática ou Classificação Biológica

Os artigos a seguir abordaram a Sistemática Filogenética para fins de classificação dos seres vivos: A03, A13, A14 e A15.

O artigo A03 explica os fundamentos da Taxonomia e seu desenvolvimento por Lineu, descrevendo situações que dificultam o trabalho dos sistematas, como a ocorrência de sinonímias, isto é, espécies com o mesmo nome científico, e de diferentes nomes vulgares para uma mesma espécie. Dessa forma, o autor Steve Mirsky busca a importância dos nomes científicos serem escritos no latim, de forma a trazer a universalização destes nomes, como destaca no 4º parágrafo:

“Prevenir a confusão é uma razão pela qual o sistema de Linnaeus é tão útil: o presidente francês pode chamá-lo um “moineau”, o rei da Espanha Juan Carlos, de um “gorrión”, e o vice-presidente americano Dick Cheney pode (ou não) bradar “explosão à frente!” antes de abatê-lo do céu, mas o pássaro em questão seria reconhecível por todos os seus conselheiros científicos como *Passer domesticus*. Que também é conhecido em inglês como um pardal doméstico. E por não terem os nomes comuns das espécies a autoridade das designações oficiais de Linnaeus, mesmo dentro de uma mesma língua, o pardal doméstico é conhecido também em inglês como o pardal inglês.” (A03, 4º parágrafo)

O artigo A13 explica as atividades frequentemente desempenhadas por um ornitólogo, em especial no estudo das aves brasileiras. Escrito pelos biólogos Pedro F. Develey, Fabio Olmos e Vagner Cavarzere, o texto discute a origem das aves a partir dos dinossauros, ratificando sua posição enquanto táxon aparentado dos répteis. Além disto, existem referências à importância de novos estudos com essa diversidade ornitológica, incluindo análises moleculares, morfológicas e bioacústicas, e estratégias de conservação, das mais de 1.800 espécies de aves brasileiras.

O artigo A14, de Carl Zimmer, inicia discutindo a confusa delimitação de espécies de lobo na América do Norte, aproveitando o bojo para explicar o surgimento e a importância da Sistemática e da Taxonomia pelo seu fundador, Lineu. A seguir, o texto disserta sobre os conflitos gerados pelos diferentes conceitos de espécie, como o biológico e o filogenético, além de propostas de unir diferentes conceitos, sempre utilizando muitos exemplos e entrevistas de

especialistas no assunto. Por fim, o autor chama a atenção para o mundo microbiano, onde as fronteiras entre as espécies são pouco claras, porém ainda possíveis de serem identificadas.

O artigo A15, escrito pelos herpetólogos Hélio Ricardo da Silva e Ricardo Alves-Silva, trata da atividade dos sistematas ao descobrir uma nova espécie – no caso dos autores, a perereca *Scinax insperatus*, encontrada por acaso em bromélias na Região Serrana do Rio de Janeiro. Os autores concluem haver uma grande necessidade de descrever novas espécies, pois há cerca de dezenas de milhões de novas espécies que ainda não foram encontradas.

V.1.3. Investigações ligadas à saúde

Por fim, a Sistemática Filogenética aparece nestes artigos como ferramenta para investigações ligadas à saúde: A02, A11 e A12.

O artigo A02 mostra a importância da análise filogenética realizada por pesquisadores da *Emory University*, em Atlanta, investigando a origem da bactéria causadora da sífilis. Como a análise revelou um parentesco próximo com a bactéria causadora da boubá, uma antiga infecção isolada da América do Sul, concluiu-se que a sífilis surgiu no Novo Mundo e que foi levada para a Europa no século XV pelos navegadores, como Cristóvão Colombo. O autor desta notícia não tem seu nome publicado.

O artigo A11, de Katherine Harmon, descreve a descoberta de uma nova análise que permite investigar a evolução viral a partir de análise filogenética, permitindo descobrir a origem da transmissão de vírus como o HIV. A reportagem esclarece que tais cientistas usaram o teste cego, isto é, sem conhecer as origens das amostras, para a realização da análise, de modo a não interferir na neutralidade da análise.

O artigo A12, também de Katherine Harmon, revela estratégias para recuperar os diabinos-da-tasmânia, como a identificação genética de um câncer que ataca estes animais. Porém, existem dificuldades de encontrar parentes próximos do diabo-da-tasmânia, o que forneceria um grupo externo para uma análise filogenética com dados moleculares destes animais.

V.2. Abordagem da Sistemática Filogenética nos artigos

Para avaliar o grau da abordagem da Sistemática Filogenética, utilizou-se a presença de termos, explicações e conceitos referentes à metodologia cladista para se determinar se esta abordagem é aprofundada ou superficial. Com isto, concluiu-se que somente os artigos A07 e A14 apresentam uma abordagem aprofundada da Sistemática Filogenética, enquanto os demais possuem abordagem superficial, não sendo encontrados artigos com uma abordagem intermediária do tema.

O artigo A07, que narra as pesquisas realizadas por Fritz Müller relacionadas com a Evolução, utiliza diversos termos de Sistemática Filogenética, como “sinapomorfias”, “cladogramas” e “clados”. O momento em que a maioria destes termos aparece é na descrição de uma pesquisa sobre o desenvolvimento dos crustáceos, culminando na proposição de que a ontogenia remontaria a filogenia. Inclusive, o artigo revela que Müller foi o primeiro cientista a desenvolver uma metodologia minuciosa e criteriosa para a elaboração de árvores filogenéticas, um século antes da teoria cladista ser construída por Willi Hennig.

O artigo A14, ao realizar um intenso debate a respeito de diferentes conceitos de espécie, busca o conceito filogenético de espécie, baseado na investigação das relações evolutivas, como possível solução ao problema. O artigo explica, de forma simplificada, como os pesquisadores determinam estas relações evolutivas, como descrito no seguinte trecho:

“Organismos aparentados têm características comuns porque compartilham o mesmo ancestral. Humanos, girafas e morcegos, todos descendem de mamíferos mais antigos e, conseqüentemente, todos apresentam pelos e glândulas mamárias. Dentro dos mamíferos, os humanos partilham um ancestral comum com os outros primatas, do qual herdaram outras características como olhos na posição frontal. Dessa maneira podemos descobrir grupos cada vez menores até chegarmos a uma escala em que não podem mais ser subdivididos. Estes, de acordo com o conceito filogenético, são as chamadas espécies.” (A14, 20º parágrafo)

Os outros artigos abordam a filogenia de forma superficial, isto é, não aprofundam o tema, ao compararmos com os artigos A07 e A14. No artigo A01, é possível perceber simplificação de termos e uso de sinônimos, como árvore genealógica no lugar de árvore filogenética. Porém, o artigo descreve a filogenia dos felídeos de forma inteligível, em especial com as figuras presentes na seção multimídia. O artigo A04 também se utiliza de árvores filogenéticas como importante recurso diagramático para ilustrar as relações entre as linguagens de povos indígenas brasileiros, comprovando que o uso de filogenias pode ser importante também para estudos antropológicos.

Os artigos A05, A06, A09, A10 e A13 trazem, de forma simplificada, explicações de certos temas da Sistemática Filogenética, principalmente ao explicar relações de parentesco entre os diferentes grupos de seres vivos. Certos artigos estabelecem estas relações evolutivas de acordo com a posição dos organismos na árvore filogenética, como nos seguintes casos: a relação entre a araponga e a perereca-de-marsúpio (A06), o fóssil Ardi na evolução humana (A09), os micro-organismos quimiossintetizantes (A10) e a relação entre as aves e dinossauros (A13).

Os artigos A02, A08, A11 e A12 citam o uso de análise filogenética para explicar o parentesco entre determinados grupos de seres vivos, porém sem explicar sua metodologia. O artigo A08, inclusive, revela que os grupos de fungos bioluminescentes são polifiléticos, provenientes de diferentes linhagens de fungos.

Os artigos A03 e A15 não abordam diretamente o tema, porém trazem questões ligadas ao trabalho da Sistemática de forma geral, como na descrição de novas espécies e na elaboração de nomes para estas – trabalho da Taxonomia.

Para elucidar a forma como cada artigo aborda a Sistemática Filogenética, realizou-se uma análise mais profunda, buscando avaliar os seguintes parâmetros: conceitos de Sistemática Filogenética que foram trabalhados pelos artigos; linguagem adotada pelos artigos; uso de analogias e metáforas; e presença de possíveis erros conceituais.

V.2.1. Conceitos de Sistemática Filogenética

De forma geral, os artigos trabalharam determinados conceitos de Sistemática Filogenética, embora nenhum conceito tenha sido abordado por todos os artigos. Na maioria dos casos, não houve citação direta do conceito, mas estava presente a explicação do mesmo, de acordo com o contexto de cada artigo. Em outros casos, o conceito era substituído por um sinônimo, como será visto adiante.

Para analisar a forma como os conceitos são tratados pelos artigos, usou-se Amorim (2002), por conter as definições destes conceitos sob o olhar da Sistemática Filogenética.

V.2.1.1. Grupo-irmão

De acordo com Amorim (2002, p. 148), grupo-irmão é “a espécie ou grupo monofilético supra-específico mais próximo de um determinado grupo monofilético em foco em um momento do discurso”. Isto é, em uma filogenia, o grupo-irmão é aquele mais intimamente relacionado com outro grupo, com o qual formam um grupo monofilético. Nos artigos, não é verificada a presença do termo “grupo-irmão”, porém foram encontradas referências a este conceito nos artigos A01, A02, A03, A04, A09 e A14. Nestes, percebe-se que são feitas considerações a respeito da proximidade de grupos de seres vivos, destacando caracteres que servem de base para tal afirmação.

O artigo A01, ao colocar as questões que norteiam o seu desenvolvimento logo no primeiro parágrafo, indaga “quais delas estão mais intimamente relacionadas?” ao considerar as espécies e linhagens de felinos atuais. O artigo A02, que investiga a origem da bactéria causadora da sífilis, expõe o resultado de uma pesquisa com 26 linhagens das bactérias do gênero *Treponema*, tal como descrito a seguir:

“Eles descobriram que as linhagens que causam a sífilis venérea apareceram em um período relativamente recente na história humana, e estão intimamente relacionadas a uma antiga infecção isolada na América do Sul que causa boubá.” (A02, 4º parágrafo)

O artigo A03, em estilo bem humorado, disserta sobre o uso de nomes em latim e as confusões geradas por essa regra. No 3º parágrafo, realiza o seguinte comentário: “Mencken, por falar nisso, cobriu o famoso caso Scopes, no qual o *Homo sapiens* tratou a idéia de estar relacionado ao *Gorilla gorilla* e ao *Pan troglodytes* como se fosse uma infecção da *Yersinia pestis*”. Esta é uma referência ao jornalista H. L. Mencken, que cobriu o caso Scopes, no qual um professor norte-americano contrariou a lei local e ensinou evolucionismo aos seus alunos. O deboche do autor está justamente no fato de ter colocado os nomes científicos das espécies relacionadas: homem (*Homo sapiens*), gorila (*Gorilla gorilla*) e chimpanzé (*Pan troglodytes*). Há também a referência à peste negra, causada pela bactéria *Yersinia pestis*.

O artigo A04, cujo foco é a origem da linguagem e da comunicação, também faz uso das relações de parentesco entre humanos e outros primatas, como destacado no seguinte trecho:

“Sempre houve curiosidade em verificar quais seriam as relações evolutivas entre a espécie humana e a dos grandes macacos (chimpanzé, gorila e orangotango). Após muita discussão, pesquisa e análises conflitantes está agora firmemente estabelecido que, dos três, o chimpanzé sem dúvida é o nosso parente mais próximo.” (A04, 6º parágrafo)

Em outro trecho, o autor esclarece o resultado de uma análise realizada com testes de hipótese estatísticos refinados e marcadores genéticos para verificar qual proposta de filogenia entre as línguas da América do Sul – Maipure, Caribe, Tupi e Gê – era a mais adequada. Como resultado, a filogenia mais aceita foi a do linguista Aryon Dall’Igna Rodrigues, como destacado no seguinte trecho, no 22º parágrafo: “tem relações mais estreitas entre os falantes das famílias lingüísticas Caribe e Tupi, seguindo-se em ordem de distância genética os de línguas Gê, sendo os falantes Maipure os mais afastados.”

O artigo A09 considera relações de parentesco entre grupos próximos em diversos momentos, ao investigar a posição do fóssil recém-descoberto “Ardi” na evolução humana, como já aparece no primeiro parágrafo: “essa descoberta significativa (...) aprofundou os debates acadêmicos sobre o surgimento do bipedalismo, a aparência de nosso último ancestral comum com os chimpanzés e de que forma alguns primatas antigos deram origem aos humanos modernos.” No 3º parágrafo, considera novas evidências relativas ao ancestral comum entre o homem e o fóssil recém-descoberto: “Os autores dos trabalhos (...) propuseram que o *Ardipithecus* apresentava ‘um andar ereto eficaz’ e que isso ‘soluciona muitas dúvidas em torno da evolução primitiva da humanidade, incluindo a natureza do último ancestral comum’.”

No 4º parágrafo, o artigo revela que a posição de Ardi ainda é duvidosa, por não se saber se representa uma espécie ancestral ou alguma ramificação na árvore filogenética da evolução humana:

“Assim, Ardi representa um verdadeiro passo em direção à hominização ou deve estar nas ramificações secundárias da árvore evolucionária? White e seus colegas não têm uma resposta definitiva; porém, por meio de análises meticolosas de dados provenientes do fóssil e das áreas próximas, concluem em seu artigo que “aparentemente, não há características únicas o suficiente para certificar a exclusão, de forma definitiva, do *Ar. ramidus* como ancestral do *Australopithecus*”. Assim, é proposto que o fóssil pode realmente ser um *Hominina* primitivo (nomenclatura, sempre em mudança, para o grupo que geralmente compreende os humanos modernos e nossos parentes próximos já extintos; também chamado, por White *et al.*, de homínídeos – embora agora essa última denominação inclua com frequência os grandes primatas).” (A09, 4º parágrafo)

Mais adiante, no 23º parágrafo, outros pesquisadores mantêm a dúvida a respeito da localização de Ardi na evolução humana:

“Begun, assim como outros cientistas, estão mais cautelosos em propor uma posição para Ardi na linha humana direta que os pesquisadores envolvidos no projeto. Estes ressaltaram que, apesar de a espécie ser ‘substancialmente mais primitiva que o *Australopithecus*’ (...), ‘parece que ela... ocupou um platô basal adaptativo na história natural do homínídeo’.” (A09, 23º parágrafo)

No 24º parágrafo, considera-se que a posição de Ardi ainda é incerta, porém com fortes evidências de ser grupo-irmão de *Australopithecus* e do ser humano:

“Embora seja difícil considerar Ardi como um parente próximo, também o é rejeitá-la. ‘Não acho injusto dizer que, neste momento, a posição filogenética precisa de Ardi é incerta e contestável’, comenta Jungers. Até White observa que ‘as três maiores possibilidades’ são que o *Ardipithecus* está ou na linha humana, ou na dos chimpanzés ou antecede ambas. Ele explica: ‘Situamos a espécie no clado dos homínídeos [também conhecido como *Hominina*] com base em uma série de características evolutivas recentes por ela exclusivamente compartilhadas com todos os outros membros desse clado – os *Australopithecus* e *Homo sapiens*’.” (A09, 24º parágrafo)

O artigo A14 esclarece que os representantes dos mamíferos são próximos entre si pela presença de caracteres compartilhados exclusivamente por eles, como destaca este trecho, do 20º parágrafo:

“Organismos aparentados têm características comuns porque compartilham o mesmo ancestral. Humanos, girafas e morcegos, todos descendem de mamíferos mais antigos e, conseqüentemente, todos apresentam pelos e glândulas mamárias. Dentro dos mamíferos, os humanos partilham um ancestral comum com os outros primatas, do qual herdaram outras características como olhos na posição frontal.” (A14, 20º parágrafo)

V.2.1.2. Grupo monofilético

A definição adotada por Amorim (2002, p. 148) para grupo monofilético é “um grupo taxonômico composto por uma espécie ancestral e todas as suas espécies descendentes”. Os

artigos A01, A04, A05, A07, A09, A10, A11, A13 e A14 remetem-se a esta definição, embora nenhum deles cite o termo ‘monofilético’ em seus textos. Em comum, mostram a existência de grupos de seres vivos que compartilham o mesmo ancestral, indicando que estes seres vivos possuem relações de parentesco mais íntimas, com uma proximidade maior na árvore filogenética destes grupos.

O artigo A01, ao descrever as diferentes linhagens de felinos pelo mundo, faz menção a uma destas linhagens como um grupo monofilético, como mostra o seguinte trecho, no 5º parágrafo: “Uma das linhagens reúne todos os grandes felinos que rugem como o leão, o tigre, o leopardo, a onça e o leopardo-das-neves.” No caso deste trecho, a sinapomorfia do grupo, tornando-o monofilético, é o fato de estas espécies rugirem.

Os artigos A04 e A05 consideram a existência da vida como um fenômeno que surgiu apenas uma vez em nosso planeta, tornando todos os seres vivos descendentes de um mesmo ancestral – o primeiro ser vivo. O primeiro parágrafo do artigo A04 considera tal fato importante para o entendimento da evolução: “O postulado básico do conceito de evolução biológica é que todas as formas orgânicas atualmente existentes neste planeta derivaram de um ancestral comum, universal.” De forma semelhante, o artigo A05 associa tal fato a uma nova forma de enxergar o mundo, como indica o seguinte trecho:

“O acesso a essa grandeza seria a contemplação das ‘infinitas formas de grande beleza’ que evoluíram – e continuam a evoluir – a partir de um ancestral muito simples. (...) O conceito da existência de uma linhagem – ou linhagens – de seres vivos transformando-se ao longo das gerações faz uma grande diferença na maneira de enxergar o mundo.” (A05, 1º parágrafo)

No segundo parágrafo do mesmo artigo, realiza-se um apontamento do monofiletismo dos vertebrados: “Nós, os seres humanos, como mamíferos, partilhamos uma mesma origem com os peixes, anfíbios, répteis e aves”.

O artigo A07, que se refere ao trabalho do naturalista Fritz Müller, identifica uma hipótese levantada por ele de que os crustáceos seriam um grupo monofilético cujas diferentes linhagens divergiram, adquirindo novas características:

“F. Müller postulou que se a teoria de Darwin estivesse correta seria possível demonstrar que os diversos táxons (grupos) de crustáceos teriam se separado uns dos outros, a partir de um ancestral comum, e foram adquirindo características novas em fases sucessivas de seu desenvolvimento (ontogênese), que seriam fixadas e/ou eliminadas pela seleção natural.” (A07, 8º parágrafo)

O artigo A09 indica a existência de grupos monofiléticos formados por ancestrais do ser humano em diferentes trechos. Em comum, são realizadas referências à existência de fósseis que poderiam ser do ancestral comum entre o homem e o chimpanzé, como mostra o primeiro parágrafo: “Essa descoberta significativa (...) aprofundou os debates acadêmicos sobre o

surgimento do bipedalismo, a aparência de nosso último ancestral comum com os chimpanzés (...).” No 21º parágrafo, novamente menciona-se a existência deste ancestral comum: “A muito um mistério evolucionário, o último antepassado em comum compartilhado por humanos e chimpanzés pode ter sido identificado, pelo menos parcialmente, pela descoberta do *Ar. ramidus*”. No 22º parágrafo, são apresentadas evidências morfológicas que denunciam a inferência deste possível ancestral comum:

“Ardi ajudou a estabelecer alguns debates importantes acerca dessa criatura crucial: por exemplo, se nossos antepassados primitivos andavam sobre seus pés da mesma maneira que os chimpanzés modernos (atualmente, supõe-se que provavelmente não). Mas, como Jungers salientou, já está antiquada a noção que os humanos evoluíram do chimpanzé (ou mesmo de uma criatura parecida com esse animal). Também, observa Begun, seria uma tarefa difícil determinar por meio de Ardi – com 4,4 milhões de anos – um modelo para o último ancestral comum, que viveu há cerca de 6 a 8 milhões de anos. “Do mesmo modo que para Tim [White] é ingênuo assumir” que os chimpanzés não tenham evoluído por milhões de anos, categoriza Begun, também é ingênuo pensar que Ardi conservou várias características de um ancestral comum.” (A09, 22º parágrafo)

O artigo A10 coloca os micro-organismos que habitam as fossas termais no fundo dos oceanos como similares aos possíveis ancestrais de todos os outros seres vivos, como revela o trecho do 19º parágrafo: “Isso indica que o último ancestral comum de toda a vida terrestre pode ter habitado uma fonte termal, possivelmente um ambiente semelhante ao do Campo Hidrotermal de Lost City”.

O artigo A11 investiga a contaminação de vírus, como HIV, de uma pessoa para outra a partir de análises moleculares, cujos dados seriam analisados por árvores filogenéticas. Em um trecho do 4º parágrafo, percebe-se, implicitamente, que o vírus da pessoa contaminada e o da pessoa que a contaminou formariam um grupo monofilético: “Depois de realizar uma análise filogenética das amostras em um teste cego (...), Metzger e seus colegas foram capazes de determinar a pessoa mais provável de ter contaminado outros”.

O artigo A13 usa o humor para mostrar as relações de parentesco entre as aves e os dinossauros, esclarecendo que se trata de um grupo com um mesmo ancestral:

“O que alguns não sabem é que um grupo de dinossauros carnívoros, bípedes e ágeis aparentado do famoso velociraptor deu origem a animais que estão entre nós até hoje. Toda vez que vir um pombo na rua, um frango em seu prato ou qualquer outra ave, você pode dizer que está diante de um descendente dos dinossauros.” (A13, 2º parágrafo)

O artigo A14 trabalha os diferentes conceitos de espécie e, ao descrever o conceito filogenético de espécie, usa os mamíferos e os primatas para demonstrar que tal metodologia está baseada em grupos monofiléticos, isto é, aqueles que compartilham o mesmo ancestral comum, como mostra o seguinte trecho:

“Organismos aparentados têm características comuns porque compartilham o mesmo ancestral. Humanos, girafas e morcegos, todos descendem de mamíferos mais antigos e, conseqüentemente, todos apresentam pelos e glândulas mamárias. Dentro dos mamíferos, os humanos partilham um ancestral comum com os outros primatas, do qual herdaram outras características como olhos na posição frontal.” (A14, 20º parágrafo)

V.2.1.3. Sinapomorfia

Derivação do termo apomorfia, que significa “estado derivado de um caráter em uma série de transformação” (AMORIM, 2002, p. 147), a sinapomorfia consiste no “compartilhamento da condição apomórfica de um caráter por um grupo, supostamente exclusiva dele” (AMORIM, *op. cit.*, p. 149). Escolheu-se o termo “sinapomorfia”, pois não foi encontrada qualquer referência ao outro tipo de apomorfia que pode ser encontrada em uma série de transformação, a autapomorfia. O artigo A07 é o único a apresentar o termo supracitado em seu corpo textual, junto de sua definição, enquanto os artigos A01, A05, A09 e A14 fazem referência a caracteres que são compartilhados por um determinado grupo de seres vivos.

O artigo A01 mostra que foi realizada uma análise do DNA das espécies de felinos, identificando estas 37 espécies em oito linhagens diferentes, o que é corroborado por outros tipos de informações, conforme mostra o trecho do quarto parágrafo: “Espécies de uma mesma linhagem, por exemplo, freqüentemente compartilham características morfológicas, biológicas e fisiológicas encontradas somente em seu próprio grupo”.

O artigo A05, que trata do fenômeno da dermatofagia em determinadas espécies de cobras-cegas, destaca que tal caráter compartilhado existe pelo tempo estimado a partir da época em que estas espécies divergiram, como visto no seguinte trecho:

“Em relação à origem dos vertebrados e à distribuição das cecílias no mundo, pode-se supor que a dermatofagia é um fenômeno muito antigo. Sendo a *Boulengerula taitanus* africana e o *Siphonops annulatus* sul-americano, pode-se estimar, através do tempo em que houve a separação dos continentes, que esse fenômeno deva ter mais de 100 milhões de anos.” (A05, 21º parágrafo)

O artigo A07 considera que Fritz Müller desempenhava uma metodologia semelhante à Sistemática Filogenética no que diz respeito à análise de relações de parentesco, conforme indica o 12º parágrafo: “Cabe ressaltar que o uso de caracteres adquiridos compartilhados (conhecidos hoje por sinapomorfias) para mostrar relações filogenéticas (evolutivas) entre espécies vivas de crustáceos foi uma grande inovação introduzida por Müller.” Em sua análise da evolução dos crustáceos, Müller demonstra que a condição náuplio seria a primeira forma larvar destes animais e representa a sinapomorfia do grupo, como se percebe no trecho a seguir:

“No litoral de Santa Catarina, Fritz Müller descobriu um camarão marinho do gênero *Penaeus* que nasce, curiosamente, sob forma de náuplio, antes de passar pelo estágio de zoea. Face a essa observação Müller sugeriu, de acordo com a teoria darwiniana, que os caranguejos marinhos e os camarões que emergem sob forma de zoea, deveriam passar pelo estágio mais simples de náuplio durante seu desenvolvimento embrionário, o que de fato se confirmou. Hoje, pode-se dizer que os crustáceos derivados, que saíram do ambiente marinho para áreas continentais, “embrionizaram” as formas larvais mais simples de seus ancestrais, carregando a história de seus antepassados na sua fase embrionária (recapitulação ontogenética da filogenia).” (A07, 14º parágrafo)

O artigo A09 indica diversas características compartilhadas entre o fóssil Ardi e outras espécies fósseis na evolução humana, como a presença de um “andar ereto eficaz” (3º parágrafo), e diversos caracteres osteológicos, como descrito a seguir:

“O crânio em si também levanta questionamentos acerca da analogia entre Ardi e outros antepassados nossos, como Lucy, por exemplo. Os autores dos artigos da *Science* ressaltam a pequena porção inferior da face do *Ardipithecus*, que não é tão proeminente quanto a do chimpanzé e tem um formato mais parecido com a do *Australopithecus*. Mas pesquisadores que não participaram dos estudos enfatizam a semelhança de tamanho com outros primatas não humanos, como os extintos macacos que viveram na época miocena.” (A09, 18º parágrafo)

Em outro trecho, mencionam-se as considerações do pesquisador Tim White, da Universidade de Berkeley, Califórnia, que traz mais possíveis evidências destes caracteres compartilhados entre o fóssil e outros homínídeos, conforme o trecho a seguir:

“ele admite que ‘se só se tivesse achado uma falange intermediária, então não seria possível determinar as relações filogenéticas da espécie’, mas conclui que ‘as características da dentição, crânio e esqueleto pós-craniano... são todas compartilhadas exclusivamente pelo *Ar. ramidus* e homínídeos posteriores, excluindo-se, dessa maneira, todos os outros primatas extintos e existentes’. E garante: ‘mesmo sem o crânio e a dentição, ainda assim essa argumentação se sustentaria, em razão do compartilhamento de traços herdados no quadril e no pé’.

White e seus colaboradores não insistem na postura ereta como o único indicativo de Ardi e seu clado serem de fato humanos primitivos, mas enfatiza que, até agora, essa característica faz parte do contexto. Ele afirma que, embora a sua definição para integrantes da família Hominidae não ‘se baseie no bipedalismo per se’, a designação ‘parece consistente tanto com o bipedalismo quanto com a perda do complexo canino-pré-molar ocorrendo perto do momento da separação’ entre as linhagens dos humanos e dos chimpanzés.” (A09, 19º e 20º parágrafos)

O artigo A14 é bastante objetivo ao tratar o conceito como a base para a identificação de espécies de acordo com o conceito filogenético de espécie, identificado no trecho a seguir, no 21º parágrafo: “Reconhecer uma espécie é questão de identificar um grupo de organismos que compartilham certas características bem definidas”.

V.2.1.4. Homoplasia

Pode-se dizer que a homoplasia consiste na:

“Relação de semelhança entre estruturas em indivíduos ou espécies distintos presentes em cada um deles devido à ocorrência independente, em níveis de generalidade distintos, de modificações que resultaram na condição apomórfica semelhante.” (AMORIM, 2002, p. 148)

Os casos de homoplasia podem ser diferenciados em convergência evolutiva, quando condições plesiomórficas distintas resultam em condições apomórficas semelhantes, e em paralelismo, quando a mesma condição plesiomórfica resulta em condições apomórficas semelhantes (AMORIM, *op. cit.*).

Os artigos A05, A06 e A08 tratam de caracteres homoplásticos, porém sem citar o termo ‘homoplasia’ de forma direta. O artigo A05, em seu segundo parágrafo, remete-se a este fenômeno de forma bem didática, como visto no trecho a seguir: “E um dos aspectos mais interessantes da dinâmica do processo evolutivo é o fato de que várias adaptações de forma e função repetiram-se, independentemente, em diferentes grupos de seres vivos”.

O artigo A06 é o que mais aborda a questão, pois trata de um caso de convergência evolutiva entre a vocalização da ave araponga e a da perereca-de-marsúpio na Mata Atlântica, como indica este trecho do primeiro parágrafo: “Mas por que animais tão diferentes, aparentemente, convergiram para vocalizações tão similares?” No 13º parágrafo, o mesmo artigo traz possíveis explicações para este fato, sob o ponto de vista evolutivo:

“Nossa interpretação é que a semelhança resulta de uma convergência evolutiva entre ambas. Supõe-se que esse fenômeno se manifeste quando espécies pouco relacionadas filogeneticamente, ou seja, pouco aparentadas, sofram pressões seletivas de um mesmo ambiente ou de ambientes semelhantes. Como resultado dessas pressões seletivas ao longo do tempo evolutivo, características fenotípicas (expressadas pelos genes) similares se desenvolvem nas espécies pouco aparentadas. Essas características podem ser tanto morfológicas na forma ou na coloração; fisiológicas no metabolismo; ou mesmo comportamentais, por exemplo, o canto.” (A06, 13º parágrafo)

Mais adiante, o artigo procura explicar de que forma este caso particular de convergência evolutiva pode ter ocorrido entre estas espécies de animais:

“Assim, é de se esperar que durante o curso evolutivo a seleção natural possa ter atuado no sentido de tornar mais aptos aqueles machos da perereca-de-marsúpio, ou seus ancestrais, que cantavam de forma mais parecida com a araponga, selecionando esses indivíduos ao longo das gerações, devido à menor predação e maior sucesso reprodutivo. Trata-se de uma hipótese, parcimoniosamente sugerida e digna de ser testada na Natureza.” (A06, 19º parágrafo)

Ao final do artigo, em uma seção intitulada “conceitos-chave”, há a outra explicação clara para o fenômeno da convergência evolutiva, conforme o seguinte trecho descreve:

“Organismos de diferentes ramos da árvore evolutiva, quando desenvolvem independentemente características similares, fazem a convergência evolutiva, evolução convergente ou simplesmente convergência.
Aves e anfíbios anuros são pouco aparentados, ou seja, de ramos distantes na árvore evolutiva. A produção do som por esses dois grupos evoluiu de forma independente.” (A06, Conceitos-chave)

O artigo A08, que aborda os casos de bioluminescência em fungos, destaca que a presença deste fenômeno pode resultar de uma condição homoplástica, como mostra o seguinte trecho do 7º parágrafo: “Os fungos bioluminescentes estão distribuídos em três linhagens (mas possivelmente são quatro), confirmando a ideia de que a bioluminescência, algumas vezes, evoluiu independentemente nos fungos”.

V.2.1.5. Árvore Filogenética

O termo árvore filogenética consiste, para a Sistemática Filogenética, no

“Dendograma em que os táxons terminais são populações, espécies ou grupos de espécies, cujas relações entre eles indica afinidade filogenética (ancestralidade comum exclusiva em diversos níveis), em que os eventos de divisão em cada nível correspondem a eventos supostos de especiação e em que cada nível da hierarquia corresponde a uma espécie ancestral, nomeada ou não.” (AMORIM, 2002, p. 147)

O termo ‘árvore filogenética’ aparece em diversos artigos, como A04, A07, A10 e A12. Em outros casos, foi substituído por similares como árvore genealógica (A01), árvore evolutiva (A06), árvore evolucionária (A09) e árvore da vida (A10). Apenas o artigo A07 utilizou os termos ‘cladograma’ e ‘filogenia’, usados pelos cladistas com sentido similar ao de ‘árvore filogenética’.

Alguns artigos mostraram detalhes de como estas árvores podem ser construídas a partir dos dados obtidos com a análise dos seres vivos estudados. Isto é claro no artigo A01, inclusive com o uso de técnicas modernas como análises genéticas e uso de relógios moleculares para identificar o tempo de divergência entre os clados, como pode ser visto no trecho a seguir:

“Atraídos por essas novas técnicas e com o auxílio de colegas de outras instituições conseguimos finalmente construir a primeira árvore da família Felidae mais claramente resolvida. Comparando as mesmas seqüências de DNA de 30 genes de cada espécie de felino existente pudemos determinar as ramificações da árvore. Em seguida, para chegar aos períodos em que cada ramo surgiu, usamos fósseis datados de modo confiável e a análise de “relógios moleculares” – que, com base no grau de diferenciação em um dado

gene, permite estimar há quanto tempo as espécies se separaram umas das outras.” (A01, 3º parágrafo)

O mesmo artigo reforça a importância da inclusão de análises genéticas para reconstruir a filogenia do grupo, como indica este trecho, contido em um *box* no final: Mas avanços no estudo do DNA permitiram que a primeira árvore genealógica da família dos felídeos fosse construída de forma clara.”

O artigo A04 também aborda o processo de construção de uma árvore filogenética como forma de investigar as relações entre as línguas de povos da América do Sul, mostrando que podem ser geradas árvores diferentes por pesquisadores diferentes, como revela este trecho:

“August Schleicher (1821-1868), lingüista alemão, foi um dos pioneiros na idéia de classificar as relações entre as linguagens em árvores filogenéticas. Para isso utilizou o método comparativo, que analisa as freqüências de elementos estruturais, como raízes (cognatos) para certos termos, bem como outros aspectos específicos das línguas. Independentemente, os geneticistas de populações e outros evolucionistas desenvolveram métodos sofisticados de comparações genéticas entre populações, e há pelo menos três décadas as relações entre as distribuições lingüísticas e as genéticas têm sido avaliadas para a detecção de similaridades ou diferenças. Esse enfoque foi utilizado por nosso grupo de pesquisa em várias ocasiões, com resultados variados. Em 2005 resolvemos levantar a seguinte questão: no que a genética poderia contribuir para a avaliação das alternativas propostas por três eminentes lingüistas – Estmír Loukotka, falecido em 1968, Joseph H. Greenberg (1915-2001) e Aryon Dall’Igna Rodrigues – para as relações entre as quatro famílias lingüísticas ameríndias mais importantes da América do Sul, Maipure, Caribe, Tupi e Gê?” (A04, 21º e 22º parágrafos)

O artigo A07 coloca Fritz Müller como um pioneiro no processo de construir filogenias com maior rigor metodológico, um século antes de Willi Hennig e dos demais cladistas. O seguinte trecho explica bem esta curiosidade:

“Cabe ressaltar que o uso de caracteres adquiridos compartilhados (conhecidos hoje por sinapomorfias) para mostrar relações filogenéticas (evolutivas) entre espécies vivas de crustáceos foi uma grande inovação introduzida por Müller. Os diagramas de ramos que ele utilizou, hoje conhecidos como cladogramas por agruparem os organismos e seus ancestrais comuns em clados, e tão utilizados em árvores filogenéticas, já haviam sido propostos por Müller um século antes da teoria cladística, proposta por Willi Hennig. Nelson Papavero relata que Müller foi, certamente, o primeiro a criar uma filogenia séria, com base em observações concretas e exaustivas de material vivo, diferentemente de Darwin, e depois, Haeckel, que propuseram árvores filogenéticas teóricas.” (A07, 12º parágrafo)

O artigo A10 também é minucioso ao dar detalhes de como metodologias diferentes estão sendo aplicadas para reconstruir filogenias de micro-organismos, desta vez usando caracteres bioquímicos, conforme mostra o seguinte trecho:

“Determinar isso pode ser mais difícil do que os cientistas imaginaram. A maioria dos organismos na árvore filogenética são micro-organismos. Embora possamos estudar suas sequências de DNA e RNA, encontrar um registro fóssil de criaturas microscópicas, com formas ambíguas, é desafiador. Nas últimas décadas, pesquisadores desenvolveram técnicas específicas que permitem investigar a história evolucionária de micro-organismos, ao combinar registros geológicos de fósseis químicos, não físicos. Fósseis químicos são moléculas rastreáveis até organismos vivos e podem permanecer preservados em rochas durante milhões, até bilhões de anos. A maioria deles deriva de lipídios que constituem as membranas celulares. Embora não contenham tanta informação como o DNA ou um fóssil físico, são indicadores confiáveis de vida e podem ser portadores de diagnósticos estruturais dos organismos que os produziram.” (A10, 21º parágrafo)

Além de abordarem o termo ‘árvore filogenética’ em seu corpo textual, os artigos A01, A04 e A14 também utilizam ilustrações de cladogramas, conforme será visto posteriormente neste trabalho.

V.2.1.6. Grupos polifilético e parafilético

Os grupos polifilético e parafilético podem ser reportados, num coletivo, como um grupo merofilético, isto é, “composto por apenas parte das espécies descendentes de uma espécie ancestral, às vezes incluindo (grupo merofilético parafilético) ou não (grupo merofilético polifilético) a própria espécie ancestral” (AMORIM, 2002, p. 148). Em outras palavras, o grupo merofilético não pode ser considerado um grupo monofilético, logo não é um grupo natural e não pode receber um nome científico válido.

O artigo A08 é explícito ao mostrar que os fungos bioluminescentes são um grupo polifilético, como indica o seguinte trecho:

“Análises filogenéticas moleculares evidenciaram que os fungos bioluminescentes são polifiléticos, isto é, representados por algumas linhagens que, em certos casos, evoluíram de forma independente em relação à emissão de luz. Os fungos bioluminescentes estão distribuídos em três linhagens (mas possivelmente são quatro), confirmando a ideia de que a bioluminescência, algumas vezes, evoluiu independentemente nos fungos.” (A08, 7º parágrafo)

O artigo A13 não revela de forma clara se as espécies de aves em questão formam grupos parafiléticos ou polifiléticos, mas o seguinte trecho mostra que, certamente, não constituem grupamentos monofiléticos:

“O Brasil abriga — segundo a última lista do Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos (CBRO) — 1.833 espécies de aves. Esse total certamente aumentará já que novas espécies de aves continuam a ser descobertas com regularidade (mesmo no entorno de capitais como São Paulo e Curitiba) e análises moleculares, morfológicas e bioacústicas demonstram que algumas “espécies” na realidade podem ser subdivididas em unidades evolutivas distintas.” (A13, 4º parágrafo)

V.2.1.7. Cladogênese

A cladogênese pode ser descrita como o “conjunto de processos que resulta na divisão de uma espécie em duas ou mais espécies descendentes efetivamente isoladas uma das outras, de modo geral pelo surgimento de uma barreira geográfica” (AMORIM, 2002, p. 147). Tal barreira pode ser formada pela separação entre as espécies por processos geológicos (vicariância) ou por movimentos migratórios de populações destas espécies. Os artigos A01 e A09 mostram, de forma implícita, processos de cladogênese ao explicar a evolução de determinados grupos de seres vivos.

O artigo A01 traz em algumas passagens sobre os processos evolutivos dos felinos em que pode se perceber eventos de cladogênese, como nos seguintes trechos contidos em *boxes* de conceitos-chave no final:

“Os grandes felinos rugidores foram os primeiros a se ramificar, seguidos por outras sete linhagens. (...) Como a análise do DNA permitiu que os pesquisadores esclarecessem os nós das ramificações ou “forquilha” na árvore da família dos felídeos, eles se concentraram na análise dos fósseis, para estimar quando realmente aconteceram.” (A01, *boxes* de conceitos-chave)

O artigo A09 aponta indícios de separação do fóssil Ardi das outras linhagens presentes na história evolutiva humana, como o seguinte trecho do 25º parágrafo destaca: “Ao analisar os dados apresentados na *Science*, Begun pouco encontrou ‘na anatomia desse espécime que levasse diretamente ao *Australopithecus*, quanto mais ao *Homo sapiens*’. Ardi ‘poderia facilmente ser uma ramificação’.”

V.2.1.8. Grupo externo

O grupo externo consiste em “toda e qualquer espécie ou grupo de espécies que filogeneticamente não pertença a um grupo supostamente monofilético abordado em um momento de uma análise” (AMORIM, 2002, p. 148). A importância deste grupo em uma análise filogenética é fornecer dados que possam servir de comparação com as características do grupo em estudo, sendo útil para definir que caracteres são plesiomórficos.

O artigo A01 utiliza o sinônimo “fora do grupo” para grupo externo para mostrar a existência de uma família de mamíferos que serve como referência para a análise das relações filogenéticas dos felinos, como explica o seguinte trecho:

“Os taxonomistas também analisaram sete espécies “fora do grupo”, parentes próximos dos gatos, da família Viverridae, do gato-almiscarado e do mangusto. Essas espécies forneceram a linha de referência para que as divergências encontradas entre os dados, na ‘família Felidae, fossem estimadas.” (A01, *box* de conceitos-chave)

O artigo A12 mostra a dificuldade em se encontrar um grupo externo adequado para as análises moleculares de indivíduos da espécie do diabo-da-tasmânia, pois os parentes mais próximos são distantes filogeneticamente, conforme este trecho do quarto parágrafo: “Não é fácil comparar o genoma do diabo-da-tasmânia com o de outros marsupiais, pois está um pouco distante de seus primos já sequenciados, o gambá e o wallaby, na árvore filogenética”.

V.2.1.9. Reversão

O conceito de reversão consiste em um “caso particular de apomorfia em que a condição derivada é semelhante a uma condição plesiomórfica anterior” (AMORIM, 2002, p. 149). Em outras palavras, a reversão é uma característica que deixou de existir em alguns representantes de uma determinada linhagem.

O artigo A08 mostra uma ocorrência clara de reversão, sem citá-lo diretamente, como descreve o trecho a seguir do 10º parágrafo: “Ainda não se sabe ao certo como ocorreu a evolução dentro dessa linhagem, mas é provável que a bioluminescência tenha surgido uma vez, e, posteriormente, muitas espécies tenham perdido a capacidade de emitir luz”.

V.2.1.10. Grupo basal

O grupo basal é aquele que está em ramos mais próximos da espécie ancestral de um grupo monofilético em um cladograma, assim situado por manter maior quantidade de caracteres plesiomórficos. Os artigos A07 e A10 fazem considerações a respeito de grupos basais. O A07, ao tratar da evolução dos crustáceos proposta por Fritz Müller, assim descreve em seu 13º parágrafo: “Os crustáceos mais basais nas filogenias, como cracas, copépodes e ostracodes emergem do ovo sob forma de náuplio, a forma larval mais simples.” Já o artigo A10 relaciona os micro-organismos encontrados em fossas termais com a base da vida na Terra, como mostra o seguinte trecho do 18º parágrafo: “Muitos organismos situados em ramos próximos à sua base consomem hidrogênio e habitam fontes termais de altas temperaturas, em terra ou no solo marinho”.

Frequentemente, certos fósseis pertencentes a grupos mais basais são referidos como “elos perdidos”, pois possuem características tanto de espécies ancestrais como novidades evolutivas, mostrando que a evolução deve ocorrer gradualmente em filogenias de determinados grupos. O artigo A01 não só considera a existência de “elos perdidos” na filogenia dos felinos, como explica o significado da terminologia e a sua importância na análise da evolução deste grupo, como mostra o trecho a seguir, presente em um *box* ao final do texto: “Certos fósseis de felinos considerados elos perdidos (ancestrais comuns mais recentes de grupos como o dos grandes felinos, lincos ou jaguatiricas) forneceram 16 datas para pontos específicos de ramificação na árvore genealógica dos felídeos”.

V.2.1.11. Plesiomorfia

Plesiomorfia consiste na “condição mais antiga, pré-existente, em uma série de transformação” (AMORIM, 2002, p. 149). Esta condição se transforma em uma apomorfia ou novidade evolutiva após a aquisição de novas características e manutenção das mesmas pela seleção natural. Apenas o artigo A09 mostra, de forma implícita, a ocorrência de uma plesiomorfia na análise das características do fóssil Ardi na árvore da evolução humana, como traz o seguinte trecho do 10º parágrafo: “Seu dedão do pé, referido como ‘notavelmente primitivo’ por Jungers, é bem diferente”.

V.2.1.12. Elementos de Sistemática tradicional

Os artigos A03, A05, A06, A10, A13, A14 e A15 remetem a aspectos que fazem parte da Sistemática desde o seu desenvolvimento por Lineu. O artigo A03 se dedica a contar esta história, de forma bem humorada, como mostra a seguinte passagem do texto:

“Os dois grandes trabalhos gêmeos de Linnaeus foram o *Species planterum*, de 1753, no qual classificou toda espécie conhecida de vegetação, e o *Systema naturae*, de 1758, que celebra 250 anos este ano e foi o primeiro esforço importante de organização do mundo animal. O verbete sobre Linnaeus na Wikipedia nota que, por ter o hábito de nomear todas as coisas vivas que encontrava, “pensava em si mesmo como um segundo Adão”. A capa de *Systema naturae* mostra um homem, presumivelmente Linnaeus, atirando títulos latinos a “novas criaturas enquanto são criadas no Jardim do Éden”. Ele não era um membro em extinção do gênero *Viola*.” (A03, 5º parágrafo)

De forma mais objetiva, o artigo A14 também destaca a importância do trabalho de Lineu, como descreve a seguinte passagem do 10º parágrafo: “A taxonomia, a ciência que trata da nomeação das espécies, surgiu no século 17 e se firmou no século seguinte, graças ao trabalho de Carl Lineu.” O mesmo é realizado pelo artigo A15, que denuncia o quanto a atividade de sistematas e taxonomistas falta realizar para descrever todas as espécies de seres vivos do mundo:

“Associada a biodiversidade também está certa crença de que biólogos já descobriram e descreveram todas as espécies que vivem do mundo. Temos notícias de que esse trabalho de catalogar as espécies de animais e plantas, que começou faz tanto tempo — No Século XVIII, com Carolus Linnaeus (1707—1778) — já deve ter sido concluído e que hoje, em pleno século XXI, já conheçamos como são e onde vivem todas as espécies do planeta. A realidade, no entanto, é outra. Ainda temos um número significativamente grande de espécies para descrever; algo estimado em dezenas de milhões! Uma grande parte do trabalho de muitos biólogos atuais ainda envolve descobrir e descrever espécies novas e este trabalho não dá sinais de que acabará tão cedo. O mais interessante desse processo de descobrimento é que, embora nossas expectativas de encontrar espécies ainda desconhecidas estejam associadas a lugares remotos, no interior de florestas tropicais, ou nos oceanos, que são menos explorados, ainda achamos espécies novas bem perto dos grandes centros urbanos.” (A15, 1º e 2º parágrafos)

O artigo A03 também se propõe a ilustrar casos fictícios de sinonímia, isto é, a ocorrência de diferentes nomes científicos que identificam a mesma espécie, conflito recorrente nas atividades de identificação de espécies pelos sistematas e taxonomistas, conforme mostra o trecho a seguir, que remete a um caso do desenho animado, Papa-léguas e Wile E. Coyote:

“O papa-léguas é classificado como *Geococcyx californianus*. O menor, como *Geococcyx velox*. E aquele mais familiar, do desenho animado (bip, bip), foi designado em ocasiões diferentes como *Accelerati incredibilus*, *Velocitus tremenjus*, *Birdibus zippibus*, *Speedipus rex* e *Morselus babyfastious tastius*. E quem fracassa em suas tentativas de apanhá-lo é Wile E. Coyote, ele próprio classificado como um representante das espécies *Carnivorous slobbius*, *Eatius birdius*, *Overconfi dentii vulgaris*, *Poor schinookius* ou *Caninus nervous rex*. (Os coiotes reais são *Canis latrans*, o que soa como um banheiro usado por legionários romanos).” (A03, 1º parágrafo)

O artigo A05 faz considerações importantes para a Sistemática do grupo das cecílias ou cobras-cegas, com caracteres diagnósticos importantes para sua identificação, como mostra o seguinte trecho, do 12º parágrafo: “A espécie pertence à família *Caeciliidae* – uma das cinco que compõem a ordem *Gymnophiona* –, tem hábitos totalmente fossórios com ampla distribuição na América do Sul, com comprimento de cerca de 50 cm e número de anéis variando de 85 a 95”.

O artigo A06 revela certos aspectos que tornam mais difícil o trabalho de um taxonomista ao identificar a espécie de um organismo encontrado no ambiente natural e a delimitação de espécies aparentadas quando faltam caracteres diagnósticos claros, como descreve o seguinte trecho:

“A dificuldade para coletar exemplares da perereca-de-marsúpio, devido especialmente a seu hábito arborícola, embarça a classificação desses animais, tarefa da taxonomia. Elas são pouco representadas nas coleções científicas disponíveis. Além disso, existe grande dificuldade para determinar características peculiares de cada espécie, chamadas pelos taxonomistas de caracteres diagnósticos, imprescindíveis à classificação e identificação de espécies. Como existem outras espécies do gênero *Gastrotheca* na serra do mar, na borda leste do sudeste do Brasil, a diferenciação entre elas ainda é um desafio. Não seria de espantar se um taxonomista interessado em estudá-las, designar essa perereca – que observamos por um nome distinto, após descobrir que *Gastrotheca microdisca*, descrita de Ponta Grossa no Paraná e cujo material utilizado na descrição não se encontra no Brasil – apresenta características sutilmente diferentes...” (A06, 8º parágrafo)

Em outra passagem, no 10º parágrafo, o texto menciona importantes aspectos que podem servir para identificar as espécies, auxiliando no trabalho do sistematas: “A vocalização é um importante caráter diagnóstico, pois é peculiar a cada espécie e, assim, permite a diferenciação entre elas, tanto na Natureza quanto em laboratório”.

O artigo A13 exalta o trabalho de descrição de espécies de aves como uma atividade de caráter amador, como um hobby, em séculos passados, como mostra este trecho do 10º parágrafo: “O passatempo da observação de aves dos cavalheiros europeus é uma das raízes da ornitologia moderna e continua com forte vertente científica, já que leva ao aprendizado de disciplinas como ecologia e sistemática”.

V.2.2. Linguagem adotada pelos artigos

Os artigos foram classificados com relação à complexidade da linguagem utilizada no corpo textual, em especial pela sua densidade lexical. Como todos se revelaram claros e objetivos de acordo com a temática escolhida por cada autor, adotou-se o vocabulário como parâmetro para determinar o quanto a linguagem dos artigos é elaborada. Foram considerados artigos com linguagem mais elaborada aqueles que apresentam grande quantidade de termos e expressões de cunho biológico/científico que são ensinadas nos Ensinos Médio e Superior, o que dificultaria a leitura de um leigo.

Os artigos A01, A02, A04, A07, A08, A09, A10 e A12 possuem linguagem considerada elaborada, sendo mais indicados para leitores que tenham concluído o Ensino Médio. O artigo A01 é um forte exemplo disso, com termos como fósseis, habitats, marsupiais, placentários, cataclisma, linhagens, migrações, análises genéticas, noções de eras geológicas, “relógios moleculares”, cromossomos X e Y e mitocôndrias. No artigo A02, que trata da origem da sífilis, a linguagem se apresenta em momentos de complexidade ligados a área de patologia, com termos como virulentos, epidemiológicas e patógeno, por exemplo.

O artigo A04 apresenta termos de cunhos genético, evolutivo e antropológico: inserções, deleções, regiões homólogas, cromossomos, genomas, hibridação e linhagens. O seguinte trecho mostra uma profunda densidade não só lexical, mas de termos e expressões usadas, em sua maioria, por cientistas na área de Genética:

“E uma análise por grandes categorias funcionais das diferenças entre as duas espécies que devem ter sido causadas pela seleção positiva – inovadora – forneceu os seguintes resultados (em %): (a) imunidade: 66; (b) percepção sensorial: 22; (c) gametogênese: 8; (d) interferência na divisão celular: 4. Curiosamente, nesta análise, os genes envolvidos em atividades cérebro específicas não pareciam ter evoluído mais rápido em humanos que em chimpanzés. Outro estudo, no entanto, restrito às seqüências de DNA não-codificadoras de proteínas que se mostraram conservadas ao longo da evolução, revelou ritmo acelerado de mudança – mas nas duas linhagens – em regiões próximas a genes envolvidos na adesão de células neuronais.” (A04, 9º parágrafo)

O artigo A07 alterna trechos nos quais explica, de forma clara e didática, os termos científicos utilizados, com trechos sem estas explicações. A seguinte passagem ilustra o primeiro caso:

“Cabe ressaltar que o uso de caracteres adquiridos compartilhados (conhecidos hoje por sinapomorfias) para mostrar relações filogenéticas (evolutivas) entre espécies vivas de crustáceos foi uma grande inovação introduzida por Müller. Os diagramas de ramos que ele utilizou, hoje conhecidos como cladogramas por agruparem os organismos e seus ancestrais comuns em clados, e tão utilizados em árvores filogenéticas, já haviam sido propostos por Müller um século antes da teoria cladística, proposta por Willi Hennig.” (A07, 12º parágrafo)

Neste outro momento, utiliza trechos da morfologia dos crustáceos como exemplos, sem explicá-los ou ilustrá-los:

“Esse denso e original ensaio inclui um número extraordinário de observações sobre crustáceos, abrangendo as diferentes adaptações das espécies de ambiente marinho que migraram para água doce e ambiente terrestre, a assimetria bilateral dos membros, o dimorfismo sexual, o polimorfismo intra-específico e a morfologia e desenvolvimento das diferentes formas larvais.” (A07, 10º parágrafo)

O artigo A08 utiliza grande número de termos científicos, embora apresente explicações sucintas e claras para estes, como: como espécies simpátricas (“espécies que ocorrem na mesma região”, no 2º parágrafo); micélio (“(corpo vegetativo), responsável pelo forrageio, obtenção de alimento e crescimento”, no 6º parágrafo), corpo de frutificação (“(cogumelos) que asseguram a reprodução sexuada e a dispersão dos esporos”, no 6º parágrafo), saprófita (“alimenta-se de matéria orgânica morta de origem vegetal, como folhas, gravetos e troncos”, no 7º parágrafo), polifilético (“representados por algumas linhagens que, em certos casos, evoluíram de forma independente em relação à emissão de luz”, no 7º parágrafo) e função aposemática (“função de alertar os predadores de suas defesas”, no 12º parágrafo). Em outros trechos, no entanto, estes termos científicos não foram elucidados: “Todas as emissões de luz em fungos são esverdeadas, com comprimento de onda em torno de 530 nanômetros” (6º parágrafo); “assim como novas substâncias bioativas em extratos dos cogumelos, o desenvolvimento de bioensaios ecotoxicológicos, a biorremediação de solos contaminados e a biodegradação de resíduos industriais” (14º parágrafo).

O artigo A09 possui uma linguagem extremamente elaborada, com uso intenso de termos e nomes científicos em todo o seu corpo textual. Ao falar das características do fóssil Ardi e de sua posição na evolução humana, detalha de forma minuciosa aspectos morfológicos dos esqueletos dos organismos citados. Em certos trechos, existe a explicação destes nomes, como no seguinte caso:

“Assim, é proposto que o fóssil pode realmente ser um Hominina primitivo (nomenclatura, sempre em mudança, para o grupo que geralmente compreende os humanos modernos e nossos parentes próximos já extintos; também chamado, por White et al. [sic], de homínídeos – embora agora essa

última denominação incluía com frequência os grandes primatas).” (A09, 4º parágrafo)

Em outras passagens do texto, é possível visualizar outras explicações para terminologias científicas, como ilustrado a seguir: “muito do debate sobre o *Ardipithecus* gira em torno de como se encaixam os ossos de seus membros inferiores – em particular, a posição de seu ílio lesionado (a parte superior da pélvis, parecida com uma asa de borboleta)” (6º parágrafo); “que resultou em algo muito parecido com um australopithecíneo (grupo que inclui ‘Lucy’, o *Australopithecus* de 3,2 milhões de anos, assim como um *Paranthropus* de 2,7 milhões de anos)” (8º parágrafo); “os autores descrevem o *Ardipithecus* como um ‘bípede facultativo’: aquele que pode andar com as duas pernas, se assim for primordial (para, por exemplo, carregar algum objeto nos braços), mas não é necessariamente propenso a isto” (12º parágrafo).

O artigo A10 também se propõe a explicar palavras e expressões científicas mais complexas, porém permanece apresentando uma leitura difícil para um leigo, como comprova o seguinte parágrafo:

“O manto consiste primordialmente numa rocha chamada peridotito, que revelou ser a chave para a distinta composição química de Lost City. Ao entrar em contato com a água, o peridotito passa por uma reação química denominada serpentinização. À medida que a água marítima penetra nas profundezas do maciço, o peridotito é transformado em serpentinita e a água infiltrada torna-se mais alcalina em decorrência dessa reação. Ao reemergir e se misturar novamente com as águas oceânicas, essa água está repleta de cálcio, liberado durante a serpentinização. Mais importante é que agora esses fluidos estão altamente reduzidos, isto é, desprovidos de todo oxigênio, que foi substituído por gases ricos em energia, como hidrogênio, metano e sulfeto de hidrogênio. As concentrações de hidrogênio, em particular, estão entre as mais elevadas já detectadas em um ambiente natural. E é aqui que as coisas começam a ficar realmente interessantes.” (A10, 9º parágrafo)

O artigo A12 apresenta momentos com diversas expressões ligadas a pesquisas na área de Genética, dificultando a leitura do texto, como mostra a seguinte passagem:

“Dessa forma, os cientistas descobriram que eles compartilham cerca de 47% de sua variabilidade genética; especificamente têm em comum muitos dos chamados polimorfismos de nucleotídeo único, mutações genéticas, com frequência, utilizadas para avaliar o nível de relação entre os animais. Os pesquisadores enfatizaram que esses dois animais são quase duas vezes mais semelhantes geneticamente que a comparação entre pessoas do Japão e da China.” (A12, 5º parágrafo)

Os artigos A03, A05, A06, A11, A13, A14 e A15 possuem uma linguagem mais simplificada, de fácil entendimento, porém com poucos trechos que poderiam apresentar maior dificuldade. O artigo A03 apresenta um texto simples e bem humorado, fazendo uso de exemplos inusitados para explicar a nomenclatura binomial e latinizada de Lineu, como os

personagens de desenho animado Papa-léguas e Wile E. Coyote, o nome de Lineu (usando as diversas formas com as quais é escrito: Carl Linné, Carl von Linné, Carolus Linnaeus e Caroli Linnaei) e o apelido da maior parte da população americana: *Boobus americanos*. Porém, ao fazer uso de nomes científicos sem citar os nomes vulgares, o que faz parte do humor do texto, o artigo pode apresentar certa dificuldade, como no trecho destacado a seguir:

“Entre os muitos comentários enérgicos sobre o *H. sapiens*, está o de que ‘um idealista é alguém que, sabendo que uma rosa cheira melhor que um repolho, conclui que ela também dará uma sopa melhor’. E, na verdade, misturando qualquer uma das numerosas espécies do gênero *Rosa* com *Brassica oleracea* do grupo *Capitata*, fica ainda mais aloprado (*Bertholletia excelsa*) em latim.” (A03, 4º parágrafo)

Neste caso, *Brassica oleracea*, grupo *Capitata*, é o nome científico do repolho e *Bertholletia excelsa* da castanha-do-pará, cuja tradução para o inglês é *nut*, mesma palavra utilizada para “idiota”, o que resultou em um trocadilho que não é entendido por quem lê o texto em sua versão traduzida para outro idioma.

O artigo A05 faz uso, de forma bem clara e didática, de termos próprios da Biologia e da Paleontologia, como neste trecho do terceiro parágrafo: “Os registros mais antigos datam da era Paleozóica, no período Devoniano, há mais de 360 milhões de anos.” Neste outro trecho, do sexto parágrafo, alguns detalhes morfológicos das cobras-cegas podem ser compreendidos pelo contexto, não impedindo que um leigo possa entendê-lo: “No entanto, compensando a falta de visão – perfeitamente dispensável no ambiente em que vivem – são os únicos vertebrados munidos de tentáculos, órgãos mecano e quimiotácteis”.

O artigo A06 também mostra ser bem didático, descrevendo muito bem os organismos envolvidos na pesquisa e os detalhes de seus resultados, como revela a seguinte passagem:

“Genericamente, podem ser denominados simplesmente sapos, mas os zoólogos costumam se referir aos sapos, como aquelas espécies terrestres, em geral grandes e que apresentam pele rugosa e duas glândulas de veneno desenvolvidas atrás dos olhos. As rãs também são terrestres, de tamanho variável e têm a pele mais lisa que os sapos. Já as pererecas são animais delgados, arborícolas, e para isso têm discos adesivos arredondados nas pontas dos dedos que permitem escalar a vegetação.” (A06, 2º parágrafo)

Em outro momento, no sétimo parágrafo, descreve de forma elucidativa uma estrutura anatômica da perereca-de-marsúpio: “O marsúpio se deve ao fato de as fêmeas possuírem uma bolsa no dorso, onde carregam os embriões”.

O artigo A11 possui linguagem simples, mas omite explicações de certas expressões, como “análise filogenética” e “caminho reverso da mutação viral”, ambas presentes no 4º parágrafo. O artigo A13 possui linguagem clara, explicando de forma didática e, em alguns momentos, com certa dose de humor, a respeito de aspectos ligados à Sistemática e à Evolução das aves, como ilustra o seguinte trecho:

“Pelo menos essa é a história que a maioria conhece. O que alguns não sabem é que um grupo de dinossauros carnívoros, bípedes e ágeis aparentado do famoso velociraptor deu origem a animais que estão entre nós até hoje. Toda vez que vir um pombo na rua, um frango em seu prato ou qualquer outra ave, você pode dizer que está diante de um descendente dos dinossauros.” (A13, 2º parágrafo)

O artigo A14 possui texto bastante didático, pois faz o uso de muitos exemplos para mostrar as vantagens e desvantagens de cada conceito de espécie, inclusive do filogenético. Não usa conceitos específicos da Sistemática Filogenética, embora seja possível reconhecê-los, como foi dito na seção anterior, ao descrever de que forma esta corrente da Biologia define espécie, como mostra o seguinte trecho:

“Organismos aparentados têm características comuns porque compartilham o mesmo ancestral. Humanos, girafas e morcegos, todos descendem de mamíferos mais antigos e, conseqüentemente, todos apresentam pelos e glândulas mamárias. Dentro dos mamíferos, os humanos partilham um ancestral comum com os outros primatas, do qual herdaram outras características como olhos na posição frontal. Dessa maneira podemos descobrir grupos cada vez menores até chegarmos a uma escala em que não podem mais ser subdivididos. Estes, de acordo com o conceito filogenético, são as chamadas espécies” (...) (A14, 20º parágrafo)

O artigo A15, também de linguagem clara e objetiva, é bem didático ao expor o trabalho dos taxonomistas, sem fazer uso de muitos termos e expressões científicas mais restritas, apenas usando alguns nomes científicos, como ilustra a passagem a seguir:

“Nosso achado tem algumas características peculiares. Por exemplo, descobrimos esta nova espécie com o auxílio da ferramenta de mapas eletrônicos Google Earth. Buscávamos encontrar lugares novos onde pudéssemos examinar, no campo, as bromélias (*Alcantarea imperialis*) onde outra espécie semelhante de pererecas, *Scinax v-signatus*, habita, reproduz e cria seus girinos.” (A15, 2º parágrafo)

V.2.3. Uso de Analogias e Metáforas

Os artigos A01, A03, A04, A05, A10 e A14 utilizaram analogias e metáforas nos seus textos, como recurso narrativo para tornar mais fácil o entendimento de determinados conceitos científicos. No entanto, apenas os artigos A05 e A14 lançaram mão destas ferramentas para esclarecer termos e expressões referentes à Sistemática Filogenética.

O artigo A01 apresenta diversas passagens com uso de analogias e metáforas, conforme ilustrado nos seguintes trechos: “embora não saibamos ao certo a espécie exata a que esse gato pertenceu, acreditamos que foram desse grupo ancestral tanto o Adão quanto a Eva das 37 espécies de felídeos contemporâneas” (7º parágrafo), com o sentido de organismos ancestrais; “o ato final na jornada dos felinos, da natureza para nossa casa, começou nas

florestas e desertos próximos à bacia mediterrânea” (16º parágrafo), significando os últimos períodos da migração dos felinos; “todos os gatos domésticos carregam uma assinatura genética compatível com a dos gatos selvagens de Israel e do leste próximo” (16º parágrafo), com o sentido de similaridades genéticas; “eles se concentraram na sequência de DNA de 30 genes diferentes, ao todo 22.789 letras de nucleotídeos para cada espécie de felino” (box), representando as bases nitrogenadas.

O artigo A03 usa muitos recursos narrativos como estratégia para tornar o texto mais leve e engraçado, fazendo uso de analogias e metáforas, bem como de alguns trocadilhos. No trecho a seguir, do primeiro parágrafo, mostra uma brincadeira com os nomes científicos: “Os coiotes reais são *Canis latrans*, o que soa como um banheiro usado por legionários romanos.” Em outra passagem, usa o humor com uma analogia feita por Lineu ao se nomear um “segundo Adão” por desenvolver metodologias para a Sistemática e a Taxonomia:

“O verbete sobre Linnaeus na Wikipedia nota que, por ter o hábito de nomear todas as coisas vivas que encontrava, ‘pensava em si mesmo como um segundo Adão’. A capa de *Systema naturae* mostra um homem, presumivelmente Linnaeus, atirando títulos latinos a ‘novas criaturas enquanto são criadas no Jardim do Éden’. Ele não era um membro em extinção do gênero *Viola*.” (A03, 5º parágrafo)

No sexto parágrafo, o texto realiza nova brincadeira com o uso de nomes em latim, ao fazer uma referência ao escroto do aparelho genital masculino em expressão muito utilizada na linguagem popular, como sinônimo de irritante: “Linnaeus seria assim provavelmente um pé no *Scrotum*”.

O artigo A04 compara a transmissão dos caracteres hereditários com a da linguagem usando uma analogia entre os termos “gene” e “meme”, conforme ilustra o seguinte trecho:

“O gene é um segmento de DNA capaz de formar uma determinada proteína. O termo tem a respeitabilidade de um século de uso. Já a expressão ‘meme’ foi criada por Richard Dawkins apenas em 1976. Mas de lá para cá existem milhares de citações suas na internet e o meme poderia ser caracterizado como a unidade de instrução para a realização de determinado tipo de comportamento, localizado no cérebro, que se transmite principalmente pela imitação.” (15º parágrafo)

O artigo A05 usa uma analogia ao considerar as semelhanças estruturais entre os diferentes grupos de vertebrados, como mostra este trecho do segundo parágrafo: “Pode-se afirmar que esses tipos de vertebrados são ‘variações sobre o mesmo tema’.” Considera-se esta analogia simultaneamente como sinapomorfia, significando a característica que agrupa todos estes animais, e como plesiomorfia, se considerarmos que é a condição anterior às autapomorfias que cada grupo de vertebrado adquire.

O artigo A10 traz uma analogia referente à Geologia, como mostra este trecho do 8º parágrafo: “Imagine a Terra como um pêssego. A pele representa a crosta, a parte carnuda é

equivalente à camada subjacente do manto sólido, e o caroço é igual ao núcleo de ferro incandescente.” Em outra passagem, utiliza uma metáfora a respeito dos aminoácidos, ao explicar as reações que acontecem em fossas abissais:

“Ao aquecer e descarregar faíscas em uma mistura de gases redutores, os cientistas conseguiram criar uma gama de compostos orgânicos (a maioria contendo carbono e hidrogênio), inclusive aminoácidos, os blocos de construção das proteínas, vitais para todas as formas de vida terrestre.” (A10, 11º parágrafo)

O artigo A14 apresenta diversos trechos com uso de analogias e metáforas, como mostrado a seguir: “Preferimos chamá-la de *Canis soup*, diz Bradley White, da Universidade de Trent, em Ontário”, onde *soup* (sopa, em inglês) refere-se a um grupo de espécies do gênero *Canis*, de aparente dificuldade para defini-las pelos taxonomistas (4º parágrafo); “o mais problemático são as espécies que não apresentam sexo, como no caso dos rotíferos da ordem Bdelloidea, microscópicos animais marinhos”, onde sexo aparece como sinônimo de reprodução sexuada e não de cópula (18º parágrafo); “quando trocam genes, fazem isso com promiscuidade surpreendente” (36º parágrafo), com o sentido de que as bactérias citadas no texto trocam os genes em grupos com muitos indivíduos, similar a animais ou pessoas promíscuas. No seguinte trecho, apresenta o termo ‘tufo’ denotando um grande número de ramos saindo do mesmo ancestral, configurando casos de politomia:

“A árvore apresentava apenas algumas ramificações longas, cada uma coroada por um tufo de ramos mais curtos. Eles examinaram o corpo dos rotíferos em cada tufo e descobriram que tinham formas similares. A diversidade dos rotíferos, em outras palavras, não era apenas obscura.” (A14, 30º parágrafo)

V.2.4. Erros conceituais

Certos artigos apresentaram alguns erros conceituais e algumas incorreções, como grafia incorreta de alguns nomes científicos. Entretanto, nenhum destes erros chegou a prejudicar o cerne e o objetivo dos textos, não afetando o seu entendimento. No caso do artigo A01, o erro apareceu no seguinte trecho do 11º parágrafo, ao colocar gambás equivocadamente no grupo dos mamíferos placentários, quando estes fazem parte do grupo dos marsupiais: “alguns felinos migraram para o sul (M3), onde encontraram um continente sem carnívoros placentários (como ursos, cães, gatos, gambás etc.).” O artigo A10 cita, no 15º parágrafo, o grupo Methanosarcinales como uma família de bactérias, quando, na verdade, trata-se de uma ordem de bactérias.

Também foram encontrados, em alguns artigos, nomes científicos escritos sem estar grifados, o que é considerado obrigatório para gênero e espécie. É o caso dos artigos A01 (“Pseudaelurus”, no 7º parágrafo e “Cinnamon”, no último parágrafo); A02 (“Treponema”, nos 4º

e 7º parágrafos); A09 (“Ardipithecus ramidus”, “Ardipithecus” ou “Ar. ramidus”, na maioria dos parágrafos, Australopithecus, nos 4º, 8º, 23º, 24º e 25º parágrafos, “Homo erectus”, no 13º parágrafo, e “Homo sapiens”, nos 24º e 25º parágrafos); e A14 (“Canis”, nos 3º e 4º parágrafos, “C. lycaon”, no 3º parágrafo, “Homo sapiens”, no 10º parágrafo, e “Promyrmekiaphila”, do 26º ao 29º parágrafos). Em alguns artigos, nomes científicos estavam escritos incorretamente: A02 (“*Bertholetia excelsa*” ao invés de *Bertholletia excelsa*); A09 (“Homo erectus” ao invés de *Homo erectus*); e A14 (“Promyr mekiaphila” ao invés de *Promyrmekiaphila*).

V.3. Análise das imagens presentes nos artigos

Todos os artigos apresentam, pelo menos, uma imagem. A maioria das imagens estava acompanhada de legenda e créditos, otimizando a maneira como foram analisadas. A princípio, será identificado o tipo de imagem presente nestes artigos e o que esta representa, isto é, que tipo de leitura pode ser realizado a partir das imagens. Em seguida, serão feitos comentários a respeito da função das imagens, buscando compreender como estas interagem com o corpo textual. Conforme determinado no capítulo anterior, a análise das funções desempenhadas pelas imagens será feita observando o trabalho de Pimenta & Gouvêa (2009), que se baseia nas categorias propostas por Joly (1996) e Barthes (1990) a respeito da relação entre o texto e a imagem. Para tornar a análise mais objetiva, as imagens que estão relacionadas com a temática abordada nesta pesquisa – Sistemática Filogenética e afins – serão descritas de forma mais aprofundada.

V.3.1. Imagens encontradas e sua relação com o texto

V.3.1.1. Artigo A01

O artigo A01 apresenta 10 imagens, dentre as quais oito são fotografias e duas são ilustrações, aparentemente realizadas no computador. A primeira imagem apresenta um grupo diversificado de felinos, com um foco sobre o tigre no primeiro plano (**Figura V.1**). A legenda “relação de felinos” indica que a relação entre a imagem e o texto é complementar, de interação e ancoragem, isto é, apenas o texto indica a forma correta de ler a imagem, pois fornece subsídios para o entendimento das relações de parentesco entre os felinos.



Figura V.1: “Relações entre felinos”

A segunda imagem do artigo A01 apresenta dois crânios, de um leão e de um tigre, com o objetivo de compará-los (**Figura V.2**). A terceira imagem é uma ilustração que destaca a presença do osso hioide nos felinos (**Figura V.3**). Estas imagens também possuem uma relação de complementaridade com o texto, pois sua leitura é feita mediante os dados fornecidos pelo texto, em particular o de sua legenda.



Figura V.2: “Há cerca de 600 milhões de gatos domésticos em todo o mundo. Fósseis de felinos são tão parecidos que é muito difícil, mesmo para os especialistas, distinguir o crânio de um leão do de um tigre”



Figura V.3: “Leões, tigres, onças e leopardos são os únicos felinos que rugem. Um osso parcialmente calcificado na garganta, chamado hioide, permite que eles rujam”

As imagens que seguem foram agrupadas em dois grupos, sendo o primeiro com representantes de felinos de regiões mais frias, como Europa e América do Norte (**Figura V.4**), e o segundo com representantes da região tropical (**Figura V.5**).



Figura V.4: Felinos de regiões mais frias.



Figura V.5: Felinos de regiões tropicais.

Nos dois casos acima, as figuras se enquadram na categoria de exclusão/interação, pois a imagem não exclui a linguagem que se faz presente na forma de títulos que complementam a mesma. O texto na lateral das fotografias realiza um inventário das espécies pertencentes à família dos felídeos, usando a imagem para ilustrar um representante de cada região do mundo. Interessante destacar que os autores escolheram animais de tipos e portes variados para esta ilustração, alternando grandes felinos com espécies de gatos, ratificando o objetivo de mostrar a diversidade desta família de animais.

A última imagem do artigo mostra o animal canela, do gênero *Cinnamon*, representante de uma família próxima dos felinos, a Viverridae (**Figura V.6**). A relação imagem-texto pode ser analisada como de interação, complementaridade e ancoragem, pois a legenda e o texto que fornecem subsídios para o entendimento da imagem. No caso, não há como saber através da imagem que este animal teve seu DNA sequenciado e, a partir destes dados, foi possível construir a filogenia dos felinos a partir de dados moleculares. Estes dados estão mencionados no texto e na legenda, sendo que nesta não esclarece exatamente a importância deste sequenciamento.



Figura V.6: “CINNAMON (CANELA) DNA sequenciado”

O artigo A01 é o único que possui versão multimídia em anexo, onde é possível encontrar mais figuras relativas ao assunto tratado no artigo. A figura de capa é a mesma encontrada no artigo (**Figura V.1**), possuindo um link para o restante da página. Na introdução, é possível encontrar um resumo do artigo possuindo um mapa do mundo em segundo plano e algumas ilustrações de felinos (**Figura V.7**). Trata-se de um caso de interação do tipo suspensão, pois o texto cria expectativas acerca de imagens futuras, tendo nestas imagens destacadas uma forma de prévia.

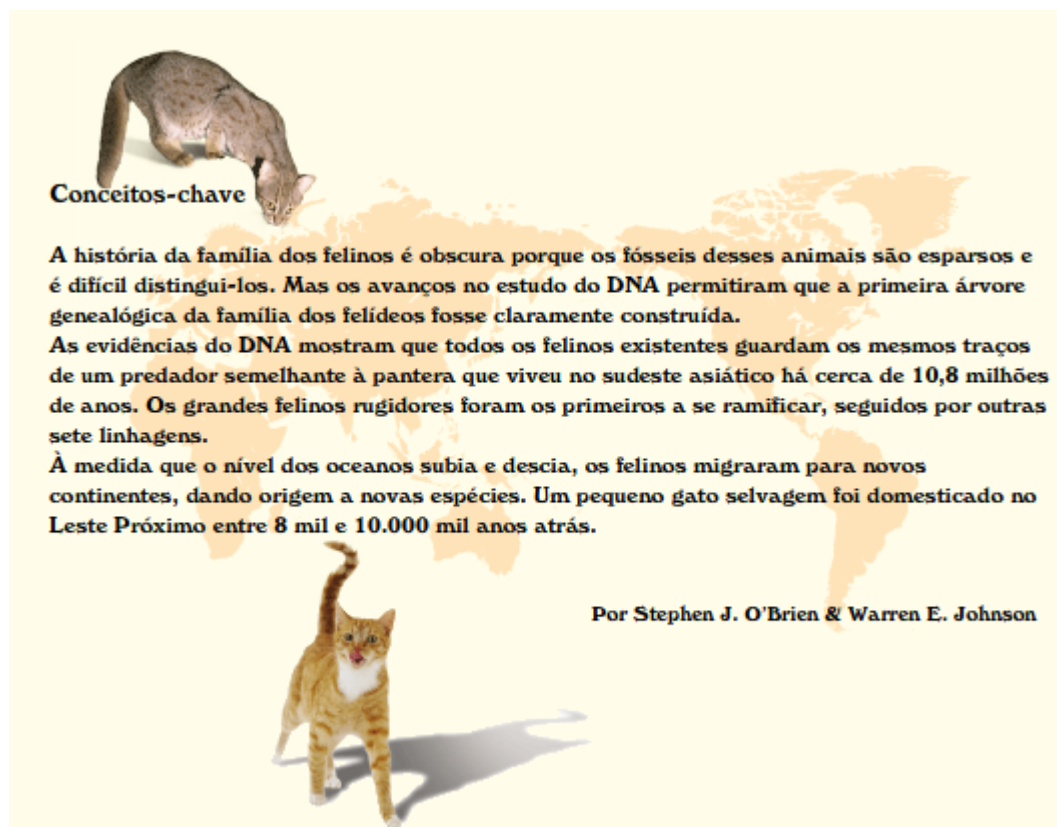


Figura V.7: Introdução da versão multimídia do artigo A01.

A figura presente na seção “Linhagem” traz a imagem destacada das oito espécies representativas das oito linhagens de felinos (**Figura V.8**), sendo possível reconhecer as figuras, pois estavam todas presentes na figura V.1 e duas delas (as do gato ferrugem e do gato doméstico) na figura V.7. Ao passar o cursor por cima de cada uma das imagens, são dadas informações gerais sobre cada espécie de felino, sendo um caso de interação por exclusão, já que a imagem não exclui a linguagem, pois esta a acompanha sob a forma de comentários. Na figura V.8, o cursor estava sobre a imagem do gato ferrugem.

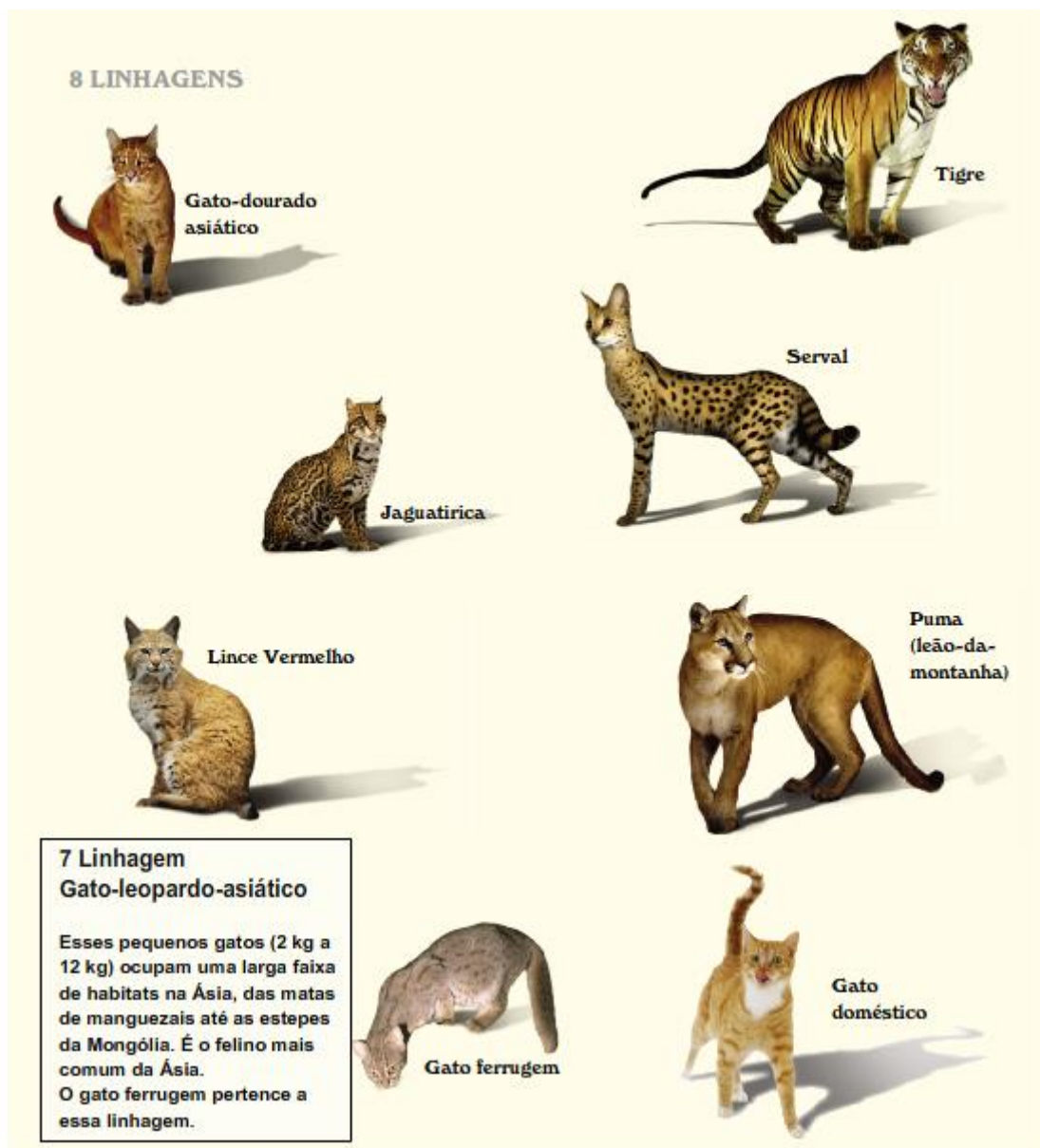


Figura V.8: Linhagens de felinos.

Na seção seguinte, intitulada “Árvore”, está presente uma imagem dos mesmos crânios presentes na figura V.2, seguida de um gráfico que mostra a variação do nível do mar desde o Mioceno médio (**Figura V.9**).

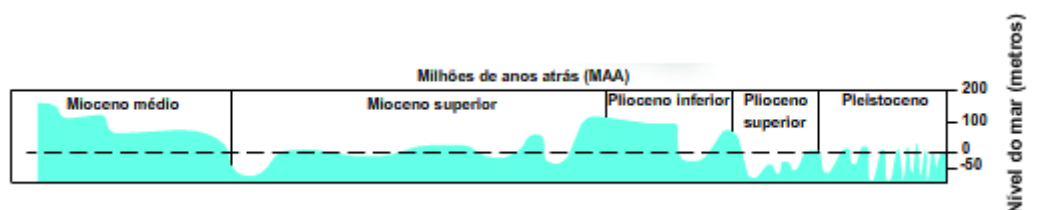


Figura V.9: Gráfico da variação do nível dos oceanos nos últimos períodos geológicos.

A imagem não possui nenhum tipo de conexão aparente com a seção da versão multimídia na qual se encontra, porém sua relação com o texto principal do artigo pode ser classificada como revezamento, no qual uma imagem perde o sentido se isolada de outras e do texto, configurando-lhe uma ação. Isto é possível, pois a seguinte passagem do texto revela a importância do estudo do nível dos oceanos para identificar em que períodos ocorreram as migrações dos felinos:

“Embora a comparação entre as seqüências genéticas tenha identificado as linhagens, a ordem de seu aparecimento e a época em que surgiram (com a ajuda de calibrações com fósseis), precisávamos de duas informações adicionais para descobrir onde os felinos surgiram pela primeira vez e como acabaram se espalhando pelo mundo. Primeiro, determinamos a distribuição atual de cada espécie e, por vestígios paleontológicos, a distribuição de seus ancestrais. Depois, valemo-nos da óptica dos geólogos, que interpretando a composição de depósitos sedimentares inferem a variação do nível dos oceanos, para enxergar melhor o mundo dos felinos. Quando os níveis eram mais baixos, pontes de terra ligavam os continentes, permitindo que os mamíferos migrassem para novos domínios. Quando as águas subiram novamente, esses animais ficaram isolados nos continentes mais uma vez. Estudos de vertebrados mostram que o isolamento em continentes ou ilhas proporciona exatamente aquilo que é necessário para a população se distanciar geneticamente de tal forma que dois grupos, mesmo com ancestrais comuns, não são mais capazes de se acasalar – afastamento reprodutivo que caracteriza a especiação. Com essas peças do quebra-cabeça, pudemos construir uma seqüência plausível das migrações dos felídeos ao longo da história.” (A01, 6º parágrafo)

O título desta seção é “A árvore genealógica dos felinos”, porém a imagem desta árvore não está presente nesta primeira página, onde se encontram as imagens dos crânios e o gráfico. Existe um *link* na parte superior da seção onde se lê “Abrir árvore”, o qual, ao ser clicado, abre a imagem da árvore contendo as 37 espécies de felinos (**Figura V.10**). Pode-se entender que a imagem relaciona-se com o texto através de uma interação e complementaridade, pois o texto indica a forma correta de ler a imagem (ancoragem).

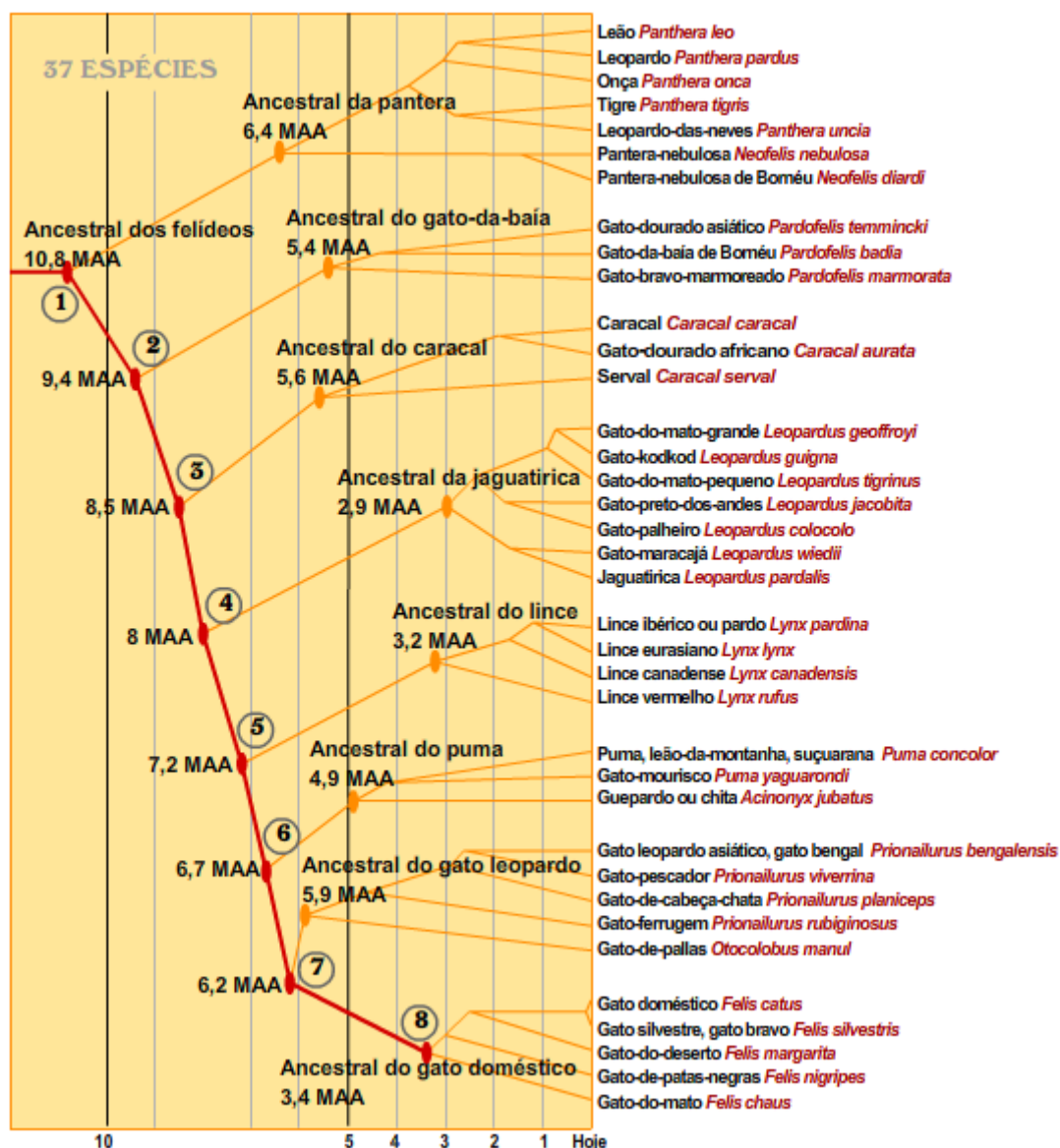


Figura V.10: Árvore “genealógica” dos felinos.

A seção “Migração” possui duas partes, sendo a primeira parte intitulada “A primeira onda migratória de felinos” e, a outra, “A segunda onda migratória de felinos”. Na primeira parte, existe a figura do mapa do mundo similar à presente na figura 5.7 no qual se traçam três rotas migratórias dos felinos a partir da Ásia, sendo a primeira seguindo rumo à África (M1), a segundo rumo à América do Norte (M2) e a terceira a partir deste continente para a América do Sul (M3) (**Figura V.11**). A imagem está acompanhada de um breve texto explicativo, no qual a relação entre eles pode ser analisada como de revezamento, pois a complementaridade entre a imagem e o texto explicita algo dificilmente percebido na leitura de cada figura isoladamente.

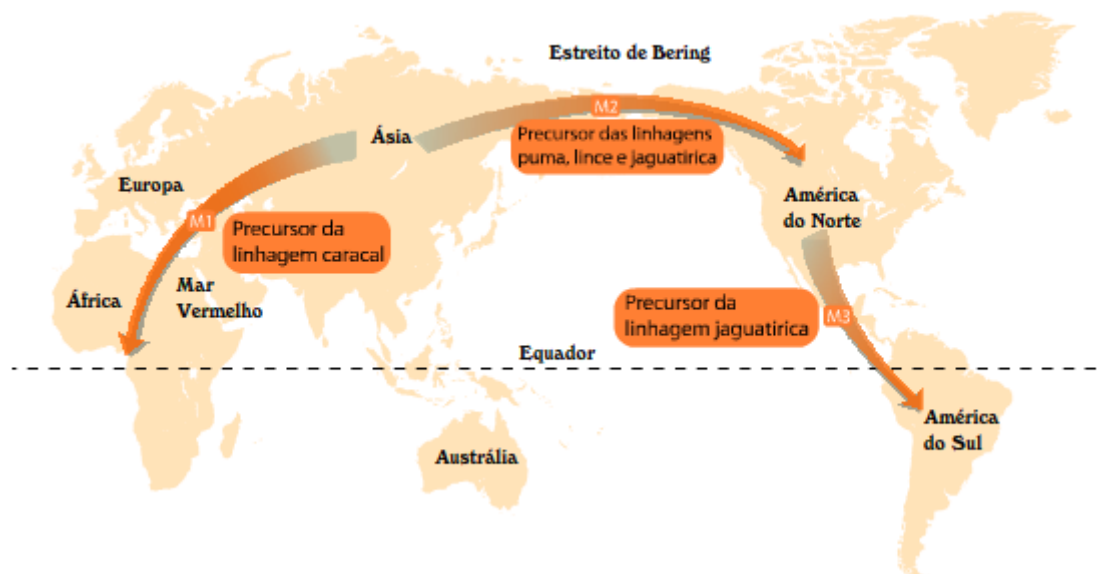


Figura V.11: A primeira onda migratória de felinos.

A segunda onda migratória de felinos é mostrada a partir do mesmo mapa da figura V.11, porém mostrando as outras rotas migratórias – de M4 a M11 – das linhagens de felinos (**Figura V.12**). A imagem também é acompanhada de um breve texto explicativo, possuindo também uma relação de revezamento com o texto.

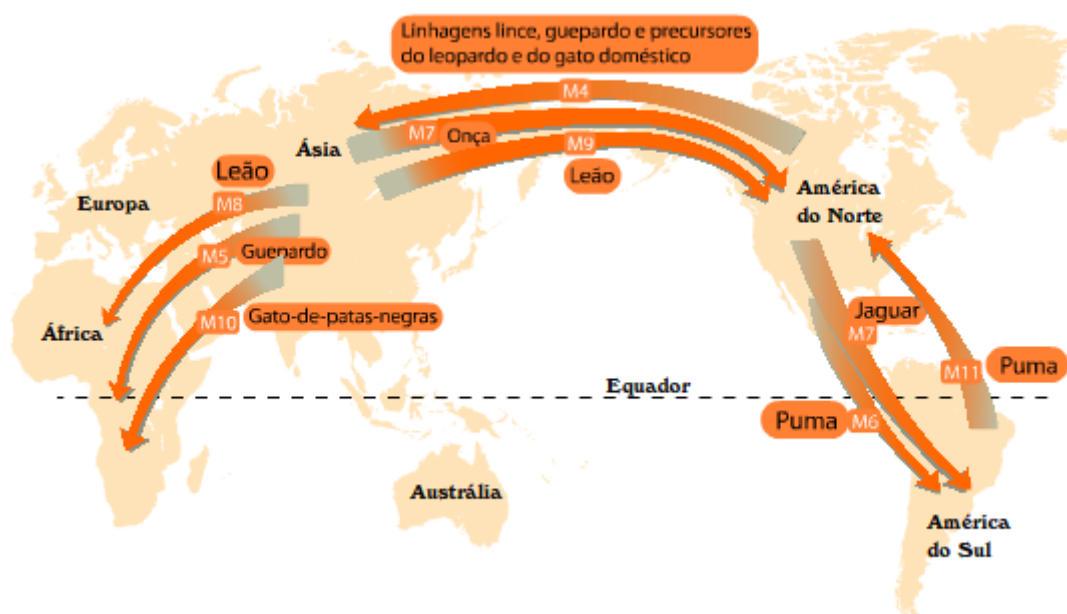


Figura V.12: A segunda onda migratória dos felinos.

V.3.1.2. Artigo A02

O artigo A02 possui apenas uma imagem, um retrato de Cristóvão Colombo, que participou das expedições para encontrar e conquistar o continente americano, possível origem

da sífilis (**Figura V.13**). A relação imagem-texto pode ser analisada como de interação, complementaridade e ancoragem, porque o título da matéria e a legenda permitem o entendimento da imagem.



Figura V.13: “Cristóvão Colombo – Nova pesquisa revela que o explorador e seus homens podem ter levado a sífilis de volta para a Europa na bagagem.”

V.3.1.3. Artigo A03

O artigo A03 possui uma imagem, uma ilustração de Lineu escrevendo etiquetas e colocando-as em diversas espécies de animais, cuja humanização confere maior grau de humor à figura, em consonância com o texto (**Figura V.14**). Apesar de não haver legendas, a ilustração tem sua leitura possível graças ao texto, que exalta a imagem de Lineu, colocando-o como o criador da Sistemática e da Taxonomia. Por isto, podemos classificar a relação entre o texto e a imagem como de interação, complementaridade e ancoragem.



Figura V.14: Lineu catalogando as espécies de animais.

V.3.1.4. Artigo A04

O artigo A04 possui 11 imagens, das quais quatro são fotografias, quatro são tabelas e duas são ilustrações. A primeira figura realiza uma forma de resumo do que é abordado no texto, sobre as origens da linguagem humana (**Figura V.15**). Por transmitir noções e valores abstratos, a figura é classificada como símbolo na sua relação com o texto. A segunda imagem é uma representação do *Big Bang* e dialoga com a primeira parte do texto, que trata da origem da vida (**Figura V.16**). Esta se relaciona com o texto por interação, complementaridade e ancoragem, pois a legenda e o texto permitem a leitura da imagem.



Figura V.15: Imagem resumo dos conceitos abordados no artigo “Somos únicos? Biologia, cultura e humanidade”



Figura V.16: “AS EVIDÊNCIAS obtidas até agora são favoráveis ao modelo do Big Bang, segundo o qual o Universo teve início com uma grande explosão, há uns 15 bilhões de anos”

A terceira imagem é uma tabela que descreve determinados aspectos da moralidade, comparando esta se dá em humanos e em chimpanzés (**Figura V.17**). Nesta tabela, é possível notar que há semelhança maior apenas no nível dos sentimentos morais, diminuindo progressivamente nos aspectos da pressão social, do julgamento e do raciocínio. Como a figura é basicamente textual, logo faz parte do corpo do artigo, não havendo como identificar a relação texto-imagem como feito anteriormente.



Figura V.17: “Os três níveis de moralidade”

A quarta imagem mostra uma fotografia de um grupo de chimpanzés, possivelmente do mesmo grupo social (**Figura V.18**). Através de sua legenda, que destaca a semelhança genética com os homens, percebe-se que o texto pode indicar a forma correta de se ler a imagem, sendo uma relação de interação e complementaridade do tipo ancoragem.



Figura V.18: “OS CHIMPANZÉS são nossos parentes mais próximos. Na verdade, em relação à variação específica do DNA, a diferença é de apenas 1,2%. A linhagem evolutiva que deu origem aos seres humanos e aos grandes primatas provavelmente teve uma divisão entre 7 milhões e 5 milhões de anos A.P.”

A quinta imagem é outra tabela, que realiza a comparação entre a transmissão das características hereditárias, de cunho biológico, com a transmissão de aspectos da linguagem, de caráter antropológico (**Figura V.19**). Esta comparação se dá em aspectos como unidade de replicação, vetor de informação, mecanismo de transmissão, variação, impacto da variação, transmissão de caracteres adquiridos e tipo de processo. Assim como a figura V.17, esta tabela faz parte do corpo do texto e não há como identificar a relação texto-imagem de acordo com a metodologia adotada nesta pesquisa.

Comparação entre a transmissão genética e a cultural		
Característica	Transmissão	
	Genética	Cultural
1 Unidade de replicação	Gene	Meme
2 Vetor de informação	DNA	Sistema nervoso central
3 Mecanismo de transmissão	Duplicação do DNA	Imitação, facilitação social, aprendizagem, ensino
4 Variação	Mutações e outros tipos de lesão no DNA	Erros de aprendizagem, inovações
5 Impacto da variação	Na maioria das vezes deletério	Variável
6 Transmissão dos caracteres adquiridos	Não	Sim
7 Tipo de processo	Darwiniano	Darwiniano ou lamarckiano

Figura V.19: “Comparação entre a transmissão genética e a cultural”

A sexta imagem é a pintura “O bibliotecário”, de Giuseppe Arcimboldo, e está situada em um contexto de descrição da cultura humana, utilizando a figura dos livros para representá-la (**Figura V.20**). Aqui, percebe-se outro caso de interação e complementaridade do tipo ancoragem, pois é necessário ler a legenda para identificar sua relação com o texto.



Figura V.20: “PARA ROBERT FOLEY a cultura seria a característica que nos torna uma espécie única. Os rudimentos de cultura de outros animais são um pálido reflexo do processo manifestado pelo Homo sapiens [sic]. Acima, O bibliotecário, de Giuseppe Arcimboldo”

A sétima imagem apresenta uma fotografia de golfinhos nadando em bando no oceano com a intenção de compará-los com o ser humano em aspectos ligados à linguagem vocal (**Figura V.21**). Assim como a figura anterior, é necessário ler a legenda para reconhecer o papel desta figura em relação ao texto, portanto é um caso de interação, complementaridade e ancoragem.



Figura V.21: “SOMENTE SERES HUMANOS e golfinhos (foto) têm capacidade de imitação vocal em suas múltiplas modalidades – o que deve implicar grandes alterações na organização neural. Embora alguns animais sejam capazes de acessar e utilizar uma série de conceitos abstratos, apresentam limitações que os humanos não têm”

A oitava figura do artigo mostra os esquemas de filogenias dos quatro principais troncos linguísticos da América do Sul – Maipure, Tupi, Caribe e Gê – desenvolvidas por três pesquisadores diferentes: Estmír Loukotka, Joseph H. Greenberg e Aryon Dall'Igna Rodrigues (**Figura V.22**). A relação imagem-texto pode ser analisada como de revezamento, devido à

complementaridade entre a imagem e o texto explicitar algo que dificilmente seria percebido na leitura dos esquemas isolados.



Figura V.22: “REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA das relações entre as quatro principais famílias lingüísticas de nativos da América do Sul, de acordo com três especialistas na área”

A nona imagem é uma forma de tabela ou *box* de texto na qual são descritas características da linguagem, suas definições e sua classificação em senso lato e em senso estrito (**Figura V.23**). Trata-se de outro caso de figura que integra o texto, não havendo uma classificação de acordo com a metodologia adotada nesta pesquisa para as relações entre imagem e texto.

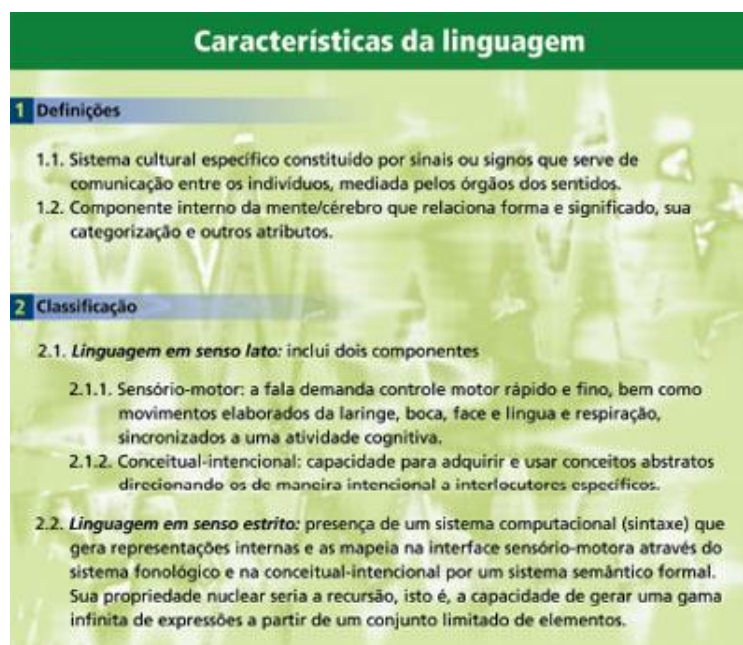


Figura V.23: “Características da linguagem”

A décima figura é uma fotografia de um veículo que possivelmente foi alvo de algum tipo de explosivo, possivelmente em uma zona de conflitos ou de atentados terroristas (**Figura V.24**). A figura representa uma parte do texto em que se fala sobre a violência e suas origens biológicas e culturais, em consonância com o restante do texto. Como se trata de uma imagem na qual a legenda é imprescindível para associá-la ao corpo textual do artigo, a sua relação com o texto consiste num caso de interação, complementaridade e ancoragem.



Figura V.24: “UMA CARACTERÍSTICA que partilhamos com os chimpanzés é a violência intergrupar letal, com organização de grupos específicos de ataque a comunidades vizinhas, em último caso levando a guerras”

A última figura do artigo é a fotografia de um feiticeiro ou curandeiro tribal, possivelmente africano, mostrando um aspecto do texto relacionado à crença no sobrenatural como uma característica da cultura humana (**Figura V.25**). Como representa mais uma situação na qual a legenda identifica sua relação com o texto, então se trata de mais um caso de interação, complementaridade e ancoragem entre o texto e a imagem.



Figura V.25: “FEITICEIROS E CURANDEIROS associaram o divino ao sobrenatural, precedendo as religiões e suas revelações: herança de antepassados que viviam em estado de incerteza em relação ao ambiente”

V.3.1.5. Artigo A05

O artigo A05 possui cinco imagens, sendo quatro fotografias e uma micrografia de um microscópio eletrônico de varredura. A primeira fotografia apresenta uma cobra-cega com seus filhotes, provavelmente em comportamento de cuidado parental (**Figura V.26**). Sua relação

com o texto de sua legenda é verdadeira ou mentirosa, devido ao que é informado sobre o que esta representa. Se o texto informa que estes animais foram os primeiros vertebrados a trocar a água pela terra firme, processo que possivelmente tem mais de 360 milhões de anos, então o leitor irá considerar a imagem como verdadeira, mesmo que a imagem não represente a realidade.



Figura V.26: “ANFÍBIOS, de que as cecílias (cobras-cegas) são parte, foram os primeiros vertebrados a trocar o mundo das águas pela terra firme. Os registros mais antigos dessa mudança recuam a mais de 360 milhões de anos. Atualmente os anfíbios se agrupam em três ordens”

A segunda imagem mostra a dentição fetal obtida através do uso do microscópio eletrônico de varredura (**Figura V.27**). Devido ao conteúdo de sua legenda, pode-se classificar a relação desta imagem com o texto como interação, complementaridade e ancoragem, pois estão no texto as informações necessárias para o seu entendimento. Não há como afirmar que trata-se de uma dentição fetal sem ler o conteúdo da legenda.

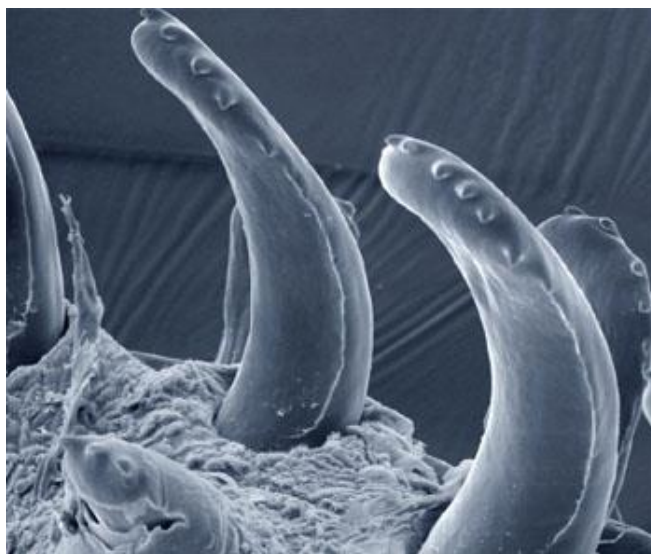


Figura V.27: “DENTIÇÃO FETAL, em imagem que ajudou a decifrar enigma da cobra-cega”

A terceira imagem é uma fotografia semelhante à primeira imagem, pois reproduz novamente a cena de uma cobra-cega alimentando os seus filhotes (**Figura V.28**). Assim como a primeira imagem, sua relação com o texto pode ser classificada como verdadeira ou mentirosa, pois a legenda fornece dados que não são representados pela imagem.



Figura V.28: “Estrutura é fundamental para retirada de pele do corpo materno. Combinada com secreção rica em lipídios, pele é fonte de alimentos durante estágio inicial da vida”

A quarta figura é uma fotografia que enfoca em apenas um indivíduo de cobra-cega, aparentemente diferente dos indivíduos mostrados nas figuras V.26 e V.28 (**Figura V.29**). Novamente, a legenda atribui à imagem informações que não são visualizadas por esta, desta vez a respeito de características da biologia destes animais, podendo classificar tal relação imagem-texto como verdade/mentira. Cabe ao leitor julgar se a imagem é verdadeira baseando-se nestas informações.



Figura V.29: “A BIOLOGIA BÁSICA da cobra-cega permaneceu desconhecida durante longo tempo. Não se compreendia o processo de alimentação dos filhotes que permanecem em movimento constante sobre o corpo da fêmea que se mantém aparentemente inativo”

A quinta imagem é uma fotografia de ovos de cobras-cegas em uma folha (**Figura V.30**). Embora algumas informações sejam plausíveis, tais como o número de ovos, as restantes não estão representadas pela imagem, podendo classificar tal relação como verdadeira ou falsa.



Figura V.30: “COBRA-CEGA geralmente é encontrada em ambientes cultivados pelo homem. Fêmeas colocam, em geral, de 8 a 15 ovos em câmaras subterrâneas, ou no interior de troncos de árvores em decomposição. Embriões têm desenvolvimento direto e são cuidados até a fase de filhotes”

V.3.1.6. Artigo A06

O artigo A06 possui sete imagens, das quais seis são fotografias e uma é um mapa. A primeira fotografia representa uma imagem do interior da Mata Atlântica, porém não há como afirmar que representam o microambiente onde se encontram a perereca-de-marsúpio e a araponga, como sugere a legenda (**Figura V.31**). Logo, consiste em outro caso de relação imagem-texto do tipo verdade/mentira.

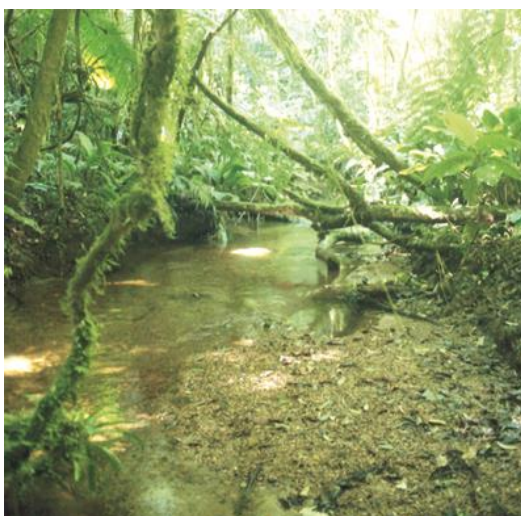


Figura V.31: “NO INTERIOR DA MATA ATLÂNTICA, condicionamentos ambientais levaram a Perereca de-Marsúpio (*Gastrotheca microdisca*) [sic] a desenvolver, pelo processo de convergência, canto semelhante ao da Araponga (*Procnias nudicollis*) [sic]. Pesquisadores ainda não sabem quais benefícios o anfíbio pode obter.”

A segunda e a terceira imagens são fotografias que estão agrupadas em uma mesma figura no artigo (**Figura V.32**). Não há legenda, porém o corpo textual permite identificar a primeira fotografia como sendo de um exemplar de araponga e a segunda fotografia, de perereca-de-marsúpio. Devido a isto, conclui-se que se trata de mais um caso de interação, complementaridade e ancoragem.



Figura V.32: Fotografias da araponga e da perereca-de-marsúpio.

A quarta imagem é outra fotografia de uma perereca-de-marsúpio, semelhante à figura anterior, porém não há como afirmar se é o mesmo indivíduo ou não, pois os créditos das imagens são diferentes (**Figura V.33**). Assim como na figura anterior, conclui-se que a relação texto-imagem é do tipo interação, complementaridade e ancoragem, devido ao texto fornecer subsídios para entender a imagem, isto é, identificar que é um exemplar de perereca-de-marsúpio.



Figura V.33: Fotografia de uma perereca-de-marsúpio.

A quinta e a sexta imagens estão agrupadas na mesma figura, na qual a primeira é um mapa que identifica a distribuição populacional da araponga e da perereca-de-marsúpio e a segunda é uma fotografia da Mata Atlântica (**Figura V.34**). Nas duas imagens, por ser necessário ler o texto para identificar de que tratam as imagens, a relação destas com o texto é do tipo interação, complementaridade e ancoragem.



Figura V.34: “REMANESCENTE DE MATA ATLÂNTICA, fl oresta [sic] que já ocupou quase toda a costa brasileira, agora restrita a poucos trechos preservados, onde, em São Paulo, pesquisas revelaram mimetismo envolvendo a perereca-de-marsúpio [sic] (em vermelho) e a araponga (em azul)”

A última imagem é mais uma fotografia de uma perereca-de-marsúpio, não sendo possível identificar se se trata do mesmo indivíduo das figuras V.32 e V.33 (**Figura V.35**). A imagem necessita do texto para ser entendida, configurando mais uma relação imagem-texto de interação, complementaridade e ancoragem.



Figura V.35: “APESAR DE O CANTO da perereca-de-marsúpio [sic] (acima) não ter a mesma intensidade exibida pela araponga, supera o nível registrado entre os anuros”

V.3.1.7. Artigo A07

O artigo A07 possui cinco imagens, das quais três são esquemas e desenhos científicos e duas são fotografias. A primeira e a segunda imagens estão agrupadas em uma mesma figura, sendo uma a fotografia de Fritz Müller e a outra, desenhos feitos por este naturalista (**Figura V.36**). A legenda fornece informações para entender de que tratam as imagens, sendo outro caso de interação, complementaridade e ancoragem.



Figura V.36: “O NATURALISTA, numa de suas raras fotografias, foi um dos poucos defensores e o único colaborador de Darwin no Brasil. À direita, ilustrações envolvendo crustáceos que ele fez à mão livre para acompanhar suas pesquisas. Sua correspondência com Charles Darwin durou 17 anos, até 1882, com a morte do naturalista inglês. Apesar disso, Müller ainda é um desconhecido no Brasil”

A terceira e a quarta imagens mostram outras ilustrações feitas por Fritz Müller no Brasil, sendo uma de desenhos de Botânica e a outra mostrando casos de mimetismo entre as borboletas (**Figura V.37**). A relação entre texto e imagem também pode ser classificada como interação do tipo ancoragem, pois a legenda dá informações sobre a imagem.



Figura V.37: “FASCINADO POR BOTÂNICA E ZOOLOGIA de invertebrados, Müller desenvolveu pesquisas de ponta no litoral de Santa Catarina, com resultados transmitidos a Darwin, com quem nunca teve contato pessoal. Trabalhos sempre acompanhados de ilustrações detalham estudos de botânica, à esquerda, e mimetismo de borboletas, conhecido como mimetismo mulleriano”

A quinta imagem é uma fotografia de um microscópio usado por Fritz Müller em suas pesquisas (**Figura V.38**). Somente a legenda esclarece que este objeto pertenceu ao naturalista, logo se trata de mais um caso na qual a relação entre imagem e texto é interação, complementaridade e ancoragem.



Figura V.38: “MESMO LONGE DOS PRINCIPAIS centros de pesquisa científica, Fritz Müller não só acompanhou trabalhos de fronteira como deu suas próprias contribuições, tirando partido de infraestrutura quase caseira. O microscópio que utilizou para pesquisas integra acervo do museu que leva seu nome, em Santa Catarina”

V.3.1.8. Artigo A08

O artigo A08 possui sete imagens, das quais seis são fotografias e uma é a ilustração da capa de um livro. A primeira imagem traz a fotografia de dois cogumelos bioluminescentes, porém não há nenhuma legenda (**Figura V.39**). Porém é possível identificar o significado da imagem a partir do título e do restante do texto, indicando que a relação entre estes dois elementos se enquadra na categoria de interação, complementaridade e ancoragem.



Figura V.39: Fotografia de dois cogumelos bioluminescentes.

A segunda imagem é a reprodução da capa de um livro de História Natural “*Naturalis Historiae Tomus Primus*”, de Caio Plínio Segundo, um naturalista romano (**Figura V.40**). O texto em nenhum momento cita o livro e sua relação com os fungos bioluminescentes, além de não haver legenda para a imagem. Com esta dúvida a respeito de sua função no artigo, não se pode estabelecer a relação entre a imagem e o texto, de acordo com a metodologia utilizada neste trabalho. A figura pode estar erroneamente neste artigo ou os autores e/ou os editores podem ter esquecido a colocação de uma legenda que esclarecesse o motivo pelo qual esta imagem está presente.

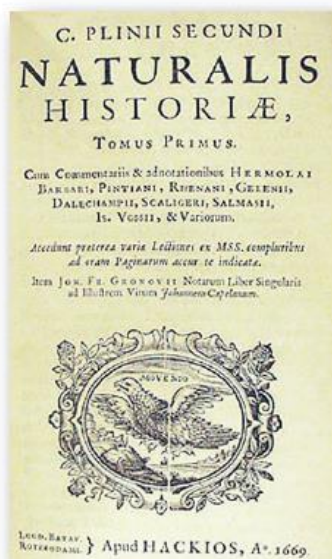


Figura V.40: Capa do livro “*Naturalis Historiae Tomus Primus*”, de Caio Plínio Segundo.

A terceira figura é a fotografia de uma queda d’água no Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira, em São Paulo (**Figura V.41**). Esta imagem relaciona-se com o texto de forma interativa e complementar (ancoragem), pois é necessário o auxílio do texto e da legenda para identificar a sua função no artigo.

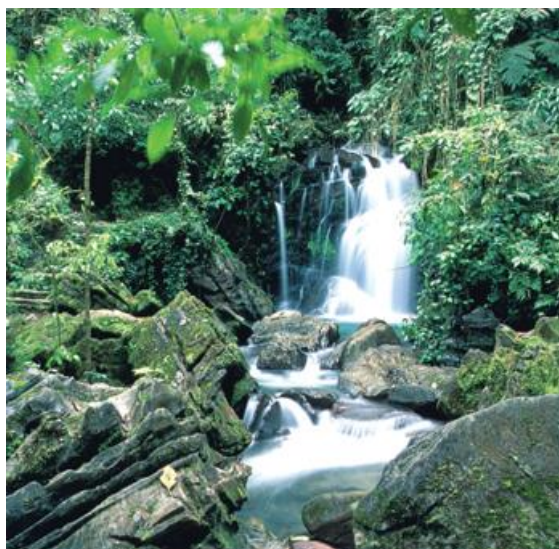


Figura V.41: “QUEDA D’ÁGUA compõe cenário de alta complexidade ambiental do Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira (Petar), em São Paulo, onde os fungos bioluminescentes foram identificados pela primeira vez”

As demais imagens são fotografias que comparam dois tipos diferentes de fungos em duas situações: uma em ambiente claro e a outra em ambiente escuro (**Figuras V.42 e V.43**). O objetivo desta comparação é mostrar a bioluminescência quando o fungo é colocado em ambiente escuro. Como é necessário ler o texto e as legendas para interpretar o significado

das imagens, a relação entre estes aspectos consiste no tipo interação, complementaridade e ancoragem.

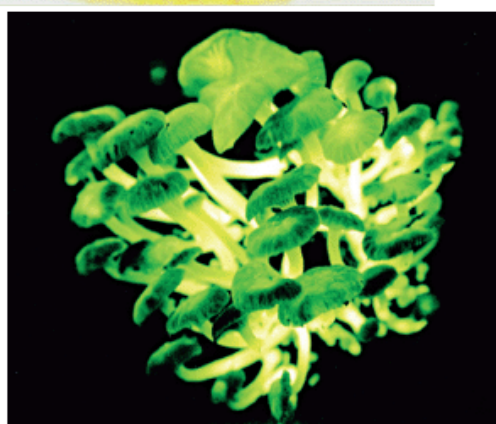
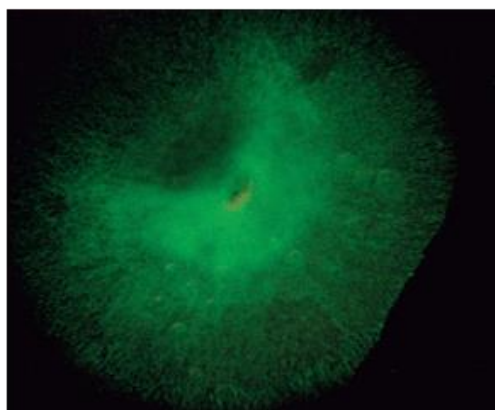


Figura V.42: “MICÉLIO CLARO/MICÉLIO ESCURO”

Figura V.43: “MYCENA CLARO/MYCENA ESCURO”

V.3.1.9. Artigo A09

O artigo A09 possui apenas uma imagem, uma ilustração que reconstitui Ardi, um organismo que estaria na base da evolução humana (**Figura V.44**). De forma similar à maioria dos casos anteriormente descritos, podemos classificar a relação entre o texto, a legenda e esta imagem como interação, complementaridade e ancoragem, pois é necessário o auxílio da parte textual para compreender a imagem.



Figura V.44: “Ardi: reconstituição de ossos poderia dar resposta mais completa”

V.3.1.10. Artigo A10

O artigo A10 possui apenas uma imagem, a fotografia de fontes hidrotermais na região de *Lost City*, no fundo do Oceano Atlântico (**Figura V.45**). No entanto, a legenda fornece dados que não estão representados na imagem, não sendo possível constatar se estas fontes são de fato ecossistemas contendo muitos micro-organismos. Devido a isto, sua relação com o texto pode ser classificada como verdadeira ou mentirosa.



Figura V.45: “O Ecossistema das fontes hidrotermais de Lost City parece estéril, mas abriga uma infinidade de micro-organismos. Muitos deles se desenvolvem independentes da luz do Sol”

V.3.1.11. Artigo A11

O artigo A11 possui uma única imagem, a fotografia da mão de uma pessoa, possivelmente um profissional da área da saúde, com um tubo de ensaio que, pela leitura da etiqueta, contém sangue livre de HIV (**Figura V.46**). Não há legenda para a figura, mas o título

do artigo e o texto fornecem subsídios para o entendimento da imagem, consistindo em mais um caso de relação texto-imagem do tipo interação, complementaridade e ancoragem.



Figura V.46: Tubo de ensaio contendo sangue livre de HIV.

V.3.1.12. Artigo A12

O artigo A12 apresenta apenas uma imagem, a fotografia de um diabo-da-tasmânia e seu criador (**Figura V.47**). Em função da legenda, do título e do texto do artigo, conclui-se que estes promovem a correta leitura da imagem, justificando classificar a relação imagem-texto enquanto interação, complementaridade e ancoragem.



Figura V.47: “O tratador e criador Tim Faulkner com um diabo-da-tasmânia”

V.3.1.13. Artigo A13

O artigo A13 apresenta cinco imagens, todas fotografias, sendo quatro delas fotografias de aves (**Figuras V.48, V.50, V.51 e V.52**) e uma representa uma pessoa segurando um binóculo (**Figura V.49**). Devido ao fato de que a leitura destas imagens depende da legenda

(quando há) e do corpo do texto, todas estas imagens apresentam uma relação de interação, complementaridade e ancoragem com o texto. A figura V.49 possui leitura mais difícil, pois não há legenda, sendo necessário identificar no corpo do texto a sua finalidade, justificando que o binóculo é o instrumento de um observador de aves.



Figura V.48: “Seriema (*Cariama cristata*)”



Figura V.49: Binóculos de um possível observador de aves.



Figura V.50: “Anacã (*Deroptyus accipitrinus*)”



Figura V.51: “Ararinha-azul (*Cyanopsitta spixii*)”



Figura V.52: “Mimus sp. [sic]”

V.3.1.14. Artigo A14

O artigo A14 apresenta sete imagens, das quais cinco possuem esquemas associados a fotografias, uma é apenas fotografia e uma é apenas esquema. Estes esquemas possuem uma parte textual intrínseca, explicando elementos das imagens em consonância com o texto principal. A primeira imagem do texto está ligada à discussão sobre o limite entre espécies de lobos da América do Norte, mostrando, de forma sintética, diversos elementos importantes no ofício de um sistematas (**Figura V.53**). Por se fazer necessário ler o texto para entender a imagem, devido à ausência de legenda, sua relação com o texto consiste em outro caso de interação, complementaridade e ancoragem.



Figura V.53: Ferramentas usadas por um sistemata.

A segunda imagem é uma fotografia na qual está um homem e a mão de outra pessoa com um escorpião na mão, porém não há qualquer relação dessa imagem com o restante do texto (**Figura V.54**).



Figura V.54: Homem examinando escorpião.

A terceira imagem explica brevemente os fundamentos da Sistemática proposta por Lineu e está subdividida em duas partes (**Figura V.55**). Na parte superior da imagem, um texto explica como este naturalista desenvolveu sua metodologia de classificação e, em seguida, uma ilustração expõe como é feito o agrupamento dos organismos nas categorias taxonômicas. Na parte inferior da imagem, um texto discute o caso de duas espécies de lagópodes-escoceses, aves cujas fotos são o destaque desta subseção, indicando que o método de Lineu não é satisfatório. Pode-se classificar a relação entre o esquema da classificação de Lineu e o texto como revezamento, pois as imagens analisadas isoladamente perdem o sentido, revelando um movimento, uma ação. Já a foto dos lagópodes-escoceses se enquadra na categoria de interação, complementaridade e ancoragem, pois é necessária a leitura do texto para a compreensão da imagem.



Figura V.55: Classificação de Lineu: fundamentos e problemas.

A quarta imagem está inserida na passagem em que o texto destaca o conceito biológico de espécie (**Figura V.56**). Após um breve texto elucidativo, um esquema mostra populações de duas espécies onde só existe endocruzamento. Um texto na parte inferior da figura aponta as falhas deste conceito, como a ocorrência de cruzamento entre duas espécies de bugio, pondo as fotos em destaque. Devido à presença destes textos explicativos, que interferem na análise da imagem, é correto classificar esta relação como interação, complementaridade e ancoragem.

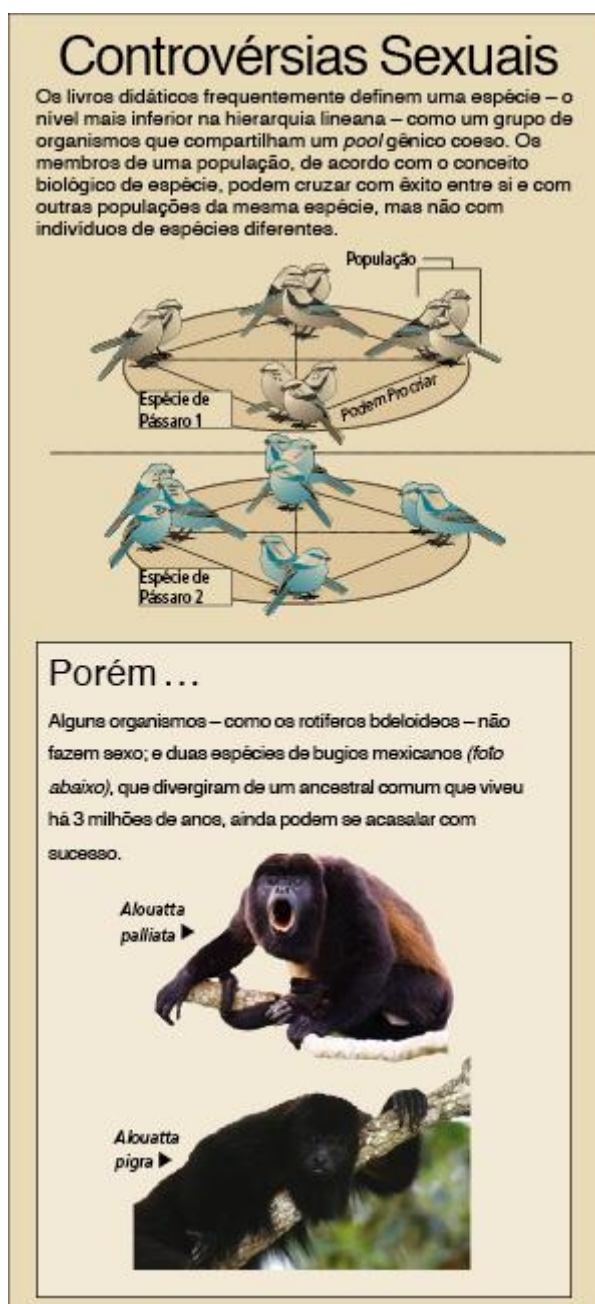


Figura V.56: Conceito biológico de espécie e problemas.

A quinta imagem explica o conceito filogenético de espécie em um breve texto e o exemplifica com uma árvore filogenética de exemplares de vertebrados em cada ramo da árvore, apresentando, a cada ramificação, uma novidade evolutiva (**Figura V.57**). A parte inferior da figura traz um breve texto sobre a pantera-nebulosa, representada em uma fotografia, por ser uma controvérsia ao conceito filogenético de espécie. A árvore filogenética relaciona-se com o texto na categoria de revezamento, pois a leitura de cada imagem isoladamente prejudica a visão do todo. A fotografia abaixo depende do texto para ser entendida, sendo classificada como interação, complementaridade e ancoragem.

Lineu Atualizado

O conceito filogenético de espécie surgiu a partir de uma nova abordagem para classificar os seres vivos, conhecida como sistemática filogenética. Diferente do sistema de Lineu, leva em conta a história evolutiva. Ignorando a questão da possibilidade de intercruzamento entre duas populações, esse sistema classifica uma espécie individual como um organismo que partilha um ancestral em comum com outras espécies, mas é colocado à parte das outras por ter adquirido novas e distintas características. A árvore filogenética, também conhecida como árvore da vida, mostra quantas espécies diferentes se ramificam a partir de um ancestral comum, quando adquirem características que o ancestral não possuía.

A árvore abaixo mostra algumas características que os animais terrestres e os peixes acumularam durante a evolução.

Truta Tartaruga Gato Gorila Humano

Acestral Comum

Características Distintas

Membros Pelos Polegar Opositor Andar Ereto

Porém ...

Alguns críticos insistem que a abordagem filogenética tende a categorizar demais. Por exemplo, a pantera-nebulosa da ilha de Bornéu foi recentemente classificada como espécie à parte daquela do continente, por apresentar pelagem mais escura, além de outras características. Alguns pesquisadores, entretanto, argumentam que esses fatores não podem, por si sós, justificar que esses animais sejam agrupados em uma espécie separada das outras panteras-nebulosas do sul do continente asiático.

Figura V.57: Conceito filogenético de espécie.

A sexta imagem explica o caso de um pesquisador que uniu a história evolutiva, o fluxo gênico e o nicho ecológico para definir as espécies de um gênero de aranha (**Figura V.58**). A figura mostra as aranhas entrando por um filtro com essas informações e, ao fim, seis espécies foram definidas. A classificação da relação entre o texto e a imagem pode ser entendida de duas formas: revezamento, pois a imagem é composta por várias partes, configurando uma ação; ancoragem, se a leitura do texto fornece dados para a leitura da imagem.



Figura V.58: Definição de espécies com a junção de dados de diferentes fontes de informações.

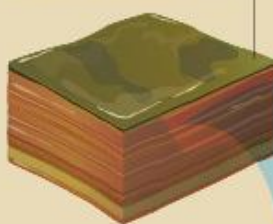
A sétima imagem mostra, a partir de uma fotografia e esquemas de cortes do solo do Parque Nacional de Yellowstone, nos Estados Unidos, que podem existir fronteiras entre os nichos das espécies de micro-organismos, permitindo sua distinção e classificação (**Figura V.59**). O texto e as setas nos esquemas são importantes para o entendimento da figura, consistindo em outro caso de interação, complementaridade e ancoragem.

Microrganismos Pertencem a Espécies Diferentes?

Os biólogos sempre tiveram dificuldade para agrupar os microrganismos em espécies. As bactérias não fazem sexo do modo que conhecemos, mas apenas se dividem em duas. Bactérias que teoricamente pertencem à mesma espécie, por apresentarem aparência externa e comportamentos similares, são capazes de apresentar diferenças genéticas marcantes. Alguns pesquisadores afirmam que as bactérias podem ser classificadas em espécies diferentes pela genética e pelo nicho ecológico. Na fonte termal do Parque Nacional de Yellowstone (foto abaixo), espécies diferentes da cianobactéria *Synechococcus* ocupam diferentes profundidades ou áreas de diferentes temperaturas (nichos).



Seção transversal de 3 cm² de uma matriz formada inteiramente de microrganismos, na fonte Octopus de Yellowstone.



► Diferentes espécies da bactéria *Synechococcus*, em forma de salsicha, ocupam profundidades diferentes (amarelo-esverdeado na superfície e verde-escuro na camada mais profunda) dentro dos milímetros superiores da matriz microbiana.

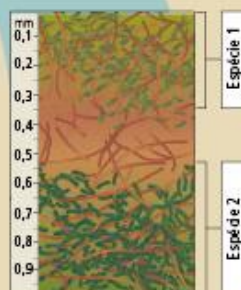


Figura V.59: Relação entre as espécies de bactérias e seus nichos no Parque Nacional de Yellowstone.

V.3.1.15. Artigo A15

O artigo A15 apresenta apenas uma figura contendo duas fotografias, uma da região onde uma espécie nova de perereca foi encontrada e a outra da bromélia onde esta perereca vive (**Figura V.60**). A classificação da relação entre o texto e a imagem pode ser entendida de duas formas: revezamento, pois a imagem é composta por duas partes, configurando uma ação, de uma visão macro para uma visão micro; e ancoragem, se a leitura da legenda fornece dados para a leitura da imagem.



Figura V.60: “Parede de granito próximo a localidade onde a nova espécie foi descoberta, a parede tem vários exemplares da bromélia *Alcantarea imperialis* [sic] onde a nova perereca vive, se reproduz e cria seus girinos. No canto inferior direito, uma imagem mais próxima da planta”

V.3.2. Descrição das imagens associadas à Sistemática Filogenética

As figuras V.10, V.14, V.22, V.53, V.55, V.57 e V.58 foram escolhidas para uma descrição mais aprofundada por representarem imagens cujo escopo relaciona-se de forma direta com a Sistemática Filogenética. As imagens V.10, V.22, V.57 e V.58 são árvores filogenéticas desenvolvidas para os artigos nas quais se encontram e as restantes abordam aspectos da Sistemática e da Taxonomia em geral.

A figura V.10 integra a versão multimídia do artigo A01 e apresenta uma filogenia das 37 espécies da família Felidae, em consonância com as informações presentes no texto a respeito das migrações e das divergências entre as linhagens da família. A árvore apresenta os períodos nos quais ocorreram as divergências entre as linhagens, assim como em que época estima-se que os ancestrais de cada linhagem, tenham surgido antes de ramificarem nas espécies modernas, como exemplifica este detalhe (**Figura V.61**). Importante ressaltar que a figura é clara, não há informações truncadas ou conflitantes, e a disposição das espécies, das ramificações e das datas está correta e proporcional. Entretanto, é necessário possuir um conhecimento prévio de noções de como são feitas as filogenias para entender a figura na sua totalidade, pois há uma forte complexidade de detalhes, devido ao grande número de espécies abordadas. Não há uma legenda para elucidar o significado da sigla MAA (milhões de anos

atrás). Também estão omitidas as sinapomorfias de cada ramo da filogenia ou, pelo menos, de cada uma das oito linhagens destacadas. A imagem pode ser compreendida por pessoas que estejam pelo menos cursando o Ensino Médio, pois requer que o aluno compreenda o processo evolutivo e entendam sua relação com processos geológicos.

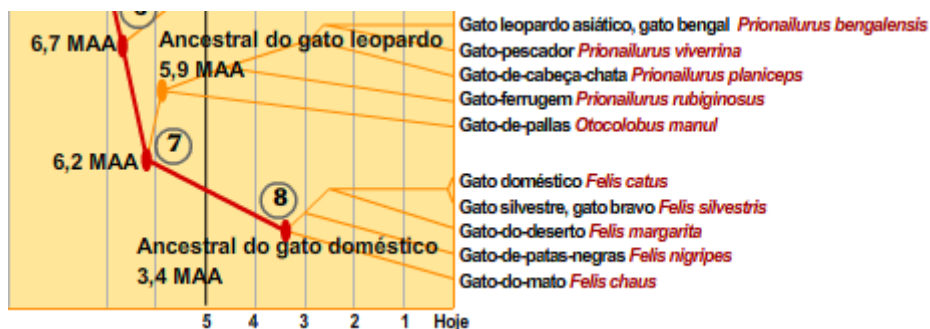


Figura V.61: Detalhe da filogenia dos felinos, destacando as linhagens do gato leopardo e do gato doméstico.

A figura V.14, que faz parte do artigo A03, representa uma ilustração de Lineu rotulando várias espécies de animais: vaca, pinguim, tartaruga, castor, beija-flor e dois tipos não identificados de insetos. A imagem traz uma analogia entre o trabalho de um sistemata e taxonomista com o de um catalogador, no sentido de atribuir nomes e classificar os seres vivos. Porém, existem dois aspectos importantes nesta imagem que interferem na sua leitura. O primeiro é a presença apenas de espécies de animais na imagem, nenhum dos quais foi citado no texto, omitindo os vegetais, principal objeto de trabalho de Lineu, pois lhe rendeu maior número de publicações. Inclusive, existem nomes científicos vegetais entre os exemplos citados pelo texto (rosa e repolho, por exemplo). O segundo é uma relativa humanização das expressões dos animais, que parecem surpresos e curiosos olhando os rótulos. Acredita-se que este recurso foi utilizado para conferir maior grau de humor, assim como apresenta o texto do artigo, possivelmente destinado a um público-alvo mais amplo.

A figura V.22, que integra o artigo A04, apresenta filogenias propostas por três pesquisadores diferentes – Greenberg, Loukotka e Rodrigues – dos quatro principais ramos linguísticos da América do Sul: Maipure, Tupi, Caribe e Gê. As árvores são construídas de forma semelhante, não apresentam a “raiz”, isto é, a linhagem anterior à primeira ramificação, e nem as sinapomorfias de cada grupo. Além disso, as propostas são bem diferentes no que diz respeito ao parentesco, havendo apenas consenso entre Greenberg e Loukotka, que consideram Maipure e Tupi um grupo monofilético. Entretanto, o texto do artigo indica que a proposta de Rodrigues é a mais aceita pelos linguistas, colocando Caribe e Tupi como um grupo monofilético, e este grupo sendo grupo-irmão de Gê, o que torna Maipure o grupo mais basal na filogenia (**Figura V.62**).



Figura V.62: Filogenia proposta por Rodrigues para os ramos linguísticos da América do Sul.

A figura V.53 está presente no artigo A14 e destaca diferentes instrumentos que são importantes no ofício de um sistemata: material biológico (crânio de um lobo); fotos dos lobos em ambiente natural; microscópio e lupa; diário de campo e/ou de laboratório; paquímetro; ilustrações e mapas; pipeta e *ependorf*; tabelas e gráficos e uma foto de um resultado de eletroforese. Tais ferramentas, importantes para a Sistemática, mostram que diversas informações podem auxiliar na distinção entre as espécies: morfologia, histologia, citologia, morfometria, ecologia, etologia, biogeografia, bioquímica, genética, etc. A disposição das ferramentas, sem uma organização clara, põe o foco nas fotografias dos lobos, evidenciando que o principal ainda é o estudo dos organismos “inteiros” e não somente de partes como o crânio ou o material genético.

A figura V.55 também integra o artigo A14 e destaca a Sistemática proposta por Lineu, sendo subdividida em duas partes. O foco está na parte superior da imagem, na qual um texto explica o desenvolvimento desta metodologia de classificação e, em seguida, uma ilustração revela como os organismos são agrupados em categorias taxonômicas (**Figura V.63**). No topo da ilustração está a categoria de Reino, onde estão presentes imagens de diferentes animais. À medida que a leitura avança para a parte inferior da ilustração, as categorias taxonômicas vão se tornando mais específicas, como indica uma escala na parte lateral esquerda da ilustração. Assim, são mostradas as categorias de Filo, Classe, Ordem, Família, Gênero e, finalmente, Espécie, escolhendo a rã *Litoria cerulea*, cuja imagem estava presente em todos os níveis de classificação. A imagem é clara e didática, pois cada categoria apresenta suas características sinapomórficas e todos os organismos ilustrados estão corretamente alocados. Entretanto, existem algumas ligeiras incorreções, tais como o nome científico de categorias acima de Gênero estar escrito de forma grifada e a descrição do Reino Animalia como “organismos multicelulares incapazes de sintetizar os seus próprios nutrientes”, o que contemplaria também o Reino dos fungos.



Figura V.63: Esquema que mostra os níveis hierárquicos da classificação biológica.

A figura V.57, outra que faz parte do artigo A14, é a mais importante da análise, pois explica o conceito filogenético de espécie em um breve texto e o exemplifica com uma árvore filogenética simples, porém com grande potencial didático (**Figura V.64**). Estão dispostas figuras de exemplares de vertebrados – truta, tartaruga, gato, gorila e homem – em cada ramo da árvore, apresentando, a cada ramificação, uma novidade evolutiva, isto é, suas características distintas (sinapomórficas), como membros, pelos e polegar opositor. Não há incorreções conceituais, tanto na escolha das sinapomorfias como na construção da árvore, que coloca todos os animais na mesma altura, simbolizando o tempo presente. É importante assinalar que é muito comum a concepção de ser humano no topo, o que a figura não reforça, apesar de coloca-lo na posição mais distal. A figura também mostra que os organismos são agrupados de acordo com estas sinapomorfias, formando grupos monofiléticos, cujos nomes foram omitidos na imagem, mas alguns estão presentes no texto do artigo, como mamíferos e primatas. Uma forma de se entender estes grupos são as abas em azul que estão no plano de fundo da imagem: a primeira, mais escura e mais abrangente, agrupa todos os vertebrados; a segunda agrupa apenas os tetrápodes, pela presença de membros; a terceira agrupa os mamíferos, pela presença de pelos; a quarta agrupa os primatas, pela presença de polegar

opositor; e o humano está na última aba, devido ao andar ereto ser sua autapomorfia, isto é, sua característica distinta exclusiva.

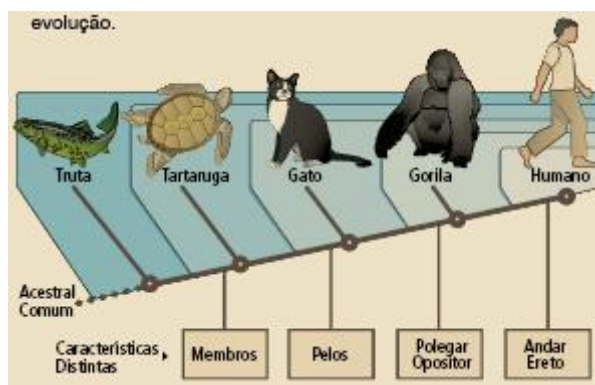


Figura V.64: Árvore filogenética resumida dos grupos de vertebrados.

A figura V.58, também do artigo A14, explica o caso de um pesquisador que combinou dados de diferentes campos da Biologia – a história evolutiva, o fluxo gênico e o nicho ecológico – para auxiliar na definição das espécies de um gênero de aranha, o *Promyrmeikiaphila* (**Figura V.65**). A imagem usa a analogia de um filtro no qual as aranhas entram e, ao fim, seis espécies foram definidas a partir das informações obtidas. Além de forte caráter didático, não há incorreções na figura, pois a história evolutiva é representada por um cladograma fictício, mas verossímil. Entretanto, devido ao uso de termos como “história evolutiva”, “fluxo gênico” e “nicho ecológico”, a leitura da imagem se torna mais fácil por pessoas que estejam, pelo menos, cursando o Ensino Médio.

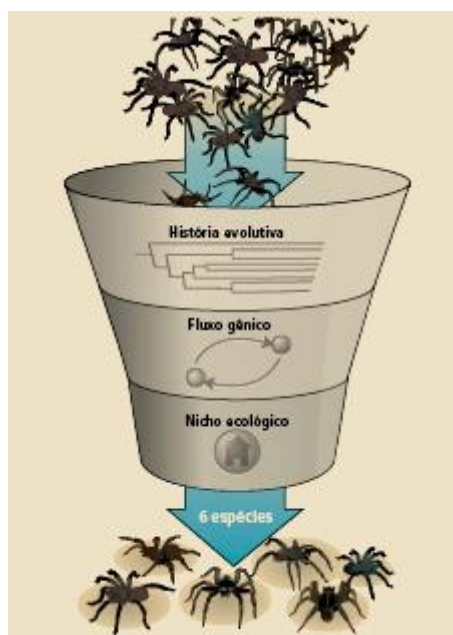


Figura V.65: Combinação de dados para definir as espécies.

V.4. Visão de Natureza da Ciência nos artigos

Os artigos analisados apresentaram visões de Natureza da Ciência nas quais não ocorrem as concepções errôneas acerca da produção científica, como pontuam Gil-Pérez *et al.* (2001). Percebe-se que a maioria das pesquisas descritas sempre parte de perguntas que surgem a partir de dados obtidos em outros tipos de pesquisa, diminuindo o uso de termos como “descoberta” ou “revelação”, assim como mostram o constante debate entre os pesquisadores de uma determinada área científica. A seguir, segue uma análise das principais visões distorcidas sobre a natureza do trabalho científico, sejam elas apresentadas ou evitadas pelos artigos:

- Visão neutra ou ateórica: esta visão de ciência baseada em uma concepção empírico-indutivista, “destaca o papel ‘neutro’ da observação e da experimentação (não influenciadas por idéias apriorísticas), esquecendo o papel essencial das hipóteses como orientadoras da investigação, assim como dos corpos coerentes de conhecimentos (teorias) disponíveis, que orientam todo o processo” (GIL-PÉREZ *et al.*, 2001, p.129). De forma geral, os artigos apresentam as situações-problema de suas pesquisas sem esta neutralidade, baseando-se em ideias anteriores. Mostram que as hipóteses são levantadas a partir de resultados de outras pesquisas, esclarecendo se os resultados corroboram ou refutam estas hipóteses. Por exemplo, o quinto parágrafo do artigo A02 afirma que, após as análises moleculares com as bactérias do gênero *Treponema*, o resultado “corroborar a hipótese de que a sífilis – ou algum precursor dessa doença – veio do Novo Mundo, – Kristin Harper, pesquisadora de genética molecular na Emory e principal autora do estudo”.

O artigo A07 revela o quanto as ideias de Charles Darwin sobre a evolução das espécies influenciaram nos trabalhos de Fritz Müller, como mostra o seguinte trecho:

“Em 1861, Fritz Müller recebeu um exemplar do livro A origem das espécies de Charles Darwin. Ao ler a obra sente-se identificado com as idéias de Darwin. Por ser ateu convicto, sua mente não apresentava nenhuma restrição ou resistência às concepções de Darwin, recebendo-as com natural abertura e aceitação. Inicialmente, pensa em publicar algumas observações gerais em favor da teoria, mas, em seguida, considerou que a melhor prova seria testá-la no campo, com observações experimentais com seres vivos, em vez de restringir-se a discussões teóricas.” (A07, 7º parágrafo)

Em outros casos, os artigos sugerem hipóteses que ainda não foram testadas, como o artigo A06, sobre o caso de convergência evolutiva entre as vocalizações da araponga e da perereca-de-marsúpio:

“Assim, é de se esperar que durante o curso evolutivo a seleção natural possa ter atuado no sentido de tornar mais aptos aqueles machos da perereca-de-marsúpio, ou seus ancestrais, que cantavam de forma mais parecida com a araponga, selecionando esses indivíduos ao longo das gerações, devido à menor predação e maior sucesso reprodutivo. Trata-se de uma hipótese,

parcimoniosamente sugerida e digna de ser testada na Natureza.” (A06, 19º parágrafo)

O artigo A08 revela que ainda não são conhecidos os mecanismos pelos quais a bioluminescência ocorre nos fungos, conforme ilustra a seguinte passagem:

“Entre os organismos bioluminescentes, os fungos são os menos conhecidos: não se sabe muito sobre o mecanismo das reações químicas associadas a esse processo, nem por que ele ocorre. A bioluminescência em fungos é decorrente de uma reação química que leva à emissão constante de luz e depende sempre da presença de oxigênio para se manifestar. Algumas hipóteses foram levantadas para explicar o fenômeno, tanto ecológicas quanto fisiológicas.” (A08, 11º parágrafo)

O artigo A09 apresenta um intenso debate acerca da posição filogenética do fóssil Ardi na evolução humana e traz comentários de pesquisadores que intensificam as dúvidas trazidas pela análise do espécime:

“Assim, Ardi representa um verdadeiro passo em direção à hominização ou deve estar nas ramificações secundárias da árvore evolucionária? White e seus colegas não têm uma resposta definitiva; porém, por meio de análises meticulosas de dados provenientes do fóssil e das áreas próximas, concluem em seu artigo que ‘aparentemente, não há características únicas o suficiente para certificar a exclusão, de forma definitiva, do Ar. ramidus como ancestral do Australopithecus’. Assim, é proposto que o fóssil pode realmente ser um Hominina primitivo” (A09, 4º parágrafo)

O artigo A10 indaga se os micro-organismos quimiossintetizantes de *Lost City* são similares aos primeiros seres vivos, baseando-se em evidências moleculares, como indica o seguinte trecho:

“Determinar isso pode ser mais difícil do que os cientistas imaginaram. A maioria dos organismos na árvore filogenética são micro-organismos. Embora possamos estudar suas sequências de DNA e RNA, encontrar um registro fóssil de criaturas microscópicas, com formas ambíguas, é desafiador. Nas últimas décadas, pesquisadores desenvolveram técnicas específicas que permitem investigar a história evolucionária de micro-organismos, ao combinar registros geológicos de fósseis químicos, não físicos. Fósseis químicos são moléculas rastreáveis até organismos vivos e podem permanecer preservados em rochas durante milhões, até bilhões de anos. A maioria deles deriva de lipídios que constituem as membranas celulares. Embora não contenham tanta informação como o DNA ou um fóssil físico, são indicadores confiáveis de vida e podem ser portadores de diagnósticos estruturais dos organismos que os produziram.” (A10, 21º parágrafo)

- Visão rígida: consiste em apresentar o método científico, isto é, a existência de “um conjunto de etapas a seguir mecanicamente. Por outro lado, destaca-se o que se supõe ser um tratamento quantitativo, controle rigoroso etc., esquecendo - ou, inclusive, recusando - tudo o que se refere à criatividade, ao caráter tentativo, à dúvida” (GIL-PÉREZ *et al.*, 2001, p.130). Os

artigos A02 e A11 descrevem os procedimentos científicos adotados de forma concisa, sem entrar em detalhes mais esclarecedores, o que sugere uma rigidez na forma como a pesquisa foi conduzida, mesmo que esta não tenha sido a realidade. Isto fica claro neste trecho do artigo A02:

“Pesquisadores da Emory University, em Atlanta, relataram na publicação online PLoS Neglected Tropical Diseases que usaram filogenética – um estudo da ligação evolucionária entre organismos – para estudar 26 linhagens dispersas de uma família de bactérias conhecida como *Treponemas*, causadora da sífilis, uma doença sexualmente transmissível, e também de infecções não-venéreas, como a boubá (um tipo de erupção cutânea).” (A02, 4º parágrafo)

- Visão aproblemática ou ahistórica: de acordo com esta concepção, “transmitem-se os conhecimentos já elaborados, sem mostrar os problemas que lhe deram origem, qual foi a sua evolução, as dificuldades encontradas etc., e não dando igualmente a conhecer as limitações do conhecimento científico atual nem as perspectivas que, entretanto, se abrem” (GIL-PÉREZ *et al.*, 2001, p. 131). Os artigos em geral mostram como existem “pedras” no caminho das pesquisas científicas e como estas podem servir para instigar o desenvolvimento de novas pesquisas. O artigo A01 mostra isto na dificuldade para classificar as espécies de felinos:

“No entanto, nas dezenas de esquemas de classificação existentes, alguns pesquisadores dividem as espécies de felinos em apenas dois gêneros, enquanto outros consideram até 23. Quem pode culpá-los? Todas as espécies de felinos são muito semelhantes: todos parecem apenas gatos, de grande, médio ou pequeno porte. Distinguir o crânio de um leão do de um tigre pode ser um desafio mesmo para especialistas. Todas as pesquisas genéticas que nas últimas duas décadas tentaram dividir os felinos em agrupamentos bem definidos falharam.” (A01, 2º parágrafo)

O artigo A06 revela como pode ser complexa a tarefa de taxonomistas quando existe uma grande dificuldade em coletar espécimes de animais e também em identificá-los, conforme mostra este trecho:

“A dificuldade para coletar exemplares da perereca-de-marsúpio, devido especialmente a seu hábito arborícola, embaraça a classificação desses animais, tarefa da taxonomia. Elas são pouco representadas nas coleções científicas disponíveis. Além disso, existe grande dificuldade para determinar características peculiares de cada espécie, chamadas pelos taxonomistas de caracteres diagnósticos, imprescindíveis à classificação e identificação de espécies. Como existem outras espécies do gênero *Gastrotheca* na serra do mar, na borda leste do sudeste do Brasil, a diferenciação entre elas ainda é um desafio. Não seria de espantar se um taxonomista interessado em estudá-las, designar essa perereca – que observamos por um nome distinto, após descobrir que *Gastrotheca microdisca*, descrita de Ponta Grossa no Paraná e cujo material utilizado na descrição não se encontra no Brasil – apresenta características sutilmente diferentes...” (A06, 8º parágrafo)

O artigo A08 revela, no seguinte trecho, como o conhecimento sobre fungos bioluminescentes ainda é escasso:

“Até recentemente, o conhecimento sobre as espécies de fungos bioluminescentes estava concentrado, sobretudo, em regiões temperadas do hemisfério norte e na Australásia. Mas pesquisas recentes, na Mata Atlântica e na Amazônia, descobriram muitas espécies novas e novos registros de bioluminescência, evidenciando que pouco se conhece sobre a biodiversidade de fungos no Brasil.” (A08, 1º parágrafo)

O artigo A09 apresenta muitas passagens nas quais a análise do esqueleto do fóssil Ardi parece trazer mais dúvidas do que certezas em relação a sua posição filogenética, conforme o seguinte trecho destaca:

“No entanto, White insiste que, após trabalhar com os fósseis propriamente ditos, não há como afirmar que eles pertençam a ‘um animal que não andasse apoiado com frequência em seus membros posteriores’, a menos que os dados ‘sejam deliberadamente ignorados ou que os tenhamos inventado’.” 9º parágrafo

- Visão exclusivamente analítica: esta concepção destaca a:

divisão parcelar dos estudos, o seu caráter limitado, simplificador. Porém, esquece os esforços posteriores de unificação e de construção de corpos coerentes de conhecimentos cada vez mais amplos, ou o tratamento de “problemas-ponte” entre diferentes campos de conhecimento que podem chegar a unificar-se, como já se verificou tantas vezes e que a História da Ciência evidencia. (GIL-PÉREZ *et al.*, 2001, p. 132)

Os artigos tratam de problemas ligados somente a uma determinada área da Biologia, mas alguns apresentam certa integração entre as áreas com outras áreas. Os artigos A01, A09 e A10 trazem aspectos de Evolução ligados à Paleontologia; já os artigos A01, A02, A08, A04, A11 e A12 mostram a integração entre Genética e Evolução. Os artigos A05, A06, A08, A10 e A15 buscam aspectos ecológicos e ambientais para relacioná-los com a Sistemática dos grupos estudados. Existem artigos que relacionam a Evolução de determinados grupos de organismos com eventos geológicos, como é o caso dos artigos A01 e A10. Neste último, Geologia, Química e Biologia possuem estreita relação, como mostra o seguinte trecho:

“Mas nas fontes termais de Lost City os gases redutores proliferam. É possível que, há bilhões de anos, nascentes semelhantes a essas tivessem as condições ideais para produzir os compostos orgânicos necessários à vida? Alguns geoquímicos que investigam a questão acreditam que sim. Diversos estudos realizados na década passada sugeriram que as reações químicas que ocorrem durante a serpentinização são ideais para a produção de compostos orgânicos a partir de dióxido de carbono. Sistemas hidrotérmicos parecidos com o de Lost City podem ter sido fábricas primitivas que emitiam ininterruptamente metano, ácidos orgânicos simples e talvez até ácidos graxos mais complexos – componentes essenciais das membranas celulares de todos

os organismos. E as chaminés talvez fossem capazes de gerar esses compostos orgânicos sem o auxílio de organismos vivos.” (A10, 12º parágrafo)

Nesta outra passagem do artigo A10, há mais um exemplo de como a Química pode ser útil para elucidar problemas paleontológicos e evolutivos:

“Determinar isso pode ser mais difícil do que os cientistas imaginaram. A maioria dos organismos na árvore filogenética são micro-organismos. Embora possamos estudar suas sequências de DNA e RNA, encontrar um registro fóssil de criaturas microscópicas, com formas ambíguas, é desafiador. Nas últimas décadas, pesquisadores desenvolveram técnicas específicas que permitem investigar a história evolucionária de micro-organismos, ao combinar registros geológicos de fósseis químicos, não físicos. Fósseis químicos são moléculas rastreáveis até organismos vivos e podem permanecer preservados em rochas durante milhões, até bilhões de anos. A maioria deles deriva de lipídios que constituem as membranas celulares. Embora não contenham tanta informação como o DNA ou um fóssil físico, são indicadores confiáveis de vida e podem ser portadores de diagnósticos estruturais dos organismos que os produziram.” (A10, 21º parágrafo)

- Visão acumulativa de crescimento linear: nesta concepção, o desenvolvimento científico é visto “como fruto de um crescimento linear, puramente acumulativo (...), que ignora as crises e as remodelações profundas (...), fruto de processos complexos que não se desejam e deixam moldar por nenhum modelo (pré) definido de mudança científica” (GIL-PÉREZ *et al.*, 2001, p. 132). Isto não foi verificado na maioria dos artigos por tratarem de questões pontuais ao invés de temas abrangentes, nos quais poderiam apresentar os conhecimentos de forma acumulativa.

Destaca-se o artigo A14, que mostra os diversos conceitos de espécie sem, no entanto, contemplar um conceito como o definitivo. De forma objetiva, o texto define cada conceito e os aloca em ordem na qual cada um surge para aparentemente resolver os problemas do anterior, porém antevendo outro problema a surgir no novo conceito. Desta forma, revela como a Ciência é dinâmica e que o conhecimento científico “evolui” através de quebras de paradigma, e não de forma linear.

- Visão individualista e elitista: de acordo com esta concepção, “os conhecimentos científicos aparecem como obras de gênios isolados, ignorando-se o papel do trabalho coletivo e cooperativo, dos intercâmbios entre equipes...” (GIL-PÉREZ *et al.*, 2001, p. 133). A grande maioria dos artigos trata das pessoas responsáveis pela ciência apresentada como “pesquisadores”, o que os torna mais palpáveis, menos distantes do mundo “não acadêmico”. Os artigos A03 e A07 consideram trabalhos desenvolvidos por apenas um cientista – Lineu e Fritz Müller – de forma a louvá-los, como neste trecho do artigo A03:

“O verbete sobre Linnaeus na Wikipedia nota que, por ter o hábito de nomear todas as coisas vivas que encontrava, ‘pensava em si mesmo como um

segundo Adão'. A capa de *Systema naturae* mostra um homem, presumivelmente Linnaeus, atirando títulos latinos a 'novas criaturas enquanto são criadas no Jardim do Éden'." (A03, 5º parágrafo)

O trecho acima revela certa arrogância da parte de Lineu por ter desenvolvido um sistema de classificação biológica, porém o artigo não faz apologia a esta imagem do naturalista, tratando-a com deboche. Neste outro segmento, revela-se que Lineu não era um cientista reconhecido por todo o meio acadêmico na sua época, inclusive denunciando que o naturalista usou um nome científico para "homenagear" um de seus críticos:

"Linnaeus parece ter ocasionalmente abusado de seu poder apelativo. O Jardim Botânico de Nova York, que em novembro passado fez uma rara exibição pública da própria cópia anotada por Linnaeus de seu *Systema naturae*, ressalta em seu website que 'ele se vingou de seus críticos dando seus nomes a plantas e animais desagradáveis. Por exemplo, nomeou a *Siegesbeckia*, erva daninha sem atrativos que exala um líquido de mau cheiro, por causa do botânico alemão Johan Siegesbeck'. Linnaeus seria assim provavelmente um pé no *Scrotum*. Mas sem ele, a biologia poderia não ter se tornado uma ciência respeitável." (A03, 6º parágrafo)

O artigo A07 expõe em diversos momentos a relação entre as pesquisas de Charles Darwin e Fritz Müller, mostrando que este em muito contribui para a consolidação da teoria da Evolução das espécies. Porém, Müller também foi alvo de plágio, pois desenvolveu a teoria da recapitulação ontogenética da filogenia, observada em larvas de crustáceos, anos antes de Haeckel, como ilustra o seguinte parágrafo:

"Hoje, pode-se dizer que os crustáceos derivados, que saíram do ambiente marinho para áreas continentais, 'embrionizaram' as formas larvais mais simples de seus ancestrais, carregando a história de seus antepassados na sua fase embrionária (recapitulação ontogenética da filogenia). Segundo David West, a *Lei da biogenética*, de autoria de Haeckel em 1866, que defende que a ontogenia (desenvolvimento individual, de embrião a adulto) recapitula a filogenia (trajetória evolutiva de um grupo), foi na realidade proposta originalmente por F. Müller e "copiada" por Haeckel, que só reconheceu sua dívida para com Müller em 1872." (A07, 14º e 15º parágrafos)

O artigo A08 destaca que a ciência pode ser construída não só por cientistas, mas também por leigos, como caboclos e ribeirinhos, que possuem conhecimentos específicos sobre o ambiente natural onde vivem e que podem ser importantes para as pesquisas científicas, conforme mostra este trecho:

"Como na Amazônia o conhecimento sobre a diversidade de fungos ainda é incipiente, e depende da presença dos especialistas, é provável que novas espécies existam e corram risco de extinção antes mesmo de serem descritas e catalogadas. Caboclos e ribeirinhos, que andam na floresta durante a noite para caçar, já repararam que muitas vezes folhas e galhos no chão brilham. O que eles não sabem é que essas espécies relativamente comuns são fungos não descritos e, portanto, desconhecidas para a ciência." (A08, 16º parágrafo)

No artigo A09, a participação de vários cientistas em torno de um mesmo problema é nítida ao longo do texto, trazendo opiniões de vários pesquisadores sobre a análise do fóssil Ardi e sua posição na evolução humana. Nesta passagem, revela também a importância de quem recolhe o material no campo e os analisa, ressaltando o aspecto coletivo na produção científica:

“Apesar da impaciência para se ver ao vivo Ardi e os outros espécimes, assim como para se resolver as questões sobre a condição de Hominina da espécie, a maioria dos pesquisadores elogia o importante trabalho envolvendo a escavação e análise dos fósseis. ‘O que eles fizeram foi incrível’, reconhece Jungers.” (A09, 27º parágrafo)

Diversos artigos citam revistas de produção acadêmica e organizações científicas, com o objetivo de disseminar as pesquisas e seus resultados. Os artigos A05, A07 e A10 citam pesquisas publicadas na revista *Nature*; os artigos A11 e A12 citam a *Proceedings of National Academy of Sciences*; o artigo A02 cita a *PLoS Neglected Tropical Diseases*; o artigo A09 cita a *Science*; o artigo A05 cita a Sociedade Brasileira de Herpetologia e a revista *Biology Letters*; e o artigo A15 cita a revista eletrônica *Zootaxa*. O artigo A13 cita a página <http://www.worldbirdnames.org/>, uma espécie de catálogo eletrônico de aves, e o Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos, além de mostrar a importância da coletividade no estudo das aves não somente pelas mãos dos cientistas, como mostra este trecho:

“No Brasil um dos exemplos mais fascinantes da relação tecnologia-observação de aves é o Wikiaves www.savebrasil.org.br onde mais de 6.600 mil colaboradores, de cientistas na ativa a senhoras aposentadas armazenam fotos e sons de aves indicando informações como localidade, data, comportamento, entre outras, tornando o site uma fonte preciosíssima de informações sobre aspectos como distribuição de espécies, variação geográfica, sazonalidade e até mesmo variações nos tamanhos populacionais. Como uma coleção científica convencional, porém muito mais dinâmica.” (A13, 16º parágrafo)

- Visão socialmente neutra: nesta concepção, “esquecem-se as complexas relações entre ciência, tecnologia, sociedade (CTS) e proporciona-se uma imagem deformada dos cientistas como seres ‘*acima do bem e do mal*’, fechados em torres de marfim e alheios à necessidade de fazer opções” (GIL-PÉREZ, *et al.*, 2001, p. 133). Embora as pesquisas apresentadas nos artigos sejam relevantes do ponto de vista do conhecimento, a maioria destas não possui um caráter social intrínseco. Isto porque as pesquisas em Sistemática e em Evolução dificilmente possuem alguma relação com a produção de tecnologias que contribuam para o bem estar social, como fazem a Biotecnologia e a Ecologia, por exemplo. O artigo A08 é o único a considerar a importância de pesquisas na área da Sistemática de fungos, além de destacar que há carência de cientistas e falta de investimento por parte do governo nesta área, conforme ilustra o trecho a seguir:

“Embora o desenvolvimento na área de micologia básica seja evidente, ainda é insatisfatória a quantidade de pesquisadores atuando no Brasil. Os centros de pesquisa com fungos no país estão concentrados nas regiões Nordeste, Sudeste e Sul. Mas as regiões Norte e Centro-Oeste, que somam quase 65% do território nacional, têm menos de 10% desses pesquisadores. A consequência mais óbvia dessa situação é que não se sabe se espécies valiosas, do ponto de vista econômico, cultural e ambiental, correm risco de extinção com o desmatamento da Amazônia e alterações impostas pelo aquecimento global. Com boa dose de otimismo, acreditamos que essa carência poderá ser reduzida em um futuro próximo se houver maior integração entre os micólogos das diferentes regiões do país, promovendo cursos, simpósios e produção de material didático de qualidade.

Mas mesmo essas iniciativas não são suficientes por si. Sem o apoio dos governos federal e estadual, que poderiam priorizar investimentos nessa área estratégica de pesquisa, buscando a ampliação, valorização e consolidação do quadro de profissionais, esse progresso é quase insignificante. Aqui tentamos enfatizar a dimensão de riquezas ainda desconhecidas que herdamos em nosso berço esplêndido. Sim, somos gigantes pela própria natureza e nossos bosques têm mesmo muita vida. Mas temos uma ideia razoável da diversidade de espécies de fungos, por exemplo, que o Brasil abriga?

Lamentavelmente, essa resposta ainda é desconhecida, ainda que se trate de conhecimento estratégico para o conjunto da humanidade.” (A08, 23º, 24º e 25º parágrafos)

Os artigos A02 e A11 tratam de pesquisas que utilizam análises filogenéticas para elucidar a história evolutiva de determinadas doenças que atacam o ser humano – sífilis e AIDS, respectivamente. No caso do artigo A02, a importância social da pesquisa é elucidada no seguinte trecho:

“Compreender sua evolução é importante não apenas para a biologia, mas também para entender a história social e política. Poderíamos dizer que a sífilis é um dos primeiros e mais importantes exemplos de doença globalizada, e a globalização permanece um fator importante para as doenças emergentes.” (A02, 9º parágrafo)

O artigo A13 indica o fenômeno contrário, da sociedade influenciando a pesquisa científica, ao revelar que a observação de aves possui um caráter de passatempo e esporte desde o século XVIII, sendo adotada por leigos. Tal comportamento é importante para aumentar o número de dados a respeito da ecologia e da sistemática das aves, conforme mostra o seguinte trecho:

“Mudanças culturais e a tecnologia têm permitido mudar essa relação. A observação de aves tornou-se um passatempo na Inglaterra no século XVIII, onde cavalheiros e clérigos se dedicavam não apenas a compilar as listas de aves que ocorriam em suas propriedades e paróquias, mas também a estudar sua biologia, gerando obras precursoras da ornitologia e ecologia modernas, como *The Natural History of Selborne*, do pioneiro naturalista e ornitólogo Gilbert White, publicado em 1789.

O passatempo da observação de aves dos cavalheiros europeus é uma das raízes da ornitologia moderna e continua com forte vertente científica, já que leva ao aprendizado de disciplinas como ecologia e sistemática.

De fato, a fronteira entre o que é hobby e o que é ciência muitas vezes é incerta e é frequente que observadores de aves participem de pesquisas científicas e não são poucas as espécies que foram descobertas (ou redescobertas) durante excursões de *bird-watching* ou que localidades até então inexploradas foram primeiro visitadas por birders-cientistas.” (A13, 9º, 10º e 11º parágrafos)

V.5. Discussão dos resultados e o potencial didático dos artigos analisados

Através dos resultados desta pesquisa, pode-se discutir de que forma a Divulgação Científica pode contribuir para um Ensino de Biologia melhor e mais contextualizado, no que se refere aos conceitos de Sistemática Filogenética. A princípio, todos os artigos podem ser considerados adequados para serem trabalhados em sala de aula, se o professor fizer um uso mediado deles, conforme sugerem Martins *et al.* (2001, p. 2): “as recomendações curriculares colocam a necessidade de uma leitura crítica destes textos pelos professores no sentido de melhor explorar seu potencial didático, promover articulações entre seus conteúdos principais e conteúdos curriculares”. Porém, uma leitura mais aprofundada dos resultados desta pesquisa sugere que estas intervenções do professor devem ser constantes e cautelosas, pois a maioria dos artigos possui linguagem elaborada, o que dificultaria o seu entendimento.

No que diz respeito à classificação de acordo com a temática central, percebe-se que a maioria dos artigos (um total de oito dos 15 selecionados) articula o uso de elementos de Sistemática Filogenética à Evolução de determinados grupos de seres vivos. Por ser um assunto central na Biologia, é frequente a ocorrência de artigos ligados à Evolução em revistas de Divulgação Científica (KEMPER, 2008; 2010; BERNARDINO & ROCHA, 2012). Kemper (2008) identifica que os conceitos ligados ao pensamento evolutivo pouco aparecem em revistas como *Superinteressante* e *Galileu*, muitas vezes trabalhados de forma superficial e não constituindo a temática central do artigo, sendo apenas citados. Nos artigos analisados, pode-se verificar que isto não ocorre em A01, A04, A07 e A09, pois estes enfocam a Evolução dos seres vivos como a principal temática do trabalho, variando apenas os grupos biológicos abordados: felinos (A01), crustáceos (A07) e espécie humana (A04 e A09). No que diz respeito à abordagem da Sistemática Filogenética, o artigo A07 foi considerado o mais completo, pois contemplou maior número de conceitos e fez uma ligação entre esta área e a Evolução ao revelar que Fritz Müller foi pioneiro ao desenvolver árvores filogenéticas baseando-se em caracteres compartilhados.

Quatro artigos estão voltados para elementos da classificação biológica, cuja ocorrência em revistas de Divulgação Científica nunca foi apurada pelos trabalhos encontrados na literatura. Isto comprova que ainda há pouca pesquisa relacionada com a relação entre Sistemática e Taxonomia e o Ensino de Biologia, embora haja consenso de problemas envolvendo a classificação biológica em sala de aula (GUIMARÃES, 2004; LOPES *et al.*, 2008; SANTOS & CALOR, 2007a). No que diz respeito à abordagem, os artigos A03, A14 e A15 são

mais completos, pois explicam de forma clara e didática aspectos da Sistemática e da Taxonomia. Porém, o artigo A14 é o único destes a explicitar a Sistemática Filogenética ao expor o conceito filogenético de espécie e compará-lo, de forma elucidativa, com os demais conceitos de espécie.

Apenas três artigos estão ligados a análises filogenéticas voltadas para investigações na área da saúde, revelando a origem de patologias que atingem a espécie humana – como a sífilis (A02) e a AIDS (A11) – e do câncer dos diabinhos-da-tasmânia (A12). As reportagens ligadas às Ciências da Saúde, como Medicina e Biotecnologia, ganham muito espaço em revistas de Divulgação Científica, representando a maioria (36,5%) das publicações da *Scientific American Brasil* no período de 2002 a 2006 (SÉRIO & KAWAMURA, 2008). Entretanto, o uso de análises filogenéticas ligadas a esta área aparece pouco, talvez porque se trata de uma técnica mais recente, se comparar a construção de filogenias com finalidades evolutivas e sistemáticas. No que diz respeito à abordagem, nenhum dos artigos explica como são os procedimentos da análise realizada, limitando-se a apresentar os seus resultados, sem identificar o papel exato da Sistemática Filogenética na pesquisa.

No que diz respeito aos conceitos na área de Sistemática Filogenética, é importante notar que a maioria não foi citada diretamente, sendo possível identificá-los através de explicações e uso de sinônimos, analogias ou metáforas. As exceções foram “árvore filogenética” (A04, A07, A10 e A12), “sinapomorfia” (A07) e “grupo polifilético” (A08), sendo estes dois últimos contendo suas definições apropriadas. Isto pode estar relacionado a uma recente inclusão de conteúdos de Sistemática Filogenética no Ensino de Biologia, com propostas metodológicas de aplicação em sala de aula (e.g. SCHRAGO *et al.*, 2001; GUIMARÃES, 2004, 2005) ou em livros didáticos (SOUZA, 2011; RODRIGUES *et al.*, 2011). Como parte do público leigo frequentou o Ensino Médio em período anterior a essa inclusão, o uso dos termos nestas revistas é comedido, pois dificultaria sua leitura.

Outro aspecto interessante é o aparecimento de referências maiores a certos conceitos, como “grupo monofilético”, “grupo irmão” e “árvore filogenética”. Os dois primeiros estão relacionados às relações de parentesco entre os grupos de seres vivos e o segundo, à forma diagramática de como estas relações são representadas. Pode-se dizer que são importantes postulados da Sistemática Filogenética, cujo objetivo é justamente identificar o quanto as espécies são aparentadas para, desta forma, classificá-las. Outro conceito que apareceu de forma significativa, seja de forma direta ou indireta, foi “sinapomorfia”, fundamental para a alocação de grupos de seres vivos em grupos monofiléticos, aqueles considerados naturais e que recebem um nome cientificamente válido. Em livros didáticos, estes conceitos também têm aparecido com crescente frequência, com exceção de “grupo-irmão”, porém ainda de forma incipiente e com definições incompletas (SOUZA, 2011). A presença de elementos da Sistemática tradicional em muitos artigos revela que o público leigo deve conhecer os preceitos

da classificação biológica de acordo com Lineu, o que ainda não é observado ainda com os da Sistemática Filogenética.

Há equilíbrio entre os artigos que apresentam uma linguagem mais elaborada, com um vocabulário mais complexo, e aqueles que trazem um texto de entendimento mais fácil. De certa forma, artigos com uma linguagem mais apurada são comuns em publicações da *Scientific American Brasil* (CARVALHO, 2010). Isto motivou o uso da revista para esta pesquisa, o que foi corroborado pelos resultados, pois os conceitos diretamente citados estavam presentes em artigos de linguagem mais elaborada, como A04, A07, A08, A10 e A12. Existe equilíbrio também entre artigos que explicam os termos e aqueles que não os explicam, o que também foi encontrado por Kemper (2008) sobre textos ligados à Evolução, porém publicados pelas revistas *Superinteressante* e *Galileu*. Tal fato indica que os textos de Divulgação Científica não possuem finalidades didáticas, portanto não há preocupação em tornar o texto com vocabulário mais acessível para o público leigo. Outro aspecto importante para ser destacado está na linguagem dos artigos redigidos por cientistas, alguns apresentando de forma mais elaborada (A01, A04, A07, A08 e A10), como é esperado. No entanto, certos artigos apresentam linguagem mais simples (A05, A06, A13 e A15), o que pode revelar um interesse maior de pesquisadores em tornar a ciência produzida nos laboratórios mais próxima do público leigo.

Determinados artigos fizeram uso de analogias e metáforas para explicar de forma mais familiar, com linguagem próxima da cotidiana, certos termos e conceitos científicos, o que também é encontrado em textos de Divulgação Científica sobre Evolução (KEMPER, 2008) e Genética (GOLDBACH & EL-HANI, 2008). Como consenso, é discutida a colocação de tais palavras e expressões, pois podem trazer consigo erros conceituais graves, prejudicando o aprendizado sobre determinados conceitos importantes em Biologia.

No caso específico da Sistemática Filogenética, são destacadas três analogias/metáforas nas quais conceitos importantes são apresentados de forma simplificada. A primeira utiliza a expressão “variações sobre o mesmo tema” ao falar das semelhanças estruturais entre os diferentes grupos de vertebrados, como anfíbios, répteis, aves e mamíferos (artigo A05). O uso desta expressão pode fazer menção às sinapomorfias que unem os vertebrados ou às condições plesiomórficas sobre as quais cada grupo de vertebrado adquire suas autapomorfias. Como se trata de um artigo sobre cobras-cegas, com divergências profundas do plano básico dos vertebrados, como perda de patas e da visão, pode-se entender que “o mesmo tema” são as plesiomorfias que indicam que tais animais são de fato vertebrados, tornando o uso da expressão adequado e sem erro conceitual aparente.

A segunda é verificada no uso da expressão “*Canis soup*” (sopa, em inglês) ao se referir a problemas na classificação de espécies do gênero *Canis* (artigo A14). Nesta situação, o uso de uma terminologia em inglês torna a leitura do texto mais difícil para leigos, ainda que seja

cognata com a tradução em português. Além disso, não há uma explicação para o uso de tal expressão, apenas de forma indireta, o que dificulta ainda mais o entendimento, pois não fica claro para o leitor que o gênero *Canis* possui diversas espécies com obscura delimitação entre as mesmas.

Por fim, a terceira analogia encontrada faz menção a um grupo de rotíferos (ordem Bdelloidea) cuja classificação é confusa, o que é indicado por “tufos” em sua árvore filogenética (artigo A14). A terminologia foi adotada para substituir a expressão “politomia”, caracterizada pelo aparecimento de nós de onde partem diversas linhagens, e não apenas duas como nas dicotomias. A expressão é adequada e não possui erro conceitual, porém somente pode ser compreendida por um leitor familiarizado com árvores filogenéticas e, mesmo para estes, a leitura seria de maior facilidade se houvesse algum esquema da filogenia deste grupo de rotíferos para ilustrar o que representam estes “tufos”.

É importante considerar também a presença de poucos erros conceituais ou na escrita de termos científicos nos artigos analisados, sendo que nenhum destes erros é considerado grave, o que pode estar relacionado com o fato de serem produzidos, em sua maioria, por cientistas. Há também a preocupação em revelar uma visão de Natureza da Ciência mais coerente com a realidade, trazendo a ciência enquanto atividade humana, dinâmica e falível. A maioria das pesquisas foi apresentada de maneira detalhada, mostrando aspectos de sua metodologia e de seus resultados, esperados ou não, o que, de certa maneira, contraria os resultados encontrados por Kemper (2008), analisando artigos de Evolução. A relação entre ciência e sociedade foi verificada em poucos artigos, pois eram os únicos a abordarem questões científicas relacionadas com o interesse de parte da população. Como o tema Sistemática Filogenética ainda está muito associado ao contexto meramente acadêmico, espera-se que a maioria dos artigos ligados a esta área não contemplem este viés social, como fazem artigos sobre Medicina, Biotecnologia e meio ambiente. No entanto, os artigos A02, A11 e A12 provam que as análises filogenéticas feitas a partir de DNA de diversos organismos podem ser úteis para identificar o histórico de transmissão de determinadas doenças, o que possui forte relevância social.

A análise das imagens revelou que a maioria possui papel claro em relação ao texto, no sentido de ilustrar algum aspecto importante que é apresentado, sendo fundamental a presença de legendas ou de referências no próprio texto, para ancorá-las. De acordo com Pimenta & Gouvêa (2009, p.14), “muitos dos conceitos científicos são facilmente absorvidos se existem imagens explicativas que acompanham as matérias, (...). Percebemos ainda, que os enunciados que acompanham as imagens científicas só adquirem sentidos quando estes se complementam uns aos outros”. No que diz respeito ao uso de imagens, Grillo (2009) e Carvalho (2010) consideram diferentes aspectos de sua utilização nos artigos de revistas de Divulgação Científica, como a *Scientific American Brasil*, pois ao mesmo tempo possuem a

tarefa de sintetizar elementos presentes nos textos, ainda que conflitantes, e também atrair a atenção do leitor.

Com relação às imagens que contem elementos de Sistemática Filogenética, nota-se que algumas possuem forte caráter didático, com uma leitura de fácil entendimento, como as figuras **V.14**, que mostra Lineu catalogando os animais (artigo A03); **V.55**, que esquematiza as categorias taxonômicas propostas por Lineu (artigo A14); e **V.57**, que ilustra a filogenia de alguns grupos de vertebrados (artigo A14). As demais imagens possuem uma leitura mais complexa, apesar de estarem claras e corretas, necessitando de conhecimentos prévios em Sistemática Filogenética para o seu entendimento. São as figuras **V.10**, que possui a árvore filogenética das 37 espécies de felinos (artigo A01); **V.22**, com as três propostas de filogenias para as linguísticas da América do Sul (artigo A04); **V.53**, com os materiais necessários para a atividade de um sistemata (artigo A14); e **V.58**, que agrupa história evolutiva, representada por uma filogenia, com fluxo gênico e nicho ecológico em um “funil” para a identificação de espécies (artigo A14).

A partir da análise desenvolvida neste estudo, infere-se que cada artigo possui características peculiares que os tornam adequados para serem trabalhados em sala de aula, porém a intervenção do professor deve ser constante, de forma a esclarecer trechos de difícil entendimento ou conceitos que ainda não foram trabalhados. Verificando cada artigo individualmente, podem ser realizadas as seguintes considerações:

- Artigo A01: possui linguagem elaborada, com muitas informações a respeito de características morfológicas de felinos, aspectos detalhados da metodologia da pesquisa e muitas passagens explicando o processo de migração dos felinos. O texto revela-se bom para trabalhar aspectos da atividade científica, porém é pouco didático e não esclarece o papel da Sistemática Filogenética na pesquisa, apenas com a imagem da árvore filogenética dos felinos. Útil para debater questões ligadas à Evolução e à dinâmica continental, porém sugere-se que apenas trechos sejam utilizados, em combinação com imagens como a filogenia e as rotas migratórias dos felinos.

- Artigo A02: o texto sobre a origem da sífilis é curto, porém com linguagem bastante elaborada, em especial sobre os termos relativos à Patologia. Pode ser trabalhado paralelamente a programas de saúde, além de ser útil em aulas sobre bactérias, mas inadequado para aulas de Sistemática Filogenética, por tratá-la de forma superficial.

- Artigo A03: o texto sobre Lineu é bastante acessível para trabalhar conceitos da Sistemática tradicional, porém utiliza vários nomes científicos sem a presença de seus respectivos nomes vulgares. Pelo seu forte caráter didático, este problema pode ser solucionado com a presença de um glossário ao final, contendo os nomes vulgares e explicando alguns trocadilhos presentes no texto. Também é útil para se trabalhar com

aspectos ligados à Natureza da Ciência, pois mostra algumas características de Lineu enquanto naturalista e ser humano.

- Artigo A04: texto profundamente elaborado, combinando elementos da Biologia, em especial Genética e Evolução, com Antropologia. Pode ser subdividido, pois a primeira parte do texto trabalha com questões ligadas às origens da comunicação e da moralidade, nas comparações entre humanos e chimpanzés e entre a transmissão genética e a transmissão da linguagem. Na segunda parte do texto, aborda a possível evolução das linguísticas de povos da América do Sul, mostrando a Sistemática Filogenética apenas como ferramenta para compreender este processo evolutivo. Por fim, o texto apresenta olhar mais antropológico ao falar da violência e da religião.

- Artigo A05: o texto, apesar de escrito por biólogos especialistas em cobras-cegas e Biologia Celular, revela-se claro e didático. Entretanto, não focaliza a Sistemática Filogenética, embora seja muito útil ao falar de assuntos como Vertebrados, Reprodução, cuidado parental e Evolução.

- Artigo A06: também escrito por biólogos, o texto trata da convergência evolutiva entre a vocalização da araponga e da perereca-de-marsúpio de forma clara e didática. Útil para tratar de temáticas ligadas à Evolução e Ecologia, além de aspectos ligados à natureza do trabalho científico, porém aborda a Sistemática Filogenética de forma superficial.

- Artigo A07: apesar de linguagem muito densa, o texto sobre Fritz Müller possui passagens que se revelam de forte caráter didático, como os trechos em que apresentam aspectos de Sistemática Filogenética. Além disso, o texto também pode ser utilizado em aulas sobre Evolução e Natureza da Ciência, pois trata das relações entre as pesquisas de Müller e Charles Darwin e da proposta da recapitulação ontogenética da filogenia, plagiada por Haeckel.

- Artigo A08: o texto possui linguagem elaborada, trazendo muitos detalhes da biologia dos fungos bioluminescentes. No entanto, é claro ao explicar porque este grupo de fungos é considerado polifilético. Além disso, o texto pode ser útil ao abordar aspectos ligados à Ecologia, à Evolução e também à biologia os fungos.

- Artigo A09: texto extremamente denso, contendo muitos detalhes da análise morfológica do fóssil Ardi e de sua interpretação para elucidar a posição desta espécie na evolução humana. Se for reelaborado, sintetizando suas passagens mais importantes, pode ser adotado em aulas sobre Evolução e Natureza da Ciência, pelo intenso debate promovido entre pesquisadores. No entanto, não é muito explícito em relação à Sistemática Filogenética, embora esta esteja presente.

- Artigo A10: a linguagem deste texto é bastante elaborada, principalmente ao caracterizar o ambiente das fossas termais e da biologia dos micro-organismos que habitam tais locais. Pode ser utilizado de forma re-elaborada, de forma a explicitar as relações entre estes micro-organismos e as origens da vida, sendo útil para abordar aspectos de Evolução,

Ecologia e Metabolismo Energético. A Sistemática Filogenética está presente de forma superficial, porém presente em diversas passagens, como já foi destacado.

- Artigo A11: texto curto e de linguagem fácil, apenas contendo maior número de termos e expressões científicas em trechos que explicam a metodologia de pesquisa. Útil para abordar aspectos ligados aos Vírus, em especial ao HIV, e também a conceitos de Genética, porém cita a Sistemática Filogenética apenas como ferramenta para a análise.

- Artigo A12: o texto do artigo é elaborado e apresenta muitos detalhes ligados a informações genéticas dos diabinos-da-tasmânia, na intenção de investigar as origens do câncer desta espécie. A abordagem da Sistemática Filogenética é curta, porém enfoca um aspecto importante de investigações nesta área, a necessidade de encontrar um organismo que seja o grupo externo adequado a uma análise filogenética.

- Artigo A13: com linguagem clara, o texto apresenta de forma didática a situação da pesquisa ornitológica no Brasil. Embora a Sistemática Filogenética não esteja muito evidente, aspectos desta são importantes para contar a história evolutiva das aves, de forma didática, ilustrando, por exemplo, o parentesco destes animais com os dinossauros. O texto também é importante por mostrar a importância da Sistemática de forma geral e traz aspectos interessantes da Natureza da Ciência, revelando que muitos dos que estudam as aves são curiosos que o fazem por passatempo.

- Artigo A14: este é o mais didático de todos os artigos analisados nesta pesquisa, em especial na passagem em que esclarece o conceito filogenético de espécie, em comparação com conceitos adotados anteriormente, como o de Lineu e o biológico. As imagens também são claras, corretas e elucidam as vantagens e desvantagens de cada conceito de espécie. Acredita-se que, por tratar de uma seção a parte da revista, intitulada “Aula Aberta”, o autor preocupou-se em ser mais didático na maneira como conduziu seu artigo, trazendo também depoimentos de diversos cientistas. É útil também para trabalhar questões ligadas à Natureza da Ciência, provando que o conhecimento científico é dinâmico e não se acumula de forma linear.

- Artigo A15: o texto é claro e didático ao contar a história da descoberta e descrição de uma nova espécie de anfíbio. Seu texto constitui um material que, apesar de curto, é rico para trabalhar aspectos da Sistemática de forma geral, da atividade zoológica e da Natureza da Ciência.

Por fim, deve-se reconhecer que é preciso dar continuidade a este tipo de pesquisa, pois, em primeiro lugar, não há na literatura nenhuma ocorrência de publicação relativa à abordagem da Sistemática tradicional e da Sistemática Filogenética em artigos de Divulgação Científica. Em segundo lugar, é necessário não só avaliar o potencial didático destes artigos, conforme mostram Gomes (2008), Goldbach & El-Hani (2008) e Kemper (2008; 2010), mas também verificar qual o impacto gerado por estes artigos no processo de ensino-aprendizado.

Em terceiro lugar, é importante estimular os professores para o uso de tais materiais, a despeito das dificuldades e limitações que enfrentam, como poucos recursos para a reprodução dos artigos, falta de tempo e planejamento e falta de interesse pela leitura por parte dos alunos (GOMES *et al.*, 2012). Por último, cabe às instituições acadêmicas retornarem aos professores, auxiliando na utilização mediada destes textos em sala de aula, conforme já vem sendo realizado em cursos de formação de professores (NASCIMENTO, 2008). Este retorno deve se estender às próprias revistas de Divulgação Científica, de forma que haja um esforço integrado no sentido de aperfeiçoar a qualidade de suas publicações, trazendo sempre assuntos atuais, sem erros conceituais de qualquer nível e com artigos contemplem todas as áreas científicas.

Conclusão

Como encerramento deste trabalho, é necessário responder às questões que nortearam a pesquisa, presentes no Capítulo IV, que resultaram do desmembramento do problema central: Como a Revista *Scientific American Brasil*, em sua versão *on line*, aborda a Sistemática Filogenética em seus artigos e qual o potencial didático deste material? Para tal, os resultados e a discussão, presentes no Capítulo V, serviram de base para a resposta destas questões, à luz da literatura consultada.

- Em que contexto a Sistemática Filogenética está inserida nos artigos?

Os 15 artigos selecionados, disponíveis na versão *on line* da Revista *Scientific American Brasil*, variaram de acordo com o contexto em que a Sistemática Filogenética, sendo a maioria de artigos (oito) com foco central na Evolução de determinados grupos de seres vivos. Quatro artigos trataram do assunto com destaque maior na classificação de seres vivos e três apresentaram a utilidade da Sistemática Filogenética em investigações ligadas à origem de doenças, como sífilis e AIDS.

- Como aparecem os conceitos-chave da Sistemática Filogenética? Os termos são explicados nos artigos? Existem erros conceituais?

Poucos conceitos aparecem de forma direta nos artigos, como é o caso de “árvore filogenética”, “sinapomorfia” e “grupo polifilético”, que são corretamente explicados pelos autores. Em alguns casos, são substituídos por sinônimos ou estão presentes apenas as explicações que fazem referência a estes conceitos, encontrando muitos casos de “sinapomorfia”, “grupo monofilético”, “grupo irmão” e “árvore filogenética”.

Foram encontrados poucos erros conceituais, o que indica haver um cuidado por parte dos autores dos artigos para não haver falhas em seus textos, tornando-os mais fidedignos.

- Com que linguagem os artigos estão escritos? De que forma a linguagem dos artigos contribui para o entendimento dos conceitos de Sistemática Filogenética?

Existe um equilíbrio entre os artigos que possuem uma linguagem mais elaborada, comuns na Revista *Scientific American Brasil*, e aqueles que possuem linguagem mais simples e de fácil entendimento. Dentre os artigos com linguagem elaborada, foi possível identificar os termos comuns da Sistemática Filogenética, havendo equilíbrio entre os que possuíam explicações claras e os que as omitiam, citando termos sem elucidá-los. Outro aspecto importante está na quantidade de artigos com linguagem clara escritos por cientistas, embora

em menor número do que os que apresentavam linguagem mais elaborada, o que mostra uma preocupação em tornar suas pesquisas mais próximas do público leigo.

- Existem analogias e metáforas? Quais e com que finalidade foram utilizadas?

As analogias e metáforas encontradas, em sua maioria, são utilizadas com a justificativa de trazer uma linguagem mais próxima do cotidiano para que a leitura seja de fácil entendimento pelo público leigo. No entanto, algumas analogias/metáforas encontradas possuem significado pouco claro para o leitor que desconhece os principais fundamentos de Sistemática Filogenética. Um dos artigos usou a expressão “variações sobre o mesmo tema”, ao considerar uma condição plesiomórfica dos vertebrados, porém podendo representar a sinapomorfia que une este grupo. Em outro artigo, há a expressão “*Canis soup*” ao referir-se a uma confusão na Sistemática do gênero *Canis*, porém o uso do termo em inglês pode dificultar a leitura. No mesmo artigo, o termo “tufos” foi usado para referir-se a politomias, podendo ter o entendimento mais fácil se houvesse algum esquema explicando o que são esses tufos em uma filogenia.

- Existem imagens relativas à Sistemática Filogenética nos artigos? Como são? De que forma contribuem para o entendimento da temática?

As imagens relacionadas com Sistemática Filogenética trazem cladogramas ou figuras que estão relacionadas com aspectos da Sistemática de forma geral, desde seu desenvolvimento por Lineu. As imagens são corretas e possuem leitura clara, auxiliando ao leitor se familiarizar com a metodologia de pesquisa da área e de que forma podem ser interpretadas as filogenias. Porém, nem todas as imagens são didáticas, pois podem requisitar noções prévias de como as árvores filogenéticas são construídas para haver o seu pleno entendimento.

- De que forma os artigos descrevem a atividade científica? Que noções de Natureza da Ciência são transmitidas?

De forma geral, a ciência é transmitida como uma atividade humana, dinâmica e falível, sendo detalhistas em relação às metodologias adotadas, resultados obtidos e dificuldades encontradas nas pesquisas descritas em cada artigo. Apesar da Sistemática Filogenética, assim como a Sistemática tradicional, ser uma área associada apenas ao meio acadêmico, foram encontrados artigos que já trazem implicações sociais de análises filogenéticas, para investigar o histórico de transmissão de determinadas doenças, como sífilis e AIDS.

- De que forma os artigos podem ser trabalhados em sala de aula?

Apenas dois artigos possuem um enfoque maior na Sistemática Filogenética e poderiam ser utilizados na íntegra, enquanto os outros trazem elementos desta área da Biologia em pequenos trechos de seus textos. Apesar disto, também podem ser úteis para transmitir noções de áreas como Evolução, Genética, estudo dos seres vivos e da classificação biológica e, também, aspectos da Natureza da Ciência. Devido ao vocabulário elaborado de grande parte dos artigos, recomenda-se uma leitura mediada, esclarecendo os trechos com linguagem mais difícil para os alunos, ou o uso de reelaborações discursivas, com o intuito de editar estes trechos e focar nos aspectos ligados à Sistemática Filogenética.

Referências Bibliográficas

- ACEVEDO-DIAZ, J.A.; VASQUEZ-ALONSO, A.; MANASSERO-MAS, M.A. El Movimiento Ciencia-Tecnología-Sociedad y la Enseñanza de las Ciencias. Disponível em: <<http://www.oei.es/salactsi/acevedo13.htm>>. Original publicado em 2001. Acesso em: 29 jan. 2013.
- ALFERES, S.; AGUSTINI, C. "A Escrita da Divulgação Científica". *Horizonte Científico*, v. 2, n.1, pp. 1-23, 2008.
- ÁLVARES, MR. & SCHMITT, V. "Análise de Imagem: da teoria a prática". In: *Anais do IV Congresso Internacional de Pesquisa em Design*, Rio de Janeiro: ANPE, 2007.
- ALVES, J.J.A. As ciências na Academia e as expectativas de progresso e modernização: Brasil: 1916-1929. In: DANTES, Maria Amélia M. (Org.). *Espaços da Ciência no Brasil*. Rio de Janeiro: Fiocruz, 2001, pp. 185-202.
- AMORIM, D.S. *Fundamentos de sistemática filogenética*. Ribeirão Preto: Holos, 2002.
- AMORIM, D.S.; MONTAGNINI, D.L.; NOLL, F.B.; CASTILHO, M.S.M.; CORREA, R.J. Diversidade biológica e evolução: uma nova concepção para o ensino de Zoologia e Botânica no 2º Grau. In: BARBIERI, M.R.; SICCA, N.A.L.; CARVALHO, C.P. (Orgs.). *A construção do conhecimento do professor: uma experiência da parceria entre professores do ensino fundamental e médio da Rede Pública e a universidade*. Ribeirão Preto: Holos, 2001, pp. 41-49.
- ANGOTTI, J.A.P.; AUTH, M.A. "Ciência e Tecnologia: implicações sociais e o papel da educação". *Ciência & Educação*, v. 7, n. 1, pp.15-27, 2001.
- ANTUNES, A.P.; HADDAD, C.F.B. "Ferreiros da Mata Atlântica". Disponível em: <http://www2.uol.com.br/sciam/reportagens/ferreiros_da_mata_atlantica.html>. Publicado em abr./2009. Acesso em: 30 jan. 2013.
- ARAÚJO-DE-ALMEIDA, E., AMORIM, D., SANTOS, R.L. Sistemática Filogenética para o ensino comparado de Zoologia. In: ARAÚJO-DE-ALMEIDA, E. (Org.). *Ensino de zoologia: ensaios didáticos*. João Pessoa: Editora Universitária/UFPB, 2007, pp. 85-99.
- AULER, D. "Alfabetização científico-tecnológica: um novo "paradigma"?" *Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 5, n. 1, pp. 1-16, 2003.
- AULER, D.; BAZZO, W.A. "Reflexões para a implementação do movimento CTS no contexto educacional brasileiro". *Ciência & Educação*, v. 7, n. 1, pp.1-13, 2001.
- BARRACCO, M.A.; ZILLIG, C. "Parceiro de Charles Darwin". Disponível em: <http://www2.uol.com.br/sciam/reportagens/parceiro_de_charles_darwin.html>. Publicado em mai./2009. Acesso em: 30 jan. 2013.
- BARDIN, L. (1977). *Análise de conteúdo*. Lisboa: Edições 70, 2002.
- BARTHES, R. *O óbvio e o obtuso: ensaios críticos III*. 2. ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1990.
- BERNARDINO, M.V.; ROCHA, M.B. "A evolução biológica na perspectiva da natureza da ciência presente na revista Scientific American Brasil". In: *Anais do VI Encontro Regional de Ensino de Biologia (EREBIO)*, Rio de Janeiro: SBEnBIO, Regional RJ/ES, 2012.
- BERTOLETTI, J.J. Museu de Ciências e Tecnologia da PUC-RS. Disponível em: <<http://www.comciencia.br/reportagens/cultura/cultura16.shtml>>. Acesso em: 29 jan. 2013.
- BIZZO, N.M.V. Metodologia do ensino de ciências: a aproximação do estudante de magistério das aulas de ciências no 1º grau. In: PICONES, S.B. (1991) *A prática de ensino e o estágio supervisionado*. Campinas: Papirus, 2008. pp. 75-90.
- BIZZO, N. & EL-HANI, C.N. "O arranjo curricular do ensino de evolução e as relações entre os trabalhos de Charles Darwin e Gregor Mendel". *Filosofia e História da Biologia*, v. 4, pp. 235-257, 2009.
- BOGDAN, R.; BIKLEN, S. *Investigação qualitativa em educação*. Porto: Porto, 1994.
- BRADLEY, A. "As raízes mais profundas da vida". Disponível em: <http://www2.uol.com.br/sciam/reportagens/as_raizes_mais_profundas_da_vida.html>. Publicado em jan./2010. Acesso em: 30 jan. 2013.

- BRAGA-NETO, R.; STEVANI, C. "O universo luminoso dos fungos bioluminescentes". Disponível em: <http://www2.uol.com.br/sciam/reportagens/o_universo_luminoso_dos_fungos_bioluminescentes.html>. Publicado em jul./2009. Acesso em: 30 jan. 2013.
- BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. Secretaria da Ciência e Tecnologia para Inclusão Digital. Departamento de Popularização e Difusão da C&T. *Percepção Pública da Ciência e Tecnologia*. Brasília: MCT. 2007.
- BRASIL. Ministério da Educação. *PCNEM - Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio, Parte III – Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias*. Brasília: MEC/SEB, 1999.
- BRASIL. Ministério da Educação. *Parâmetros Curriculares Nacionais: Terceiro e quarto ciclos do ensino fundamental*. Brasília: MEC/SEF, 2000.
- BRASIL. Ministério da Educação. *PCN+ – ENSINO MÉDIO. Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio Parte III - ciências da natureza, matemática e suas tecnologias*. Brasília: MEC/SEMT, 2002.
- BUENO, W. "Comunicação científica e divulgação científica: aproximações e rupturas conceituais". *Informação & Informação*, Londrina, vol. 15, n. esp, pp. 1-12, 2010.
- CACHAPUZ, A.; PAIXÃO, F.; LOPES, J.B.; GUERRA, C. "Do Estado da Arte da Pesquisa em Educação em Ciências: Linhas de Pesquisa e o Caso "Ciência-Tecnologia-Sociedade". *Alexandria – Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, vol. 1, n. 1, pp. 27-49, mar 2008.
- CANDOTTI, E. Ciência na educação popular. In: MASSARANI, L.; MOREIRA, I.C.; BRITO, F. (orgs.). *Ciência e Público: caminhos da divulgação científica no Brasil*. Rio de Janeiro: Casa da Ciência, 2002. pp. 15-24.
- CARVALHO, C.P. "Divulgação Científica nas revistas *Scientific American Brasil* e *Superinteressante*." *Informação & Informação*, v. 15, n. especial, pp. 43-55, 2010.
- CAZELLI, S.; QUEIROZ, G.; ALVEZ, F.; FALCÃO, D.; VALENTE, M.E.; GOUVÊA, G.; COLINVAUX, D. "Tendências pedagógicas das exposições de um museu de ciência". In: *Atas do Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC)*, Valinhos: ABRAPEC, 1999.
- CHASSOT, A. "Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social". *Revista Brasileira de Educação*, n. 22, pp. 89-100, 2003.
- DARWIN, C. (1959) *A Origem das Espécies*. Tradução de Eduardo Fonseca. 2. ed. Rio de Janeiro: Ediouro, 2009.
- DEVELEY, P.F.; OLMOS, F.; CAVARZERE, V. "O Brasil e suas aves". Disponível em: <http://www2.uol.com.br/sciam/reportagens/o_brasil_e_suas_aves.html>. Publicado em jul/2011. Acesso em: 30 jan. 2013.
- DOBZHANSKY, T. "Nothing in biology makes sense except in the light of evolution". *The American Biology Teacher*, v.35, pp. 125-129, 1973.
- DORVILLÉ, L. Desafios do Ensino de Biologia na Educação Básica: um recorte da Zoologia, Evolução e Sistemática. In: GOLDBACH, T.; FRIEDRICH, M.; QUEZADA, S. *Ensino de Ciências: saberes escolares e saberes científicos*. Série Cadernos Temáticos: Debates Pedagógicos n.1. Nilópolis: CEFETEQ – Rio de Janeiro, 2009. pp. 41-50.
- DRIVER, R. *Children's ideas in science*. Milton Keynes, Open University Press, 1985. *Apud*: BIZZO, N.M.V. Metodologia do ensino de ciências: a aproximação do estudante de magistério das aulas de ciências no 1º grau. In: PICONEZ, S.B. (1991) *A prática de ensino e o estágio supervisionado*. Campinas: Papirus, 2008. pp. 75-90.
- EPSTEIN, I. *Divulgação científica*: 96 verbetes. Campinas: Pontes, 2002.
- FERREIRA, L.N.A.; QUEIROZ, S.L. "Características discursivas de artigos de divulgação científica relacionados à química". *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 11, n. 1, pp. 21-42, 2012.
- FERREIRA, L.N.A.; QUEIROZ, S.L. "Textos de Divulgação Científica no Ensino de Ciências: uma revisão". *Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, v. 5, n. 1, pp. 3-31, maio 2012.
- FERREIRA-JR, N.; PAIVA, P.C. *Introdução à Zoologia*: volume 1. Rio de Janeiro: Fundação CECIERJ, 2004.

- FOUREZ, G. *A construção das ciências – Introdução à filosofia e à ética das ciências*. São Paulo: UNESP, 1995.
- FOUREZ, G. “Crise no Ensino de Ciências?” *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 8, n. 2, pp. 109-123, 2003.
- FREIRE-MAIA, N. *Teoria da Evolução – De Darwin à Teoria Sintética*. São Paulo: Itatiaia/EDUSP, 1998.
- GIL-PÉREZ, D.; FERNÁNDEZ, I.; CARRASCOSA, J.; CACHAPUZ, A.; PRAIA, J. “Para uma imagem não deformada do trabalho científico”. *Ciência & Educação*, Bauru, v. 7, n. 2, pp. 125-153, 2001.
- GIL-PÉREZ, D.; VILCHES, A. “La contribución de la ciencia a la cultura ciudadana”. *Cultura y Educación*, v. 16, n. 3, pp. 259-272, 2004.
- GOLDBACH, T.; EL-HANI, C.N.; MARTINS, R.C. “A difícil tarefa da divulgação da idéia de gene em revistas de divulgação científica no Brasil”. In: *Anais da IX Reunião da Red POP*, Rio de Janeiro: Red POP, 2005.
- GOLDBACH, T.; EL-HANI, C.N. “Entre Receitas, Programas e Códigos: Metáforas e Idéias Sobre Genes na Divulgação Científica e no Contexto Escolar”. *Alexandria – Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, v. 1, n. 1, pp. 153-189, 2008.
- GOMES, M.C. *Revistas de divulgação científica: potencial para o ensino dos temas nutrição e metabolismo energético*. Dissertação (Mestrado em Química Biológica) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2008.
- GOMES, M.C., DA POIAN, A.T.; GOLDBACH, T. “Revistas de Divulgação Científica no Ensino de Ciências e Biologia: contribuições e limitações de seu uso”. In: *Anais do III Encontro Nacional de Ensino de Ciências da Saúde e do Ambiente (ENECIENCIAS)*, Niterói: UFF, 2012.
- GONÇALVES, E.; CALDAS, G.; PECHULA, M. “Mídia e Educação: reflexos sobre o uso pedagógico de textos de divulgação científica”. In: *Anais da XII Reunião Bienal da Red POP*, Campinas: Unicamp, 2011.
- GORDILLO, M. “Metáforas y simulaciones: alternativas para la didáctica y la enseñanza de las ciencias”. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* v. 2, n. 3, pp. 377-398, 2003.
- GORDILLO, M.M.; OSORIO M., Carlos. “Educar para participar en ciencia y tecnología. Un proyecto para la difusión de la cultura científica”. *Revista Iberoamericana de Educación*, n. 32, pp. 165-210, 2003.
- GRILLO, S. “Dimensão verbo-visual de enunciados de *Scientific American Brasil*”. *Bakhtiniana*, São Paulo, v. 1, n. 2, pp. 8-22, 2009.
- GRILLO, S.; DOBRANSZKY, E.; LAPLANE, A. “Mídia impressa e educação científica: uma análise das marcas do funcionamento discursivo em três publicações”. *Cadernos Cedes*, Campinas, v. 24, n. 63, pp. 215-236, 2004.
- GUIMARÃES, M.A. “Uma proposta de ensino de zoologia baseada na sistemática filogenética”. In: *Anais do XII Encontro Nacional de Didática e Prática de Ensino*, Curitiba: PUC-PR, 2004.
- GUIMARÃES, M.A. *Cladogramas e Evolução no Ensino de Biologia*. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência) – Universidade Estadual Paulista, Bauru. 2005.
- GUIMARÃES, M. A. & CARVALHO, W. L. P. “Usando cladogramas no ensino de evolução: O papel das representações sociais dos estudantes”. In: *Anais do VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC)*, Florianópolis: ABRAPEC, 2007.
- HARMON, K. “Ardi tinha características humanas?” Disponível em: <http://www2.uol.com.br/sciam/noticias/ardi_tinha_caracteristicas_humanas_.html>. Publicado em 08 dez. de 2009. Acesso em: 30 jan. 2013.
- HARMON, K. “Pessoas que transmitiram o HIV podem ser identificadas por testes de DNA”. Disponível em: <http://www2.uol.com.br/sciam/reportagens/pessoas_que_transmitiram_o_hiv_podem_ser_identificadas_por_testes_de_dna.html>. Publicado em nov./2010. Acesso em: 30 jan. 2013.
- HARMON, K. “Tentando salvar os diabos-da-tasmânia”. Disponível em: <http://www2.uol.com.br/sciam/noticias/tentando_salvar_os_diabos-da-tasmania.html>. Publicado em 05 jul. de 2011. Acesso em: 30 jan. 2013.

- HOBBSAWN, E. *Era dos Extremos: O breve século XX: 1914-1991*. (1995). 10 ed. São Paulo: Companhia das Letras, 2008.
- HULL, D. L. "The role of theories in biological systematics". *Studies in the History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*, v. 32, n. 2, pp. 221-238. 2001.
- KEMPER, A. *A Evolução Biológica e as Revistas de Divulgação: potencialidades e limitações para uso em sala de aula*. Dissertação (Mestrado em Educação). Universidade de Brasília, Brasília. 2008.
- KEMPER, A. "Textos populares de divulgação científica como ferramenta didático pedagógica: o caso da evolução biológica". *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 10, n. 3, pp. 25-50, 2010.
- KRASILCHIK, M. "Caminhos do Ensino de Ciências no Brasil". *Em Aberto*, ano 11, n. 55, pp. 3-8, 1992.
- KRASILCHIK, M. "Reformas e realidade: o caso do ensino das ciências". *São Paulo em Perspectiva*, v. 14, n. 1, pp. 85-93, 2000.
- KUHN, T. *A estrutura das revoluções científicas*. 9. ed. São Paulo: Perspectiva, 1998.
- JARED, C.; ANTONIAZZI, M.M. "O admirável mundo das cobras-cegas". Disponível em: <http://www2.uol.com.br/sciam/reportagens/o_admiravel_mundo_das_cobras-cegas.html>. Publicado em nov./2008. Acesso em: 30 jan. 2013.
- JOLY, M. *Introdução à análise da imagem*. Campinas: Papirus, 1996.
- LAUGKSCH, R. C. "Scientific literacy: a conceptual overview". *Science & Education*, v. 84, n. 1, pp. 71-94, 2000.
- LOPES, S.; ROSSO, S. *Biologia*. Volume único. 1. ed. São Paulo: Saraiva, 2005.
- LOPES, W.; FERREIRO, M.; STEVAUX, M.. "Propostas Pedagógicas para o Ensino Médio: filogenia de animais". *Solta a voz*, v. 18, n. 1, pp. 263-286, 2008.
- LOUREIRO, J.M. "Museu de ciência, divulgação científica e hegemonia". *Ciência da Informação*, Brasília, v. 32, n. 1, pp. 88-95, 2003.
- LÜDKE, M.; ANDRÉ, M.E.D. de. *Pesquisa em Educação: abordagens qualitativas*. São Paulo: EPU. 1986. Apud: KEMPER, A. *A Evolução Biológica e as Revistas de Divulgação: potencialidades e limitações para uso em sala de aula*. Dissertação (Mestrado em Educação). Universidade de Brasília, Brasília. 2008.
- MARANHÃO, C. "O Poder da Imagem Fotográfica: Uma análise das imagens publicadas nas revistas Veja e IstoÉ de Luiz Inácio Lula da Silva durante as campanhas presidenciais de 1989 e 2002". *Cenários da comunicação*, v. 7, n. 1, pp. 13-22, 2008.
- MARCELOS, M.F. *Analogias e Metáforas da Árvore da Vida, de Charles Darwin, na Prática Escolar*. Dissertação (Mestrado em Educação Tecnológica) – Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2006.
- MARTINS, I.; CASSAB, M.; ROCHA, M. "Análise do processo de re-elaboração discursiva de um texto de divulgação científica para um texto didático". *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 1, n. 3, pp. 1-9, 2001.
- MARTINS, I.; DAMASCENO, A. "Uma análise das incorporações de textos de divulgação científica em livros didáticos de ciências". In: *Atas do VIII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física*, São Paulo: SBF, 2002.
- MARTINS, I.; NASCIMENTO, T.; ABREU, T. "Clonagem na sala de aula: um exemplo de uso didático de um texto de divulgação científica". *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 9, n. 1, pp. 95-111, 2004.
- MARTINS, I.; OLINISKY, M.J.; ABREU, T.B.; SANTOS, L.M.F. "Contribuições da análise crítica do discurso para uma reflexão sobre questões do campo da Educação Ambiental: olhares de educadores em ciências". *Pesquisa em Educação Ambiental*, v. 3, n. 1, pp. 129-154, 2008.
- MARTINS, N.F.; COIMBRA, D.; RODRIGUES, S.C. "Diagnosticando o Ensino de Evolução em Nível Médio numa escola de Ituiutaba, MG". In: *Anais do VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC)*, Florianópolis: ABRAPEC, 2009.
- MASSARANI, L.; MOREIRA, I.C. "A divulgação científica no Rio de Janeiro: um passeio histórico e o contexto atual". *Revista Rio de Janeiro*, n. 11, pp. 38-69, 2003.

- MATTHEWS, M.R. "História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação". *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 12, n. 3, pp. 164-214, 1995.
- MAYR, E. *O desenvolvimento do pensamento biológico*. Brasília: Universidade de Brasília, 1998.
- McCOMAS, W.F. "Seeking historical examples to illustrate key aspects of the nature of science". *Science & Education*, n. 17, pp. 249-263, 2008.
- MEGLHIORATTI, F.A. *História da construção do conceito de evolução biológica: possibilidades de uma percepção dinâmica da ciência pelos professores de Biologia*. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência) – UNESP, Bauru. 2004.
- MEGLHIORATTI, F. A.; CALDEIRA, A. M. A.; BORTOLOZZI, J. "Conotações de progresso na construção histórica do conceito de evolução biológica e nas concepções apresentadas por professores de biologia". In: *Anais do X Encontro Perspectivas do Ensino de Biologia (EPEB)*, São Paulo: USP, 2006.
- MENDES, M.F.A. *Uma perspectiva histórica da divulgação científica: a atuação do cientista-divulgador José Reis (1948-1958)*. Tese (Doutorado em História das Ciências e da Saúde) – FIOCRUZ, Rio de Janeiro. 2006.
- MILLAR, R. "Towards a science curriculum for public understanding". *School Science Review*, v. 77, n. 280, pp. 7-18, 1996. *Apud*: SANTOS, W.L.P. "Educação científica na perspectiva de letramento como prática social: funções, princípios e desafios". *Revista Brasileira de Educação*, v. 12, n. 36, pp. 474-550, 2007.
- MILLAR, R. "Taking scientific literacy seriously as a curriculum aim". *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, v. 9, n. 2, pp. 1-18, 2008.
- MIRSKY, S. "O que há com os nomes em latim?" Disponível em: <http://www2.uol.com.br/sciam/artigos/o_que_ha_com_nomes_em_latim_.html>. Publicado em fev./2008. Acesso em: 30 jan. 2013.
- MONTEIRO, J.A.; MONTEIRO, S.C.F.; ALMADA, E.; BARBOSA, J.V. "A estética-expressiva da Biologia: "Ensinandoaprendendo" a olhar/ver a célula eucariótica". In: *Anais do V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC)*, Bauru: ABRAPEC, 2005.
- MOREIRA, I.C.; MASSARANI, L. Aspectos históricos da divulgação científica no Brasil. In: MASSARANI, L.; MOREIRA, I.C.; BRITO, F. (Orgs.). *Ciência e Público: caminhos da divulgação científica no Brasil*. Rio de Janeiro: Casa da Ciência, 2002. pp. 43-64.
- MORTIMER, E.F. "Construtivismo, mudança conceitual e Ensino de Ciências: para onde vamos?" *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 1, n. 1, pp. 20-39, 1996.
- MUELLER, S.P.M.; CARIBÉ, R.C.V. "Comunicação Científica para o público leigo: breve histórico". *Informação & Informação*, Londrina, v. 15, n. esp, pp. 13 - 30, 2010.
- NASCIMENTO, T. "O discurso da divulgação científica no livro didático de ciências: características, adaptações e funções de um texto sobre clonagem". *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 5, n. 2, pp. 1-13, 2005.
- NASCIMENTO, T. *Leituras de divulgação científica na formação inicial de professores de ciências*. Tese de (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica) – Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis. 2008.
- O' BRIEN, S.J.; JOHNSON, W.E. "A Evolução dos Gatos". Disponível em: <http://www2.uol.com.br/sciam/reportagens/a_evolucao_dos_gatos.html>. Publicado em ago./2007. Acesso em: 30 jan. 2013.
- O' BRIEN, S.J.; JOHNSON, W.E. "A Evolução dos Gatos – Versão multimídia". Disponível em: <http://www2.uol.com.br/sciam/multimedia/a_evolucao_dos_gatos.html>. Publicado em ago./2007. Acesso em: 30 jan. 2013.
- OLIVEIRA, A.C.S.; SILVA, H.P. "Abordagem da Sistemática Filogenética no Ensino Médio". *Saúde & Ambiente em Revista*, v. 5, n. 1, 2010. Disponível em <<http://publicacoes.unigranrio.edu.br/index.php/sare/article/view/1011>>. Acesso em: 18 jan. 2011.
- OLIVEIRA, F.I. "Comunicação Pública e Cultura Científica". *Revista Parcerias Estratégicas*, n. 13, pp. 201-208, 2001.

- ORLANDI, E. Divulgação Científica e efeito leitor: uma política social urbana. In: _____. *Discurso e texto*. Formulação e circulação dos sentidos. Campinas: Pontes, 2001. pp. 149-162.
- PAPAVERO, N. *Fundamentos práticos de taxonomia zoológica*. 2. ed. São Paulo: USP. 1994.
- PIMENTA, M.; GOUVÊA, G. "Imagens na divulgação científica em jornais de grande circulação no Brasil". In: *Anais do VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC)*, Florianópolis: ABRAPEC, 2009.
- POMBO, O. "Da Classificação dos Seres à Classificação dos Saberes". *Revista da Biblioteca Nacional de Lisboa*, n. 2, Primavera, pp. 19-33, 1998.
- PRAIA, J.; GIL-PÉREZ, D.; VILCHES, A. "O papel da Natureza da Ciência na Educação para a Cidadania". *Ciência & Educação*, v. 13, n. 2, pp. 141-156, 2007.
- PUIATI, L.; BOROWSKY, H.; TERRAZZAN, E. "O texto de divulgação científica como recurso para o ensino de ciências na educação básica: um levantamento das produções nos ENPEC". In: *Anais do VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC)*, Florianópolis: ABRAPEC, 2007.
- ROCHA, D.; DEUSDARÁ, B. "Análise de Conteúdo e Análise de Discurso: aproximações e afastamentos na (re)construção de uma trajetória". *Alea*, v. 7, n. 2, pp. 305-322, 2005.
- ROCHA, M. "Textos de divulgação científica na sala de aula: a visão do professor de ciências". *Revista Augustus*, v. 14, n. 29, pp. 24-34, 2010.
- RODRIGUES, M.E.; JUSTINA, L.A.D.; MEGLHIORATTI, F.A. "O conteúdo de Sistemática e Filogenética em livros didáticos de Ensino Médio". *Revista Ensaio*, Belo Horizonte, v. 13, n. 2, pp. 65-84, 2011.
- SALZANO, F.M. "Somos únicos? Biologia, cultura e humanidade". Disponível em: <http://www2.uol.com.br/sciam/reportagens/somos_unicos__biologia_cultura_e_humanidade.htm>. Publicado em abr./2008. Acesso em: 30 jan. 2013.
- SANTOS, C.M.D.; CALOR, A. "Ensino de Biologia Evolutiva utilizando a Estrutura Conceitual da Sistemática Filogenética – I". *Ciência & Ensino*, v. 1, n. 2, pp. 1-8, 2007.
- SANTOS, C.M.D.; CALOR, A. "Ensino de Biologia Evolutiva utilizando a Estrutura Conceitual da Sistemática Filogenética – II". *Ciência & Ensino*, v. 2, n. 1, pp. 1-8, 2007.
- SANTOS, W.L.P. "Educação científica na perspectiva de letramento como prática social: funções, princípios e desafios". *Revista Brasileira de Educação*, v. 12, n. 36, pp. 474-550, 2007.
- SANTOS, W.L.P.; MORTIMER, E.F. "Tomada de decisão para ação social responsável no Ensino de Ciências". *Ciência & Educação*, v. 7, n. 1, pp. 95-111, 2001.
- SCHNETZLER, R.P. "Construção do conhecimento e Ensino de Ciências". *Em Aberto*, ano 11, n. 55, pp. 17-22, 1992.
- SCHRAGO, C.E.G.; COSTA, C.M.S.; FERREIRA, M.S. "O estudo do método filogenético no Ensino Fundamental". In: *Anais do Encontro Regional de Ensino de Biologia (EREBIO)*, Niterói: SBEnBIO, Regional RJ/ES, 2001.
- SCIENTIFIC AMERICAN BRASIL. Disponível em <<http://www2.uol.com.br/sciam>>. Acesso em: 29 jan. 2013.
- SCIENTIFIC AMERICAN BRASIL. "Colombo levou a Sífilis para a Europa?" Disponível em: <http://www2.uol.com.br/sciam/noticias/colombo_levou_a_sifilis_para_a_europa_.html>. Publicado em 16 jan. de 2008. Acesso em: 30 jan. 2013.
- SÉRIO, A.L.A.; KAWAMURA, M.R.D. "As temáticas da ciência abordada na revista Scientific American Brasil". In: *Anais do VI Encontro Nacional de Pesquisadores em Jornalismo*, São Paulo: SBPJor, 2008.
- SILVA, C.R.; GOBBI, B.C.; SIMÃO, A.A. "O uso da análise de discurso como uma ferramenta para a pesquisa qualitativa: descrição e aplicação do método". *Organizações Rurais & Agroindustriais*, v. 7, n. 1, pp. 70-81, 2005.
- SILVA, H. "O que é Divulgação Científica". *Ciência & Ensino*, Campinas, v. 1, n. 1, pp. 53-59, 2006.

- SILVA, H.R.; ALVES-SILVA, R. "Novas espécies de anfíbios". Disponível em: <http://www2.uol.com.br/sciam/noticias/novas_especies_de_anfibios.html>. Publicado em 28 out./2011. Acesso em: 30 jan. 2013.
- SOUZA, P.H.R. *A Sistemática Filogenética em livros didáticos de Ensino Médio de Biologia*. Monografia (Especialização em Ensino de Ciências com ênfase em Biologia e Química). IFRJ, Rio de Janeiro. 2011.
- SOUZA, P.H.R.; GOLDBACH, T. "A Sistemática Filogenética e o livro didático de Biologia: considerações iniciais". In: *Anais do V Encontro Regional de Ensino de Biologia (EREBIO)*, Vitória: SBEnBIO, Regional RJ/ES, 2010.
- SOUZA, P.H.R.; ROCHA, M.B. "Divulgação Científica no Ensino de Ciências: um estudo do processo de re-elaboração discursiva de um texto de Divulgação para um texto didático". In: *Anais do III Encontro Nacional de Ensino de Ciências da Saúde e do Ambiente (ENECIENCIAS)*, Niterói: UFF, 2012.
- SOUZA, P.H.R.; ROCHA, M.B. "Divulgação Científica e Ensino de Biologia: análise da abordagem da Sistemática Filogenética em imagens de um artigo de Divulgação". In: *Anais do VI Encontro Regional de Ensino de Biologia (EREBIO)*, Rio de Janeiro: SBEnBIO, Regional RJ/ES, 2010.
- TEIXEIRA, M.G.; SHIMIZU, R.D.; UIEDA, V.S.; DINIZ, R.E.S. Hipermídia como um importante recurso didático para o Ensino Fundamental. Pró Reitoria de Graduação da UNESP (Org.). *Livro Eletrônico dos Núcleos de Ensino da Unesp*, 4 ed., São Paulo: UNESP, 2007. pp. 659-667.
- TEIXEIRA, P.M.M. "A educação científica sob a perspectiva da pedagogia histórico-crítica e do movimento C.T.S. no Ensino de Ciências". *Ciência & Educação*, v. 9, n. 2, pp. 177-190, 2003.
- UNESCO. *A Ciência para o Século XXI: uma nova visão e uma base de ação*. Brasília: UNESCO, ABIPTI, 2003.
- VÁZQUEZ-ALONSO, A.; MANASSERO-MAS, M.A.; ACEVEDO-DÍAZ, J.A.; ACEVEDO-ROMERO, P. "Consensos sobre a natureza da ciência". *Química Nova na Escola*, n. 27, pp. 34-50, 2008.
- VOGT, C.; POLINO, C. *Percepção pública da ciência: resultados da pesquisa na Argentina, Brasil, Espanha e Uruguai*. Campinas: UNICAMP; São Paulo: FAPESP, 2003.
- ZIMMER, C. "O que é uma espécie?" Disponível em: <http://www2.uol.com.br/sciam/aula_aberta/o_que_e_uma_especie_.html>. Publicado em ago./2011. Acesso em: 30 jan. 2013.

Anexos

ANEXO A01A: A Evolução dos Gatos

Reportagem

A Evolução dos Gatos

Pistas genéticas no DNA de felinos selvagens do mundo todo permitiram construir com mais clareza a árvore genealógica da família dos felídeos e revelaram vários processos migratórios.

Stephen J. O'Brien e Warren E. Johnson

Elegantes e enigmáticos, os felinos desafiam não somente aqueles que dividem seu sofá com espécies menores, mas também cientistas que tentam descobrir as origens e a história evolutiva de seus primos maiores. Onde o ramo moderno da família dos felinos se desenvolveu? Quando e por que saíram de seu habitat e migraram pelos continentes? Quantas espécies existem atualmente? Quais delas estão mais intimamente relacionadas?

De modo geral, os especialistas concordam que há 37 espécies na família Felidae. No entanto, nas dezenas de esquemas de classificação existentes, alguns pesquisadores dividem as espécies de felinos em apenas dois gêneros, enquanto outros consideram até 23. Quem pode culpá-los? Todas as espécies de felinos são muito semelhantes: todos parecem apenas gatos, de grande, médio ou pequeno porte. Distinguir o crânio de um leão do de um tigre pode ser um desafio mesmo para especialistas. Todas as pesquisas genéticas que nas últimas duas décadas tentaram dividir os felinos em agrupamentos bem definidos falharam.

Nos últimos anos, no entanto, a revolução no sequenciamento genético de vários seres vivos, induzida pelo Projeto Genoma Humano e por poderosas tecnologias de estudo do DNA, deu origem a novas ferramentas de pesquisa extremamente valiosas. Atraídos por essas novas técnicas e com o auxílio de colegas de outras instituições conseguimos finalmente construir a primeira árvore da família Felidae mais claramente resolvida. Comparando as mesmas sequências de DNA de 30 genes de cada espécie de felino existente pudemos determinar as ramificações da árvore. Em seguida, para chegar aos períodos em que cada ramo surgiu, usamos fósseis datados de modo confiável e a análise de “relógios moleculares” – que, com base no grau de diferenciação em um dado gene, permite estimar há quanto tempo as espécies se separaram umas das outras. Assim, foi possível visualizar pela primeira vez um panorama de como felinos de todos os tamanhos se relacionam uns com os outros e como e quando esses magníficos predadores colonizaram os cinco continentes.

Percebemos imediatamente que os estudos de DNA pareciam indicar 37 espécies distribuídas em oito grupos distintos, ou linhagens. Ficamos fascinados, e ainda mais motivados, quando verificamos que os oito grupos definidos exclusivamente por análise molecular estavam de acordo com observações baseadas em outros tipos de informação. Espécies de uma mesma linhagem, por exemplo, frequentemente compartilham características morfológicas, biológicas e fisiológicas encontradas somente em seu próprio grupo.



Fotoliustração por James Porto; esquerda para direita: DLIL C Corbis (linco vermelho); Russell Glen Ister image100/Corbis (gato doméstico); Terry Whittaker Frank Lane Picture Agency/Corbis (gatofero-doméstico); Zainal Zahari Zainudin (gato-dourado asiático); Getty Images (serval); Darryl Estrine Getty Images (tigre); Daniel J. Fox Corbis (puma); Dave King Getty Images (jacuarina).

Uma das linhagens reúne todos os grandes felinos que rugem como o leão, o tigre, o leopardo, a onça e o leopardo-das-neves. Em todos eles a estrutura óssea que dá apoio à língua, chamada hióide, encontra-se parcialmente calcificada, o que permite que esses felinos rujam. Também nesse grupo estão as panteras-nebulosas e as panteras-nebulosas de Bornéu, espécie pouco conhecida de felinos de porte médio com pelagem marmorada. Por terem os ossos do pescoço estruturados de forma um pouco diferente, esses animais não conseguem rugar.



Há cerca de 800 milhões de gatos domésticos em todo o mundo. Fósseis de felinos são tão parecidos que é muito difícil, mesmo para os especialistas, distinguir o crânio de um leão do de um tigre.

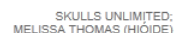
Embora a comparação entre as sequências genéticas tenha identificado as linhagens, a ordem de seu aparecimento e a época em que surgiram (com a ajuda de calibrações com fósseis), precisávamos de duas informações adicionais para descobrir onde os felinos surgiram pela primeira vez e como acabaram se espalhando pelo mundo. Primeiro, determinamos a distribuição atual de cada espécie e, por vestígios paleontológicos, a distribuição de seus ancestrais. Depois, valemo-nos da óptica dos geólogos, que interpretando a composição de depósitos sedimentares inferem a variação do nível dos oceanos, para enxergar melhor o mundo dos felinos. Quando os níveis eram mais baixos, pontes de terra ligavam os continentes, permitindo que os mamíferos migrassem para novos domínios. Quando as águas subiram novamente, esses animais ficaram isolados nos continentes mais uma vez. Estudos de vertebrados mostram que o isolamento em continentes ou ilhas proporciona exatamente aquilo que é necessário para a população se distanciar geneticamente de tal forma que dois grupos, mesmo com ancestrais comuns, não são mais capazes de se acasalar – afastamento reprodutivo que caracteriza a especiação. Com essas peças do quebra-cabeça, pudemos construir uma sequência plausível das migrações dos felídeos ao longo da história.

Com base em registros fósseis apenas, muitos pesquisadores acreditavam que um felídeo chamado *Pseudaelurus*, que viveu na Europa entre 9 milhões e 20 milhões de anos atrás, era o último ancestral comum dos felinos modernos. Note-se que o *Pseudaelurus* não foi o primeiro felino. Sabe-se que grandes felinos dente-de-sabre, chamados nimravídeos, viveram em épocas mais remotas, há cerca de 35 milhões de anos, mas praticamente todos os seus descendentes estão extintos. Nossas pesquisas moleculares recentes, no entanto, sugerem que todos os felinos modernos descendem de apenas uma das várias espécies de *Pseudaelurus* que viveram na Ásia há cerca de 11 milhões de anos. Embora não saibamos ao certo a espécie exata a que esse gato pertenceu, acreditamos que foram desse grupo ancestral tanto o Adão quanto a Eva das 37 espécies de felídeos contemporâneas.

Os primeiro grupo se ramificou há aproximadamente 10,8 milhões de anos, produzindo a linhagem pantera (ver tabela acima), que hoje abrange os grandes felinos rugidores e as duas espécies de panteras-nebulosas. Uma segunda divisão, cerca de 1,4 milhão de anos mais tarde, e também na Ásia, levou à linhagem do gato-da-baía, hoje formada por três pequenos felinos que evoluíram e ainda vivem no sudeste asiático. A separação seguinte formou a linhagem do caracal, hoje representada por três espécies de porte médio cujos progenitores cruzaram a África entre 8 milhões e 10 milhões de anos atrás, participando da primeira migração intercontinental (ver M1 no mapa superior da pág. 60). Nesse período, o nível dos oceanos desceu 60 metros abaixo do atual, descobrindo pontes de terra nas extremidades do mar Vermelho, ligando a África à península da Arábia e facilitando a migração desses animais para o continente africano.

Os felinos migraram porque seu comportamento exige que se espalhem a cada geração. Quando chegam à adolescência, machos – e eventualmente fêmeas – jovens são forçados a abandonar seu local de origem. Assim, ao longo do tempo, populações crescentes de felinos precisam de territórios cada vez maiores. Esse comportamento, somado à necessidade de seguir presas migratórias, provavelmente explica por que os felinos se deslocaram. Eles também são predadores extremamente habilidosos que sempre aproveitam as oportunidades de explorar novos espaços.

Quando alcançaram a África, os felinos asiáticos se espalharam por seu continente e atravessaram o estreito de Bering, chegando ao que é, hoje, o Alasca (M2). Quando felinos já rondavam pela Ásia, Europa, África e América do Norte, o nível dos oceanos voltou a subir, separando os continentes, com o isolamento e as mudanças de habitat, as espécies foram surgindo. Na América do Norte, a linhagem da jaguatirica e do lince se separaram dos migrantes originais entre 8 milhões e 7 milhões de anos atrás. A linhagem da jaguatirica acabou se dividindo em duas espécies e o outro grupo produziu quatro: três de lince e o lince vermelho. A linhagem do puma formou-se há 6,7 milhões de anos, dando origem ao puma (também chamado de leão-damontanha ou onça-parda), ao gato-mourisco e ao guepardo americano. Fósseis dessas espécies em depósitos americanos confirmam sua origem no hemisfério ocidental.



Leões, tigres, onças e leopardos são os únicos felinos que rugem. Um osso parcialmente calcificado na garganta, chamado hióide, permite que eles rujam.

Agora podemos afirmar que o gato foi domesticado em diferentes ocasiões, todas entre 8 mil e 10 mil anos atrás, na região do Crescente Fértil (nordeste da África), à medida que populações humanas nômades começaram a se reunir em pequenos povoados em torno dos primeiros assentamentos agrícolas. Esses antigos fazendeiros cultivavam trigo e cevada. Os gatos selvagens da região, talvez atraídos pela grande quantidade de roedores, atraídos, por sua vez, pelos grãos cultivados, aparentemente “se ofereceram” como companheiros cautelosos, ganhando abrigo em troca da eliminação dos roedores. O número crescente de gatos selvagens já domesticados proliferou naturalmente e, desde então, seu destino se uniu definitivamente ao dos humanos.

Esses animais ainda empreenderam uma nova migração. Ela teve início primeiro a pé, depois passou para os vagões de trens e finalmente para os navios transoceânicos, espalhando os gatos domesticados pelo mundo. Cerca de 600 milhões de gatos domésticos vivem hoje no planeta – praticamente a única espécie de felino não considerada ameaçada ou em perigo de extinção pelas organizações de preservação. No século XIX, os donos de gatos tentaram fazer com que seus bichanos se acasalassem de forma seletiva, para produzir animais exóticos. A Associação Americana de Gatos Raros catalogou 41 raças oficiais de gatos, dos maine coon aos siameses, todos com raízes que remontam ao nascimento da civilização humana e felina na região do Crescente Fértil.

A história evolutiva decorrente de nossos estudos sobre as famílias de felinos serve como prenúncio para o campo ainda muito recente da “pré-história genética”. Como no caso dos felinos, os padrões de variação genética que cada espécie carrega contêm sinais de seus parentes, migrações, dizimações e expansões por todo o planeta.

A história da família dos felinos é obscura porque os fósseis desses animais são esparsos e é difícil distingui-los. Mas avanços no estudo do DNA permitiram que a primeira árvore genealógica da família dos felídeos fosse construída de forma clara.

Evidências no DNA mostram que todos os felinos existentes carregam os mesmos traços de um predador semelhante à pantera que viveu no sudeste asiático há cerca de 10,8 milhões de anos. Os grandes felinos rugidores foram os primeiros a se ramificar, seguidos por outras sete linhagens.

Quando o nível dos oceanos variou, os felinos migraram para novos continentes, dando origem a novas espécies. Um pequeno gato selvagem foi domesticado no leste próximo entre 8 mil e 10 mil anos atrás.

Apesar de seu sucesso evolutivo, hoje quase todas as espécies de felinos selvagens estão ameaçadas. – Os editores.

Entre 2 milhões e 3 milhões de anos atrás, uma nova era do gelo fez com que os oceanos recuassem mais uma vez (também por causa da movimentação de massas de terra), o suficiente para ligar as Américas do Sul e do Norte através do istmo do Panamá. Alguns felinos migraram para o sul (M3), onde encontraram um continente sem carnívoros placentários (como ursos, cães, gatos, gambás etc.). A América do Sul permaneceu isolada das massas de terra do norte durante dezenas de milhões de anos e estava repleta de espécies de marsupiais, incluindo variedades bem-sucedidas de carnívoros. Mas quando os felinos atravessaram o Panamá, já tinham se tornado predadores temíveis. Os carnívoros marsupiais não foram páreo para eles. Praticamente todos eles foram rapidamente substituídos por carnívoros migrantes, como os felinos da linhagem das jaguatiricas, que se diversificaram ainda mais nesse novo lar, criando sete espécies que ainda sobrevivem na América do Sul.

Como a última era do gelo tinha terminado há cerca de 12 mil anos, as camadas de gelo que cobriam todo o Canadá e a parte norte dos Estados Unidos foram derretendo lentamente, transformando essas paisagens estereis em florestas e prados verdejantes. Após o degelo, um cataclismo dizimou 40 espécies de mamíferos da América do Norte. As chamadas extinções do Pleistoceno eliminaram 75% dos animais de grande porte que lá viviam: mamutes, mastodontes, lobos pré-históricos, poderosos ursos-de-cara-achatada, preguiças-gigantes, leões americanos, felinos dente-de-sabre, pumas e guepardos. Todos teriam desaparecido da América do Norte depois desse período. Os guepardos escaparam da extinção porque vários milhões de anos antes, quando os oceanos ainda estavam baixos, alguns de seus ancestrais retornaram para a Ásia (ver M4 no mapa inferior da pág. 60) e depois para a África (M5). Os pumas escaparam da extinção em refúgios na América do Sul e voltaram a povoar a América do Norte muitas gerações depois. Outras espécies nunca retornaram.

A Jornada Continua

Praticamente ao mesmo tempo que os guepardos trilharam seu caminho de volta da América para a Ásia, as linhagens precursoras do gato leopardo e do gato doméstico também atravessaram a ponte de terra de Bering para a Ásia. Como resultado, a linhagem do gato leopardo produziu o gato leopardo asiático e quatro pequenas espécies: gato leopardo indiano ou gato-ferrugem, encontrado na Índia, gato-de-pallas, na Mongólia, gato-de-cabeça-chata, na Indonésia, e gato-pescador, espalhado pela Ásia.

Ainda na Ásia, durante esse período, os grandes felinos rugidores da linhagem pantera se espalharam ainda mais. Tigres de 320 kg podiam ser encontrados na Índia, Indochina, sudeste asiático e China, e, no norte e oeste da Ásia central, os leopardos-das-neves se adaptaram às altitudes do Himalaia e de Altai (a leste da Sibéria). Os leopardos se espalharam pela Ásia e pela África, onde são encontrados atualmente. Os leões e as onças viajaram para a América do Norte durante o fim do Plioceno, entre 3 milhões e 4 milhões de anos atrás. Embora as extinções do Pleistoceno tenham eliminado ambas as espécies da América do Norte, as onças fugiram para a América do Sul e os leões encontraram na África um continente hospitaleiro. Lá, o rei dos animais hoje luta para sobreviver: sua população não ultrapassa os 30 mil indivíduos. Na Ásia, os leões estão praticamente extintos. Somente uma pequena população remanescente de cerca de 200 leões asiáticos, totalmente nativa, sobrevive no Santuário da Floresta de Gir, na província de Gujarat, a oeste da Índia.

Nossas análises genéticas também revelaram fortes evidências de uma quase extinção dos tigres. Há cerca de 73 mil anos, erupções violentas do vulcão Toba, em Bornéu, aniquilaram várias espécies de mamíferos no leste da Ásia, incluindo uma população de tigres largamente disseminada. Um pequeno grupo de tigres sobreviveu e repovoou a região – a falta de diversidade genética entre seus descendentes modernos indica que o grupo de animais que sobreviveu para dar continuidade à linhagem era mesmo muito pequeno. Como os guepardos e os pumas na América do Norte, os tigres escaparam por um triz.

Na Nossa Sala de Visitas

O ato final na jornada dos felinos, da natureza para nossa casa, começou nas florestas e desertos próximos à bacia mediterrânea. Lá, um punhado de espécies pequenas (pesando menos de 10 kg) havia emergido gradativamente – o gato-da-selva do leste asiático, o gato-do-deserto do oriente médio, o gato-de-patas-negras da África e uma espécie onipresente de gato selvagem com quatro subespécies bem reconhecidas (européia, centro-asiática, do leste próximo e chinesa). Uma dessas subespécies deu origem a um dos mais bem-sucedidos experimentos da história – o da domesticação dos gatos. Um estudo de genética molecular sobre gatos domésticos e selvagens do mundo todo feito por Carlos Driscoll, da University of Oxford, veio esclarecer esse processo. Todos os gatos domésticos carregam uma assinatura genética compatível com a dos gatos selvagens de Israel e do leste próximo.

Agora podemos afirmar que o gato foi domesticado em diferentes ocasiões, todas entre 8 mil e 10 mil anos atrás, na região do Crescente Fértil (nordeste da África), à medida que populações humanas nômades começaram a se reunir em pequenos povoados em torno dos primeiros assentamentos agrícolas. Esses antigos fazendeiros cultivavam trigo e cevada. Os gatos selvagens da região, talvez atraídos pela grande quantidade de roedores, atraídos, por sua vez, pelos grãos cultivados, aparentemente “se ofereceram” como companheiros cautelosos, ganhando abrigo em troca da eliminação dos roedores. O número crescente de gatos selvagens já domesticados proliferou naturalmente e, desde então, seu destino se uniu definitivamente ao dos humanos.

EUROPA

Gato selvagem europeu
Lince Ibérico

NORTE DA ÁSIA

Gato silvestre asiático
Lince eurasiático
Gato silvestre da China
Gato-de-pallas
Leopardo-das-neves

AMÉRICA DO NORTE

Lince vermelho
Lince canadense
Onça
Puma

ÁFRICA SUBSAARIANA

Gato-dourado africano
Leão africano
Gato silvestre africano
Gato-de-patas-negras
Caracal
Guepardo ou chita
Leopardo
Serval

ÁSIA TROPICAL

Gato-dourado asiático
Leão asiático
Gato-da-baía de Bornéu
Pantera-nebulosa de Bornéu
Pantera-nebulosa
Gato-pescador
Gato-de-cabeça-chata
Gato-da-selva
Leopardo
Gato leopardo
Gato-bravo-marmoreado
Gato-ferrugem
Gato-do-deserto
Tigre

AMÉRICA DO SUL

Gato-preto-dos-andes
Gato-do-mato-grande
Onça-pintada
Gato-mourisco
Gato-kodkod

SHARON ANGLIN (O'BRIEN, JOHNSON); NORBERT RO SING E BEVERLY JO UBERT NATIONAL GEOGRAPHIC IMAGE COLLECTION; TOM BRAKEFIELD CORBIS; JOE MCDONALD; BEVERLY JO UBERT; TK OFOTO.COM; SA TEAM FOTO NATURA



SHARON ANGLIN (O'BRIEN, JOHNSON); NORBERT RO SING E BEVERLY JO UBERT NATIONAL GEOGRAPHIC IMAGE COLLECTION; TOM BRAKEFIELD CORBIS; JOE MCDONALD; BEVERLY JO UBERT; TK OFOTO.COM; SA TEAM FOTO NATURA



Historicamente, os taxonomistas sempre tiveram dificuldade em classificar as famílias de felinos porque os registros fósseis são dispersos e é difícil distinguir, no fóssil, uma espécie da outra. Ao analisar o DNA de todas as 37 espécies vivas, os autores conseguiram distinguir oito linhagens na família de felídeos. O DNA foi obtido da coleta de amostras de sangue ou de tecido de cada uma das espécies. Não foi fácil obter todas elas, porque algumas espécies são raras e vivem em locais remotos. Os taxonomistas também analisaram sete espécies "fora do grupo", parentes próximos dos gatos, da família Viverridae, do gato-almiscarado e do mangusto. Essas espécies forneceram a linha de referência para que as divergências encontradas entre os dados, na família Felidae, fossem estimadas.

Os cientistas analisaram o DNA dos cromossomos X e Y e das mitocôndrias (partes da célula que geram energia e são transmitidas através da linha materna). Eles se concentraram na sequência de DNA de 30 genes diferentes, ao todo 22.789 letras de nucleotídeos para cada espécie de felino. Praticamente a metade dessas sequências é variável ao longo das diferentes espécies. É nessas diferenças que os investigadores se baseiam para determinar o parentesco entre os grupos e em que época eles surgiram. Os genes acumulam mudanças ao longo do tempo. Se não forem prejudiciais, essas mudanças persistem. Assim, uma espécie que emerge primeiro tem mais tempo para seus genes sofrerem mudanças e apresentar maior variação em um certo gene. Então é possível afirmar com segurança que espécies cujos genes compartilham mudanças iguais estão mais próximas.

Como a análise do DNA permitiu que os pesquisadores esclarecessem os nós das ramificações ou "forquilha" na árvore da família dos felídeos, eles se concentraram na análise dos fósseis, para estimar quando realmente aconteceram. A idade de dezenas de fósseis de felinos ancestrais foram determinadas por paleontólogos utilizando métodos de datação.

Certos fósseis de felinos considerados elos perdidos (ancestrais comuns mais recentes de grupos como o dos grandes felinos, lince ou jaguatirica) forneceram 16 datas para pontos específicos de ramificação na árvore genealógica dos felídeos. Em seguida, programas matemáticos de computador baseados em um relógio molecular acumulativo contínuo transformaram os dados genéticos em estimativas do tempo transcorrido após cada nó de divergência. (A idéia do relógio molecular pressupõe que algumas mudanças evolutivas ocorreram a uma taxa regular. Por exemplo, mutações podem ser incorporadas ao DNA de genes a uma taxa constante ao longo de milhões de anos. Assim, diferenças no DNA podem estimar a data em que duas linhagens se separaram de um ancestral comum.)

A contribuição mais recente foi o sequenciamento genético completo de um gato da Abissínia batizado Cinnamon ("Canela"). O sequenciamento de Cinnamon, juntamente com o de outras 32 espécies de mamíferos (incluindo humanos, camundongos, cachorros, vacas, elefantes e representantes da maioria das ordens de mamíferos), forneceu um conjunto quase ilimitado de informação genética ao longo dos 100 milhões de anos de história mamíferos modernos. – Os editores

KRISTINA NARFSTRÖM



CINNAMON (CANELA) DNA sequenciado

Wild cats of the world. M. Sunquist e F. Sunquist. University of Chicago Press, 2002.

Tears of the cheetah and other tales from the genetic frontier. S. J. O'Brien. St. Martin's Press, 2003.

Phylogeography and conservation genetics of tigers (Panthera tigris). S. J. Luo e colegas, em PLoS Biology, vol. 2, págs. 2277-2293, 2004.

Big cat genomics. S. J. O'Brien e W. E. Johnson, em Annual Reviews of Genomic and Human Genetics, vol. 6, págs. 407-429, 2005.

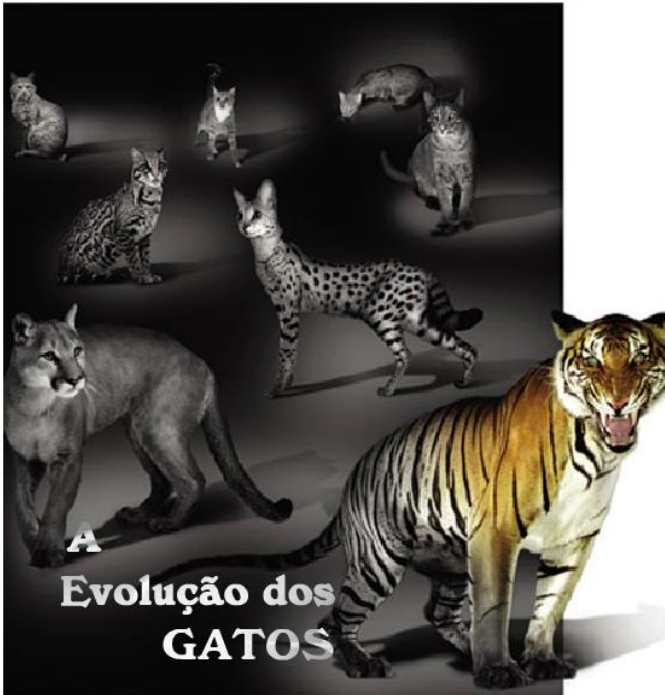
The late Miocene radiation of modern Felidae: a genetic assessment. W. E. Johnson, E. Eizirik, W. J. Murphy, J. Pecon-Slatery, A. Antunes, E. Teeling e S. J. O'Brien, em Science, vol. 311, págs. 73-77, 2006.

ANEXO A01b: A Evolução dos Gatos – versão multimídia

Multimídia

A Evolução dos Gatos

A Evolução dos Gatos



**A
Evolução dos
GATOS**

Entrar

INTRODUÇÃO



Conceitos-chave

A história da família dos felinos é obscura porque os fósseis desses animais são esparsos e é difícil distingui-los. Mas os avanços no estudo do DNA permitiram que a primeira árvore genealógica da família dos felídeos fosse claramente construída.

As evidências do DNA mostram que todos os felinos existentes guardam os mesmos traços de um predador semelhante à pantera que viveu no sudeste asiático há cerca de 10,8 milhões de anos. Os grandes felinos rugidores foram os primeiros a se ramificar, seguidos por outras sete linhagens.

À medida que o nível dos oceanos subia e descia, os felinos migraram para novos continentes, dando origem a novas espécies. Um pequeno gato selvagem foi domesticado no Leste Próximo entre 8 mil e 10.000 mil anos atrás.

Por Stephen J. O'Brien & Warren E. Johnson



8 LINHAGENS

Gato-dourado
asiático

Tigre



Jaguaririca



Serval



Lince Vermelho

Puma
(leão-da-
montanha)7 Linhagem
Gato-leopardo-asiático

Esses pequenos gatos (2 kg a 12 kg) ocupam uma larga faixa de habitats na Ásia, das matas de manguezais até as estepes da Mongólia. É o felino mais comum da Ásia. O gato ferrugem pertence a essa linhagem.



Gato ferrugem

Gato
doméstico

A Evolução dos Gatos

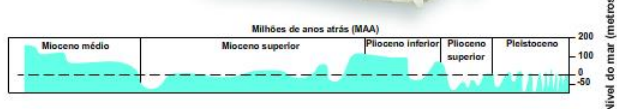
SCIENTIFIC
AMERICAN Brasil

INTRODUÇÃO LINHAGEM ÁRVORE MIGRAÇÃO

A ÁRVORE GENEALÓGICA DOS FELINOS

[Abrir árvore](#)

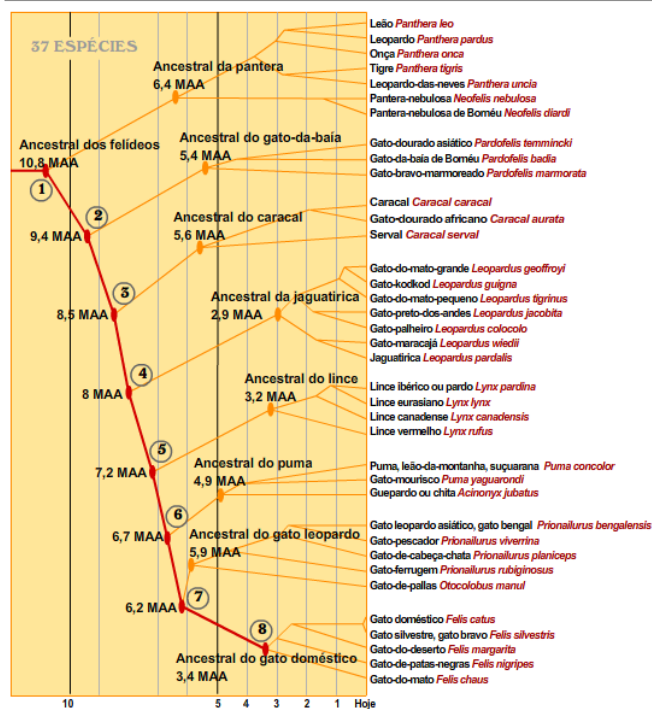
Cientistas compararam as sequências de DNA de 37 espécies de felinos para determinar os ramos da árvore. Os fósseis forneceram datas que indicam quando as principais ramificações ocorreram.



A Evolução dos Gatos

SCIENTIFIC
AMERICAN Brasil

INTRODUÇÃO LINHAGEM ÁRVORE MIGRAÇÃO



A Evolução dos Gatos

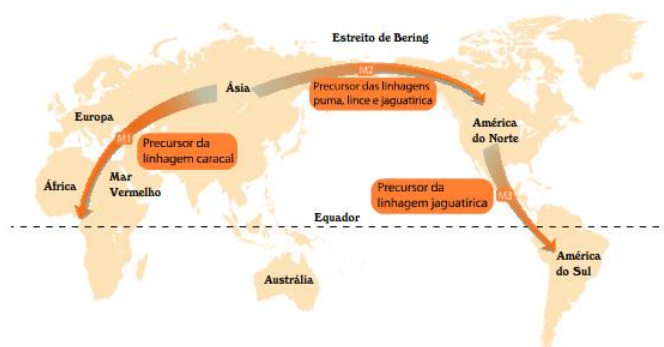
SCIENTIFIC
AMERICAN Brasil

INTRODUÇÃO LINHAGEM ÁRVORE MIGRAÇÃO

A primeira onda migratória de felinos

A segunda onda migratória de felinos

Há cerca de 9 milhões de anos, os descendentes de um predador semelhante à pantera, que é o ancestral de todos os felinos, começaram a migrar da Ásia para a África (M1) e para a América do Norte (M2) – e mais tarde para a América do Sul (M3). Nesse período, os oceanos atingiram níveis extremamente baixos, o que permitiu que "pontes" de terra se estendessem pelo estreito de Bering e os extremos norte e sul do mar Vermelho, facilitando o deslocamento desses animais.

[ver novamente](#)

A Evolução dos Gatos

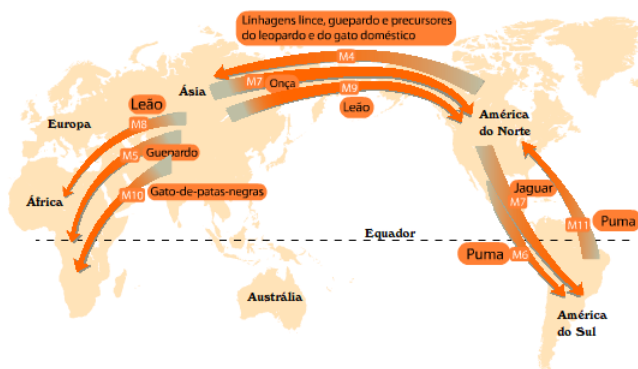
SCIENTIFIC
AMERICAN Brasil

INTRODUÇÃO LINHAGEM ÁRVORE MIGRAÇÃO

A primeira onda migratória de felinos

A segunda onda migratória de felinos

Várias migrações ocorreram entre 1 milhão e 4 milhões de anos atrás, quando o nível mais baixo dos oceanos permitiu que os continentes se interligassem mais uma vez. A migração mais recente dos pumas (M11) aconteceu entre 8 mil e 10 mil anos atrás.

[ver novamente](#)

ANEXO A02: Colombo levou a sífilis para a Europa?

Notícias

Colombo levou a sífilis para a Europa?

A DST pode ter sido a primeira doença globalizada

Aparentemente, o Novo Mundo não foi só o que o intrépido explorador Cristóvão Colombo descobriu. Parece que também devemos a ele a difusão do patógeno causador da sífilis – além de notícias das Américas – pela Europa.

Um novo estudo traz evidências que, de acordo com os cientistas, são as mais claras até agora de que o aventureiro italiano e parte de sua tripulação contraíram a doença durante a expedição para o Novo Mundo – e, sem querer, a introduziram no Velho Mundo em 1493.

A pesquisa é o ponto alto de séculos de debates sobre a doença ter se desenvolvido a partir de uma bactéria originária do Velho ou do Novo Mundo.

Pesquisadores da Emory University, em Atlanta, relataram na publicação online PLoS Neglected Tropical Diseases que usaram filogenética – um estudo da ligação evolucionária entre organismos – para estudar 26 linhagens dispersas de uma família de bactérias conhecida como Treponemas, causadora da sífilis, uma doença sexualmente transmissível, e também de infecções não-venéreas, como a boubas (um tipo de erupção cutânea). Eles descobriram que as linhagens que causam a sífilis venérea apareceram em um período relativamente recente na história humana, e estão intimamente relacionadas a uma antiga infecção isolada na América do Sul que causa boubas.

“Isso corrobora a hipótese de que a sífilis – ou algum precursor dessa doença – veio do Novo Mundo,” – declarou Kristin Harper, pesquisadora de genética molecular na Emory e principal autora do estudo.

De acordo com os pesquisadores, a origem da sífilis tem sido debatida acaloradamente desde a primeira epidemia registrada na Europa, em 1495. A maior parte das evidências científicas recentemente foi obtida de ossos de membros de civilizações antigas, tanto do Novo quanto do Velho Mundo; os ossos eram considerados marcadores confiáveis já que a sífilis crônica causa lesão esquelética. No entanto, as análises dos ossos foram dificultadas pela incapacidade de determinar sua idade com precisão, e também pela falta de evidências epidemiológicas.

Outro empecilho potencial é o fato das bactérias Treponema causarem doenças que compartilham sintomas similares, mas são transmitidas de maneiras diferentes. A sífilis é sexualmente transmissível, enquanto que a boubas e a sífilis crônica são doenças tropicais que se espalham pelo contato oral ou pela pele. Uma hipótese é que subespécies de Treponema das Américas tropicais tenham se transformado em linhagens venéreas e mais virulentas, causadoras de sífilis, para conseguirem sobreviver aos climas mais amenos da Europa.

Os cientistas dizem que o estudo é significativo por causa do grande número de linhagens analisadas, incluindo duas espécies de boubas encontradas em habitantes isolados nas Guianas.

“A sífilis foi uma grande assassina na Europa durante o Renascimento”, conta George Armelagos, biólogo da Emory especializado no estudo do esqueleto e co-autor da pesquisa, e que estuda a doença há três décadas. “Compreender sua evolução é importante não apenas para a biologia, mas também para entender a história social e política. Poderíamos dizer que a sífilis é um dos primeiros e mais importantes exemplos de doença globalizada, e a globalização permanece um fator importante para as doenças emergentes.”



Cristóvão Colombo – Nova pesquisa revela que o explorador e seus homens podem ter levado a sífilis de volta para a Europa na bagagem.

ANEXO A03: O que há com nomes em latim?

Artigos

O que há com nomes em latim?

O talento especial por trás das espécies e gêneros

Steve Mirsky

O papa-légua é classificado como *Geococcyx californianus*. O menor, como *Geococcyx velox*. E aquele mais familiar, do desenho animado (bip, bip), foi designado em ocasiões diferentes como *Accelerati incredibilis*, *Velocitus tremenjus*, *Birdibus zippibus*, *Speedipus rex* e *Morselus babyfastious tastius*. E quem fracassa em suas tentativas de apanhá-lo é Wile E. Coyote, ele próprio classificado como um representante das espécies *Carnivorous slobbius*, *Eatius birdius*, *Overconfi dentii vulgaris*, *Poor schinookius* ou *Caninus nervous rex*. (Os coiotes reais são *Canis latrans*, o que soa como um banheiro usado por legionários romanos.)

Então a quem nós, e as figuras do desenho animado, temos a agradecer por criar as regras que levaram a todo esse pomposo humor alatinado? A ninguém menos que o naturalista sueco Carl Linnaeus, que era tão apaixonado por nomear coisas que deu a si mesmo alguns outros: Carl Linné, Carl von Linné, Carolus Linnaeus e Caroli Linnaei, nomes pelos quais propôs o sistema padrão de gênero das espécies da nomenclatura taxonômica binominal, ainda usada para registrar toda a vida existente. O ano de 2007 foi o do tricentenário do nascimento de Linnaeus, o que mostra que a contribuição de algumas pessoas dá a elas uma *vita postmortem* que não é nada *brevis*.

O jornalista e fofoqueiro americano H. L. Mencken fez um involuntário tributo à classificação de Linnaeus quando apelidou grande parte da população americana de *Boobus americanus*. (Não se preocupe. São os outros, não você.) Mencken descreveu o perpetuamente mistificado *B. americanus* como "um pássaro que desconhece a estação proibida", o que coincidentemente descreve o Papa-Légua, também conhecido como *Disappearialis quickius*. Mencken, por falar nisso, cobriu o famoso caso Scopes, no qual o *Homo sapiens* tratou a ideia de estar relacionado ao *Gorilla gorilla* e ao *Pan troglodytes* como se fosse uma infecção da *Yersinia pestis*.

Entre os muitos comentários enérgicos sobre o *H. sapiens*, está o de que "um idealista é alguém que, sabendo que uma rosa cheira melhor que um repolho, conclui que ela também dará uma sopa melhor". E, na verdade, misturando qualquer uma das numerosas espécies do gênero *Rosa* com *Brassica oleracea* do grupo *Capitata*, fica ainda mais aloprado (*Bertholetia excelsa*) em latim. Prevenir a confusão é uma razão pela qual o sistema de Linnaeus é tão útil: o presidente francês pode chamá-lo um "moineau", o rei da Espanha Juan Carlos, de um "gorrión", e o vice-presidente americano Dick Cheney pode (ou não) bradar "explosão à frente!" antes de abatê-lo do céu, mas o pássaro em questão seria reconhecível por todos os seus conselheiros científicos como *Passer domesticus*. Que também é conhecido em inglês como um pardal doméstico. E por não terem os nomes comuns das espécies a autoridade das designações oficiais de Linnaeus, mesmo dentro de uma mesma língua, o pardal doméstico é conhecido também em inglês como o pardal inglês. Algum taxonomista pode ajudar?

Os dois grandes trabalhos gêmeos de Linnaeus foram o *Species planterum*, de 1753, no qual classificou toda espécie conhecida de vegetação, e o *Systema naturae*, de 1758, que celebra 250 anos este ano e foi o primeiro esforço importante de organização do mundo animal. O verbete sobre Linnaeus na Wikipedia, nota-se, por ter o hábito de nomear todas as coisas vivas que encontrava, pensava em si mesmo como um segundo Adão. A capa de *Systema naturae*...

ra exibição
s nomes a
causa do
ma ciência

Linnaeus parece ter ocasionalmente abusado de seu poder apelativo. O Jardim Botânico de Nova York, que em novembro passado fez uma ra pública da própria cópia anotada por Linnaeus de seu *Systema naturae*, ressalta em seu website que "ele se vingou de seus críticos dando seu plantas e animais desagradáveis. Por exemplo, nomeou a *Siegesbeckia*, erva daninha sem atrativos que exala um líquido de mau cheiro, por botânico alemão Johan Siegesbeck". Linnaeus seria assim provavelmente um pé no *Scrotum*. Mas sem ele, a biologia poderia não ter se tornado u respeitável.

FOTOGRAFIA DE FLYNN LARSEN; ILUSTRAÇÃO DE MATT COLLINS



ANEXO A04: Somos únicos? Biologia, cultura e humanidade

Reportagem

Somos únicos? Biologia, cultura e humanidade

Embora haja um elo comum entre os seres humanos e toda a biosfera, existem certas peculiaridades, algumas especialmente criadas pelo desenvolvimento da cultura, que nos distinguem dos outros seres vivos. O conhecimento científico nos proporcionou uma ideia mais clara sobre a nossa posição no Universo, e possibilidades inimagináveis há até pouco tempo de

Francisco M. Salzano

Para desespero dos conservadores o Universo está mudando continuamente. Mas a mudança não é aleatória ou desordenada. Segue padrões específicos, e o termo correto para descrevê-la é evolução. A partir de uma origem determinada desenrola-se toda uma série de eventos concatenados. Eles podem incluir tanto o mundo inorgânico como o orgânico. O postulado básico do conceito de evolução biológica é que todas as formas orgânicas atualmente existentes neste planeta derivaram de um ancestral comum, universal.

Embora ninguém estivesse lá para assistir, o início de tudo deve ter sido uma enorme explosão, ocorrida talvez há 15 bilhões de anos. O termo Big Bang foi primeiramente usado para descrevê-la de forma depreciativa pelo cosmólogo inglês Fred Hoyle (1915-2001), defensor da teoria rival de que o Universo seria estacionário. Mas o termo foi imediatamente adotado pelos adeptos dessa alternativa. O certo é que a grande massa das evidências obtidas até agora são todas favoráveis ao modelo do Big Bang, embora ainda restem muitas perguntas, especialmente sobre o que ocorrerá no futuro.

O cenário atualmente aceito é o de uma expansão espetacular, seguida de mudanças drásticas de temperatura com a formação gradativa dos elementos químicos atuais. A expansão iniciada naquela época continua ainda hoje, devidamente avaliada através da radiação cósmica de fundo. Paulatinamente formaram-se as estrelas e as galáxias e eventualmente o nosso Sistema Solar, há 4,5 bilhões de anos.

As transições seguintes ocorreram com a origem da vida, entre 3,9 bilhões e 3,6 bilhões de anos atrás (portanto, logo no início do desenvolvimento do Sistema Solar), e a origem recentíssima de nossa espécie, há uns meros 130 mil anos antes do presente (A.P.).

Singularidade é a qualidade do que é singular, único, particular, individual. A referência anterior mencionou três singularidades: a origem do Universo, da vida e da espécie humana. Mas somos realmente únicos? O britânico Robert Foley publicou em 1987 – a versão em português saiu em 1993 – um livro com o título provocante de *Apenas mais uma espécie única*, referindo-se à espécie humana. Argumentou que, embora o *Homo sapiens* seja único, também únicas são todas as outras espécies. Há, portanto, necessidade de outros critérios para localizar os seres humanos no grande mosaico da vida no planeta. O primeiro seria o da comparação da nossa constituição biológica com a de nossos parentes mais próximos para verificar se as diferenças são muito maiores que aquelas que, em média, ocorrem entre duas outras espécies quaisquer. O segundo critério seria baseado na existência, entre nós, de um atributo único: a cultura.



AS EVIDÊNCIAS obtidas até agora são favoráveis ao modelo do Big Bang, segundo o qual o Universo teve início com uma grande explosão, há uns 15 bilhões de anos

ARTE GLOBO E TABELAS: PAULO CESAR PEREIRA

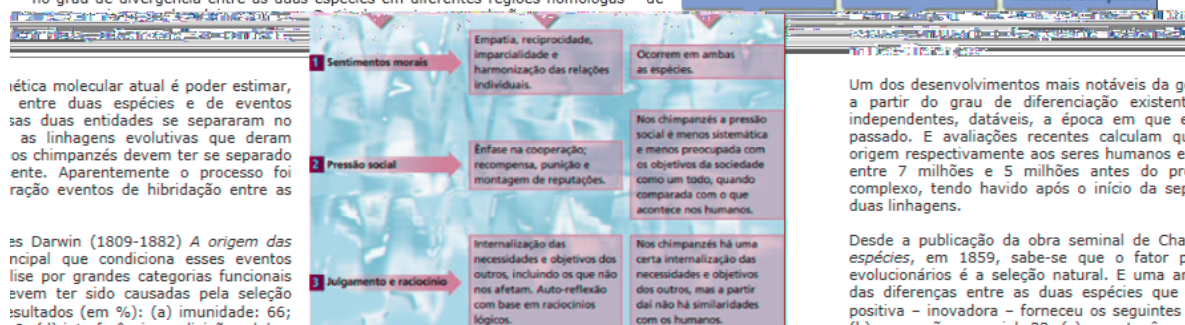


IMAGENS © ISTOCKPHOTOS : CHIMPANZÉ: FOTO DE JURIE MAREE; GOLFINHO: FOTO DE GRAEME WHITTLE; CRIANÇA: FOTO DE ROBERT CHURCHILL; MENINA AFRICANA: FOTO DE PEETER VIISIMAA

Nós e os Chimpanzés

Sempre houve curiosidade em verificar quais seriam as relações evolutivas entre a espécie humana e a dos grandes macacos (chimpanzé, gorila e orangotango). Após muita discussão, pesquisa e análises conflitantes está agora firmemente estabelecido que, dos três, o chimpanzé sem dúvida é o nosso parente mais próximo. O fantástico desenvolvimento da genética molecular proporcionou a elucidação completa de todo o genoma de ambas as espécies, possibilitando análises aprofundadas, minuciosas, sobre semelhanças e diferenças dos dois conjuntos gênicos.

Ninguém confunde, morfológicamente, um chimpanzé com um ser humano. E, no entanto, a diferença média entre as duas espécies em nível nucleotídico – da unidade do DNA, o material genético – é de apenas 1,2%. É verdade que quando se examina um tipo específico de variação no DNA – inserções ou acréscimos/deleções ou perdas – a diferença aumenta, mas não muito (3%). Saliente-se, porém, que há ampla variação no grau de divergência entre as duas espécies em diferentes regiões homólogas – de



ética molecular atual é poder estimar, entre duas espécies e de eventos das duas entidades se separaram no as linhagens evolutivas que deram os chimpanzés devem ter se separado ente. Aparentemente o processo foi razão eventos de hibridação entre as

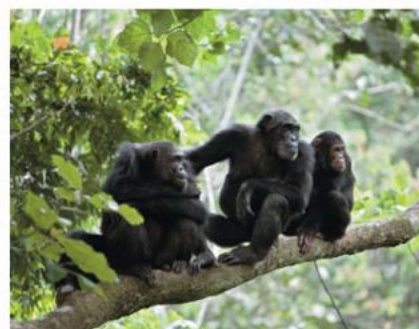
as Darwin (1809-1882) *A origem das* ncial que condiciona esses eventos lise por grandes categorias funcionais vem ter sido causadas pela seleção :ultados (em %): (a) imunidade: 66; 8; (d) interferência na divisão celular: ridos em atividades cérebro específicas humanos que em chimpanzés. Outro DNA não-codificadoras de proteínas que se mostraram conservadas ao longo da evolução, revelou ritmo s – em regiões próximas a genes envolvidos na adesão de células neuronais.

A conclusão a que se chega com relação ao primeiro critério sugerido por Foley na seção anterior – grau de diversidade entre espécies próximas – mostra que as diferenças biológicas entre humanos e chimpanzés são pequenas, não explicando a possível singularidade da espécie humana quando comparada com as outras.

Origem da Moralidade

O segundo critério indicado por Foley para a atribuição de uma característica única à nossa espécie seria a existência da cultura. Lamentavelmente, como salientou esse autor, parece haver quase tantas definições de cultura quanto antropólogos. Um conceito que já utilizei anteriormente define cultura como o complexo de padrões de comportamento, das crenças, das instituições e de outros valores espirituais e materiais transmitidos coletivamente e característicos de uma sociedade. Para começar, pode-se examinar, como o fez Frans de Waal recentemente, até que ponto as raízes evolutivas da moral poderiam ser encontradas nos chimpanzés ou mesmo no gênero *Cebus* de macacos sul-americanos, que ele vem estudando por décadas.

Aqui também, o primeiro problema a enfrentar é a definição de moralidade. De Waal adota a definição de A. MacIntyre, segundo a qual "moralidade é um fenômeno grupo-orientado nascido do fato de que dependemos de um sistema de suporte social para a sobrevivência". Ele também sugere que o domínio da ação moral pode ser resumido em duas palavras: ajudar ou (não) ferir, e que não se devem confundir convenções sociais com linguagem moral. Mesmo porque, com relação às primeiras, o que choca uma pessoa em determinada cultura pode ser perfeitamente aceitável em outra – por exemplo, a exposição dos seios ou outras regiões do corpo; ou as uniões homossexuais. Os temas centrais de nosso tempo: pena de morte, aborto, eutanásia; cuidados com os idosos, doentes ou pobres; todos envolvem os problemas eternos de vida, morte, recursos e cuidados. A tabela 1 apresenta com mais detalhe as características da moralidade, relacionando-as com o que ocorre em humanos e chimpanzés. Pode-se distinguir entre estes últimos sentimentos morais, porém, a preocupação de suas sociedades com esses sentimentos é menos sistemática, e o desejo de um comportamento moral internamente consistente é único à nossa espécie. Apesar de buscas nesse sentido, até hoje ninguém encontrou no planeta uma universidade de chimpanzés que estivesse investigando as diferenças e similaridades entre eles e os seres humanos.



OS CHIMPANZÉS são nossos parentes mais próximos. Na verdade, em relação à variação específica do DNA, a diferença é de apenas 1,2%. A linhagem evolutiva que deu origem aos seres humanos e aos grandes primatas provavelmente teve uma divisão entre 7 milhões e 5 milhões de anos A.P.

Portanto, embora as origens da moralidade possam ser localizadas em nossos parentes biológicos próximos, alguns atributos são eminentemente humanos. A preocupação de De Waal em seu livro foi atacar decididamente o que ele denominou de "teoria do verniz", segundo a qual os seres humanos seriam basicamente maus, e a moralidade, apenas uma camada de verniz, desenvolvida pela cultura, sobre um conteúdo anti-social, amoroso e egoísta. Parte desse raciocínio baseia-se no fato de que o fator fundamental na evolução, como já indicado, é a seleção natural, na qual a ênfase é na competição individual. Entretanto, essa competição pode tomar várias formas, que não implicam necessariamente luta aberta. Tanto diferenças de viabilidade quanto de fertilidade importam no jogo de quem deixa mais genes para a próxima geração.

Na verdade existe literatura abundante sobre a evolução da cooperação. Esta última pode ser considerada sob diferentes ângulos, classificáveis em cinco mecanismos: (a) seleção de parentesco, que se relaciona com o fato de que partilhemos genes com nossos irmãos e parentes biológicos mais afastados – John B. S. Haldane (1892-1964) afirmou uma vez que certamente "mergulharia no rio para salvar dois irmãos ou oito primos em primeiro grau", porque ele partilhava respectivamente a metade e 1/8 de seus genes com essas pessoas; (b) reciprocidade direta, a qual envolve encontros repetidos entre indivíduos – se a probabilidade de encontro entre os dois indivíduos cooperantes excede a taxa de custo-benefício do ato altruístico pode ocorrer evolução; (c) reciprocidade indireta – neste caso há uma vinculação forte com a reputação social: se tens fama de generoso é mais provável que recebas ajuda de alguém; (d) redes de reciprocidade – se existe heterogeneidade espacial, podem ser formadas associações entre vizinhos e, neste caso, a taxa custo-benefício deve exceder o número médio de vizinhos por indivíduo; e (e) seleção de grupo – este é o tipo de fenômeno mais investigado, relacionando-se com taxas de crescimento e retração grupo-específicas. A espécie humana apresenta uma série de características ausentes em outros organismos que favorecem, através da evolução cultural, essas diferentes formas de interação.

Comparação entre a transmissão genética e a cultural

Característica	Transmissão	
	Genética	Cultural
1 Unidade de replicação	Gene	Meme
2 Vetor de informação	DNA	Sistema nervoso central
3 Mecanismo de transmissão	Duplicação do DNA	Imitação, facilitação social, aprendizagem, ensino
4 Variação	Mutações e outros tipos de lesão no DNA	Erros de aprendizagem, inovações
5 Impacto da variação	Na maioria das vezes deletério	Variável
6 Transmissão dos caracteres adquiridos	Não	Sim
7 Tipo de processo	Darwiniano	Darwiniano ou Lamarckiano

Biologia e Cultura

Embora existam rudimentos de cultura em outras espécies, eles representam apenas um pálido reflexo da complexidade do processo existente no *Homo sapiens*. A tabela 2 foi construída para caracterizar melhor as diferenças entre a transmissão genética e a cultural. Elas se iniciam com a unidade de transmissão. O gene é um segmento de DNA capaz de formar uma determinada proteína. O termo tem a respeitabilidade de um século de uso. Já a expressão "meme" foi criada por Richard Dawkins apenas em 1976. Mas de lá para cá existem milhares de citações suas na internet e o meme poderia ser caracterizado como a unidade de instrução para a realização de determinado tipo de comportamento, localizado no cérebro, que se transmite principalmente pela imitação. Formalizado dessa maneira, parece claro que seria muito difícil explicitar uma unidade física para a unidade. Por exemplo, as primeiras quatro notas da *Quinta sinfonia* de Ludwig van Beethoven (1770-1827), que têm sido replicadas em muitas outras composições musicais, constituem-se em um meme, ou o termo deve ser aplicado somente à *Quinta sinfonia* como um todo? A inglesa Susan Blackmore, que tem estudado a fundo esse problema, prefere concentrar sua atenção em "memplexes", que seriam "conjuntos de memes coadaptados". Mesmo sem uma base física definida, o conceito tem sido de valor heurístico apreciável, daí a sua propagação e manutenção.

Outros aspectos quanto às diferenças de transmissão genética e cultural são salientados na tabela 2. Talvez a diferença mais marcante seja no que se refere à transmissão dos caracteres adquiridos, isto é, na passagem de geração a geração do efeito de características ambientalmente determinadas, que assim aperfeiçoadas seriam transmitidas para a descendência. Quem deu mais ênfase a esse processo como fator evolucionário foi Jean-Baptiste Lamarck (1744-1829), e por isso essa transmissão é batizada como lamarckiana. Mas deve ser salientado que Darwin também acreditava nesse tipo de herança. Como o foco de suas indagações foi a seleção natural, no entanto, caracteriza-se como darwinismo tudo no qual esse tipo de agente possa ser invocado. Já está amplamente demonstrado, desde a primeira metade do século passado, que os caracteres adquiridos não se transmitem através dos genes. Por outro lado, produtos e processos de elaboração cultural podem ser aperfeiçoados em determinada época, com a inovação espalhando-se rapidamente no espaço e no tempo. Aliás, a velocidade das mudanças na evolução cultural é muitíssimo mais rápida que a que ocorre em nível biológico. Uma das razões para isso é fácil de entender. A transmissão de uma novidade biológica só pode ser feita de seu portador para seus descendentes diretos. Já uma novidade cultural pode rapidamente se espalhar por toda a população, por diferentes meios de comunicação – informação direta entre não-relacionados, aprendizagem professor-aluno – ou informal –, imitação de pessoas célebres, imprensa, rádio, televisão.

SKOKLOSTERS SLOTT, BALSTA, SUÉCIA



PARA ROBERT FOLEY a cultura seria a característica que nos torna uma espécie única. Os rudimentos de cultura de outros animais são um pálido reflexo do processo manifestado pelo *Homo sapiens*. Acima, O bibliotecário, de Giuseppe Arcimboldo

Linguagem

O material genético – o ácido desoxirribonucleico – tem uma linguagem que pode ser classificada como quase universal, constituída por um alfabeto de quatro letras fundamentais – suas unidades, os nucleotídeos adenina (A), timina (T), citosina (C) e guanina (G). Ao contrário, não há um código universal para a linguagem falada, existindo em todo o mundo nada menos que 5 mil a 6 mil línguas. E elas são, como o código genético, organizadas de maneira hierárquica, generativa e recursiva, não havendo limites quanto à possibilidade de expressão de conteúdos específicos.

Quais são as características da linguagem humana? Ela tem contrapartida no reino animal? A tabela 3 apresenta duas definições de linguagem, sendo a primeira a mais comumente utilizada, isto é, o conjunto das palavras ou expressões usadas por um povo e as respectivas regras de gramática, o seu idioma. Mas existe, nesse contexto, um componente interno mente/cérebro fundamental que comanda todos os processos, denominado linguagem interna ou linguagem-1.

Marc D. Hauser, Noam Chomsky e W. Tecumseh Fitch classificaram em 2002 a faculdade da linguagem em duas categorias: senso lato, compreendendo os sistemas sensorial-motor e conceitual-intencional; e senso estrito (tabela 3). Segundo eles, embora possam se encontrar rudimentos da linguagem em senso lato em animais não-humanos, a linguagem em senso estrito seria um atributo exclusivamente humano. Sua propriedade principal seria a recursão, capacidade de gerar um conjunto infinito de expressões a partir de um número limitado de elementos, utilizando regras sintáticas que envolvem a disposição das palavras na frase e a das frases no discurso através de uma relação lógica.

© JAMES STEIDL/Stockphoto



SOMENTE SERES HUMANOS e golfinhos (foto) têm capacidade de imitação vocal em suas múltiplas modalidades – o que deve implicar grandes alterações na organização neural. Embora alguns animais sejam capazes de acessar e utilizar uma série de conceitos abstratos, apresentam limitações que os humanos não têm

Curiosamente, somente os seres humanos e golfinhos (delfins) têm capacidade de imitação vocal em suas múltiplas modalidades, o que deve implicar mudança bastante importante na organização neural. Apesar, também, de os animais poderem adquirir e usar uma série de conceitos abstratos, como os de ferramenta, cor, relações geométricas, alimento e número, eles apresentam uma série de limitações que os deixam longe de um simples graduado de ensino médio, por exemplo, que aprendeu com muito pouco esforço cerca de 60 mil palavras.

August Schleicher (1821-1868), linguísta alemão, foi um dos pioneiros na ideia de classificar as relações entre as linguagens em árvores filogenéticas. Para isso utilizou o método comparativo, que analisa as frequências de elementos estruturais, como raízes (cognatos) para certos termos, bem como outros aspectos específicos das línguas. Independentemente, os geneticistas de populações e outros evolucionistas desenvolveram métodos sofisticados de comparações genéticas entre populações, e há pelo menos três décadas as relações entre as distribuições linguísticas e as genéticas têm sido avaliadas para a detecção de similaridades ou diferenças. Esse enfoque foi utilizado por nosso grupo de pesquisa em várias ocasiões, com resultados variados.

Em 2005 resolvemos levantar a seguinte questão: no que a genética poderia contribuir para a avaliação das alternativas propostas por três eminentes linguístas – Estmír Loukotka, falecido em 1968, Joseph H. Greenberg (1915-2001) e Aron Dall'Igna Rodrigues – para as relações entre as quatro famílias linguísticas ameríndias mais importantes da América do Sul, Maipure, Caribe, Tupi e Gê? As alternativas propostas estão indicadas na figura 1, e utilizando testes de hipótese estatísticos refinados e grande quantidade de marcadores genéticos chegou-se à conclusão de que o esquema proposto por Rodrigues é o mais adequado. Ele tem relações mais estreitas entre os falantes das famílias linguísticas Caribe e Tupi, seguindo-se em ordem de distância genética os de línguas Gê, sendo os falantes Maipure os mais afastados.



REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA das relações entre as quatro principais famílias linguísticas de nativos da América do Sul, de acordo com três especialistas na área

Violência

Anteriormente discutimos a importância evolutiva da cooperação e argumentos de que a natureza humana talvez não seja intrinsecamente má. O fato, no entanto, é que atos de violência transbordam em nossa espécie. Quais os fatores que predisõem para essa violência? Eles podem ser tanto de natureza biológica – neurotransmissores e hormônios, baixa inteligência, psicoses endógenas – como ambientais – nível socioeconômico baixo, história pessoal com atos de violência familiar, regras permissivas. Há, no entanto, um aspecto importante que compartilhamos com os chimpanzés, que é a existência de violência intergrupar letal. A montagem de grupos específicos de ataque a comunidades vizinhas existe tanto em nossos parentes biológicos mais próximos como em humanos, neste último caso levando às guerras.

Existem muitos motivos para a guerra em nossa espécie, que podem ser classificados como psicossociais, econômicos e políticos. Enquanto os primeiros foram os mais importantes no estágio de caça-e-coleta, os dois últimos alcançaram enorme preponderância à medida que a evolução sociocultural condicionava sociedades complexas, segmentadas e as armas eram aperfeiçoadas.

O antropólogo americano Raymond C. Kelly distingue três fases na evolução desse tipo de violência intergrupar em humanos: (a) mortandade através de coalizões: restrita a grupos de caçadores-coletores que viviam em áreas vizinhas, separadas por um território tampão, relacionadas à aquisição de território ou recursos; (b) era da vantagem defensiva intrínseca: no Paleolítico, como os residentes de um determinado território o conheciam melhor que os invasores, ficariam muito difíceis ataques às bases habitacionais dos primeiros; e (c) era da guerra: requer formas de organização segmentadas, com a formação de unidades de ataque específicas. A evidência arqueológica mais antiga de ataque a um núcleo habitacional foi encontrada em um cemitério núbio, perto da cidade atual de Jebel Sahaba, no Sudão, datado de 14 mil a 12 mil anos antes do presente.

Características da linguagem

1. Definições

- 1.1. Sistema cultural específico constituído por sinais ou signos que serve de comunicação entre os indivíduos, mediada pelos órgãos dos sentidos.
- 1.2. Componente interno da mente/cérebro que relaciona forma e significado, sua categorização e outros atributos.

2. Classificação

- 2.1. **Linguagem em senso lato:** inclui dois componentes

- 2.1.1. **Sensório-motor:** a fala demanda controle motor rápido e fino, bem como movimentos elaborados da laringe, boca, face e língua e respiração, sincronizados a uma atividade cognitiva.
- 2.1.2. **Conceitual-intencional:** capacidade para adquirir e usar conceitos abstratos direcionando-os de maneira intencional a interlocutores específicos.

- 2.2. **Linguagem em senso estrito:** presença de um sistema computacional (sintaxe) que gera representações internas e as mapeia na interface sensório-motora através do sistema fonológico e na conceitual-intencional por um sistema semântico formal. Sua propriedade nuclear seria a recursão, isto é, a capacidade de gerar uma gama infinita de expressões a partir de um conjunto limitado de elementos.

Religião

Nossos antepassados pré-históricos viviam em um estado de incerteza sobre o ambiente que os cercava, incapazes de compreender o que estava ocorrendo ao seu redor. Com isso surgiu o pensamento mágico, com explicações sobrenaturais para os fenômenos do dia-a-dia. Para associar o divino ao sobrenatural surgiram os feiticeiros ou curandeiros. Com o desenvolvimento sociocultural proporcionado pelas revoluções agrária e urbana apareceram

© KAREEM RAHEEM/REUTERS – Latinstock



ANEXO A05: O admirável mundo das cobras-cegas

Reportagem

O admirável mundo das cobras-cegas

A biologia desses anfíbios é tão desconhecida que certos detalhes básicos, como os relacionados ao comportamento das mães durante o cuidado parental nunca foram avaliados

Carlos Jared e Marta Maria Antoniazzi

Ao final do revolucionário *A origem das espécies* Charles Darwin afirma que existe uma grandeza na visão evolucionista da vida. O acesso a essa grandeza seria a contemplação das "infinitas formas de grande beleza" que evoluíram – e continuam a evoluir – a partir de um ancestral muito simples. Essa afirmação, além de demonstrar a sensibilidade poética de Darwin, é de grande profundidade e nos remete aos fundamentos da morfologia dos seres vivos. O conceito da existência de uma linhagem – ou linhagens – de seres vivos transformando-se ao longo das gerações faz uma grande diferença na maneira de enxergar o mundo. A forma das espécies atuais reflete as mudanças sofridas ao longo de sua história evolutiva.

De todos os grupos dos seres vivos, talvez o que mais nos chame a atenção seja o dos vertebrados. Nós, os seres humanos, como mamíferos, partilhamos uma mesma origem com os peixes, anfíbios, répteis e aves. Pode-se afirmar que esses tipos de vertebrados são "variações sobre o mesmo tema". Foi o interesse por esse tema – ou "design" – que nos conduziu ao estudo da morfologia dos anfíbios e répteis adaptados à vida no ambiente subterrâneo – ou fossório. A colonização desse tipo de ambiente, através das gradativas mudanças corporais e comportamentais, é um bom exemplo para demonstrar a plasticidade das espécies. E um dos aspectos mais interessantes da dinâmica do processo evolutivo é o fato de que várias adaptações de forma e função repetiram-se, independentemente, em diferentes grupos de seres vivos. Por exemplo, para o deslocamento fluido e eficiente no ambiente subterrâneo, é importante que não se tenha patas. Os atuais vertebrados fossórios eram inicialmente tetrápodos e, ao longo do processo de colonização do mundo subterrâneo, perderam seus membros. Parte dos cientistas acreditam que essa tenha sido a origem das serpentes a partir dos lagartos, e que, posteriormente, voltaram a colonizar – já sem as patas – o ambiente terrestre. Mas, além das serpentes, encontram-se lagartos, anfisbenas e anfíbios ápodos. O corpo anelado é um outro exemplo de adaptação presente em alguns vertebrados fossórios de várias linhagens, mas também nas minhocas. Esse tipo de corpo deve ter sido selecionado como o mais eficiente para a fossorialidade, já que facilita o deslocamento no solo, pois os seus anéis se apóiam firmemente, atritando contra as paredes dos túneis.

Os anfíbios foram os primeiros vertebrados a conquistar o ambiente terrestre. Os registros mais antigos datam da era Paleozóica, no período Devoniano, há mais de 360 milhões de anos. Atualmente a classe *Amphibia* agrupa três ordens: Anura, representada pelos sapos, rãs e pererecas, Urodela (ou Caudata), compreendendo as salamandras e tritões, e *Gymnophiona* (ou Apoda), representada pelas cecílias, também conhecidas popularmente como cobras-cegas. Aliás, o nome cecília é originário do latim *cæcus* = cego, o que dá pleno sentido ao seu nome popular.

A ideia popular de que os anfíbios têm vida dupla – como indica o nome do grupo, em grego –, em referência à fase aquática de girino e à terrestre de adulto, é relativamente errônea. Muitos grupos vivem fora do ambiente aquático, incluindo as cecílias, cujo desenvolvimento embrionário se processa totalmente dentro do ovo. Entretanto, os anfíbios, em geral, são animais que apresentam dependência senão da água, pelo menos do ambiente úmido. Pode-se afirmar que, em função da sua história evolutiva, são animais que permanecem aprisionados entre a água e a terra. Essa dependência da água permeia toda a vida desses animais, refletindo no seu relacionamento com o meio ambiente. Nos anfíbios, a pele é de fundamental importância para a maioria das atividades vitais, atuando, principalmente, na respiração, defesa contra predadores e microrganismos. Essa pele é bem glandular, apresentando dois tipos básicos de glândulas, as mucosas e as granulosas. As mucosas secretam o muco, o que torna a pele dos anfíbios úmida, favorecendo as trocas gasosas. Assim, uma boa parte da respiração deles é cutânea, existindo até espécies, como salamandras, desprovidas de pulmões. As glândulas granulosas – ou glândulas de veneno – são responsáveis pela defesa química passiva, secretando substâncias tóxicas para predadores ou microrganismos. Já que a pele é um constante meio de cultura de bactérias e fungos, os anfíbios devem ter desenvolvido substâncias para eliminar ou conter a flora cutânea indesejada. É bem provável que seja por esse motivo que, com as modernas técnicas químicas de separação de substâncias, vem aumentando rapidamente o número de compostos antibióticos – particularmente peptídicos – descobertos na pele desses animais.

Das três ordens de anfíbios, a *Gymnophiona* é a menos conhecida em todos os aspectos biológicos. Até o momento, são conhecidas 174 espécies de cobras-cegas, o que representa menos de 3% dos outros 6.347 anfíbios anuros e urodels listados por Darrel Frost no seu respeitado site sobre a sistemática dos anfíbios atuais. A maioria dessas espécies habita a região tropical da América, África e Ásia. Segundo a Sociedade Brasileira de Herpetologia, o Brasil tem 27 espécies de *Gymnophiona*, o que representa em torno de 15% da fauna mundial. A distribuição atual das cecílias sugere que seu grupo deve ter surgido durante a existência do supercontinente Gondwana, que englobava principalmente a América do Sul, África, Índia, Antártida e a Oceania.



ANFÍBIOS, de que as cecílias (cobras-cegas) são parte, foram os primeiros vertebrados a trocar o mundo das águas pela terra firme. Os registros mais antigos dessa mudança remontam a mais de 360 milhões de anos. Atualmente os anfíbios se agrupam em três ordens.



DENTIÇÃO FETAL, em imagem que ajudou a decifrar enigma da cobra-cega

Em contraposição a essa distribuição, explica-se a exigüidade de espécies no grupo como uma consequência da sua adaptação ao ambiente fossório que, em comparação com o terrestre, aéreo ou aquático, parece ser muito restritivo em relação à especiação. Assim, apesar de existirem espécies que também habitam os ambientes aquáticos e semi-aquáticos, os *Gymnophiona* são considerados anfíbios primariamente fósseiros. São cegos, pelo menos para a formação de imagens, pois, apesar de apresentarem olhos diminutos e possivelmente pouco funcionais, possuem células que reconhecem luz. No entanto, compensando a falta de visão – perfeitamente dispensável no ambiente em que vivem – são os únicos vertebrados munidos de tentáculos, órgãos mecânicos e quimiotáteis. Alguns naturalistas já os chamaram, de maneira apropriada, de “mineiros cegos”. Assim, pelo que se depreende, o mundo desses animais é formado por sensações de cheiros e vibrações, com todo o corpo atuando como um grande ouvido, já que são extremamente sensíveis ao mais mínimo toque. Em relação à reprodução, é o único anfíbio com órgão copulador, constituído pela eversão do final do intestino, que se transforma em um tipo de “pênis”, chamado *phalodeum*. Essa deve ser uma adaptação à falta de patas, já que esse tipo de pênis funciona também como órgão para a apreensão da fêmea. São conhecidas espécies de cecílias vivíparas e ovíparas, sendo que estas últimas desenvolvem um intenso cuidado parental, já descrito desde meados do século 19.

Nutrição Embrionária

Na maioria dos vertebrados é o vitelo que fornece o alimento usado durante o desenvolvimento dos embriões. Entretanto, também já foram descritas outras formas de nutrição embrionária. Uma delas é particularmente interessante e ocorre em algumas cecílias vivíparas. Em certas espécies as larvas podem passar até um ano no oviduto materno. Nos primeiros três meses alimentam-se do vitelo do próprio ovo. A partir daí, quando a reserva alimentícia se esgota, ingerem o “leite uterino”, secreção nutritiva produzida pela parede do seu útero. Esses filhotes – na realidade, embriões – apresentam uma dentição fetal especializada na retirada da secreção rica em lipídios e material celular. A permanência no útero depende das condições do meio, que podem não ser favoráveis.

No final dos anos 80, o cientista americano Ronald Nussbaum, da University of Michigan, e conhecido especialista em sistemática de anfíbios *Gymnophiona*, analisando uma larva de uma cobra-cega ovípara equatoriana observou dentes muito semelhantes aos das espécies vivíparas. Esses dentes provocaram certa confusão, porque contrariavam o que se conhecia da biologia reprodutiva dos *Gymnophiona*. Nussbaum, entretanto, manteve essa informação à mão, disponível para um possível uso.

A espécie *Siphonops annulatus* é, de longe, a mais conhecida na América do Sul e, possivelmente, em todas as coleções zoológicas do mundo. Seu nome é muito significativo e faz alusão ao corpo em forma de cano – *siphon* – e anelado – *annulatus*. Foi cientificamente descrita em 1820 por Johann Christian Mikan, um dos cientistas que, como Spix e Martius, participaram da expedição científica austríaca associada à vinda da imperatriz Leopoldina. Por sua excentricidade esse anfíbio vem, desde então, despertando o interesse de gerações de naturalistas que trabalharam com a anfibiofauna brasileira. No século 19, Emilio Goeldi estudou-o, descrevendo, em um desenho clássico, as brânquias em forma de lençol das larvas ainda no interior do ovo. Mais recentemente, em meados do século passado, o atuante cientista da Universidade de São Paulo (USP), Paulo Sawaya – e sua irmã Alzira Sawaya –, também trabalharam com a espécie, um dos representantes dos “sapos sem patas”, como dizia o velho professor em tom jocoso.

Em um de seus trabalhos de 1940, estudando a pele e as secreções das glândulas de veneno, Sawaya demonstrou as propriedades tóxicas de um composto, de origem protéica, irritante da mucosa nasal, que chamou de siphonopsina. Sawaya relatava que não tinha dificuldades de coletar esses animais, pois os encontrava com muita facilidade nos arredores da cidade de São Paulo, em seu sítio em Cotia, onde “brotavam do chão”. Rodolfo von Ihering, fundador do Museu de Zoologia da USP e um dos expoentes dos estudos zoológicos no Brasil, foi também interessado pelos *Gymnophiona* e relata que uma outra espécie de *Siphonops* (o *S. paulensis*) era muito freqüentemente encontrada na colina do “Ypiranga”, possivelmente próximo ao museu. A realidade atual em relação à distribuição desses animais é bem diferente. Ainda que não se possa dizer que estão extintos, demonstram presença esparsa, concentrando-se principalmente nos remanescentes de matas.

Grupo de Trabalho

Trabalhamos no Laboratório de Biologia Celular do Instituto Butantan. Juntamente com vários outros pesquisadores constituímos um grupo de estudo interessado na morfologia da pele em geral e das glândulas de veneno de répteis e anfíbios. Nessas pesquisas tentamos dar um tratamento integrado a esse estudo, colocando-o no contexto da biologia e da história natural dos animais. Com a eficiente ajuda dos cientistas do Centro de Pesquisas do Cacau (Cepac-Ceplac), do Ministério da Agricultura, desde meados da década de 80 estudamos a fauna herpetológica envolvida com a lavoura cacaujeira, em Ilhéus e Itabuna, na Bahia. Assim, foi nessa região que pudemos desenvolver um contato próximo com o *Siphonops annulatus*, que vive por lá em relativa abundância. Era exatamente o que esperávamos, já que esse encontro se encaixava perfeitamente em nossos interesses de estudo na adaptação morfológica ao ambiente fossório. Durante várias viagens pudemos então conviver com a espécie, observando a sua distribuição na mata, o seu comportamento de defesa, alimentação e de cuidado parental.



Estrutura é fundamental para retirada de pele do corpo materno. Combinada com secreção rica em lipídios, pele é fonte de alimentos durante estágio inicial da vida.



A BIOLOGIA BÁSICA da cobra-cega permaneceu desconhecida durante longo tempo. Não se compreendia o processo de alimentação dos filhotes que permanecem em movimento constante sobre o corpo da fêmea que se mantém aparentemente inativo.

A espécie pertence à família *Caeciliidae* – uma das cinco que compõem a ordem *Gymnophiona* –, tem hábitos totalmente fósseiros com ampla distribuição na América do Sul, com comprimento de cerca de 50 cm e número de anéis variando de 85 a 95. Sua cor é plúmbeo-azulada, com anéis claros e bem marcados. É encontrada desde regiões muito úmidas de mata até áreas abertas como cerrado e até mesmo na caatinga. É também facilmente encontrada em ambientes antropogênicos como áreas rurais e plantações. Coloca, em geral, de 8 a 15 ovos em câmaras subterrâneas ou no interior de troncos de árvore em decomposição. Os embriões têm desenvolvimento direto e recebem o cuidado da fêmea desde a postura dos ovos até a fase em que os filhotes conquistam independência. Nossas observações, tanto no campo quanto em cativeiro, revelaram também que os recém-nascidos são despigmentados e muito frágeis, permanecendo com a fêmea que, durante todo o período do cuidado parental, não se alimenta.

Talvez a observação mais importante durante os primeiros anos desse convívio tenha sido feita comparando-se a aparência do animal – particularmente das fêmeas – ao longo do ano. Observou-se que durante todo o período de cuidado parental a pele da mãe muda totalmente de cor. Passa do plúmbeo-azulado escuro para uma cor cinza, bem opaca e leitosa. De início, avaliamos que essa deveria ser uma descoberta importante, já que nunca havia sido descrito dimorfismo sexual nas cecílias. Era claro que esse tipo de dimorfismo estava associado à manutenção dos filhotes junto à mãe. Fizemos alguns experimentos simples, que, entretanto, nos deram respostas significativas. No terrário, onde mãe e ninhada eram mantidos, sempre que se afastava, um filhote retornava rapidamente para perto do grupo, sob cuidado materno. Perguntamo-nos, então, se a cor da pele estaria relacionada com a secreção de algum tipo de substância como feromônios, usados na comunicação química. Feromônios seriam muito bem-vindos a animais cegos, principalmente durante essa fase reprodutiva, inicialmente na procura do parceiro e, posteriormente, na agregação dos filhotes.



COBRA-CEGA geralmente é encontrada em ambientes cultivados pelo homem. Fêmeas colocam, em geral, de 8 a 15 ovos em câmaras subterrâneas, ou no interior de troncos de árvores em decomposição. Embriões têm desenvolvimento direto e são cuidados até a fase de filhotes.

Detalhes Desconhecidos

A biologia desses anfíbios é tão desconhecida que detalhes básicos relativos ao comportamento das mães durante o cuidado parental nunca foram avaliados. Por exemplo, nunca se elucidou o meio como as fêmeas alimentam os filhotes. Além disso, é notório o fato de os filhotes estarem em constante movimentação sobre o corpo enrodilhado da fêmea, que se mantém aparentemente inativa, enquanto eles crescem rapidamente.

No início da década de 90 recebemos a visita em nosso laboratório do pesquisador britânico Mark Wilkinson, do Museu de História Natural de Londres e ligado ao pesquisador americano Ronald Nussbaum, que, dentre outras várias produções, notou os dentes fetais na cecília ovípara equatoriana. Na época Wilkinson estava iniciando sua brilhante carreira com os anfíbios, em trabalhos versando sobre sistemática e biologia das cecílias.

O caminho estava trilhado. Wilkinson foi informado sobre a mudança de cor nas fêmeas durante o cuidado parental, e sobre nossa suspeita de que o fenômeno poderia estar relacionado a algum tipo de secreção cutânea. Em visita a Nussbaum, Wilkinson comentou essas nossas observações. A peça faltante do quebra-cabeças foi então encontrada. Os dentes da cecília ovípara tinham uma função! Da mesma forma que auxiliavam na alimentação das cecílias vivíparas no interior do útero, serviam também para retirar o alimento da pele das fêmeas ovíparas, de forma semelhante à amamentação nos mamíferos.

Com todas essas conclusões já elaboradas, Wilkinson, nas suas várias viagens de coleta de cecílias pelos trópicos, constatou esse mesmo fenômeno em uma espécie da costa leste africana, junto ao oceano Índico. A *Boulengerula taitanus*, da Tanzânia, mostrou o mesmo tipo de dentição fetal e a mesma forma de alimentação dos filhotes. Dessa vez, esse comportamento de alimentação, ao qual denominamos dermatofagia, foi filmado por Alexander Kupfer, integrante da equipe do Museu de História Natural de Londres, que, na época, fazia o seu pós-doutorado com Wilkinson. Foram observados alguns detalhes que elucidaram ainda mais como ocorre esse comportamento. Os filhotes se movem por cima e ao redor da fêmea, pressionando sua cabeça contra o corpo materno, abrindo e fechando a boca e usando a mandíbula para descamar e ingerir a pele. Aumentam até 11% do seu comprimento por semana.

Filhotes coletados no campo apresentam conteúdo estomacal constituído apenas de monocamadas de pele, sugerindo que essa seja sua única fonte de alimento. Dessa forma, esse tipo de alimentação deve envolver variadas adaptações morfológicas, fisiológicas e comportamentais, tanto por parte da mãe como dos filhotes. É importante ressaltar que a camada mais superficial da pele – o estrato córneo – de vários vertebrados descama periodicamente. Alguns anfíbios, como os sapos, rãs e pererecas costumam comer essa camada, portadora de nutrientes que poderiam ser desperdiçados. Em relação à *Boulengerula taitanus*, um estudo morfológico e bioquímico da pele de fêmeas durante o cuidado parental demonstrou que a mudança de cor está relacionada com a abundância cutânea temporária de lipídios e proteínas. As observações sobre a dermatofagia nessa espécie africana nos proporcionaram uma publicação na revista *Nature*, em abril de 2006.

Ao mesmo tempo que o grupo de Mark Wilkinson trabalhava na África, atuávamos com nossas cecílias na Bahia. Além das informações obtidas nas expedições, atuamos também no desenvolvimento de métodos de adaptação desses animais em cativeiro. Nosso laboratório talvez seja um dos únicos do mundo com toda a infra-estrutura para a manutenção e criação de cecílias. Finalmente, com a ajuda de uma equipe altamente especializada da BBC, liderada pela produtora Hilary Jeffkins, assistente de David Attenborough, conseguimos filmar a dermatofagia na nossa espécie *Siphonops annulatus*, em ambiente com as condições semelhantes às naturais. Foi um trabalho intenso de dez dias, quando a equipe, para não perder o mínimo detalhe, acompanhou as ninhadas 24 horas por dia.

O resultado foi surpreendente! Com o auxílio de seus dentes especializados, os filhotes arrancam com voracidade a pele da mãe a cada 3 dias e durante somente alguns minutos. Ainda, para a surpresa de todos, com uma frequência bem maior, os filhotes se agregam em torno da cauda da fêmea sugando avidamente uma secreção viscosa que a mãe libera pela abertura cloacal. Essa nova descoberta abre um rico leque de interpretações sobre os fenômenos associados à dermatofagia. É possível que a mãe, através dessa secreção, forneça energia constante para os filhotes, já que a pele oferece somente proteínas e lipídios e com intervalos de tempo muito longos.

Em relação à origem dos vertebrados e à distribuição das cecílias no mundo, pode-se supor que a dermatofagia é um fenômeno muito antigo. Sendo a *Boulengerula taitanus* africana e o *Siphonops annulatus* sul-americano, pode-se estimar, através do tempo em que houve a separação dos continentes, que esse fenômeno deva ter mais de 100 milhões de anos. Não seria surpreendente que fosse também observado em espécies da Índia e do Sudeste Asiático. Essas observações e suposições foram publicadas recentemente na revista inglesa *Biology Letters*. Essa publicação está perfeitamente adaptada aos nossos objetivos de estudar as adaptações dos vertebrados ao ambiente fóssil. Dessa maneira, pudemos desvendar mais uma função para a pele dos anfíbios, escondida nesses animais crípticos.

- Os animais vertebrados fóssis inicialmente eram tetrápodos. Ao longo do processo de colonização do mundo subterrâneo perderam seus membros. Acredita-se que as serpentes tenham essa origem.

- Anfíbios foram os primeiros vertebrados a conquistar o ambiente terrestre, há mais de 360 milhões de anos. Cobras-cegas integram a classe Gymnophiona e até recentemente tinham sua biologia quase desconhecida.

- No final dos anos 80 a descoberta de dentes em larvas de cobra-cega levantou uma questão que ficou sem resposta até recentemente, quando se descobriu que este é um recurso alimentar a partir da retirada de pele do corpo da mãe.

—Os editores

An appreciation of the physiology and morphology of the Caecilians (Amphibia: Gymnophiona). Carlos Jared, C. A. Navas, e R. C. Toledo, *Comparative Biochemistry and Physiology*, vol. 123, págs. 313-328, 1999.

Parental investment by skin feeding in a caecilian amphibian. Alexander Kupfer, Hendrik Müller, Marta M. Antoniazzi, Carlos Jared, Hartmut Greven, Ronald A. Nussbaum, Mark Wilkinson, em *Nature*, vol. 440, págs. 926-929; 13 de abril de 2006.

One hundred million years of skin feeding? Extended parental care in a Neotropical caecilian (Amphibia: Gymnophiona). M. Wilkinson, A. Kupfer, R. Marques-Porto, H. Jeffkins, M. M. Antoniazzi e C. Jared, *Biology Letter*, vol. 4, págs. 358-361, 2008.

A vida dos vertebrados, Pough F.H., C.M. Janis e J. B. Heiser, 4a ed., Atheneu, 2008.

ANEXO A06: Ferreiros da Mata Atlântica

Reportagem

Ferreiros da Mata Atlântica

Observações em campo sugerem convergência evolutiva entre o canto da perereca-de-marsúpio e o da araponga

André Pinassi Antunes e Célio F. B. Haddad

Difícil imaginar outro animal capaz de emitir um canto parecido com a metálica e estridente sonoridade da araponga (*Procnias nudicollis*). Curiosamente, uma perereca dá conta dessa façanha. De hábitos pouco conhecidos, a perereca-de-marsúpio (*Gastrotheca microdisca*) exibe canto semelhante, que a longas distâncias pode confundir os ouvidos mais apurados. Mas por quê animais tão diferentes, aparentemente, convergiram para vocalizações tão similares? As respostas permanecem desconhecidas, mas algumas características ecológicas que essas espécies endêmicas da Mata Atlântica compartilham, indicam que elas podem não ser tão diferentes assim. Além disso, cantar parecido com a araponga talvez possa trazer benefícios para a perereca-de-marsúpio.

Afora sua imensa biodiversidade e uma expressão paisagística sem paralelos, a Mata Atlântica também é palco de uma sinfonia que envolve curiosa semelhança entre o canto de duas espécies endêmicas dessa floresta: uma ave e um anfíbio anuro, do grupo dos sapos, rãs e pererecas. Genericamente, podem ser denominados simplesmente sapos, mas os zoólogos costumam se referir aos sapos, como aquelas espécies terrestres, em geral grandes e que apresentam pele rugosa e duas glândulas de veneno desenvolvidas atrás dos olhos. As rãs também são terrestres, de tamanho variável e têm a pele mais lisa que os sapos. Já as pererecas são animais delgados, arborícolas, e para isso têm discos adesivos arredondados nas pontas dos dedos que permitem escalar a vegetação.

A vocalização, tanto nos anuros como nas aves, é uma das principais formas de comunicação social. Entre outras razões, o canto reprodutivo de um macho deve atrair uma fêmea, ou ainda, manter distanciamento entre machos que estejam competindo pela atenção das fêmeas.

A araponga (*Procnias nudicollis*) pertence ao grupo dos cotingídeos, aves vistosas, de porte médio e das mais variadas cores. Entre elas, a araponga é famosa principalmente pelo seu canto característico, que faz lembrar o golpe de um martelo sobre uma bigorna. Intensa, essa sonoridade é uma das mais estridentes de todas as aves do continente sul-americano. Por isso, em algumas regiões é chamada de "ferreiro".

© EMERSON PANIS KASEKERI/ARQUIVO DOS AUTORES



Ameaçada de extinção em alguns locais, a araponga foi por muito tempo perseguida e capturada por criadores para confinamento em gaiolas. Atualmente, devido ao pouco que restou da Mata Atlântica, cerca de 7% de sua cobertura original, essa ave ficou restrita a trechos mais bem preservados. Em áreas mais alteradas, lamentavelmente, desapareceu.

ARQUIVO DOS AUTORES



NO INTERIOR DA MATA ATLÂNTICA, condicionamentos ambientais levaram a Perereca-de-Marsúpio (*Gastrotheca microdisca*) a desenvolver, pelo processo de convergência, canto semelhante ao da Araponga (*Procnias nudicollis*). Pesquisadores ainda não sabem quais benefícios o anfíbio pode obter.

Normalmente, os cotingídeos não podem viver em pequenos fragmentos florestais. A razão disso é que fazem grandes deslocamentos ao longo do ano, tanto para a reprodução, quando migram para os sítios de canto, quanto para se alimentarem, acompanhando a frutificação de suas árvores preferidas.

Os machos necessitam de várias companheiras durante a reprodução. Eles se reúnem numa estratégia de ajuda mútua para cantar e, assim, atrair as fêmeas. A alimentação dessas aves é composta sobretudo por frutas, o que tem interessantes implicações ambientais. As sementes são expelidas intactas pela boca ou nas fezes e, ao se depositarem no solo, germinam, contribuindo para originar novas plantas frutíferas. Essa característica dos cotingídeos faz deles criaturas de enorme importância na manutenção e regeneração da floresta.

Na Mata Atlântica também vive um anfíbio anuro, da família *Amphignathodontidae*, conhecida pelos zoólogos como perereca-demarsúpio (*Gastrotheca microdisca*). O marsúpio se deve ao fato de as fêmeas possuírem uma bolsa no dorso, onde carregam os embriões. Pouco foi publicado sobre seus hábitos mais corriqueiros, como o tipo de ambiente onde vive, os aspectos básicos da sua biologia reprodutiva, ou mesmo seu coaxo. Sua distribuição geográfica é bem mais restrita que a da araponga. Embora não se saiba exatamente a extensão de seu habitat, acredita-se que essa perereca viva nas regiões serranas florestais do sul de São Paulo, Paraná e talvez de Santa Catarina.

Dificuldades de Pesquisa

A dificuldade para coletar exemplares da perereca-de-marsúpio, devido especialmente a seu hábito arborícola, embarça a classificação desses animais, tarefa da taxonomia. Elas são pouco representadas nas coleções científicas disponíveis. Além disso, existe grande dificuldade para determinar características peculiares de cada espécie, chamadas pelos taxonomistas de caracteres diagnósticos, imprescindíveis à classificação e identificação de espécies. Como existem outras espécies do gênero *Gastrotheca* na serra do mar, na borda leste do sudeste do Brasil, a diferenciação entre elas ainda é um desafio. Não seria de espantar se um taxonomista interessado em estudá-las, designar essa perereca – que observamos por um nome distinto, após descobrir que *Gastrotheca microdisca*, descrita de Ponta Grossa no Paraná e cujo material utilizado na descrição não se encontra no Brasil – apresenta características sutilmente diferentes...

No decorrer de estudos com os anuros na serra de Paranapiacaba, ao sul do estado de São Paulo, onde está o maior remanescente da Mata Atlântica, reunimos informações sobre esse animal e gravamos sua vocalização. É intrigante a semelhança desse canto com o da araponga. Esse fato também foi, recentemente, observado por outros pesquisadores em um estudo sobre *Gastrotheca* na serra dos Orgãos no Rio de Janeiro. Especialmente, tivemos a oportunidade de registrar interações acústicas entre pererecas-de-marsúpio e arapongas, quando, surpreendentemente, respondiam ao canto uma da outra.

Entre os ramos da biologia, a bioacústica envolve a gravação de sons dos animais, geralmente na Natureza, e posterior análise em aplicativos especializados (*softwares*), onde obtém parâmetros acústicos, caso da estrutura das notas, duração e faixas de frequência, entre outros. A vocalização é um importante caráter diagnóstico, pois é peculiar a cada espécie e, assim, permite a diferenciação entre elas, tanto na Natureza quanto em laboratório.

Em nossa pesquisa, após análise em laboratório, a comparação do canto foi feita observando os gráficos de frequência pelo tempo (espectrogramas) e amplitude (intensidade do som) pelo tempo (oscilogramas). Essas análises revelaram que o formato das notas das duas espécies são muito semelhantes. Como se não bastasse, diversos parâmetros acústicos apresentam valores sobrepostos. A faixa de frequência do canto da araponga foi de 0,95-2,14 KHz e a frequência dominante de 1,51-1,56 KHz (média de 1,55 kHz e desvio-padrão de 0,10; 43 cantos de dois machos) e da perereca-demarsúpio foram respectivamente 0,83-2,38 KHz e 1,38-1,72 KHz (média de 1,59 e desvio-padrão de 0,91; 39 cantos de três machos). Pura coincidência? Talvez não.

É necessário ponderar que o canto da perereca-de-marsúpio não é tão intenso quanto o da araponga. Contudo, mais intenso do que a maioria dos anuros, e isso possivelmente está relacionado ao distanciamento dos machos. Mesmo que os machos dos anuros normalmente se agreguem, eles mantêm certa distância um do outro, para evitar interferência dos demais morfológicamente quando as fêmeas chegam. Entre os machos da perereca-de-marsúpio, o distanciamento é bem extenso, comumente mais de 50 metros, o que é maior que o observado para a grande maioria dos sapos, rãs e pererecas. Outra diferença é que a vocalização do anuro exibe de uma a quatro notas, ou possivelmente mais, emitidas sucessivamente. O intervalo entre os cantos pode durar dias ou meses, quando ocorre fora do período reprodutivo, ou apenas 20 segundos no pico da cantoria, quando também são emitidos cantos com mais notas e de baixo de forte chuva. Já a araponga exibe três cantos; um deles, o mais intenso, é executado a intervalos mais longos, com duração de pelo menos cinco segundos. Os outros dois, menos intensos, têm duração total de cerca de 30 segundos e são compostos por uma sucessão de notas iguais, freneticamente emitidas. Um deles possui intervalos de 1.200 milissegundos (ms) entre as notas, e o outro, 600 ms.

Convergência Evolutiva Sonora

Que razões levaram espécies tão distintas a desenvolver vocalizações tão similares? Nossa interpretação é que a semelhança resulta de uma convergência evolutiva entre ambas. Supõe-se que esse fenômeno se manifeste quando espécies pouco relacionadas filogeneticamente, ou seja, pouco aparentadas, sofrem pressões seletivas de um mesmo ambiente ou de ambientes semelhantes. Como resultado dessas pressões seletivas ao longo do tempo evolutivo, características fenotípicas (expressadas pelos genes) similares se desenvolvem nas espécies pouco aparentadas. Essas características podem ser tanto morfológicas na forma ou na coloração; fisiológicas no metabolismo; ou mesmo comportamentais, por exemplo, o canto. Para algumas espécies de animais associadas aos riachos de corredeira, o intenso ruído das águas parece ter sido a principal pressão seletiva do ambiente para a evolução de cantos similares. Esse caso foi primeiramente descrito para espécies de aves e rãs que convivem nas corredeiras do Himalaia e depois observada na da Mata Atlântica. Essas espécies apresentam como característica comum o fato de habitarem o mesmo tipo de ambiente e, assim, desenvolveram canto parecido que, de forma eficiente, se distingue do intenso ruído provocado pela água corrente e turbulenta.

© MARCELO CAZANI



ARQUIVO DOS AUTORES



REMANESCENTE DE MATA ATLÂNTICA, floresta que já ocupou quase toda a costa brasileira, agora restrita a poucos trechos preservados, onde, em São Paulo, pesquisas revelaram mimetismo envolvendo a perereca-de-marsúpio (em vermelho) e a araponga (em azul).

No caso da araponga e da perereca-de-marsúpio é possível que o ambiente também tenha proporcionado condições para a similaridade vocal. De fato, as duas espécies usam o mesmo ambiente, pois os machos cantam nos estratos mais elevados da floresta. O canto metálico, estridente e intenso seria uma forma de maximizar sua propagação onde a vegetação densa produz forte degradação e reverberação do som.

Mas apenas o ambiente teria casualmente propiciado essa possível convergência? A pergunta procede porque, além do ambiente, essas duas espécies compartilham outras características ecológicas intrigantes.

A temporada de canto dos machos de araponga inicia-se em agosto e se estende até janeiro. A reprodução da perereca-de-marsúpio dura apenas dois ou três dias e ocorre sob as primeiras chuvas mais pesadas da estação quente e chuvosa, entre o final de agosto e setembro. Somente nesse curto período, seu canto pode ser ouvido com maior frequência, tanto de dia, quando ocorrem as interações acústicas com a araponga, como à noite. Assim, há sobreposição total entre a estação de canto da perereca-de-marsúpio com a da araponga, estando aquela incluída nesta. Então, outra possibilidade seria da perereca estar mimetizando o canto da araponga, pois o mimetismo também envolve a similaridade de características de uma espécie pela outra, fenômeno que, de alguma forma, pode trazer benefícios para a espécie mimética.

Mimetizar para Sobreviver

As primeiras observações sobre mimetismo foram relatadas no século 19 pelo naturalista inglês Henry Walter Bates (1825-1892). Entre 1848 e 1859 ele percorreu o rio Amazonas e seus afluentes, e de volta à Europa, com milhares de insetos coletados, observou que diversas borboletas palatáveis às aves eram muito similares às helicônidas, evitadas por seus predadores devido à presença de toxinas. Bates concluiu então que as borboletas palatáveis poderiam estar imitando as formas venenosas, se beneficiando por minimizar sua predação. Posteriormente, mais de 1.500 trabalhos foram publicados sobre mimetismo, argumentando contra ou a favor do tema.

De forma parecida, a perereca-de-marsúpio poderia proteger-se confundindo seus eventuais predadores diurnos auditivamente orientados, pois, durante a reprodução, ela pode cantar exaustivamente durante o dia. Em função da similaridade de seu canto com o da araponga, a perereca pode não ser identificada ao vocalizar.

Diversas espécies de aves se alimentam ocasionalmente de anuros, mas não comeriam uma araponga. Além disso, os predadores dessa ave são principalmente gaviões, que pouco se alimentam de anuros. Talvez também não seja por mero acaso que a semelhança do canto da perereca-demarsúpio ocorra com o de uma ave cuja frugivoria atingiu alto grau de especialização e, que, pelo que se sabe, não inclui anuros, ainda que ocasionalmente, na dieta. Assim, é de se esperar que durante o curso evolutivo a seleção natural possa ter atuado no sentido de tornar mais aptos aqueles machos da perereca-demarsúpio, ou seus ancestrais, que cantavam de forma mais parecida com a araponga, selecionando esses indivíduos ao longo das gerações, devido à menor predação e maior sucesso reprodutivo. Trata-se de uma hipótese, parcimoniosamente sugerida e digna de ser testada na Natureza.

Tanto quanto acreditava um dos idealizadores da teoria da seleção natural, Charles Darwin (1809-1882), a biologia é uma ciência, acima de tudo, investigativa. Apesar das magníficas paisagens e espécies que desapareceram ao longo dos séculos de destruição, a Mata Atlântica continua depositário de enigmas difíceis de desvendar. A aparente convergência evolutiva de uma ave com uma perereca, por surpreendente que seja, é uma delas. E, neste sentido, também uma metáfora da imensa e ainda pouco conhecida riqueza da floresta que já cobriu quase toda a longa costa do Brasil.

Uma aliança melódica entre a perereca-demarsúpio e a araponga, como estratégia de sobrevivência, certamente transmite também uma mensagem aos humanos, ainda que sob forma de alegoria: todo esse tesouro da vida só poderá ser compreendido e admirado se a floresta permanecer viva, protegida da motosserra, do fogo e do poder destrutivo da ambição do homem.

■ Organismos de diferentes ramos da árvore evolutiva, quando desenvolvem independentemente características similares, fazem a convergência evolutiva, evolução convergente ou simplesmente convergência.

■ Aves e anfíbios anuros são pouco aparentados, ou seja, de ramos distantes na árvore evolutiva. A produção do som por esses dois grupos evoluiu de forma independente.

■ Se uma dessas espécies tem benefício com a semelhança, o mimetismo pode ser uma explicação. O mimetismo tem várias funções, a mais conhecida é a proteção.

– Os editores

ARQUIVO DOS AUTORES



APESAR DE O CANTO da perereca-de-marsúpio (acima) não ter a mesma intensidade exibida pela araponga, supera o nível registrado entre os anuros.

ANEXO A07: Parceiro de Charles Darwin

Reportagem

Parceiro de Charles Darwin

Pesquisador alemão Fritz Müller, naturalizado brasileiro, em longa correspondência com Darwin, forneceu evidências empíricas da consistência da seleção natural

Margherita Anna Barracco e Cezar Zillig

Neste ano em que se comemoram o bicentenário do nascimento de Charles Darwin e os 150 anos do livro *A origem das espécies*, poucos sabem como idéias inovadoras e transformadoras do pensamento humano nessa área chegaram ao Brasil. Na realidade, elas foram introduzidas por um pesquisador alemão, naturalizado brasileiro, conhecido por Fritz Müller, personagem excêntrico e progressista que viveu boa parte de sua vida em Santa Catarina, entre Blumenau e Nossa Senhora do Desterro, antigo nome de Florianópolis. Müller deixou uma obra naturalística enorme, que contribuiu para fundamentar e enriquecer a teoria da evolução das espécies por seleção natural de Darwin e projetou o Brasil no cenário da culta ciência europeia. Infelizmente, o legado de Müller é pouco conhecido entre nós, mesmo entre a comunidade de biólogos e professores que não divulgam sua obra.

Johann Friedrich Theodor Müller, seu nome completo, nasceu na Alemanha, numa pequena aldeia (Windischholzhausen) da Turingia, próximo à cidade de Erfurt. Filho mais velho de um pastor evangélico, desde cedo revelou seu interesse pela Natureza, influenciado por Hermann Blumenau, amigo de seu avô, e de quem receberia profunda influência.

Atraído pelas ciências naturais e matemática Müller ingressou na Universidade de Berlim, onde, em 1844, obteve o grau de doutor em filosofia (história natural) aos 22 anos, defendendo uma tese sobre as sanguessugas da região de Berlim. Nessa ocasião já pensava em imigrar, empolgado pelas aventuras e descrições do Brasil feitas por Hermann Blumenau – fundador da cidade que leva seu nome, em Santa Catarina. Em 1845 torna-se professor ginasial em Erfut, mas devido a suas crenças liberais e temperamento rebelde abandona o posto. No mesmo ano, decide cursar medicina na Universidade de Greifswald (1845-1848) como meio de facilitar sua migração.

CORTESIA DO MUSEU FRITZ MÜLLER, FLORIANÓPOLIS



O NATURALISTA, numa de suas raras fotografias, foi um dos poucos defensores e o único colaborador de Darwin no Brasil. À direita, ilustrações envolvendo crustáceos que ele fez à mão livre para acompanhar suas pesquisas. Sua correspondência com Charles Darwin durou 17 anos, até 1882, com a morte do naturalista inglês. Apesar disso, Müller ainda é um desconhecido no Brasil.

Mudança para o Brasil

Em 1852, aos 30 anos, Müller emigra com sua família (esposa e filha de nove meses) e um irmão da Alemanha para a recém-fundada Colônia de Blumenau, onde vive por 45 anos, até sua morte em 1897. Nos quatro primeiros anos em que viveu na mata virgem de Blumenau ajudou a construir a colônia, trabalhando na enxada e no machado como simples colono, apesar de sua privilegiada formação acadêmica. Durante esse período pesquisou fauna e

CORTESIA DO MUSEU FRITZ MÜLLER, FLORIANÓPOLIS



FASCINADO POR BOTÂNICA E ZOOLOGIA E Invertebrados, Müller desenvolveu pesquisas de ponta no litoral de Santa Catarina, com resultados transmitidos a Darwin, com quem nunca teve contato pessoal. Trabalhos sempre acompanhados de ilustrações detalham estudos de botânica, à esquerda, e mimetismo de borboletas, conhecido como mimetismo mulieriano.

colônia, trabalhando na enxada e no machado como simples colono, apesar de sua privilegiada formação acadêmica. Durante esse período pesquisou fauna e

flora, relacionou-se com os índios xoklengs e excepcionalmente atuou como médico, pois sua vocação era de naturalista. Sentia-se muito feliz com sua nova opção de vida no que chamava de sua segunda pátria, e nunca mais retornou à Alemanha.

Em 1855 Müller instalou-se com a família na casa em estilo enxaimel que construiu com suas próprias mãos e que hoje abriga o museu de ecologia que leva seu nome.

Fritz Müller estudou e descreveu vários grupos zoológicos, principalmente invertebrados marinhos. Tinha um talento incomum para o desenho e suas descrições eram sempre permeadas de ilustrações de incrível detalhamento. Em Desterro estabelece correspondência com várias eminências científicas da época, destacando-se sua extensa e contínua correspondência com Charles Darwin que se estende por 17 anos, até a morte do naturalista inglês em 1882. Foi em Desterro que F. Müller atingiu reconhecimento na comunidade científica internacional sendo conhecido por Fritz Müller – Desterro, codinome proposto por Ernst Haeckel (pai do termo Ecologia), para distingui-lo de outros notáveis homônimos alemães.

Em 1861, Fritz Müller recebeu um exemplar do livro *A origem das espécies* de Charles Darwin. Ao ler a obra sentiu-se identificado com as idéias de Darwin. Por ser ateu convicto, sua mente não apresentava nenhuma restrição ou resistência às concepções de Darwin, recebendo-as com natural abertura e aceitação. Inicialmente, pensa em publicar algumas observações gerais em favor da teoria, mas, em seguida, considerou que a melhor prova seria testá-la no campo, com observações experimentais com seres vivos, em vez de restringir-se a discussões teóricas.

Para testar a teoria darwiniana Müller escolheu os crustáceos, por ser um grupo muito diversificado e abundante no litoral de Santa Catarina e também por sua taxonomia já ser bem estabelecida na época. F. Müller postulou que se a teoria de Darwin estivesse correta seria possível demonstrar que os diversos táxons (grupos) de crustáceos teriam se separado uns dos outros, a partir de um ancestral comum, e foram adquirindo características novas em fases sucessivas de seu desenvolvimento (ontogênese), que seriam fixadas e/ou eliminadas pela seleção natural.

Suporte Observacional

Em seu estudo pioneiro com crustáceos Müller realizou uma série de observações que culminaram com o descobrimento de muitos fatos novos, principalmente no que se refere ao seu desenvolvimento. O fruto desse longo e minucioso estudo resultou num livro de excepcional riqueza de observações originais *Für Darwin (Pró-Darwin)*. O livro foi publicado em Leipzig, Alemanha, em 1864 (por W. Engelmann) e ajudou a propagar e defender a teoria darwiniana, que tinha suscitado forte reação contrária naquele país. A tradução de *Für Darwin* para o português foi feita em 1907-08 na revista *Kosmos* do Rio de Janeiro (versão incompleta) e mais recentemente (1990) uma versão completa foi empreendida por Hitoshi Nomura (Fundação Catarinense de Cultura e Departamento Nacional da Produção Mineral, edição esgotada).

Esse denso e original ensaio inclui um número extraordinário de observações sobre crustáceos, abrangendo as diferentes adaptações das espécies de ambiente marinho que migraram para água doce e ambiente terrestre, a assimetria bilateral dos membros, o dimorfismo sexual, o polimorfismo intra-específico e a morfologia e desenvolvimento das diferentes formas larvais. Tudo com ilustrações à mão livre.

Ao longo de 12 capítulos, o livro trouxe subsídios preciosos e decisivos a favor da teoria darwiniana. Como conclusão às suas observações Müller escreve: "Durante o período crucial da dúvida, que não foi curto, quando o fiel da balança oscilava diante de mim em perfeita incerteza entre os prós e os contras [à teoria darwiniana], e quando todo e qualquer fato que levasse a uma pronta decisão teria sido bem-vindo, nunca tive o menor problema com qualquer contradição surgida entre as consequências trazidas para a classe dos crustáceos pela teoria de Darwin. Pois nunca as encontrei, nem na época, nem depois. Aquelas que havia encontrado dissiparam-se após uma consideração mais profunda, ou converteram-se em sustentáculos da doutrina darwinista".

Cabe ressaltar que o uso de caracteres adquiridos compartilhados (conhecidos hoje por sinapomorfias) para mostrar relações filogenéticas (evolutivas) entre espécies vivas de crustáceos foi uma grande inovação introduzida por Müller. Os diagramas de ramos que ele utilizou, hoje conhecidos como cladogramas por agruparem os organismos e seus ancestrais comuns em clados, e tão utilizados em árvores filogenéticas, já haviam sido propostos por Müller um século antes da teoria cladística, proposta por Willi Hennig. Nelson Papavero relata que Müller foi, certamente, o primeiro a criar uma filogenia séria, com base em observações concretas e exaustivas de material vivo, diferentemente de Darwin, e depois, Haeckel, que propuseram árvores filogenéticas teóricas.

Müller desenvolve ainda em *Für Darwin*, a recapitulação ontogenética da filogenia, que foi fortemente corroborada e divulgada por Haeckel. Na época de Müller, já se sabia que as fases larvais e juvenis dos crustáceos abrangem uma grande variedade de formas. Os crustáceos mais basais nas filogenias, como cracas, copépodes e ostracodes emergem do ovo sob forma de náuplio, a forma larval mais simples. Os caranguejos marinhos e camarões de água doce nascem no estágio de zoea, formas larvais que já apresentam inúmeros apêndices. Já os lagostins de água doce e alguns caranguejos terrícolas (crustáceos superiores) suprimem as fases larvais e a metamorfose e emergem do ovo já sob forma juvenil, pequenos adultos em miniatura.

Pioneirismo Plagiado

No litoral de Santa Catarina, Fritz Müller descobriu um camarão marinho do gênero *Penaeus* que nasce, curiosamente, sob forma de náuplio, antes de passar pelo estágio de zoea. Face a essa observação Müller sugeriu, de acordo com a teoria darwiniana, que os caranguejos marinhos e os camarões que emergem sob forma de zoea, deveriam passar pelo estágio mais simples de náuplio durante seu desenvolvimento embrionário, o que de fato se confirmou. Hoje, pode-se dizer que os crustáceos derivados, que saíram do ambiente marinho para áreas continentais, "embrionizaram" as formas larvais mais simples de seus ancestrais, carregando a história de seus antepassados na sua fase embrionária (recapitulação ontogenética da filogenia).

CORTESIA DO MUSEU FRITZ MÜLLER, FLORIANÓPOLIS



MESMO LONGE DOS PRINCIPAIS centros de pesquisa científica, Fritz Müller não só acompanhou trabalhos de fronteira como deu suas próprias contribuições, tirando partido de infra-estrutura quase inexistente. O microscópio que utilizou para pesquisas integra acervo do museu que leva seu nome, em Santa Catarina.

Segundo David West, a *Lei da biogenética*, de autoria de Haeckel em 1866, que defende que a ontogenia (desenvolvimento individual, de embrião a adulto) recapitula a filogenia (trajetória evolutiva de um grupo), foi na realidade proposta originalmente por F. Müller e "copiada" por Haeckel, que só reconheceu sua dívida para com Müller em 1872.

Darwin teve acesso ao livro de Fritz Müller em 1865 e percebeu imediatamente o inestimável suporte que a obra representava às suas idéias. Nesse mesmo ano, Darwin escreve a F. Müller ... "O senhor fez um admirável serviço pela causa em que ambos acreditamos. Muitos de seus argumentos me parecem excelentes, e muitos de seus fatos, maravilhosos.... vejo a publicação de seu ensaio como uma das maiores honras que jamais me foram conferidas"... O próprio Darwin providenciou a tradução do livro de Müller para o inglês numa edição publicada em 1869, sob o título de *Facts and arguments for Darwin*. Inicia-se então uma intensa correspondência entre os dois que dura até a morte de Darwin. Mas eles nunca se conheceram pessoalmente.

Darwin referia-se ao amigo Fritz Müller como "príncipe dos observadores" e o considerava como um mestre, apesar de 13 anos mais jovem. Darwin recorreu a Müller inúmeras vezes para elucidar pontos importantes e controvertidos de sua teoria. E Müller supriu Darwin de incontáveis evidências nas áreas da zoologia e botânica que fundamentaram e enriqueceram sua teoria. Fritz Müller é citado 16 vezes nas edições posteriores de *A origem das espécies* de Darwin. Em carta ao amigo, Darwin escreve: "Só Deus sabe se viverei o suficiente para aproveitar a metade dos importantes fatos que me tens comunicado... Não acredito que haja alguém no mundo que admire seu zelo na ciência e seu grande poder de observação mais que eu" (carta de 23/02/1881).

A correspondência entre Fritz Müller e Darwin foi publicada em português por um dos autores (Cezar Zillig) sob o título de *Dear Mr. Darwin*, em 1997, por ocasião do centenário da morte de Fritz Müller.

Durante toda sua vida Müller dedicou-se entusiasticamente à sustentação da teoria de Darwin, através de inúmeras observações minuciosas, muitas delas encomendadas pelo próprio Darwin. Em seu obituário publicado na revista *Nature* (1897), questiona-se se algum outro naturalista, além do próprio Darwin, deu ao mundo uma massa tão ampla e original de observações na qual a seleção natural fosse tão consistentemente fundamentada.

Desconhecido no Brasil

Dentre as inúmeras contribuições de Müller destaca-se ainda o reconhecido fenômeno do mimetismo mülleriano, citado em todos os livros de biologia evolutiva. Quantos biólogos brasileiros sabem que esse fenômeno foi proposto pelo Fritz Müller de Blumenau/ Desterro? O mimetismo batesiano, que propõe que borboletas monarcas palatáveis assumem padrões de desenhos e cores de asas muito similares às borboletas não-palatáveis, como forma de proteção contra predadores, parece ser mais bem conhecido. Fritz Müller ficou intrigado em descobrir porque várias borboletas não-palatáveis, em Santa Catarina, apresentavam também padrões de desenhos e cores de asas muito semelhantes entre si.

Que vantagem esse mimetismo poderia trazer, já que todas as borboletas eram não-palatáveis e, portanto, não apreciadas por predadores? Müller demonstrou que existe uma vantagem real e incontestável nesse tipo de mimetismo que é inversamente proporcional ao quadrado do número de seus indivíduos. Isso significa que a espécie mais rara teria um ganho maior e, portanto, estaria sob seleção natural mais forte.

Apesar de seu possível desconforto e da necessidade de sobreviver numa região tão inóspita, Müller deixou um enorme legado florístico e faunístico, especialmente da região sul do Brasil, contribuindo para o conhecimento da sistemática, morfologia e fisiologia dos seres vivos. Identificou e descreveu, pela primeira vez um número enorme de espécies de invertebrados marinhos, de água doce e terrestres, além de plantas da região subtropical, sempre enriquecendo suas descrições com ilustrações de incrível detalhamento. Entre o legado faunístico destacam-se crustáceos, abelhas brasileiras (principalmente as sem ferrão), insetos tricópteros, mosquitos, cupins, formigas, borboletas e hemicordados, entre outros. Em seu legado florístico dedicou-se em especial às orquídeas e bromélias (estudando ainda as interações inseto-planta), plantas trepadeiras com seus ramos modificados em gavinhas, movimentos de plantas e folhas, entre outros.

- Fritz Müller, naturalista alemão que em 1852, aos 30 anos, emigrou para o Brasil, foi o único colaborador de Charles Darwin aqui.
- Ao longo de anos de correspondência, Müller, que nunca teve um encontro pessoal com Darwin, forneceu evidências empíricas, resultado de suas observações sobre a consistência da evolução.
- Para testar a teoria darwiniana Müller escolheu os crustáceos, por ser um grupo muito diversificado e abundante no litoral de Santa Catarina onde vivia e também por sua taxonomia já ser bem estabelecida na época.
- Desse longo e minucioso estudo resultou o livro *Für Darwin (Pró-Darwin)*. Publicado em Leipzig, Alemanha, em 1864, o qual ajudou a propagar e defender a teoria darwinista que havia provocado forte reação contrária naquele país.
- Criador do mimetismo mülleriano, Fritz Müller é pouco conhecido no Brasil, mesmo entre biólogos.

– Os editores

M. W. Castro, 1992. *O sábio e a floresta*. Ed. Rocco, Rio de Janeiro.

F. Müller, 1869. *Facts and arguments for Darwin*. John Murray, Londres.

N. Papavero, 2003. *Fritz Müller e a Comprovação da Teoria de Darwin* em *A recepção do darwinismo no Brasil*. H. M.B. Domingues; M. Romero Sá; Glick T. Ed. Fiocruz, Rio de Janeiro.

E. Roquette-Pinto; P. Sawaya; Nascimento, G.K.P. Friesen; Zillig, C. 2000. *Fritz Müller: reflexões biográficas*.

P. Sawaya, 1966. *Homenagem a Fritz Müller*. Ciênc. Cult. Vol. 18.

D. A. West, 2003. *Fritz Müller: A naturalist in Brazil*. Ed. Pocahontas Press, Virginia.

C. Zillig, 1997. *Dear Mr. Darwin: a intimidade da correspondência entre Fritz Müller e Charles Darwin*. Ed. AS Gráfica e Editora.

ANEXO A08: O universo luminoso dos fungos bioluminescentes

Reportagem

O universo luminoso dos fungos bioluminescentes

Novas espécies descobertas recentemente no Brasil refletem a necessidade de pesquisa e conservação do patrimônio pouco conhecido envolvendo a diversidade de fungos tropicais

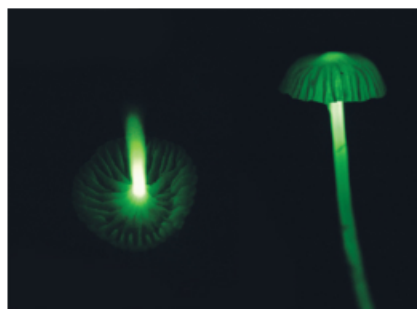
Ricardo Braga-Neto e Cassius V. Stevani

A bioluminescência é um fenômeno natural bastante conhecido em alguns grupos de animais, como vaga-lumes, pirilampus, mosquitos, peixes e moluscos. Ela ocorre também em dezenas de espécies de fungos, embora poucas pessoas já tenham presenciado esse fenômeno. Até recentemente, o conhecimento sobre as espécies de fungos bioluminescentes estava concentrado, sobretudo, em regiões temperadas do hemisfério norte e na Australásia. Mas pesquisas recentes, na Mata Atlântica e na Amazônia, descobriram muitas espécies novas e novos registros de bioluminescência, evidenciando que pouco se conhece sobre a biodiversidade de fungos no Brasil.

Em 2008, Dennis Desjardin, da San Francisco University State e colaboradores publicaram uma revisão sobre fungos bioluminescentes, atualizando e expandindo o trabalho de E. C. Wassink, de 1978, '*Luminescence in fungi*', que se referia principalmente a espécies asiáticas e europeias. Segundo a revisão, são conhecidas 64 espécies de fungos bioluminescentes no planeta. Nesses 30 anos, as novas descobertas de bioluminescência descritas por Desjardin e os demais autores são referentes ao Brasil, principalmente à região Sudeste. O Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira (Petar), em São Paulo, é o local onde se conhece o maior número de espécies simpátricas – espécies que ocorrem na mesma região – de fungos bioluminescentes de todo o mundo. No total, são sete espécies identificadas (*Gerronema viridilucens*, *Mycena lucetipes*, *Mycena discobasis*, *Mycena singeri*, *Mycena luxaeterna*, *Mycena asterina*, *Mycena fera*) e uma do gênero *Mycena* em fase de descrição.

A história dessas descobertas começou com o biólogo João Ruffi n Leme de Godoy. Grande conhecedor da região do Vale do Ribeira, ele descobriu de que alguns desses fungos eram conhecidos por moradores do parque em uma enorme jabuticabeira e convidou o químico especialista em bioluminescência Cassius V. Stevani, do Instituto de Química da Universidade de São Paulo, para visitar o local. Tendo em vista o desafio de identificar os fungos, Stevani prontamente percebeu a necessidade de envolver pesquisadores especializados em fungos – micólogos.

IMAGENS CEDIDAS PELO AUTOR



Stevani entrou então em contato com Dennis Desjardin (San Francisco State University) e Marina Capelari (Instituto de Botânica de São Paulo), ambos micólogos experientes em taxonomia de fungos da ordem Agaricales, na qual estão classificados os cogumelos verdadeiros, como o *champignon* e o *shiitake*.

IMAGENS CEDIDAS PELO AUTOR

Em geral, as espécies de fungos bioluminescentes ocorrem em ambientes florestais úmidos, pois dependem da umidade para se alimentar, crescer e reproduzir. Entretanto, mesmo quem visita com frequência a floresta não consegue observar facilmente essa intrigante característica de alguns fungos, principalmente porque a intensidade da emissão é fraca e os cogumelos são efêmeros e sazonais. Uma boa estratégia para tentar localizá-los é visitar a floresta à noite, especialmente no período de lua nova, crescente ou minguante, quando a mata está mais escura. Ainda assim, como geralmente se caminha na mata com lanternas, é necessário fazer paradas sem iluminação por alguns minutos, observando o solo, até que os olhos se habituem à escuridão, e a luz dos fungos possa ser identificada.

Todas as emissões de luz em fungos são esverdeadas, com comprimento de onda em torno de 530 nanômetros. Mas existe uma variação de quais partes do fungo emitem luz entre as diferentes espécies. Basicamente, seu corpo é formado por dois tipos de estruturas: o micélio (corpo vegetativo), responsável pelo forrageio, obtenção de alimento e crescimento, e os corpos de frutificação (cogumelos) que asseguram a reprodução sexuada e a dispersão dos esporos. Muitas das espécies de fungos bioluminescentes emitem luz apenas do micélio, enquanto outras exibem a bioluminescência restrita ao cogumelo; raramente as duas estruturas emitem luz na mesma espécie.

A maioria dos fungos bioluminescentes é saprófita, ou seja, alimenta-se de matéria orgânica morta de origem vegetal, como folhas, gravetos e troncos. Eles têm uma enorme importância para o funcionamento dos ecossistemas terrestres em todo o planeta, atuando na ciclagem de nutrientes e na nutrição das plantas. Análises filogenéticas moleculares evidenciaram que os fungos bioluminescentes são polifiléticos, isto é, representados por algumas linhagens que, em certos casos, evoluíram de forma independente em relação à emissão de luz. Os fungos bioluminescentes estão distribuídos em três linhagens (mas possivelmente são quatro), confirmando a ideia de que a bioluminescência, algumas vezes, evoluiu independentemente nos fungos. Aqui são apresentadas informações referentes às três linhagens que apresentam resultados consistentes.

© JUCA MARTINS/OLHARIMAGEM



QUEDA D'ÁGUA compõe cenário de alta complexidade ambiental do Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira (Petar), em São Paulo, onde os fungos bioluminescentes foram identificados pela primeira vez.

Linhagens luminosas

A primeira delas é representada por espécies dos gêneros *Omphalotus* e *Neonothopanus*, que abriga 12 espécies de fungos cujos cogumelos são bioluminescentes, bastante visíveis e fáceis de encontrar, mas com micélio que emite luz apenas em alguns casos. Algumas dessas espécies são comuns na Europa, Estados Unidos, Japão e Australásia, onde têm nomes populares, como 'Jack da lanterna', 'funco da noite enlaurada' e 'funco fantasma'.



A segunda linhagem abriga cinco espécies do gênero *Armillaria* e é bem conhecida porque contém espécies que provocam doenças em raízes de plantas em zonas temperadas. Os cogumelos dessa linhagem são em geral muito apreciados na culinária, mas a bioluminescência nesse grupo está restrita ao micélio: nunca se encontrou um cogumelo do gênero *Armillaria* bioluminescente. A emissão de luz pelos fungos dessas duas linhagens é conhecida há milênios, mas essas espécies não ocorrem no Brasil.

A maioria das espécies de fungos bioluminescentes é tropical, com muitos representantes na América do Sul. Essas espécies estão agrupadas em uma terceira linhagem, que abriga 47 espécies, grande parte do gênero *Mycena*. Muitos desses fungos exibem o cogumelo e/ou o micélio bioluminescente. Todas essas espécies vivem livremente, sendo capazes de decompor madeira e serrapi lheira, com exceção de uma (*Mycena citricolor*), que é parasita e provoca doenças em plantações de café. Entre as 500 espécies conhecidas do gênero *Mycena*, 35 são bioluminescentes. Atualmente, Dennis Desjardin e colaboradores estão estudando a evolução da bioluminescência nesse grupo com base em caracteres moleculares, comparando sequências de DNA entre as diferentes espécies. Ainda não se sabe ao certo como ocorreu a evolução dentro dessa linhagem, mas é provável que a bioluminescência tenha surgido uma vez, e, posteriormente, muitas espécies tenham perdido a capacidade de emitir luz.

Por que Fungos Emitem Luz?

Entre os organismos bioluminescentes, os fungos são os menos conhecidos: não se sabe muito sobre o mecanismo das reações químicas associadas a esse processo, nem por que ele ocorre. A bioluminescência em fungos é decorrente de uma reação química que leva à emissão constante de luz e depende sempre da presença de oxigênio para se manifestar. Algumas hipóteses foram levantadas para explicar o fenômeno, tanto ecológicas quanto fisiológicas.

Do início do século 20 emergiu a ideia de que a emissão de luz pelos fungos poderia ajudar na dispersão de esporos. Em 1981, o entomólogo John Sivinski, da Florida University, publicou resultados de um experimento em que avaliou se a bioluminescência de cogumelos e do micélio estaria associada à atração de artrópodes, que poderiam ajudar na dispersão de propágulos. Segundo o experimento, mais animais foram capturados em armadilhas com fungos bioluminescentes que em armadilhas de controle, que não continham micélio nem cogumelos emissores de luz. Esses resultados indicam uma possível relação com a dispersão de esporos. Entretanto, apenas os cogumelos produzem esporos, e o experimento não explica a atração de animais pela luz do micélio. Adicionalmente, Sivinski sugeriu que a bioluminescência poderia ter a função de alertar os predadores de suas defesas (função aposemática) – afastando animais que comem fungos (conhecidos como fungívoros noturnos) – ou, ainda, que a luz poderia atrair predadores desses animais fungívoros, conferindo vantagens para os fungos bioluminescentes. Mas essas ideias ainda não foram adequadamente testadas e, mesmo que complementares, não têm muitas chances de explicar exclusivamente o porquê da bioluminescência.

Outra linha de raciocínio gerou ceticismo entre micólogos apaixonados pelos fungos, mas envolve uma explicação bastante plausível. Todos os fungos que emitem luz são saprófitos (decompõem matéria orgânica de origem animal). Segundo essa hipótese fisiológica, a bioluminescência seria um subproduto de processos metabólicos associados à destruição de lignina para atingir a celulose. A lignina (um polímero de glicose, como o amido) é a substância que forma a base da madeira, e a emissão de luz pelos fungos poderia estar associada a um efeito antioxidante, conferindo alta capacidade para decompor esse substrato sem o ônus da intoxicação pelas espécies reativas ao oxigênio geradas. Nesse caso, a emissão de luz não teria uma função direta, mas seria consequência do processo digestivo do fungo.

De qualquer maneira, as hipóteses não são mutuamente excludentes e é possível que a bioluminescência tenha surgido como subproduto desse processo metabólico e depois motivado a consolidação de processos ecológicos relacionados com a atração de animais, que podem estar associados com dispersão de esporos e/ou predação de fungívoros. Atualmente, diversos pesquisadores do Laboratório de Bioluminescência de Fungos, do Instituto de Química da Universidade de São Paulo (IQ-USP), coordenado por Cassius V. Stevani, estudam os mecanismos bioquímicos responsáveis pela emissão de luz. Os estudos de fungos bioluminescentes têm o potencial de gerar novos conhecimentos, tanto acadêmicos quanto aplicados, até mesmo de fornecer informações sobre o significado biológico e ecológico da emissão. O grupo de pesquisa de Stevani investiga o mecanismo de bioluminescência em fungos, assim como novas substâncias bioativas em extratos dos cogumelos, o desenvolvimento de bioensaios ecotoxicológicos, a biorremediação de solos contaminados e a biodegradação de resíduos industriais.

Bioluminescentes na Amazônia

Embora sejam conhecidas dezenas de espécies de fungos bioluminescentes no mundo, apenas uma é conhecida na Amazônia. As recentes descobertas de espécies tropicais na Mata Atlântica são oriundas do esforço dos pesquisadores que, após serem informados por moradores locais, se dispuseram a investigar a existência dessa biodiversidade e se surpreenderam com as muitas espécies que ocorrem no Petar.

Como na Amazônia o conhecimento sobre a diversidade de fungos ainda é incipiente, e depende da presença dos especialistas, é provável que novas espécies existam e corram risco de extinção antes mesmo de serem descritas e catalogadas. Caboclos e ribeirinhos, que andam na floresta durante a noite para caçar, já repararam que muitas vezes folhas e galhos no chão brilham. O que eles não sabem é que essas espécies relativamente comuns são fungos não descritos e, portanto, desconhecidas para a ciência.

Conhecemos atualmente apenas uma espécie na Amazônia: *Mycena lacrimans*. Ela havia sido coletada na Reserva Ducke (AM) e descrita por Rolf Singer (1906-1994), micólogo alemão, que estudou dezenas de espécies na região amazônica entre as décadas de 1970/80. Entretanto, como fora coletada durante o dia, Singer não sabia que seus cogumelos eram bioluminescentes.

Raridade na Amazônia

Em 2005, durante uma expedição de uma disciplina de pós-graduação em ecologia do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Inpa) para a rodovia BR-319, que liga Manaus a Porto Velho, um de nós (Braga-Neto) teve a oportunidade de penetrar na floresta e descobrir, por acaso, a ocorrência de cogumelos bioluminescentes. Eles foram localizados ao longo de igarapés, em florestas próximas ao quilômetro 83, no município de Careiro. Com a colaboração de Dennis Desjardin, a identidade da espécie foi revelada.

Na Amazônia, a presença de rodovias está diretamente associada ao desmatamento, perda de biodiversidade e degradação de serviços ambientais. Atualmente, a repavimentação da BR-319 é foco de grande preocupação, pois a rodovia corta uma imensa área do estado do Amazonas altamente preservada. Sem planejamento adequado, isso poderia catalisar degradação ambiental. Segundo Philip Fearnside e Paulo Maurício Graça, pesquisadores do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Inpa), os benefícios econômicos usados para justificar a necessidade do asfaltamento da rodovia são questionáveis, sendo mais indicado transportar produtos por hidrovia, aproveitando o grande potencial natural da região. Infelizmente, o local onde os espécimes de *Mycena lacrimans* foram coletados já está desmatado, e não se sabe qual o efeito dessa alteração sobre a espécie. É certo que unidades de conservação podem reduzir significativamente o desmatamento e a perda de espécies. Duas unidades foram criadas recentemente na região, e o Ministério do Meio Ambiente está atuando, juntamente com a Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável do Amazonas (SDS-AM) pela criação e implementação de um mosaico de unidades de conservação ao longo da rodovia, com diferentes categorias de uso. Essas unidades tenderão a favorecer a conservação dessa espécie de fungo raro e permitirão que moradores locais e visitantes venham a conhecer pessoalmente sua existência. E, eventualmente, ajudar a descobrir novas riquezas naturais na região.

Biodiversidade de Fungos

Assim como as plantas e os animais, os fungos constituem um reino à parte, caracterizado por uma imensa diversidade e ampla distribuição geográfica. Entretanto, eles estão entre os organismos menos conhecidos do mundo, fato que é ainda mais acentuado em regiões tropicais. Essa realidade é preocupante, pois os fungos desempenham funções indispensáveis ao funcionamento de ecossistemas terrestres, atuando como decompositores, simbiontes e parasitas.

Como o caso dos fungos bioluminescentes demonstra, o acúmulo de conhecimento e a descoberta de novas espécies estão intimamente associados à quantidade de pesquisadores envolvidos. Nos últimos anos, o número de micólogos atuando no Brasil teve uma significativa expansão, especialmente por alunos de pós-graduação do Rio Grande do Sul, Pernambuco, São Paulo, Santa Catarina e Rio Grande do Norte. Não existem apenas mais pesquisadores envolvidos; a produção *per capita* também aumentou significativamente.

Esses jovens micólogos estão ampliando muito a capacidade de gerar conhecimento sobre a identidade e a ocorrência das espécies de fungos no país. Segundo informações compiladas da plataforma Lattes do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), a produção de artigos científicos sobre fungos macroscópicos aumentou muito desde o começo desta década, atingindo cerca de 40 artigos apenas em 2007; um acréscimo superior a quatro vezes em relação à produção em 2000.

Embora o desenvolvimento na área de micologia básica seja evidente, ainda é insatisfatória a quantidade de pesquisadores atuando no Brasil. Os centros de pesquisa com fungos no país estão concentrados nas regiões Nordeste, Sudeste e Sul. Mas as regiões Norte e Centro-Oeste, que somam quase 65% do território nacional, têm menos de 10% desses pesquisadores. A consequência mais óbvia dessa situação é que não se sabe se espécies valiosas, do ponto de vista econômico, cultural e ambiental, correm risco de extinção com o desmatamento da Amazônia e alterações impostas pelo aquecimento global. Com boa dose de otimismo, acreditamos que essa carência poderá ser reduzida em um futuro próximo se houver maior integração entre os micólogos das diferentes regiões do país, promovendo cursos, simpósios e produção de material didático de qualidade.

Mas mesmo essas iniciativas não são suficientes por si. Sem o apoio dos governos federal e estadual, que poderiam priorizar investimentos nessa área estratégica de pesquisa, buscando a ampliação, valorização e consolidação do quadro de profissionais, esse progresso é quase insignificante. Aqui tentamos enfatizar a dimensão de riquezas ainda desconhecidas que herdamos em nosso berço esplêndido. Sim, somos gigantes pela própria natureza e nossos bosques têm mesmo muita vida. Mas temos uma ideia razoável da diversidade de espécies de fungos, por exemplo, que o Brasil abriga?

Lamentavelmente, essa resposta ainda é desconhecida, ainda que se trate de conhecimento estratégico para o conjunto da humanidade.

- A história envolvendo a descoberta de fungos luminosos no Brasil começou com o biólogo João Ruffin Leme de Godoy. Ele descobriu que na região do Vale do Ribeira, em São Paulo, esses organismos ocupavam uma enorme jabuticabeira (*Eugenia fluminensis*).

- Em geral, as espécies de fungos bioluminescentes ocorrem em ambientes florestais úmidos, pois dependem da umidade para se alimentar, crescer e reproduzir. A maioria dos fungos bioluminescentes é saprófita, ou seja, alimenta-se de matéria orgânica morta de origem vegetal.

- Os fungos bioluminescentes estão distribuídos em três linhagens (mas possivelmente são quatro), confirmando a ideia de que a bioluminescência, nos fungos, algumas vezes, evoluiu independentemente.

- Entre os organismos bioluminescentes, os fungos são os menos conhecidos: não se sabe muito sobre o mecanismo das reações químicas associadas a esse processo, nem por que ele ocorre.

— Os editores

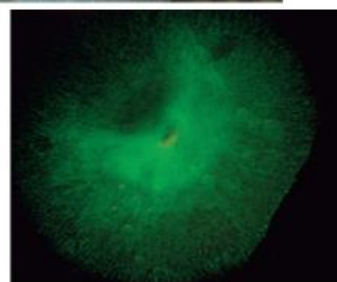
Fungos bioluminescentes são comuns em florestas tropicais, onde crescem nas árvores em decomposição, mas também se encontram com frequência em bosques de regiões temperadas. O micélio ou corpo vegetativo é responsável pelo forrageio, obtenção de alimentos e crescimento. Várias espécies de fungos bioluminescentes emitem luz apenas do micélio. A bioluminescência dos fungos pode servir para alertar predadores de suas defesas, ou atrair predadores de animais fungívoros, preservando suas linhagens. A luminosidade atrai também insetos noturnos, o que ajuda na dispersão dos esporos.

IMAGENS CEDIDAS PELO AUTOR



Dentre as 500 espécies conhecidas do gênero *Mycena*, 35 são bioluminescentes. A maioria dos fungos bioluminescentes *Mycena* forma um grupo de 47 espécies, que vivem principalmente em regiões tropicais. Todas essas espécies vivem livremente e são capazes de decompor madeira e serrapilheira, com exceção de uma delas, a *Mycena citricolor*, que é parasita e provoca doenças em cafeeiros. Atualmente, apenas uma espécie – *Mycena lacrimans* – é conhecida na Amazônia, mas como o local onde foi encontrada já está desmatado, não se sabe qual o efeito dessa alteração sobre o desenvolvimento da espécie.

IMAGENS CEDIDAS PELO AUTOR

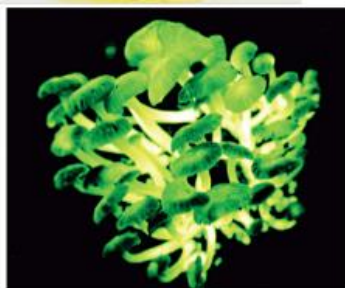


MICÉLIO CLARO/MICÉLIO ESCURO

Fungi bioluminescence revisited. Dennis Desjardin e colab., em *Photochemical & Photobiological Sciences*, vol. 7, págs.170-182, 2008.

***Mycena lacrimans*, a rare species from Amazonia, is bioluminescent.** Dennis Desjardin e Ricardo Braga-Neto, em *Edinburgh Journal of Botany*, vol. 64, págs. 275-281, 2007.

Bioluminescent *Mycena* species from São Paulo, Brazil. Dennis Desjardin e colab., em *Mycologia*, vol. 99, págs. 317-331, 2007.



MYCENA CLARO/MYCENA ESCURO

Laboratório de bioluminescência de fungos (IQ-USP), <http://www.iq.usp.br/~wwwdocentes/stevani/>

ANEXO A09: Ardi tinha características humanas?

Notícias

Ardi tinha características humanas?

Primata de 4,4 milhões de anos reacende debate sobre o andar ereto e o significado de pertencer à tribo dos humanos

Katherine Harmon

Para uma criatura tão pequena, "Ardi" (*Ardipithecus ramidus*), de 1,2m de altura, provocou grandes polêmicas no mundo da paleoantropologia. Essa descoberta significativa – anunciada 15 anos atrás e formalmente descrita na *Science* de outubro – aprofundou os debates acadêmicos sobre o surgimento do bipedalismo, a aparência de nosso último ancestral comum com os chimpanzés e de que forma alguns primatas antigos deram origem aos humanos modernos.

"Este é um fóssil fascinante, não importa de que lado se esteja da discussão," comenta William Jungers, professor e chefe do Departamento de Ciências Anatômicas do Centro Médico da Stony Brook University, localizado em Long Island (NY, EUA). Na verdade, a análise da *Science* com 11 artigos acentuou ainda mais as diferenças, em vez de atenuá-las.

Os autores dos trabalhos, incluindo Tim White, da University of California, em Berkeley (EUA), propuseram que o *Ardipithecus* apresentava "um andar ereto eficaz" e que isso "soluciona muitas dúvidas em torno da evolução primitiva da humanidade, incluindo a natureza do último ancestral comum". Assim, é proposto que o fóssil pode realmente ser um Hominina primitivo (nomenclatura, sempre em mudança, para o grupo que geralmente compreende os humanos modernos e nossos parentes próximos já extintos; também chamado, por White et al., de homínidos – embora agora essa última denominação inclua com frequência os grandes primatas).

Assim, Ardi representa um verdadeiro passo em direção à hominização ou deve estar nas ramificações secundárias da árvore evolucionária? White e seus colegas não têm uma resposta definitiva; porém, por meio de análises meticulosas de dados provenientes do fóssil e das áreas próximas, concluem em seu artigo que "aparentemente, não há características únicas o suficiente para certificar a exclusão, de forma definitiva, do *Ar. ramidus* como ancestral do *Australopithecus*". Assim, é proposto que o fóssil pode realmente ser um Hominina primitivo (nomenclatura, sempre em mudança, para o grupo que geralmente compreende os humanos modernos e nossos parentes próximos já extintos; também chamado, por White et al., de homínidos – embora agora essa última denominação inclua com frequência os grandes primatas).

Porém, ainda mais difícil que reconstituir os ossos delicados e fragmentados do *Ardipithecus* pode ser a tarefa de situá-lo na história evolucionária da humanidade. E esse processo já se provou controverso.

Em razão de a adaptação para a postura ereta ser o símbolo tradicional dos humanos primitivos, muito do debate sobre o *Ardipithecus* gira em torno de como se encaixam os ossos de seus membros inferiores – em particular, a posição de seu ílio lesionado (a parte superior da pélvis, parecida com uma asa de borboleta). Dependendo da direção desse osso, há uma diferença de funcionamento dos músculos ao redor das articulações coxofemorais, explica o professor do Departamento de Antropologia da University of Toronto, David Begun.

O resumo de um dos artigos da *Science*, encabeçado por Owen Lovejoy, da Kent State University, localizada em Ohio (EUA), argumenta que, na época de Ardi, "os músculos glúteos foram reposicionados, de forma que o *Ar. ramidus* pudesse andar de forma ereta, sem ter que alternar lateralmente seu centro de massa" (ao contrário dos desajeitados grandes primatas modernos). Mas uma interpretação diferente para o ílio poderia mudar toda essa história.

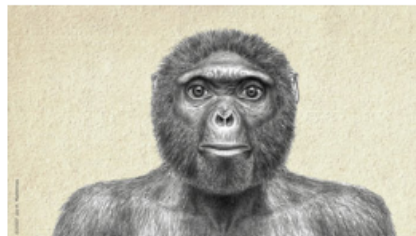
Apesar das numerosas imagens e descrições divulgadas pelos pesquisadores, alguns estão relutantes em aceitar as reconstruções sem desconfiança. De acordo com Begun, "as peças podem até se encaixar perfeitamente, mas o fato é que se tomou como ponto de partida um espécime muito danificado, que resultou em algo muito parecido com um *australopithecíneo*" (grupo que inclui "Lucy", o *Australopithecus* de 3,2 milhões de anos, assim como um *Paranthropus* de 2,7 milhões de anos). "É muito difícil não deixá-los parecidos com algo que já se tem em mente se houver alguma chance para isto", conclui. Jungers também ressalta os perigos da reconstrução, a qual, em casos como o de Ardi, "requer muitas suposições".

Enquanto a pélvis superior se parece com a de um humano primitivo, a parte inferior está mais próxima da de um primata quadrúpede não humano, acrescenta Jungers, que, recentemente, reuniu-se com White e examinou fotografias dos ossos. No entanto, White insiste que, após trabalhar com os fósseis propriamente ditos, não há como afirmar que eles pertençam a "um animal que não andasse apoiado com frequência em seus membros posteriores", a menos que os dados "sejam deliberadamente ignorados ou que os tenhamos inventado".

Ainda que a reconstrução do quadril de Ardi não convença a todos, seus pés podem fornecer evidências importantes sobre a locomoção de sua espécie. Em um dos artigos publicados na *Science* liderados por Lovejoy, o autor observa que "embora a anatomia podal do *Ar. ramidus* demonstre que a espécie ainda subisse em árvores, no chão andava de forma ereta". De fato, os pés de Ardi indicam um conforto com a vida em árvores. Seu dedão do pé, referido como "notavelmente primitivo" por Jungers, é bem diferente – ainda mais que os dedões dos chimpanzés modernos –, o que auxiliaria na escalada.

Nenhum dos componentes conhecidos do pé do *Ardipithecus*, não importando o quão bem adaptado a escaladas estejam, o impede de andar ereto no chão. No entanto, Jungers crê que "não há realmente nenhuma manifestação de adaptação ao bipedalismo". Na verdade, explica, muitos componentes do *Ar. ramidus* não o torna mais capaz de andar de forma ereta que os chimpanzés – um primata não reconhecido por White et al. como um modelo para a evolução primitiva humana.

Em um artigo conduzido por Lovejoy, os autores descrevem o *Ardipithecus* como um "bípede facultativo": aquele que pode andar com as duas pernas, se assim for primordial (para, por exemplo, carregar algum objeto nos braços), mas não é necessariamente propenso a isto.



Ardi: reconstituição de ossos poderia dar resposta mais completa

"Ironicamente, esta é a descrição de bipedalismo para chimpanzés", declara Jungers – "eles são bípedes facultativos". Por outro lado, o *Homo erectus*, que viveu cerca de 2,6 milhões de anos após *Ardi*, era bípede obrigatório. E o professor ressalta: "Até os humanos são escaladores facultativos".

Não importa a maneira como os ossos de *Ardi* são encaixados ou reencaixados, o debate sobre como a espécie se comportava no chão não deverá se encerrar com análises mais profundas desse espécime. Mesmo com o descobrimento de centenas de ossos, ainda falta uma articulação do joelho. "Acho que essa articulação colocará um ponto final no assunto, de um jeito ou de outro", prevê Begun. E a descoberta de mais alguns ossos do pé também não faria mal a ninguém, salienta Jungers.

Em vez de continuar o debate evolutivo abaixo do quadril, para Jungers as características mais importantes de *Ardi* podem estar acima dos seus ombros. "Se quisermos manter *Ardi* em nosso lado, precisamos abandonar o bipedalismo como a marca essencial para ser um Hominina, em sentido estrito", escreveu o professor da Stony Brook University em um e-mail enviado a *ScientificAmerican.com*.

"Caso tivéssemos descobertos somente a parte acima do pescoço dos fósseis, é possível que não considerássemos *Ardi* um Hominina," argumenta.

Entretanto, os vários pedaços de crânio encontrados pela equipe de pesquisadores ajudarão a pender o debate a favor do lado dos humanos primitivos. Em uma conversa com White, relata Jungers, o que compeliu aquele pesquisador a considerar *Ardi* como um passo inicial para a evolução humana foi a evidência dentária – especialmente os caninos superiores, menores e mais parecidos com os dos humanos que dos chimpanzés. Para os autores de um dos estudos publicados na ciência (liderado por White). Os pequenos caninos e a diferença mínima de tamanho entre machos e fêmeas da espécie são "indicativos de mínima agressão social", escreveu os autores de um dos trabalhos publicados na *Science* (liderado por White). Se os machos não competiam pelas fêmeas por meio da agressão física, argumentou o coautor Lovejoy, eles poderiam estar mais envolvidos com a criação da prole – um componente-chave para a posterior evolução humana.

O crânio em si também levanta questionamentos acerca da analogia entre *Ardi* e outros antepassados nossos, como *Lucy*, por exemplo. Os autores dos artigos da *Science* ressaltam a pequena porção inferior da face do *Ardipithecus*, que não é tão proeminente quanto a do chimpanzé e tem um formato mais parecido com a do *Australopithecus*. Mas pesquisadores que não participaram dos estudos enfatizam a semelhança de tamanho com outros primatas não humanos, como os extintos macacos que viveram na época miocena.

White, no entanto, prefere considerar o espécime como um todo, taxando a análise intencionalmente fragmentada de "completamente hipotética e irreal". Por e-mail, ele admite que "se só se tivesse achado uma falange intermediana, então não seria possível determinar as relações filogenéticas da espécie", mas conclui que "as características da dentição, crânio e esqueleto pós-craniano... são todas compartilhadas exclusivamente pelo *Ar. ramidus* e homínidos posteriores, excluindo-se, dessa maneira, todos os outros primatas extintos e existentes". E garante: "mesmo sem o crânio e a dentição, ainda assim essa argumentação se sustentaria, em razão do compartilhamento de traços herdados no quadril e no pé".

White e seus colaboradores não insistem na postura ereta como o único indicativo de *Ardi* e seu clado serem de fato humanos primitivos, mas enfatiza que, até agora, essa característica faz parte do contexto. Ele afirma que, embora a sua definição para integrantes da família Hominidae não "se baseie no bipedalismo per se", a designação "parece consistente tanto com o bipedalismo quanto com a perda do complexo canino-pré-molar ocorrendo perto do momento da separação" entre as linhagens dos humanos e dos chimpanzés.

A muito um mistério evolucionário, o último antepassado em comum compartilhado por humanos e chimpanzés pode ter sido identificado, pelo menos parcialmente, pela descoberta do *Ar. ramidus*, argumentaram os autores do estudo sobre a espécie (contendo mais de 600 páginas) enviado a *Science*.

Ardi ajudou a estabelecer alguns debates importantes acerca dessa criatura crucial: por exemplo, se nossos antepassados primitivos andavam sobre seus pés da mesma maneira que os chimpanzés modernos (atualmente, supõe-se que provavelmente não). Mas, como Jungers salientou, já está antiquada a noção que os humanos evoluíram do chimpanzé (ou mesmo de uma criatura parecida com esse animal). Também, observa Begun, seria uma tarefa difícil determinar por meio de *Ardi* – com 4,4 milhões de anos – um modelo para o último ancestral comum, que viveu há cerca de 6 a 8 milhões de anos. "Do mesmo modo que para Tim [White] é ingênuo assumir" que os chimpanzés não tenham evoluído por milhões de anos, categoriza Begun, também é ingênuo pensar que *Ardi* conservou várias características de um ancestral comum.

Begun, assim como outros cientistas, estão mais cautelosos em propor uma posição para *Ardi* na linha humana direta que os pesquisadores envolvidos no projeto. Estes ressaltaram que, apesar de a espécie ser "substancialmente mais primitiva que o *Australopithecus*" (segundo escritos de um artigo liderado por White), "parece que ela... ocupou um platô basal adaptativo na história natural do homínido" (conforme observou outro artigo, desta vez coordenado por Lovejoy).

Embora seja difícil considerar *Ardi* como um parente próximo, também o é rejeitá-la. "Não acho injusto dizer que, neste momento, a posição filogenética precisa de *Ardi* é incerta e contestável", comenta Jungers. Até White observa que "as três maiores possibilidades" são que o *Ardipithecus* está ou na linha humana, ou na dos chimpanzés ou antecede ambas. Ele explica: "Situamos a espécie no clado dos homínidos [também conhecido como Hominina] com base em uma série de características evolutivas recentes por ela exclusivamente compartilhadas com todos os outros membros desse clado – os *Australopithecus* e *Homo sapiens*".

Ao analisar os dados apresentados na *Science*, Begun pouco encontrou "na anatomia desse espécime que levasse diretamente ao *Australopithecus*, quanto mais ao *Homo sapiens*". *Ardi* "poderia facilmente ser uma ramificação".

Uma análise mais profunda da posição de *Ardi* na árvore genética dos primatas e de seu papel para o desenvolvimento do andar ereto pode ter que esperar até que os fósseis originais e suas peças sejam liberados a outros pesquisadores. "Estamos ansiosos para saber onde *Ardi* se encaixa", exclama Jungers. O próprio White parece ansioso para que outros possam ver por conta própria a evidência na qual está confiante: "Convidamos esses pesquisadores a vir fazer uma observação comparativa atenta dos fósseis antes de tirarem conclusões sobre algo tão importante quanto o bipedalismo".

Apesar da impaciência para se ver ao vivo *Ardi* e os outros espécimes, assim como para se resolver as questões sobre a condição de Hominina da espécie, a maioria dos pesquisadores elogia o importante trabalho envolvendo a escavação e análise dos fósseis. "O que eles fizeram foi incrível", reconhece Jungers. A ampla documentação sobre o contexto que envolve o *Ar. ramidus* "estabeleceu um novo padrão", que, segundo o professor, é "realmente extraordinário".

ANEXO A10: As raízes mais profundas da vida

Reportagem

As raízes mais profundas da vida

Análises de um tipo de fonte termal, descoberta no leito marinho, sugerem novas possibilidades para a evolução da vida

Alexander S. Bradley

Restam poucos lugares a serem explorados nos continentes da Terra, e é improvável que muitas novas maravilhas naturais sejam reveladas em algum ponto remoto. Mas abaixo da superfície oceânica é outra história. Sabemos mais sobre as características de Marte que sobre os 75% subaquáticos de nosso próprio planeta. Surpresas incríveis nos aguardam ali.

Uma delas foi desvendada em dezembro de 2000. Uma expedição que mapeava uma montanha submersa, conhecida como maciço Atlantis, a meio caminho entre as ilhas Bermudas e Canárias, e a 800 metros abaixo da superfície do Atlântico Norte, deparou com um pilar de rocha branca, alto como um edifício de 20 andares, que se erguia do leito marinho. Com auxílio do veículo de controle remoto, Argo II, e o submergível tripulado Alvin, os cientistas fizeram um levantamento e colheram amostras da misteriosa torre. Embora restrições de tempo limitassem a investigação a um único mergulho do Alvin, os pesquisadores conseguiram reunir informações suficientes para determinar que a formação rochosa era apenas uma de várias estruturas semelhantes que emitiam água marítima morna. Eles haviam descoberto uma região de fontes termais submarinas, que batizaram de Campo Hidrotermal de Lost City. E ele não se assemelhava a nada conhecido, nem às agora famosas "black smokers" (fumarolas, ou chaminés negras).

O relato inicial sobre o achado, publicado na revista Nature em julho de 2001, suscitou ondas de empolgação na comunidade científica. A principal autora, a geóloga Deborah S. Kelley, da University of Washington, e seus colegas levantaram várias questões fundamentais. Como esse campo hidrotermal se formou? Que tipos de organismos vivem lá e como sobrevivem? Em 2003, Kelley chefiou uma abrangente expedição, de seis semanas, a Lost City para averiguar. Agora, após anos de minuciosas análises das amostras colhidas nessa missão, os cientistas começam a dar respostas fascinantes.

As descobertas do campo termal levaram à reconsideração de noções há muito aceitas sobre o ambiente químico que pode ter propiciado o aparecimento da vida na Terra. Além disso, os resultados acarretaram uma expansão das ideias científicas sobre onde, além deste Planeta Azul, seria possível encontrar vida – e desafiaram os conceitos estabelecidos sobre como procurar por ela.

Química Estranha

Cientistas sabem da existência de fontes termais submarinas desde a década de 70. Os sistemas conhecidos como chaminés negras, ou fumarolas, são os mais comuns. Eles ocorrem nas cordilheiras meso-oceânicas – naquelas fileiras de vulcões que se erguem sobre pontos onde as placas tectônicas se afastam umas das outras. Nessas chaminés, a água pode atingir temperaturas superiores a 400°C, devido à proximidade de rochas magmáticas. Com pH semelhante ao do suco de limão, ela libera sulfetos, ferro, cobre e zinco, à medida que se infiltra nas rochas vulcânicas abaixo do solo marinho.

Quando esse fluido ebuliente e ácido sobe nova mente à superfície, é expelido pelas chaminés na água gelada das profundezas do mar, onde os sulfetos de metal dissolvidos resfriam rapidamente e precipitam, produzindo uma mistura escura, parecida com nuvens de fumaça negra. Esses sulfetos se depositam e acumulam, formando chaminés cada vez mais altas sobre as nascentes termais. Apesar da agressiva composição química da água ao seu redor, há uma profusão de animais exóticos, como os gigantes vermes tubiformes (Riftia), desprovidos de boca e intestinos. Essas criaturas florescem graças a uma associação simbiótica com bactérias internas, que consomem o venenoso gás sulfeto de hidrogênio que emana dos orifícios.

Comparado ao selvagem ambiente das chaminés negras, o campo de Lost City é sinistramente tranquilo. Localizado cerca de 15 km a oeste do limite da placa tectônica, na cordilheira Meso-Atlântica, no topo do maciço Atlantis, suas fontes estão distantes demais para que os fluxos ascendentes de lava elevem os fluidos às temperaturas fervilhantes encontradas nas fumarolas. Em vez disso, a água é aquecida na circulação pela camada de rochas moderadamente quentes abaixo, e a temperatura mais alta já registrada é de apenas 90°C. Além disso, os fluidos de Lost City não são ácidos, mas alcalinos, com pH entre 9 e 11 – semelhante ao do leite de magnésia ou à solução doméstica de amoníaco. Como essas águas são incapazes de dissolver rapidamente concentrações elevadas de metais, como ferro e zinco, suas nascentes não produzem as nuvens de sulfeto metálico que caracterizam as chaminés negras. Em Lost City, a água que brota dos orifícios é rica em cálcio que, ao se misturar com a água marinha, produz carbonato de cálcio. E essa rocha calcária constrói gigantescas chaminés brancas – a maior delas ergue-se a quase 60 metros acima do leito do mar –, significativamente mais altas que a mais elevada chaminé negra.

A estranha química das águas de Lost City resulta de seu singular ambiente geológico, enraizado na própria estrutura do planeta. Imagine a Terra como um pêssego. A pele representa a crosta, a parte carnuda é equivalente à camada subjacente do manto sólido, e o caroço é igual ao núcleo de ferro incandescente. Na cordilheira Meso-Atlântica, a crosta está sendo lentamente dilacerada pela deriva continental, à medida que as placas tectônicas norte-americana e africana se afastam uma da outra, à razão de 25 mm por ano. Essa fragmentação expõe partes do manto terrestre no leito marinho, e seu soerguimento formou o maciço Atlantis.

Deborah S. Kelley, University of Washington IFE URI-IAO NOAA



O Ecossistema das fontes hidrotermais de Lost City parece estéril, mas abriga uma infinidade de micro-organismos. Muitos deles se desenvolvem independentemente da luz do Sol

O manto consiste primordialmente numa rocha chamada peridotito, que revelou ser a chave para a distinta composição química de Lost City. Ao entrar em contato com a água, o peridotito passa por uma reação química denominada serpentinização. À medida que a água marítima penetra nas profundezas do manto, o peridotito é transformado em serpentinita e a água infiltrada torna-se mais alcalina em decorrência dessa reação. Ao reemergir e se misturar novamente com as águas oceânicas, essa água está repleta de cálcio, liberado durante a serpentinização. Mais importante é que agora esses fluidos estão altamente reduzidos, isto é, desprovidos de todo oxigênio, que foi substituído por gases ricos em energia, como hidrogênio, metano e sulfeto de hidrogênio. As concentrações de hidrogênio, em particular, estão entre as mais elevadas já detectadas em um ambiente natural. E é aqui que as coisas começam a ficar realmente interessantes.

No Início

A riqueza energética do hidrogênio deve-se à sua capacidade de transferir facilmente elétrons para outros compostos, como o oxigênio, e liberar energia. Esse processo é descrito, de modo um tanto confuso, como "redução química". Os cientistas suspeitavam havia tempos que gases reduzidos desempenhavam papel importante na origem da vida na Terra. Na década de 20, o bioquímico russo Alexander Oparin e o evolucionista britânico J.B.S. Haldane sugeriram, isolada e independentemente, que a atmosfera primitiva da Terra pode ter sido muito rica em gases redutores, como metano, amônia e hidrogênio. E, nessas concentrações elevadas, os ingredientes químicos necessários para a vida podem ter-se formado espontaneamente.

A ideia ganhou credibilidade décadas mais tarde, com o famoso experimento dos químicos Stanley Miller e Harold Urey, da University of Chicago, em 1953. Ao aquecer e descarregar faíscas em uma mistura de gases redutores, os cientistas conseguiram criar uma gama de compostos orgânicos (a maioria contendo carbono e hidrogênio), inclusive aminoácidos, os blocos de construção das proteínas, vitais para todas as formas de vida terrestre. Entretanto, nos anos subsequentes ao experimento, geólogos concluíram que a atmosfera ancestral não era nem de longe tão redutora como a dupla havia pensado. Segundo eles, as condições que formaram aminoácidos e outros compostos orgânicos em sua experiência provavelmente nunca existiram na atmosfera.

Mas nas fontes termais de Lost City os gases redutores proliferam. É possível que, há bilhões de anos, nascentes semelhantes a essas tivessem as condições ideais para produzir os compostos orgânicos necessários à vida? Alguns geoquímicos que investigam a questão acreditam que sim. Diversos estudos realizados na década passada sugeriram que as reações químicas que ocorrem durante a serpentinização são ideais para a produção de compostos orgânicos a partir de dióxido de carbono. Sistemas hidrotermais parecidos com o de Lost City podem ter sido fábricas primitivas que emitiam ininterruptamente metano, ácidos orgânicos simples e talvez até ácidos graxos mais complexos – componentes essenciais das membranas celulares de todos os organismos. E as chaminés talvez fossem capazes de gerar esses compostos orgânicos sem o auxílio de organismos vivos.

Lost City é um laboratório natural para testar essas ideias. Em 2008, o químico Giora Proskurowski, da Woods Hole Oceanographic Institution, e seus colegas publicaram um estudo na revista Science, demonstrando que os fluidos quentes do campo termal de fato contêm pequenos compostos orgânicos, como metano, etano e propano. Outro trabalho sugere que as reações químicas na área também produzem pequenos ácidos orgânicos, como formiato e acetato. Juntas, essas descobertas confirmam que os gases reduzidos em Lost City poderiam permitir as reações químicas necessárias para criar compostos orgânicos a partir de inorgânicos – um passo simples, porém vital na química prébiótica.

Esse novo estudo determina que alguns ambientes de fontes hidrotermais são capazes de produzir pelo menos compostos orgânicos simples, possíveis ingredientes para a vida. Mas Lost City não é o local ideal para testar essas ideias, porque as torres de carbonato de cálcio não são reatores químicos estéreis. Na realidade, elas fervilham de vida microbiótica, o que levanta a possibilidade de esses microorganismos estarem contribuindo para a formação de compostos orgânicos nos fluidos das chaminés. Para desvendar esse enigma, é preciso inspecionar os próprios micro-organismos mais de perto.

Sol Desnecessário

Muitos micro-organismos desenvolveram a capacidade de consumir a abundante energia contida no hidrogênio. Os metanógenos são um desses grupos. Como seu nome sugere, eles geram metano, gás natural que muitos de nós utilizam para cozinhar alimentos. Como se constatou, até um terço dos microorganismos em Lost City são metanógenos pertencentes à família Methanosarcinales. Sua presença não surpreende, dada a abundância de hidrogênio nas águas termais. Notável é que os metanógenos de Lost City operam independentemente do Sol.

Quase toda a vida na Terra depende de energia solar – tanto para seres humanos, que contam com organismos fotossintéticos como alimento, ou plantas e algas que realizam a fotossíntese. Até nas chaminés negras, nas profundezas abissais dos oceanos, a vida depende do Sol. Os micro-organismos que asseguram o crescimento dos vermes tubiformes gigantes, por exemplo, necessitam tanto de sulfeto como de oxigênio. E a fonte suprema de oxigênio são organismos fotossintéticos que vivem muito mais acima. Comparativamente, os metanógenos de Lost City precisam apenas de dióxido de carbono, água em estado líquido e peridotito, que reagem para formar os ingredientes naturais de que necessitam para sobreviver.

Pesquisadores constataram que as duas reações geoquímicas resultantes da serpentinização e da atividade de metanógenos biológicos são fonte de metano para o ecossistema de Lost City. Essa produção simultânea do gás pode não ser coincidência. Em diversos estudos realizados nos últimos anos, o bioquímico William Martin, da Universidade Heinricheine, na Alemanha, e o geoquímico Michael Russell, do Jet Propulsion Laboratory, da Nasa, em Pasadena, examinaram todos os passos químicos necessários para produzir metano abiótico, ou seja, sem participação de organismos vivos, em ambientes como Lost City. Descobriram que cada etapa é replicada nos caminhos biológicos dos organismos produtores do gás. Com base nesse trabalho, sugeriram que nos primórdios da Terra, lugares como Lost City produziam metano geoquimicamente e que as formas de vida ancestrais podem ter agregado para si cada uma das etapas químicas, originando o que pode ter sido a primeira trilha bioquímica.

Martin e Russell não são os primeiros cientistas a propor que a vida pode ter surgido em uma fonte hidrotermal. Essa ideia circula há vários anos e não é corroborada apenas pela favorável composição química da água, mas também pelos registros evolucionistas encontrados em material genético de todos os organismos vivos. Nesse aspecto, o estudo de ribossomos – mecanismos biológicos utilizados pela célula para traduzir em proteínas a informação codificada em ácidos nucleicos (DNA e RNA) – provou ser particularmente elucidativo. Os próprios ribossomos são constituídos de RNA e proteínas. Ao compararem as sequências dos blocos de construção do RNA ribossômico, ou nucleotídeos, cientistas elaboraram uma árvore da vida, que mostra as relações evolutivas entre todas as formas de vida na Terra. Muitos organismos situados em ramos próximos à sua base consomem hidrogênio e habitam fontes termais de altas temperaturas, em terra ou no solo marinho.

Isso indica que o último ancestral comum de toda a vida terrestre pode ter habitado uma fonte termal, possivelmente um ambiente semelhante ao do Campo Hidrotermal de Lost City. Geólogos têm motivo para suspeitar que ecossistemas como esse eram relativamente comuns no passado remoto. O peridotito é um tipo de rocha predominante no Sistema Solar. Na Terra, ele é o principal constituinte do manto superior. Embora atualmente seja raro encontrá-lo na superfície terrestre, era abundante há 3 bilhões ou 4 bilhões de anos. Naquela época, o planeta era muito mais quente e o vulcanismo acentuado transportava um volume maior do manto derretido para a superfície. Na realidade, o peridotito provavelmente constituiu a maior parte da camada rochosa no leito marinho nos primórdios da Terra e reagia com água, exatamente como faz hoje. Assim, ambientes cálidos e alcalinos, parecidos com o campo termal mesoatlântico, podem ter nutrido as primeiras formas de vida. Em comparação, condições causticantes e ácidas, como as encontradas nas chaminés negras, possivelmente eram hostis demais para propiciar seu aparecimento.

As descobertas de Lost City também reforçam as hipóteses sobre onde mais, em nosso Sistema Solar, pode existir ou ter existido vida no passado. É concebível que qualquer planeta ou lua que contenha peridotito e água em estado líquido – os ingredientes necessários para a serpentinização – seja capaz de sustentar formas de vida análogas aos microorganismos de Lost City. As evidências mais claras desses componentes ocorrem em Marte e em Europa, uma das luas de Júpiter. De fato, pesquisadores já detectaram metano na atual atmosfera marciana; mas não se sabe ainda se ele resulta de micro-organismos ou de reações químicas nas rochas do planeta.

Prospectando Metano

Determinar isso pode ser mais difícil do que os cientistas imaginaram. A maioria dos organismos na árvore filogenética são micro-organismos. Embora possamos estudar suas sequências de DNA e RNA, encontrar um registro fóssil de criaturas microscópicas, com formas ambíguas, é desafiador. Nas últimas décadas, pesquisadores desenvolveram técnicas específicas que permitem investigar a história evolucionária de micro-organismos, ao combinar registros geológicos de fósseis químicos, não físicos. Fósseis químicos são moléculas rastreáveis até organismos vivos e podem permanecer preservados em rochas durante milhões, até bilhões de anos. A maioria deles deriva de lipídios que constituem as membranas celulares. Embora não contenham tanta informação como o DNA ou um fóssil físico, são indicadores confiáveis de vida e podem ser portadores de diagnósticos estruturais dos organismos que os produziram.

Além disso, o próprio carbono, que forma os lipídios, é informativo por conter um marcador que revela como um organismo o extraía de seu meio ambiente. Esse marcador é o carbono 13, uma forma relativamente rara do elemento, que não degrada ao longo do tempo. O carbono existente na maioria dos organismos apresenta entre 1% e 3,5% menos de C-13 que o dióxido de carbono dissolvido na água do mar. Portanto, cientistas haviam presumido que o carbono contido em rochas antigas, e depauperado nesse percentual, derivava de organismos vivos. Como consequência dessa norma, o carbono não reduzido de rochas ancestrais resultaria de processos abióticos.

Mas Lost City refuta essa teoria. Meu trabalho com uma equipe de cientistas, no Massachusetts Institute of Technology e no Woods Hole, revelou que alguns dos lipídios mais abundantes, encontrados nos carbonatos do campo termal, se originam de metanógenos. No entanto, esses lipídios não exibem nenhum depauperamento de carbono 13. Seus conteúdos do elemento são iguais aos que seriam de esperar de materiais que não derivaram de organismos vivos. Como se explica isso? Através da utilização do C-13 como rastreador de vestígios de vida, com base na suposição de que há mais dióxido de carbono disponível no meio ambiente do que pode ser consumido. Enquanto houver um excedente de CO₂, os organismos podem incorporar as moléculas mais leves do carbono 12, que eles preferem, e ignorar o C-13 mais pesado. Se, no entanto, o dióxido de carbono fosse escasso por qualquer razão, os organismos absorveriam do ambiente todas as moléculas de carbono que conseguissem, tanto da variedade mais leve como da mais pesada. E, se isso ocorresse, a relativa abundância de C-13 nos organismos não diferiria da que existe no meio ambiente. O rastreador químico de vida seria invisível.

É precisamente esse processo que se manifesta nas fontes hidrotermais de Lost City. Ao contrário de quase todos os outros ambientes terrestres, onde há sempre disponibilidade de CO₂, naquele campo predomina o hidrogênio e o dióxido de carbono é escasso. Na prática, isso obriga os organismos que vivem ali a extrair isótopos de carbono indiscriminadamente. O problema da invisibilidade também se aplica ao metano. Em geral, esse gás, quando produzido por organismos vivos, apresenta uma depauperação extrema de C-13, em comparação ao metano resultante de reações geoquímicas. Mas essa diferença nem sempre aparece nos sistemas de serpentinização. O metano nas águas termais de Lost City não apresenta a reveladora redução de carbono 13. Pesquisadores sabem, por meio de observações, que ele é uma mistura de produtos geológicos e biológicos. Mas isótopos de carbono isolados são incapazes de fazer a distinção.

Se a vida evoluiu em algum outro lugar do Sistema Solar, o melhor palpite provavelmente é que ela consiste em metanógenos microbiais, que vivem em regiões onde a rocha é serpentinizada. Sabemos que, de alguma forma, há produção de metano em Marte. A Nasa planeja lançar o Laboratório de Ciências de Marte em 2011, e uma de suas missões será determinar a proporção de isótopos de carbono nesse gás. Uma acentuada redução de C-13 seria indicação de que organismos vivos habitam o Planeta Vermelho. Contudo, Lost City demonstra que a impossibilidade de encontrar esse sinal de vida dificilmente pode ser considerada como evidência de sua ausência. De fato, a descoberta da proliferação de microorganismos nesse tipo de ecossistema, antes desconhecido, fornece mais motivos adicionais para se esperar que, algum dia, cientistas encontrem indícios de vida fora da Terra.

ANEXO A11: Pessoas que transmitiram o HIV podem ser identificadas por testes de DNA

Reportagem

Pessoas que transmitiram o HIV podem ser identificadas por testes de DNA

Estudos de biologia evolutiva permitem rastrear cadeia de infecção por HIV

Helen Thompson

Por Katherine Harmon

Estudos de DNA vêm sendo utilizados para vincular suspeitos a cenas dos crimes e até mesmo para identificar pessoas que tenham infectado outras com vírus do HIV.

Um estudo recente, publicado em novembro no *Proceedings of National Academy of Sciences*, explica como uma abordagem filogenética pode mostrar a evolução viral em diferentes pessoas, permitindo descobrir quem transmitiu o vírus para quem.

"Esse é o primeiro estudo de caso para estabelecer a direção da transmissão do vírus HIV", explica Mike Metzker, pesquisador da Baylor College of Medicine e co-autor do estudo.

"A análise do HIV não é tão simples quanto o estudo de DNA usado para identificar uma amostra de sangue ou de cabelo de uma determinada pessoa. A dificuldade se deve às altas taxas de mutações genéticas sofridas pelo vírus", complementa Metzker. Para resolver isso, os pesquisadores estudaram o caminho reverso da mutação viral. Depois de realizar uma análise filogenética das amostras em um teste cego (quando os pesquisadores não têm informações sobre as amostras), Metzger e seus colegas foram capazes de determinar a pessoa mais provável de ter contaminado outros.

iStockphoto / Jgroup



ANEXO A12: Tentando salvar os diabos-da-tasmânia

Notícias

Tentando salvar os diabos-da-tasmânia

Sequenciamento do genoma desses animais sugere novo tratamento contra o câncer contagioso

Katherine Harmon

O diabo-da-tasmânia (*Sarcophilus harrisii*) vem sendo atacado por um câncer altamente contagioso que tem encurralado a espécie, levando-a cada vez mais perto da extinção. Nos últimos 15 anos, o tumor facial do diabo-da-tasmânia se espalhou por toda a ilha da Tasmânia, na Austrália, matando a maioria dos animais contagiados.

Em uma ação para ajudar a salvar o maior marsupial carnívoro existente, os conservacionistas recolheram espécimes para preservar em cativeiro até a doença deixar de existir. Mas esse último recurso pode acabar restringindo o patrimônio genético de uma espécie que já tem diversidade genética limitada.

Para orientar melhor essas ações protecionistas – e ajudar a desvendar o comportamento desse câncer curioso – uma equipe de cientistas sequenciou o genoma do animal e de seus tumores. As descobertas foram publicadas on-line em 27 de junho no *Proceedings of the National Academy of Sciences*, e mais detalhes sobre o genoma estão disponíveis no *The Tasmanian Devil Genome Project*.

Não é fácil comparar o genoma do diabo-da-tasmânia com o de outros marsupiais, pois está um pouco distante de seus primos já sequenciados, o gambá e o wallaby, na árvore filogenética.

A equipe sequenciou o genoma completo de dois diabos: Cedric, um macho nascido em cativeiro, cujos pais eram do noroeste, e Spirit, uma fêmea selvagem, do sudeste. Como eram oriundos de dois extremos opostos da gama de diabos-da-tasmânia, os pesquisadores acharam que deveriam exibir uma boa faixa da atual diversidade genética da espécie. Por isso, seria útil ter dois espécimes para uma avaliação comparativa. Dessa forma, os cientistas descobriram que eles compartilham cerca de 47% de sua variabilidade genética; especificamente têm em comum muitos dos chamados polimorfismos de nucleotídeo único, mutações genéticas, com frequência, utilizadas para avaliar o nível de relação entre os animais. Os pesquisadores enfatizaram que esses dois animais são quase duas vezes mais semelhantes geneticamente que a comparação entre pessoas do Japão e da China. O genoma do animal tem cerca de 300 milhões de pares de base a mais que o do ser humano (3,3 bilhões contra cerca de 3 bilhões, respectivamente), o que poderá ajudar os pesquisadores a descobrir os segredos da rara imunidade a esse câncer.

Ao contrário da maioria dos outros tipos de câncer conhecidos de seres humanos e de mamíferos, o tumor facial se espalha de um indivíduo a outro por contato físico: uma mordida ou mesmo um toque casual. "Imagine um câncer que se espalhe com um aperto de mão", sugeriu o coautor Stephan Schuster, professor de bioquímica e biologia molecular da Pennsylvania State University acrescentou que um câncer tão fácil de disseminar "erradicaria a nossa espécie muito rapidamente".

Spirit tinha cinco tumores – um dos quais foi sequenciado –, que acabou matando-a. Porém, Cedric, mostrou resistência a duas cepas diferentes da doença (embora mais tarde ele tenha sido infectado e morto por uma terceira).

Cerca de 70% do DNA do núcleo de células cancerosas de Spirit não se alinharam com o próprio, reforçando as observações anteriores de que o câncer é transferido diretamente de um indivíduo diferente. A identificação de mudanças genéticas específicas do câncer (o presente estudo já encontrou 128 variantes de aminoácidos) poderia ajudar a encontrar tratamentos para a doença mortal.

Enquanto isso, aos interessados em salvar a espécie só resta contar com a reprodução em cativeiro. Porém, um programa de preservação eficaz em cativeiro não é "apenas uma questão de coletar alguns espécimes de forma aleatória", declarou o coautor do estudo, professor de engenharia, de ciências da computação e de biologia da Penn State, Webb Miller. Usando os perfis genéticos de animais em potencial, os criadores conseguirão reunir uma população com nível conhecido de diversidade genética. "Queremos desenvolver um patrimônio de espécimes diversos e saudáveis que possam combater doenças futuras ou mesmo agentes patogênicos que ainda não evoluíram", Schuster explica.

As informações genômicas, e os novos perfis genéticos de 87 indivíduos selvagens, ajudaram os pesquisadores a esboçar grupos populacionais distintos na ilha, oferecendo um roteiro para monitorar as populações cativas geneticamente robustas. A coleta deveria vir de sete áreas populacionais da ilha, inclusive nas que a doença já é endêmica. "Pode parecer que seria melhor escolher apenas os indivíduos geneticamente resistentes ao tumor facial", Schuster explicou. "No entanto isso iria contra o objetivo de manter a diversidade genética porque, por definição, você estaria selecionando um pequeno subconjunto de patrimônio genético. Em vez disso, nosso modelo sugere uma abordagem mais equilibrada. Não adianta apagar apenas pequeno incêndio."

Para o diabo-da-tasmânia, a ajuda ainda pode demorar. Pesquisadores estimam que o câncer se espalhará a todas as populações selvagens do animal até 2016, "tornando a extinção iminente uma possibilidade real".

Stephan Schuster/Penn State University



O tratador e criador Tim Faulkner com um diabo-da-tasmânia

ANEXO A13: O Brasil e suas aves

Reportagem

O Brasil e suas Aves

Alguns dos principais ornitólogos do país explicam a situação atual da nossa rica avifauna

Pedro F. Develley; Fabio Olmos; Vagner Cavarzere

Há cerca de 240 milhões de anos, no início do período Triássico, surgiram os primeiros dinossauros, um grupo que viria a dominar o planeta pelos próximos 175 milhões de anos até sua extinção, há 65 milhões de anos, após o impacto de asteroides gigantes contra o planeta.

Pelo menos essa é a história que a maioria conhece. O que alguns não sabem é que um grupo de dinossauros carnívoros, bípedes e ágeis aparentado do famoso velociraptor deu origem a animais que estão entre nós até hoje. Toda vez que vir um pombo na rua, um frango em seu prato ou qualquer outra ave, você pode dizer que está diante de um descendente dos dinossauros. As aves são o único grupo de vertebrados naturalmente presentes em todos os continentes, tendo evoluído para ocupar praticamente todos os ecossistemas terrestres, das montanhas mais altas aos oceanos — onde pinguins podem procurar seu alimento a mais de 100 m de profundidade.

O levantamento mais recente www.worldbirdnames.org certifica a existência de 10.440 espécies de aves no mundo, o que exclui várias dezenas extintas desde 1600, após o início da expansão marítima europeia, e possivelmente outros milhares extintos por povos como os polinésios e ameríndios ao colonizarem ilhas no oceano Pacífico e no Caribe. É possível que apenas os polinésios tenham eliminado cerca de 2 mil espécies nos últimos dois milênios.

O Brasil abriga — segundo a última lista do Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos (CBRO) — 1.833 espécies de aves. Esse total certamente aumentará já que novas espécies de aves continuam a ser descobertas com regularidade (mesmo no entorno de capitais como São Paulo e Curitiba) e análises moleculares, morfológicas e bioacústicas demonstram que algumas "espécies" na realidade podem ser subdivididas em unidades evolutivas distintas.

As aves sempre tiveram um papel importante nas culturas humanas muito além de serem simples fonte de alimento. Um dos mais notáveis textos de ornitologia (área responsável pelo estudo de aves), como *De arte venandi cum avibus* (A arte da caça com aves), do imperador Frederico II, escrito na década de 1240, é um exemplo.

Deuses alados, ou com características de aves, sempre foram parte de religiões, que continuam a usar aves como símbolos. Impérios também usaram aves (especialmente as de rapina) como símbolos e até hoje muitos países têm aves representadas em suas bandeiras, brasões e moedas. A importância das aves para a arte, desde a arte plumária de alguns grupos indígenas até seu uso-inspiração para pinturas e esculturas, é bem conhecida.

As aves também inspiram cientistas. Filósofos gregos, como Aristóteles, dedicaram escritos à história natural das aves e, muito tempo depois, Darwin teve alguns de seus *insights* graças às tartarugas e sabiás-do-campo (*Mimus* spp.) das ilhas Galápagos. As aves continuam a inspirar pesquisas em áreas tão variadas como neurociências, evolução, comportamento, fisiologia e ecologia, o que as torna um dos grupos animais mais bem conhecidos.

Humanos de diferentes culturas sempre apreciaram aves de uma maneira não meramente utilitária, mas sim por que poder ver e ouvir esses belos animais é algo prazeroso. Milhões de aves cativas, tanto silvestres como raças criadas especialmente pelo seu canto ou cores, além de espécies inteiras levadas à extinção (como a famosa ararinha-azul *Cyanopsitta spixii*), são testemunho de nossa atração pelas aves e da estranha característica humana de encarcerar e mutilar o que ama.

Mudanças culturais e a tecnologia têm permitido mudar essa relação. A observação de aves tornou-se um passatempo na Inglaterra no século XVIII, onde cavalheiros e clérigos se dedicavam não apenas a compilar as listas de aves que ocorriam em suas propriedades e paróquias, mas também a estudar sua biologia, gerando obras precursoras da ornitologia e ecologia modernas, como *The Natural History of Selborne*, do pioneiro naturalista e ornitólogo Gilbert White, publicado em 1789.

O passatempo da observação de aves dos cavalheiros europeus é uma das raízes da ornitologia moderna e continua com forte vertente científica, já que leva ao aprendizado de disciplinas como ecologia e sistemática.

De fato, a fronteira entre o que é hobby e o que é ciência muitas vezes é incerta e é frequente que observadores de aves participem de pesquisas científicas e não são poucas as espécies que foram descobertas (ou redescobertas) durante excursões de *bird-watching* ou que localidades até então inexploradas foram primeiro visitadas por birders-cientistas.

O voluntariado de observadores alimenta programas de monitoramento que têm sido usados inclusive para documentar consequências das mudanças climáticas. Exemplos são a *Christmas Bird Count* realizada à 111 anos nos Estados Unidos, a *Big Garden Birdwatch* britânica (que inclui muitas escolas com comedouros de aves em seus jardins — uma ideia para brasileiros) e o Censo Neotropical de Aves Aquáticas sul-americano, conduzido no Brasil.

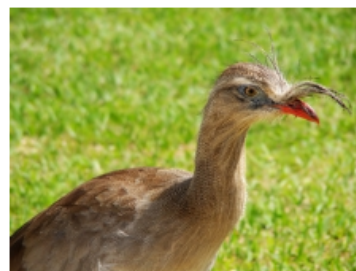
A tecnologia tem uma grande influência na *bird-watching*. A atividade se popularizou nos países anglo-saxões no século XX graças a avanços tecnológicos que resultaram em binóculos e transporte mais baratos. Observar aves implica comumente em registrar suas vozes tanto para identificá-las como para atraí-las (*play-back*) e as tecnologias de gravação, tratamento e produção de sons, evoluindo de pesados gravadores de rolo com microfones parabólicos nos anos 1980 para gravadores digitais com microfones direcionais super sensíveis, players capazes de estocar bibliotecas sonoras inteiras e mini amplificadores de grande potência no século XXI.

No Brasil, onde o acesso a equipamentos e literatura sempre foi dificultado, tivemos que esperar pela revolução digital e a disponibilização de câmeras digitais e formas rápidas e baratas de compartilhar imagens e informações. A rápida expansão do *bird-watching* no Brasil é um fenômeno tecnológico que acontece na mesma medida em que mais pessoas têm mais acesso a equipamentos fotográficos digitais de boa qualidade, softwares para tratamento de suas imagens e redes sociais e websites para compartilhamento de informações, fotos e sons.

Arquivos baseados na web hoje complementam coleções científicas convencionais. Por exemplo, o Xeno-canto <http://www.xeno-canto.org/> é um dos maiores arquivos de sons de aves do mundo e um repositório utilizado tanto por amadores como por cientistas que ali armazenam seus "espécimes" e podem examinar e utilizar os de outros colaboradores, em um belo exemplo de ciência colaborativa.

No Brasil um dos exemplos mais fascinantes da relação tecnologia-observação de aves é o Wikiaves www.savebrasil.org.br onde mais de 6.600 mil colaboradores, de cientistas na ativa a senhoras aposentadas armazenam fotos e sons de aves indicando informações como localidade, data, comportamento, entre outras, tornando o site uma fonte preciosíssima de informações sobre aspectos como distribuição de espécies, variação geográfica, sazonalidade e até mesmo variações nos tamanhos populacionais. Como uma coleção científica convencional, porém muito mais dinâmica.

© Fabio Ferra/Shutterstock



Seriema (*Caracara cristata*)

© Zhukov Oleg/Shutterstock



O Desafio para a Conservação das Aves

Ruth Rogers/Creative Commons

O crescente número dos observadores-fotógrafos de aves exerce um papel muito importante para a conservação das aves brasileira. Esse é um público qualificado que pode ser, por exemplo, um dos melhores amigos das nossas áreas protegidas, além de promover a conservação de áreas particulares. No entanto, ao mesmo tempo que a observação, interesse e o conhecimento em relação as aves vem crescendo, os impactos que ameaçam nossa rica avifauna também vem aumentando. Por volta de 10% de todas as espécies de aves globalmente ameaçadas estão no Brasil e muitas correm risco de extinção eminente.

De acordo com a lista da IUCN (International Union for the Conservation of Nature) o Brasil é o país com maior número de espécies de aves ameaçadas de extinção, com um total de 123 espécies que sofrem risco real de desaparecer da natureza num futuro não tão distante. Em relação à lista nacional de aves ameaçadas, um total de 160 táxons são considerados, no entanto a lista brasileira também considera as subespécies ameaçadas, o que em parte explica as diferenças em relação a lista global.

O número de aves ameaçadas é bastante variado entre os seis grandes biomas brasileiros (Amazônia, Caatinga, Cerrado, Pantanal, Mata Atlântica e Pampa). A Mata Atlântica concentra cerca de 80% de todas as aves ameaçadas no país, resultado de muitos anos de exploração e desmatamentos. Atualmente restam apenas cerca de 11% da floresta original, sendo que essa proporção de floresta remanescente não é homogênea ao longo de toda Mata Atlântica. A situação é mais séria na região nordeste, especialmente nos estados de Alagoas e Pernambuco onde a maior parte da floresta original foi substituída por plantações de cana-de-açúcar, sobrando apenas poucos fragmentos de mata preservada. É nessa região onde ainda podem ser encontrados os últimos exemplares das aves mais raras em todo o país, como o Criticamente Ameaçado Limpa-folha-do-nordeste (*Philydor novaesi*). Essa pequena ave (18 cm) vive no estrato médio e dossel de florestas bem conservadas e ricas em bromélias, onde procura artrópodos dos quais se alimenta. Atualmente as duas únicas localidades onde a espécie pode ser encontrada são na Estação Ecológica de Murici (Alagoas) e na Serra do Urubu (Pernambuco). Felizmente ambas as áreas estão oficialmente protegidas por unidades de conservação (Estação Ecológica e Reservas Privadas – RPPN). O Mutum-do-nordeste (*Paux mitu*) também ocorria nas matas dessa região do nordeste, essa espécie, porém, já foi extinta na natureza, restando apenas indivíduos mantidos em cativeiro que representam a esperança de um dia poderem ser reintroduzidos nos fragmentos florestais remanescentes.



Anacã (*Derophtus acropterus*)

Situações graves de perda de vegetação original também ocorrem no Cerrado e no Pampa, onde agricultura, pecuária e plantações de árvores exóticas estão em acelerada expansão. No caso da Amazônia a situação ainda não é muito séria e apesar das crescentes taxas de desmatamentos, cerca de 83% da floresta ainda permanece preservada.

Em um país como o Brasil, com dimensões continentais e situações de conservação bem distintas entre os biomas, processos de priorização para planejamento de conservação são de extrema importância servindo como um guia para direcionar os recursos para as áreas ou espécies que necessitam de ações imediatas para assegurar a sua conservação. A BirdLife International desenvolveu uma metodologia de identificação de áreas prioritárias para a conservação conhecida como "Áreas Importantes para a Conservação das Aves" ou IBAs, sigla de Important Bird Areas, sua denominação em inglês. As IBAs são declaradas como tal se apresentarem uma ou mais das seguintes características: 1- presença de espécies globalmente ameaçadas de extinção; 2- presença de espécies de distribuição geográfica restrita (< 50.000 km²); 3- presença de espécies endêmicas de biomas; 4- presença de grandes concentrações - > 1% da população mundial ou > 20.000 indivíduos em áreas de alimentação ou reprodução. O programa global de IBAs visa assegurar a conservação em longo prazo de uma rede de áreas criticamente importantes para as aves. No Brasil, o processo de identificação das IBAs foi liderado pela Sociedade para a Conservação das Aves do Brasil (SAVE Brasil) www.savebrasil.org.br e resultou no mapeamento de 237 áreas, representando 11% do território brasileiro ou cerca de 94 milhões de hectares. O trabalho de seleção dessas IBAs foi bastante participativo e envolveu um total de cerca de 60 biólogos/ornitólogos, 450 áreas analisadas e 700 espécies consideradas para aplicação dos critérios. Em relação ao status de conservação, apenas 29 % (27 milhões de hectares) dessas áreas se encontram oficialmente protegidas na forma de unidades de conservação de proteção integral. Diante desse "déficit" em áreas protegidas, um dos trabalhos da SAVE Brasil é a articulação junto aos órgãos ambientais do governo para a criação de novas unidades de conservação em áreas de IBAs. Nos últimos anos esse esforço resultou, juntamente com o envolvimento de outros parceiros, na criação da RPPN Pedra d'Anta (PE), Estação Ecológica de Murici (AL), no Parque Nacional e Refúgio de Vida Silvestre de Boa Nova (BA), Parque Nacional da Serra das Lontras (BA) e Parque Estadual da Costa do Sol (RJ). Essas áreas somadas representam 57.000 hectares de florestas protegidas, garantindo a conservação de cerca de 500 espécies de aves, sendo 25 ameaçadas de extinção.



Araúca-azul (*Cyanopitta cyana*)

Um dos maiores desafios enfrentados atualmente no Brasil para a conservação das aves e toda a biodiversidade do país é a conciliação de um desenvolvimento e crescimento sócio-econômico aliado a conservação ambiental. Ainda não se conhece o melhor caminho a ser seguido e nem as soluções para muitos dos conflitos, no entanto já existe uma clara preocupação da sociedade em geral com as questões ambientais. Em alguns casos essa preocupação se reflete em ações concretas como a criação de novas unidades de conservação públicas e privadas (RPPNs), mecanismos econômicos de valorização da floresta em pé e biodiversidade, licenças ambientais bastante restritas para implantação de novos empreendimentos, organizações não-governamentais (ONGs) comprometidas, atuantes e bem articuladas com o governo e uma massiva atenção da mídia ao assunto.

Se nos próximos anos vamos conseguir reverter o triste quadro em que o Brasil se encontra como recordista mundial em número de aves ameaçadas, ainda não sabemos, porém o maior interesse da sociedade pela nossa rica avifauna, juntamente com ações concretas como a criação de novas áreas protegidas representa avanços concretos nesse sentido.

Para conhecer mais:

Áreas Importantes para a Conservação das Aves no Brasil, Parte I – Estados do Domínio da Mata Atlântica (2006). SAVE Brasil. Disponível em www.savebrasil.org.br

Áreas Importantes para a Conservação das Aves no Brasil Parte II – Amazônia, Cerrado e Pantanal (2009). SAVE Brasil. Disponível em www.savebrasil.org.br

Editora Aves & Fotos: <http://www.avesefotoseditora.com.br/#/Editora/>

Avistar Brasil: www.avistarbrasil.com.br

Christmas Bird Count: <http://birds.audubon.org/christmas-bird-count>

Big Garden Birdwatch: www.rspb.org.uk/birdwatch/results.aspx

Censo Neotropical de Aves Aquáticas: <http://lac.wetlands.org/WHATWEDO/Censoneotropicaldeavesaqu%C3%A1ticas/Comoparticipar/Brazil/tabid/1239/Default.aspx>

Os Autores:

Pedro F. Develley - Biólogo, Mestre e Doutor pela Universidade de São Paulo (USP), atua com ecologia e conservação de aves. Foi um dos organizadores dos dois volumes do livro Áreas Importantes para a Conservação das Aves no Brasil, publicados nos anos de 2006 e 2009. Atualmente é Diretor de Conservação da BirdLife/SAVE Brasil.

Fabio Olmos - Biólogo, é doutor em Zoologia pela Universidade Estadual Paulista (UNESP) e mestre em Ecologia pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Trabalhou como gestor de unidades de conservação no Instituto Florestal de São Paulo e, como consultor, em projetos do Banco Mundial e FAO. Mais recentemente, trabalhou junto ao programa brasileiro da BirdLife International.

Vagner Cavarzere - Biólogo pela Universidade Estadual Paulista (campus de Bauru) em 2006. Obteve título de mestre em Zoologia pela Universidade de São Paulo em 2010 e atualmente é aluno de doutorado na mesma instituição. Desenvolveu pesquisas sobre comunidade de aves, modelos de distribuição de espécies e sistemática de aves neotropicais.



Mimus sp.

© Luis César Tejo/Shutterstock

ANEXO A14: O que é uma espécie?

Aula Aberta

O que é uma espécie?

Ainda hoje cientistas continuam a debater essa questão. Uma melhor definição poderá alterar a lista das espécies ameaçadas

Carl Zimmer

Se você visitar o Parque Provincial de Algonquin, em Ontário, Canadá, poderá ouvir os uivos solitários dos lobos e, com um pouco de sorte, observará ao menos de relance uma alcatéia correndo, ao longe, através da floresta. Mas quando chegar em casa todo contente por ter avistado aqueles animais, qual a espécie de lobo você dirá ter encontrado? Se for tirar a dúvida com dois ou três cientistas, talvez ouça diferentes respostas. Pode até acontecer de um deles ficar em dúvida e lhe dizer que se trata dessa ou daquela espécie.

No século 18 naturalistas europeus nomearam de *Canis lycaon* os lobos do Canadá e do leste dos Estados Unidos, porque eles pareciam diferentes de *Canis lupus*, o lobo-cinzento da Europa e da Ásia. No início do século 20, naturalistas americanos decidiram que os lobos de Algonquin pertenciam, na verdade, à mesma espécie do lobo-cinzento eurasiático, ou seja, *Canis lupus*. Mais recentemente, entretanto, pesquisadores canadenses estudaram o DNA dos lobos e trouxeram à tona a velha questão. Eles argumentaram que os verdadeiros lobos-cinzentos (*C. lupus*) seriam apenas as populações que habitam o oeste da América do Norte. Os lobos do Parque Provincial de Algonquin, de acordo com os pesquisadores, constituíam uma espécie diferente, que eles renomearam *C. lycaon*.

Outros especialistas em lobos não aceitam que haja evidências suficientes para separar *C. lupus* em duas espécies distintas. Os dois lados, porém, concordam que a identidade dos lobos do Parque de Algonquin ficou muito mais confusa devido ao problema do intercruzamento (hibridização). Os coiotes – outra espécie do gênero *Canis* – vêm se expandindo a leste e intercruzando com *C. lycaon*. Agora, boa parte da população de coiotes do lado leste carrega o DNA do lobo, e vice-versa. *C. lycaon*, entretanto, está intercruzando com lobos-cinzentos na borda oeste da área de distribuição desses animais. Assim os animais do Parque de Algonquin não estão apenas misturando o DNA de *C. lycaon* com o DNA de *C. lupus* mas, também, passando adiante o DNA do coiote.

Mesmo que *C. lycaon*, no passado, tenha sido considerado uma espécie, poderia recuperar esse status? Muitos pesquisadores acreditam que a melhor maneira de concebermos a espécie é vê-la como uma população cujos membros cruzam principalmente entre si, tornando aquele grupo geneticamente distinto das outras espécies. No caso dos lobos e dos coiotes fica difícil dizer exatamente onde termina uma espécie e começa a outra. "Preferimos chamá-la de *Canis soup*", diz Bradley White, da Universidade de Trent, em Ontário.

Esse debate vai além da mera convenção de nomear corretamente as espécies. Os lobos do sudeste dos Estados Unidos são considerados uma espécie à parte, o chamado lobo-vermelho (*Canis rufus*). Muito se tem feito para salvar essa espécie da extinção, com programas de reprodução em cativeiro e projetos de reintrodução ao seu habitat natural. Cientistas canadenses, entretanto, argumentam que o lobo-vermelho é, na verdade, apenas uma população isolada de *C. lycaon* do lado sul. Se for assim, então o governo não está, de fato, salvando uma espécie da extinção, já que milhares de animais pertencentes à mesma espécie, *C. lycaon*, ainda prosperam no Canadá.

Como ficou demonstrado, no caso dos lobos do Parque de Algonquin, definir espécie pode ser muito importante para as medidas de preservação ambiental, tanto no que diz respeito às espécies ameaçadas quanto em relação a seus habitats. "Podemos dizer que, por um lado, trata-se de assunto esotérico, de outro, de problema prático; e, talvez, de problema legal", avalia Alan Templeton, da Washington University em St. Louis.

Definições Complicadas

É surpreendente ver o quanto os cientistas vêm debatendo para chegar a um consenso sobre algo tão simples e decidir se esse ou aquele grupo de organismos constitui ou não uma espécie. Talvez isso se deva ao latim, que deu nomes às espécies, carregados de uma certeza absoluta, levando o público a pensar que as regras são muito simples. Ou possivelmente isso se deva a 1,8 milhão de espécies que os cientistas vêm nomeando de uns séculos para cá; ou, ainda, talvez, às leis como a Endangered Species Act (lei que estabelece as regras para as espécies ameaçadas nos Estados Unidos). Mas o que sabemos, de fato, é que o debate sobre o conceito de espécie ocorre há décadas. "Não há consenso, entre os biólogos, sobre o que vem a ser uma espécie", admite Jonathon Marshall, biólogo da Southern Utah University. De acordo com a última estimativa existem em circulação, pelo menos, 26 conceitos publicados.

O mais notável quanto a todas essas discordâncias é que, hoje, o nosso conhecimento sobre como a vida evoluiu em novas formas aumentou muito desde que se iniciou o debate sobre as espécies. Os taxonomistas, até pouco tempo atrás, identificavam espécies apenas pelas características visíveis, como nadadeiras, pelos e penas. Agora podem ler sequências de DNA e descobrir toda uma riqueza de diversidade biológica.

Templeton e outros especialistas consideram que o debate finalmente chegou a um ponto crítico. Eles acreditam que agora será possível combinar muitas das ideias concorrentes em um único conceito básico. A unificação se aplicaria a qualquer tipo de organismo, de sabiás a microrganismos. Esses pesquisadores esperam com isso chegar a um método mais poderoso para reconhecer novas espécies.

Muito antes do alvorecer da ciência os seres humanos já nomeavam espécies. Para obterem sucesso durante as suas atividades de caça e de coleta, os humanos de então precisavam saber que animais caçar e que plantas coletar. A taxonomia, a ciência que trata da nomeação das espécies, surgiu no século 17 e se firmou no século seguinte, graças ao trabalho de Carl Lineu. Esse naturalista sueco inventou um sistema para organizar os seres vivos em grupos, os quais abrigavam grupos cada vez menores. De acordo com o novo sistema todos os membros de um grupo particular compartilhavam determinadas características. Os seres humanos pertenciam à ordem dos mamíferos e, dentro dessa ordem, à família dos primatas, nesta família, ao gênero *Homo*, e dentro do gênero *Homo*, à espécie *Homo sapiens*. Lineu acreditava que cada espécie sempre havia existido desde o momento da criação. Existem tantas espécies quantas foram as formas que o Ser Infinito criou no início dos tempos, escreveu.

A nova ordem de Lineu tornou o trabalho dos taxonomistas muito mais fácil, mas a tentativa de traçar limites entre as espécies não foi bem-sucedida. Duas espécies de camundongos podem intercruzar onde as suas áreas de distribuição se sobrepõem, levando à questão do nome a dar aos híbridos formados. Dentro de uma mesma espécie, também, ainda havia muita confusão. O lagópode-escocês da Irlanda (ave galiforme da família dos fasianídeos), por exemplo, apresenta uma pequena diferença na plumagem quando comparado com o lagópode-escocês da Escócia, que também difere do lagópode-escocês da Finlândia. Os naturalistas não chegaram a um acordo sobre a possibilidade de essas aves pertencerem a espécies diferentes de lagópode-escocês, ou ser apenas variedades – subgrupos em outras palavras – de uma única espécie.



Charles Darwin se divertia com essa questão. "É engraçado ver como diferentes ideias se manifestam nas diferentes mentes dos naturalistas, quando eles falam em 'espécies'", escreveu em 1856. "Tudo isso resulta da tentativa de definir o indefinível." As espécies, de acordo com Darwin, nunca foram entidades fixas que surgiram quando da criação. Elas evoluíram. Cada grupo de organismos que chamamos de espécie surgiu como uma variedade a partir de espécies mais antigas. Com o passar do tempo, a seleção natural os transformou, enquanto se adaptavam ao ambiente. Entretanto outras variedades se tornaram extintas. Uma variedade antiga, no final, torna-se completamente diferente de todos os outros organismos – e isso é o que entendemos como uma espécie em si. "Eu vejo o termo 'espécie' como um conceito arbitrário, cunhado apenas por mera conveniência, para designar um grupo de indivíduos muito semelhantes entre si", disse Darwin.

Como os taxonomistas que o precederam, Darwin só podia estudar as espécies a olho nu; por exemplo, observando a cor das penas de um pássaro, ou contando as placas de uma craca. Essa situação perdurou até o início do século 20, quando cientistas começaram a examinar as diferenças genéticas entre as espécies. As pesquisas levaram a uma nova maneira de pensar. O que definia uma espécie eram as barreiras que impediam a sua reprodução com outras. Os genes fluíam entre os membros de uma mesma espécie, quando acasalavam; mas esses indivíduos, normalmente, permaneciam no âmbito da sua espécie, graças às barreiras reprodutivas. Assim, diferentes espécies podem procriar em épocas distintas do ano; determinada espécie pode achar os sons de corte de outras espécies nada estimulantes; ou, ainda, o DNA de uma espécie pode ser incompatível com o DNA de espécies diferentes.

A maneira mais promissora para as barreiras evoluírem é pelo isolamento. Assim, alguns membros de uma espécie existente – uma população – tornam-se incapazes de cruzar com o resto da sua espécie: uma geleira poderia atravessar sua área de distribuição, isolando essa população do resto da espécie. O grupo isolado desenvolveria novos genes, e alguns desses novos genes talvez tornassem o cruzamento difícil ou mesmo impossível. Passadas centenas de milhares de anos muitas barreiras poderiam evoluir até que a população isolada se convertesse em uma espécie distinta.

A compreensão de como as espécies evoluem levou a uma nova ideia do que vem a ser uma espécie. Ernst Mayr, ornitologista alemão, declarou corajosamente que a espécie não era apenas mera convenção, mas uma entidade real, como montanhas e pessoas. Em 1942 ele definiu espécie como um pool gênico, ou reservatório gênico (expressão que seria utilizada a partir de 1950 por Theodosius Dobzhansky), um grupo de populações que podem cruzar entre si, mas são incapazes de intercrossar com outras. O conceito biológico de espécie, como ficou conhecido, tornou-se o modelo padrão dos livros didáticos de biologia.

Consequentemente muitos cientistas ficaram insatisfeitos com esse novo conceito ao perceber que era inadequado para ajudá-los a compreender o mundo natural. Em primeiro lugar, o conceito de Mayr não dizia nada sobre o quanto reprodutivamente isolada uma espécie deveria estar para se distinguir. Os biólogos ficaram numa situação embaraçosa no caso daquelas espécies que pareciam distintas, mas intercruzavam regularmente. No México, por exemplo, os cientistas descobriram que duas espécies de macacos, separadas a partir de um ancestral comum, há cerca de 3 milhões de anos, intercruzam com frequência. Não está havendo muito sexo entre as duas para que sejam qualificadas como espécies distintas?

Embora entre algumas espécies ocorra muito intercruzamento para que sejam consideradas espécies biológicas, existem outras espécies, também biológicas, formadas por populações tão isoladas que o sexo entre elas é pouco frequente. Os girassóis, que pertencem à mesma espécie, vivem em populações extremamente isoladas por toda a América do Norte. O fluxo gênico raramente ocorre entre elas. Assim, poderíamos aplicar o conceito de Mayr para tratar cada uma dessas populações como espécies distintas.

O mais problemático são as espécies que não apresentam sexo, como no caso dos rotíferos da ordem Bdelloidea, microscópicos animais marinhos. A maioria dos rotíferos se reproduz sexualmente, mas os rotíferos bdelloideos abandonaram o sexo há cerca de 100 milhões de anos. Todos os rotíferos dessa ordem são fêmeas e desenvolvem seus embriões sem qualquer necessidade de esperma. De acordo com o conceito biológico de espécie, esses rotíferos não podem ser considerados espécie, por estranho que possa parecer.

O Universo de Lineu

Carl Lineu desenvolveu as bases para a moderna taxonomia no século 18, ordenando todos os seres biológicos em grupos hierárquicos, partindo do nível dos reinos (como animais, plantas, fungos) e descendo até o nível das espécies individuais, cada um com um conjunto exclusivo de características observáveis.

Menos Específico	Reino Animalia Organismos multicelulares incapazes de sintetizar os seus próprios alimentos	
	Filo Chordata Organismos com notocorda e cordões nervosos	
	Classe Anfíbios Tetrápodos semiaquáticos sem ossos amnióticos	
	Ordem Anura Adultos sem cauda, com pele enrugada e cintura escapular	
	Família Hylidae Rãs com adaptações para viver nas árvores	
	Gênero Utaia Rãs com pupas horizontais (não anodontadas)	
Mais Específico	Espécie Utaia caerulea Rãs com glândulas parótidas e abertura do ouvido bem evidentes	

Porém...

Os naturalistas frequentemente encontram dificuldades de distinguir uma espécie da outra. O lagópode-ococóda da Eslovênia tem uma plumagem diferente do lagópode-ococóda da Finlândia (poguersta) – ainda não está claro se essas diferenças justificam dividir as duas aves em espécies distintas dentro do sistema lineano.



Equação em sexo

Essa insatisfação levou alguns cientistas a delinear novos conceitos de espécie. Cada um elaborado para captar a essência daquele significado. Um dos maiores rivais do conceito biológico de espécie, o chamado conceito filogenético de espécie, substituiu o fator sexo da equação pela ideia de descendência a partir de um ancestral comum.

Organismos aparentados têm características comuns porque compartilham o mesmo ancestral. Humanos, girafas e morcegos, todos descendem de mamíferos mais antigos e, consequentemente, todos apresentam pelos e glândulas mamárias. Dentro dos mamíferos, os humanos partilham um ancestral comum com os outros primatas, do qual herdaram outras características como olhos na posição frontal. Dessa maneira podemos descobrir grupos cada vez menores até chegarmos a uma escala em que não podem mais ser subdivididos. Estes, de acordo com o conceito filogenético, são as chamadas espécies. Podemos dizer, então, que esse conceito de espécie tomou o sistema original de Lineu e o modernizou à luz do pensamento evolutivo.

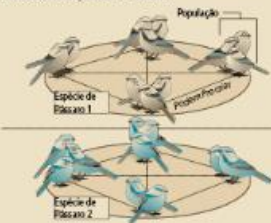
O conceito filogenético de espécie é adotado por pesquisadores que necessitam identificar as espécies em vez de apenas contemplá-las. Reconhecer uma espécie é questão de identificar um grupo de organismos que compartilham certas características bem definidas. Os cientistas, nesse caso, não dependem de condições menos precisas, como isolamento reprodutivo. Recentemente, por exemplo, a pantera-nebulosa da ilha indonésia de Bornéu foi declarada espécie distinta da pantera-nebulosa do sul do continente asiático. Todas as panteras-nebulosas de Bornéu compartilham características que não aparecem nas panteras do continente, como a pelagem mais escura.

Alguns críticos avaliam que, de acordo com esse conceito, teríamos espécies em demasia. "O problema com o conceito é que ele não nos diz em que nível natural devemos suspender as subdivisões", observa Georgina Mace, da Imperial College de Londres. Uma simples mutação pode, ao menos teoricamente, ser o bastante para conferir a um pequeno grupo de animais o status de espécie. "É bobagem querer separar espécies a esses níveis", avalia ela. Georgina argumenta que uma população deveria ser considerada ecologicamente distinta – tal como definida pela geografia, pelo clima e pelas relações predador-presa – antes que alguém decidisse separá-la em espécies distintas.

Outros pesquisadores, entretanto, consideram que deveriam seguir o que indicam os seus dados, em vez de se preocupar com os excessos de rupturas em nível de espécies. "O argumento de que existe um limite para o número de espécies que podem surgir não parece muito científico", propõe John Wiens, biólogo da Stony Brook University.

Controvérsias Sexuais

Os livros didáticos frequentemente definem uma espécie – o nível mais inferior na hierarquia lineana – como um grupo de organismos que compartilham um pool genético coeso. Os membros de uma população, de acordo com o conceito biológico de espécie, podem cruzar com êxito entre si e com outras populações da mesma espécie, mas não com indivíduos de espécies diferentes.



Porém...

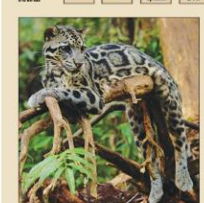
Alguns organismos – como os roedores bolóides – não fazem sexo: e duas espécies de bugios mexicanos (foto abaixo), que divergiram de um ancestral comum que viveu há 3 milhões de anos, ainda podem se acasalar com sucesso.



Lineu Atualizado

O conceito filogenético de espécie surgiu a partir de uma nova abordagem para identificar os seres vivos, conhecida como sistemática filogenética. Diferente do sistema de Lineu, leva em conta a história evolutiva, ignorando a questão da possibilidade de entrecruzamento entre duas populações, esse sistema classifica uma espécie individual como um organismo que partilha um ancestral em comum com outras espécies, mas é isolado a partir das outras por ser adquirindo novas e distintas características. A árvore filogenética, também conhecida como árvore da vida, mostra quanto espécies diferentes se ramificam a partir de um ancestral comum, quando adquirem características que o ancestral não possuía.

A árvore abaixo mostra algumas características que os animais terrestres e os peixes acumularam durante a evolução.



Porém...

Alguns críticos afirmam que a abordagem filogenética tende a categorizar demais. Por exemplo, a pantera-nebulosa da ilha de Bornéu foi recentemente classificada como espécie a partir de dados de genética, por apresentar pequenas variações genéticas de outras características. Alguns pesquisadores, entretanto, argumentam que essas variações genéticas, por si só, justificam que esses animais sejam agrupados em uma espécie separada das outras panteras-nebulosas do sul do continente asiático.

Muito barulho por nada

Alguns anos atrás as intermináveis discussões sobre esse tema convenceram Kevin de Queiroz, biólogo do Smithsonian Institute, de que o debate sobre a questão do conceito de espécie chegara ao seu limite. "Já está ficando fora de controle", avalia, "essa discussão esgotou a paciência de muita gente."

Queiroz deu um passo à frente, afirmando que esse debate tem mais a ver com confusão que com a essência. "A confusão é, na verdade, bem simples", propõe ele. A maioria dos conceitos concorrentes de espécie concordam quanto a alguns pontos fundamentais. Todos eles estão fundamentados na noção de que a espécie é uma linhagem evolutiva distinta, por exemplo. Para Queiroz essa é a definição fundamental de espécie. A maioria das discordâncias sobre a ideia de espécie não é com relação ao conceito em si, mas sobre como reconhecer uma espécie. Ele entende que métodos diferentes deveriam ser aplicados para casos distintos. Um significativo isolamento reprodutivo, por exemplo, é uma boa evidência de que determinada população de pássaros constitui uma espécie. Mas esse não é o único critério que pode ser usado. Para os roedores bolóides, que não têm sexo, os cientistas teriam de usar outros critérios.

Muitos especialistas em espécies compartilham do otimismo de Queiroz. Em vez de tentar usar apenas um padrão ouro, eles estão testando novas espécies contra diferentes linhas de evidências. Jason Bond, biólogo da East Carolina University, e seu aluno Amy Stockman usaram essa abordagem no estudo de um enigmático gênero de aranhas, *Promyrmekiaphila*, descobertas na Califórnia. Os taxonomistas há muito vêm se empenhando para determinar quantas são as espécies de *Promyrmekiaphila*. As aranhas resistem à classificação corriqueira porque são muito parecidas entre si. Os cientistas já sabem que elas, provavelmente, formam populações isoladas, em grande parte graças ao fato de não se dispersarem para muito além de seu território.

"Uma vez que a fêmea faz uma boa toca com alcapão e tela de revestimento, é pouco provável que ela se afaste desse local", segundo Bond. Ele vem escavando tocas de *Promyrmekiaphila* contendo três gerações de aranhas fêmeas que viveram ali anos e anos. Os machos deixam as tocas onde nasceram, mas não vão muito longe, antes de se acasalar com a fêmea de uma toca vizinha.

Para identificar as espécies de aranhas, Bond e Stockman adotaram métodos desenvolvidos por Templeton. Eles estudaram a história evolutiva de *Promyrmekiaphila*, mediram o fluxo gênico entre as populações e caracterizaram o papel ecológico dessas aranhas. Para o estudo da história evolutiva, Bond e Stockman sequenciaram partes de dois genes de 222 aranhas de 78 localidades da Califórnia. Eles examinaram o DNA para marcadores genéticos que mostravam como esses animais eram aparentados entre si. A árvore evolutiva das aranhas resultou em várias linhagens distintas.

Bond e Stockman examinaram as versões dos genes em populações diferentes para descobrir alguma evidência de fluxo gênico. Para encerrar eles registraram as condições climáticas nas quais cada grupo de aranhas vivia. No final conseguiram identificar seis espécies que satisfaziam todos os critérios utilizados. Se aceita, essas descobertas duplicarão o número de espécies de *Promyrmekiaphila*.

A Melhor Solução

Por causa da confusão alguns pesquisadores começaram a criar classificações filogenéticas, olhando para além da história evolutiva e combinando esta com dados moleculares, ecológicos, comportamentais e biológicos. Assim, Jason Bond e um de seus alunos da East Carolina University pesquisaram um gênero de aranha, *Przymakia* (ao lado), descoberta na Califórnia. Eles estudaram a história evolutiva dessa aranha, bem como o seu papel ecológico, e sequenciaram os genes de 222 aranhas em 78 localidades. No final, com todas essas informações, eles agruparam os animais em seis espécies.



Esse tipo de abordagem está permitindo aos cientistas estudar certos organismos que não parecem se adaptar ao conceito de espécie. Pelo fato de os rotíferos bdeloídeos não terem sexo, não se adaptaram bem ao conceito biológico de espécie. Tim Barraclough, da Imperial College de Londres, e seus colegas usaram outros métodos para determinar se esses rotíferos pertenciam a grupos que poderíamos chamar de espécie. Eles sequenciaram o DNA e construíram uma árvore evolutiva. A árvore apresentava apenas algumas ramificações longas, cada uma coroada por um tufo de ramos mais curtos. Eles examinaram o corpo dos rotíferos em cada tufo e descobriram que tinham formas similares. A diversidade dos rotíferos, em outras palavras, não era apenas obscura. Os animais formam agrupamentos resultantes, provavelmente, de linhagens separadas que estão se adaptando a diferentes nichos ecológicos. Se esses agrupamentos não são espécies, são bem afins.

Microorganismos como espécies

A maioria dos trabalhos relacionados ao conceito de espécie sempre foi direcionada a animais e plantas. Essa tendência tem uma explicação histórica: animais e plantas eram as únicas coisas que Lineu e outros antigos taxonomistas podiam estudar. Hoje, porém, os cientistas sabem que a grande maioria da diversidade genética está no mundo invisível dos microorganismos, e eles são o maior desafio quando o assunto é a natureza das espécies.

No século 19, quando começaram a nomear espécies, os microbiólogos não examinavam penas ou flores, como os zoólogos e botânicos. Os microorganismos – principalmente bactérias e archae – são em geral muito parecidos entre si. Alguns apresentam a forma de bastão, enquanto outros se mostram como pequenas esferas. Para distinguir duas bactérias com forma de bastão, os microbiólogos desenvolveram experimentos relacionados ao metabolismo delas. Um tipo de microorganismo podia se alimentar de lactose, ao passo que outros, não. A partir desses indícios descreviam-se espécies, como *Escherichia coli* ou *Vibrio cholerae*. Mas era necessário saber o que significava pertencer a uma dada espécie, em se tratando de microorganismo. Quando Mayr veio com o seu conceito biológico de espécie, parecia excluir muitos daqueles seres. Afinal, as bactérias não eram formadas por indivíduos machos e fêmeas que podiam se reproduzir sexualmente como os animais. Elas simplesmente se partiam em duas.

A confusão piorou quando os cientistas tentaram calcular a diferença entre o DNA de duas espécies. Para surpresa de todos, as diferenças podiam ser imensas. Bactérias de uma mesma espécie são capazes de apresentar modos de vida radicalmente distintos. Algumas linhagens de *E. coli* vivem em nosso intestino sem causar nenhum prejuízo, enquanto outras provocam doenças. "A variação genética dentro de uma mesma espécie é tão grande que o termo 'espécie' para bactéria e archae não tem o mesmo significado que para plantas e animais multicelulares", considera Jonathan Eisen, da East Carolina University.

Os microorganismos não são pequenas exceções a essa regra. Quando os pesquisadores começaram a estudar o mundo microbiano descobriram que a diversidade encontrada no mundo animal é, comparativamente, insignificante. "Causa muita estranheza pensar que, se Mayr estiver certo, então 90% da árvore da vida não é composta por espécies", contrapõe John Wilkins, filósofo da ciência da Universidade de Queensland, Austrália. "Faça uma pausa e pense sobre isso."

Alguns pesquisadores argumentam que, talvez, os microorganismos se adaptem ao conceito biológico de espécie, mas de uma maneira peculiar. As bactérias não cruzam como os animais, mas fazem intercâmbio de genes. Os vírus podem transportar genes de um hospedeiro a outro, ou, então, as bactérias podem simplesmente capturar um DNA do meio e incorporá-lo ao seu genoma. Existem evidências de que linhagens próximas permutam mais genes que linhagens distantes – uma versão microbiana das barreiras reprodutivas entre as espécies animais.

Mas alguns críticos têm apontado certos problemas com essa analogia. Embora animais e plantas possam intercambiar genes toda vez que se reproduzem, os microrganismos raramente permutam dessa maneira. Quando trocam genes, fazem isso com promiscuidade surpreendente. Durante um período de milhões de anos esses microrganismos adquiriram novos genes não apenas de seus parentes mais próximos, mas também de outros microrganismos que pertencem a reinos totalmente diferentes. Os críticos insistem que esse fluxo de genes ajuda a minar qualquer conceito de espécie para o caso dos microrganismos. "Penso que espécie é um tipo de ilusão", interpreta W. Ford Doolittle, da Dalhousie University, na Nova Escócia.

Pesquisadores estão considerando as espécies microbianas mais seriamente. Argumentam que os microrganismos, assim como os rotíferos, não são apenas variações indistintas, mas grupos adaptados a nichos ecológicos particulares. A seleção natural previne esses grupos de se tornarem indistintos ao favorecer novos mutantes mais bem adaptados aos seus nichos. "É uma pequena linhagem que sempre segue adiante", segundo Frederick Cohan, da Wesleyan University. Essa pequena linhagem, ele diz, é uma espécie.

Cohan e seus colegas descobriram essas espécies microbianas nas fontes termais do Parque Nacional de Yellowstone. Cada grupo de microrganismos geneticamente aparentados vive em nicho próprio dessas fontes termais – a determinada temperatura, por exemplo, ou necessitando de certa quantidade de luz solar. Para Cohan, essa evidência é o bastante para justificar o status de espécie para um grupo de microrganismos. Ele e seus colaboradores estão desenvolvendo um conjunto de regras que, esperam, serão utilizadas por outros pesquisadores para nomear novas espécies. "Decidimos que temos de ir além de persuadir as pessoas", Cohan insiste.

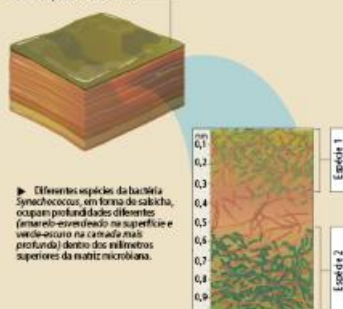
É provável que essas novas regras levem os cientistas a separar as espécies microbianas tradicionais em muitas outras. Para evitar confusão, Cohan não quer mudar completamente os nomes originais das bactérias. Apenas pretende adicionar a palavra *ecovar* (variante ecológica) no final do nome de cada espécie. De acordo com Cohan, a compreensão da natureza das espécies microbianas poderá ajudar profissionais da saúde a se preparar para combater novas doenças no futuro. Classificar essas espécies poderia ajudá-los a antecipar o aparecimento de uma epidemia, dando tempo suficiente para que tomem as medidas mais adequadas.

Microrganismos Pertencem a Espécies Diferentes?

Ce biólogos sempre tiveram dificuldade para agrupar os microrganismos em espécies. As bactérias não fazem sexo do modo que conhecemos, mas apenas se dividem em duas. Bactérias que teoricamente pertencem à mesma espécie, por apresentarem aparência externa e comportamentos similares, são capazes de apresentar diferenças genéticas marcantes. Alguns pesquisadores afirmam que as bactérias podem ser classificadas em espécies diferentes pela genética e pelo nicho ecológico. Na fonte termal do Parque Nacional da Yellowstone (foto abaixo), espécies diferentes da cianobactéria *Synechococcus* ocupam diferentes profundidades ou áreas de diferentes temperaturas (nichos).



Seção transversal de 3 cm² de uma matiz formada inteiramente de microrganismos, na fonte Octopus da Yellowstone.



ANEXO A15: Novas espécies de anfíbios



Notícias

28 de outubro de 2011

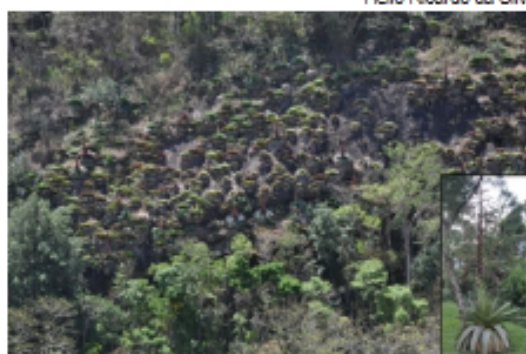


Novas espécies de anfíbios

Descobrimos e descrevemos anfíbios que vivem próximo aos grandes centros urbanos

por Helio Ricardo da Silva & Ricardo Alves-Silva

Em geral, quando pensamos em preservação de espécies na natureza, somos remetidos a associar o controle de desmatamentos na Mata Atlântica, na Amazônia, ou no Cerrado como forma de minimizar a perda de diversidade biológica; ou ainda ao que representa o desaparecimento (para sempre) de espécies que todos conhecemos (pelo menos os biólogos). Associada a biodiversidade também está certa crença de que biólogos já descobriram e descreveram todas as espécies que vivem do mundo. Temos notícias de que esse trabalho de catalogar as espécies de animais e plantas, que começou faz tanto tempo — No Século XVIII, com Carolus Linnaeus (1707–1778) — já deve ter sido concluído e que hoje, em pleno século XXI, já conheçamos como são e onde vivem todas as espécies do planeta. A realidade, no entanto, é outra. Ainda temos um número significativamente grande de espécies para descrever; algo estimado em dezenas de milhões!



Helio Ricardo da Silva

Parede de granito próximo a localidade onde a nova espécie foi descoberta, a parede tem vários exemplares da broméia *Alcantarea imperialis* onde a nova perereca vive, se reproduz e cria seus girinos. No canto inferior direito, uma imagem mais próxima da planta.

Uma grande parte do trabalho de muitos biólogos atuais ainda envolve descobrir e descrever espécies novas e este trabalho não dá sinais de que acabará tão cedo. O mais interessante desse processo de descobrimento é que, embora nossas expectativas de encontrar espécies ainda desconhecidas estejam associadas a lugares remotos, no interior de florestas tropicais, ou nos oceanos, que são menos explorados, ainda achamos espécies novas bem perto dos grandes centros urbanos. Esse é o caso, por exemplo, de uma pequena perereca da família Hylidae, que batizamos com o nome *Scinax insperatus* (Silva e Alves-Silva, 2011), descoberta bem próxima à cidade do Rio de Janeiro, a segunda maior concentração urbana do Brasil. Nosso achado tem algumas características peculiares. Por exemplo, descobrimos esta nova espécie com o auxílio da ferramenta de mapas eletrônicos Google Earth. Buscávamos encontrar lugares novos onde pudéssemos examinar, no campo, as broméias (*Alcantarea imperialis*) onde outra espécie semelhante de pererecas, *Scinax v-signatus*, habita, reproduz e cria seus girinos. Nosso objetivo era compreender um pouco melhor a distribuição geográfica desta espécie. Por acidente, em uma das localidades, no Município serrano de Miguel Pereira, encontramos a nova espécie. Por está razão escolhemos a palavra latina que compõe o seu nome (*insperatus*) e significa inesperado (ou inesperada).

Nosso achado, que foi publicado na revista *Zootaxa*, não é o primeiro de descobertas de espécies desconhecidas próximo a grandes cidades e não deverá ser o último. Vários colegas trabalhando em diferentes capitais brasileiras têm descoberto e descrito novas espécies de anfíbios de áreas próximas a grandes centros urbanos (veja as citações no nosso artigo). Isso, entre outras coisas, indica a necessidade ainda premente de se explorar, para melhor conhecer e saber o que preservar do maior número possível de áreas do nosso planeta.

Imagem da home: *Scinax insperatus* por Helio Ricardo da Silva

Helio Ricardo da Silva & Ricardo Alves-Silva Helio Ricardo da Silva & Ricardo Alves-Silva
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Instituto de Biologia, Laboratório de Herpetologia
heliosilva@gmail.com, biologiasilva@gmail.com