



OS ASPECTOS DA NATUREZA DA CIÊNCIA NOS TEXTOS SOBRE EVOLUÇÃO
BIOLÓGICA NA REVISTA *SCIENTIFIC AMERICAN BRASIL*

Marana Vargas Bernardino

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

Orientador:

Marcelo Borges Rocha

Rio de Janeiro
Abril de 2013

OS ASPECTOS DA NATUREZA DA CIÊNCIA NOS TEXTOS SOBRE EVOLUÇÃO
BIOLÓGICA NA REVISTA *SCIENTIFIC AMERICAN BRASIL*

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

Marana Vargas Bernardino

Aprovada por:

Presidente, Prof. Marcelo Borges Rocha, Dr. (orientador)

Prof. Alvaro Chrispino, D.Ed.

Prof. Eliane Brigida Morais Falcão, D. Sc. (NUTES, UFRJ)

Rio de Janeiro
Abril de 2013

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central do CEFET/RJ

B523 Bernardino, Marana Vargas

Os aspectos da natureza da ciência nos textos sobre evolução biológica na revista *Scientific American Brasil* / Marana Vargas Bernardino.—2013.

xvi, 109f. + anexos : il.color. ; enc.

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

Bibliografia : f.106-109

Orientador : Marcelo Borges Rocha

1. Publicações científicas. 2. Comunicação na ciência. Natureza da ciência. 3. Evolução (Biologia). 4. Ciências – Estudo e ensino. I. Rocha, Marcelo Borges (Orient.). II. Título.

CDD 070.572

Dedico à minha avó Vicentina (*in memoriam*), à minha mãe, aos irmãos Mauro e Mirena, ao meu bebê e ao Daniel, meu esposo.

Agradecimentos

À Deus, autor e consumidor da minha vida e da minha fé. Aquele que foi, que é e sempre será “meu castelo forte”.

À minha amada família, por todo suporte, amor e compreensão. Sem vocês não teria ido além do que meus olhos alcançavam. Especialmente, à minha mãe, meus irmãos, sogros e cunhadas que me encorajaram, apoiaram em todas as ocasiões, mesmo as mais difíceis e desanimadoras. À memória da minha querida avó Vicentina, por todo exemplo de fibra, respeito e admiração, além de uma doçura meio-amargo.

Ao meu esposo, amigo, parceiro e conselheiro, Daniel. Você aguentou tudo que eu não suportaria sozinha. Sua compreensão, paciência e palavras certas ‘nas horas incertas’ me motivaram a querer prosseguir e ver que eu poderia chegar a este momento. Ainda por cima, é coautor do meu sonho em curso, ter um *baby*. Este foi tão esperado e querido, que já nos faz tão feliz sendo ainda tão pequenino.

Ao meu orientador Marcelo Borges Rocha, por toda paciência, espera e orientações bem realizadas. Guardo mais que um orientador, guardo um amigo! Para mim, você conferiu uma identidade mais humana à tarefa de orientar um outro ser humano a melhorar seus pensamentos e ações. Obrigada por tudo!

Ainda agradeço aos professores e colegas do PPCTE, sem vocês minha trajetória teria o mesmo êxito. Braga, aqui eu deixo um agradecimento especial por todo carinho e atenção às minhas causas. Obrigada!

Aos componentes da banca de defesa, prof^o Alvaro Chrispino e prof^a Eliane Brigida. Alvaro, você contribuiu e me sensibilizou muito mais do que imagina. Suas aulas sempre me serviram de inspiração e exemplo, muito pelo profissional que você é, mas também pelo ser humano que você é. Eliane, mesmo não a conhecendo bem e nem você a mim, te agradeço pela prontidão e disponibilidade para avaliar meu trabalho e somar comigo.

RESUMO

OS ASPECTOS DA NATUREZA DA CIÊNCIA NOS TEXTOS SOBRE EVOLUÇÃO BIOLÓGICA NA REVISTA *SCIENTIFIC AMERICAN BRASIL*

Marana Vargas Bernardino

Orientador:

Marcelo Borges Rocha

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

Esta dissertação consistiu na análise dos textos de Divulgação Científica (DC) presentes na revista *Scientific American Brasil* (SCIAM_BR), sobre o tema Evolução Biológica, utilizando-se deste para considerar outras características, tais como: as perspectivas sobre Natureza da Ciência (NdC) ali presentes, a sua linguagem e os recursos textuais, bem como as próprias características dos mecanismos e noções sobre os aspectos evolutivos. Procurou-se ampliar as discussões sobre a produção de textos de divulgação dos conhecimentos científicos, desde sua abordagem histórica, perpassando pelo discurso, a figura do divulgador de Ciência e suas intencionalidades. Em seguida, as argumentações se basearam, a partir das análises dos textos da revista SCIAM-BR, nas ideias de NdC que estavam implícita ou explicitamente apresentadas e de que forma estas podem ser capazes de influenciar as concepções dos leitores e leva-los a uma distorção da imagem da Ciência, mesmo que haja em curso, um processo de Alfabetização Científica. Posteriormente, foram considerados os recursos textuais envolvidos na construção dos textos de DC e as extrapolações destes para uma efetiva divulgação dos conhecimentos, além de suas limitações. Por fim, consideramos os mecanismos evolutivos e as noções sobre as ideias de progresso e teleologia presentes nos textos analisados e, foram traçados paralelos com as visões que os alunos e os leitores carregam sobre estes itens, bem como suas implicações para o Ensino de Ciências. Concluímos que as pesquisas brasileiras apresentam baixa representatividade nesta revista de DC; que a linguagem utilizada é explicativa em sua maioria; que os recursos de linguagens mais usados são as comparações, seguidas das analogias e metáforas; que os textos podem se relacionar com outros eixos de estudo, porém, estão grandemente arraigados dentro do próprio fazer científico; as visões de NdC, em grande parte, estão de acordo com diversos autores, entretanto, há alguns comprometimentos, tais como: as distorções quanto às visões serem ahistóricas, lineares, o conhecimento construído a partir de ‘descobertas’ realizadas por ‘gênios isolados’, dentre outras presentes em alguns textos; e que os mecanismos evolutivos mais frequentes são explicados pela seleção natural, com noções predominantes de teleologia num contexto de mera citação. Portanto, entendemos que os resultados corroboraram com as questões iniciais e nos fizeram dialogar e compreender melhor de que forma a NdC é vista e representada em um dos meios de DC através da utilização do tema Evolução Biológica.

Palavras- chave:

Divulgação Científica; Natureza da Ciência, Evolução Biológica.

Rio de Janeiro
Abril de 2013

ABSTRACT

ASPECTS OF THE NATURE OF SCIENCE TEXTS ON BIOLOGICAL EVOLUTION IN THE SCIENTIFIC AMERICAN BRAZIL MAGAZINE

Marana Vargas Bernardino

Advisor:

Marcelo Borges Rocha

Abstract of dissertation submitted to Programa da Pós-Graduação em Ciência, Tecnologia e Educação, Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, CEFET/RJ, as partial fulfillment of requirements to obtain Master degree.

This work consisted in the search for answers about the production of texts in Scientific Divulcation (SD) in the *Scientific American* Brazil magazine (SCIAM_BR), under the theme Biological Evolution, but this was used to consider other features such as: perspectives on Nature of Science (NOS) were present, their language and textual resources, as well as the actual characteristics of the mechanisms and notions about evolutionary aspects. Sought to broaden the discussion on the production of texts for the communication of scientific knowledge, from its historical approach, going through the speech, the figure of the popularizer of Science and its intentions. Then the arguments were based, from the analyzes of the texts of the SCIAM-BR magazine, the ideas of NOS who were implicitly or explicitly presented and how they may be able to influence the views of readers and takes them to a Science image distortion, even if ongoing, a process of Scientific Literacy. Next we consider the textual resources involved in the construction of texts from SD and extrapolations of these for effective dissemination of knowledge, as well as its limitations. Finally, we consider the evolutionary mechanisms and notions about the ideas of progress and teleology present in the texts analyzed, and parallels were drawn with the views that students and readers carry on these items as well as their implications for Science Education. We conclude that the brazilian researches have low representation in this magazine, that the language used is explanatory for the most part, that resources are used more language comparisons, followed by analogies and metaphors, that texts can relate to other axes study, however, are largely rooted within the scientific work; visions of NOS, in large part, are in agreement with other authors, however, there are some compromises, such as the distortions about the visions being ahistorical, linear, knowledge constructed from 'discoveries' made by 'isolated geniuses', among other gifts in some texts, and that evolutionary mechanisms are frequently explained by natural selection, with prevailing notions of teleology in the context of mere citation. Therefore, we believe that the results corroborate the initial questions and made us discuss and better understand how the NOS is seen and represented a means of SD using the theme Biological Evolution.

Keywords:

Scientific divulgation; Nature of Science; Biological Evolution.

Rio de Janeiro
April 2013

SUMÁRIO

Introdução	1
I Divulgação científica	3
I.1 Breve histórico da Divulgação Científica	3
I.2 Definições e diferenciações sobre a propagação do Conhecimento Científico	7
I.3 O divulgador da Ciência: jornalista ou cientista?	11
I.4 A linguagem e o discurso: de quem e para quem?	14
II Alfabetização ou Letramento Científico	18
II.1 Conceituações, Significados e Objetivos	18
II.2 Relações com a Divulgação Científica (DC) e a interação Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS)	20
III Natureza da Ciência	23
III.1 Tentativas de definições e deformações das visões sobre a Natureza da Ciência	23
III.2 Conexões entre a Natureza da Ciência, a relação CTS, a Alfabetização Científica e a Divulgação Científica	26
IV A Evolução Biológica	29
IV.1 A relevância da Evolução Biológica nos estudos sobre a Natureza da Ciência e o Ensino de Ciências	29
IV.2 As conceituações das teorias evolutivas e seus contextos formativos	30
IV.3 As controvérsias e complementariedades das Teorias Evolutivas	34
V Desenho metodológico	37
V.1 Objetivo geral	37
V.2 Objetivos específicos	37

V.3 Sequência metodológica	37
V.3.1. Justificativa, perfil e discurso da revista <i>SCIENTIFIC AMERICAN Brasil</i> (SCIAM-BR)	38
V.3.2. Da seleção dos textos	39
V.3.3. Da análise de conteúdo segundo Bardin à categorização para avaliação dos itens	40
V.4. Breve análise dos textos	42
V.4.1. SCIAM-BR, ano de 2007	42
V.4.1.1. A Evolução dos Gatos.	43
V.4.1.2. O que as vovós da Finlândia têm a nos dizer sobre a evolução humana.	45
V.4.1.3. Agricultura do Futuro: Um Retorno às Raízes?	46
V.4.1.4. O sentido elétrico dos Tubarões.	48
V.4.1.5. O que provoca a obesidade?	49
V.4.1.6. O problema está com os homens.	51
V.4.2. SCIAM-BR, ano de 2008	52
V.4.2.1. Use ou Perca: Por que a linguagem muda com o tempo?	52
V.4.2.2. Um cérebro maior graças ao cozimento dos alimentos.	53
V.4.2.3. Somos únicos?	54
V.4.2.4. Metamorfose: O declínio mundial dos anfíbios é agravado pela desconexão entre o hábitat aquático dos girinos e o hábitat terrestre dos adultos, induzida pelas atividades humanas.	56
V.4.2.5. O admirável mundo das cobras-cegas.	58
V.4.3. SCIAM-BR, ano de 2009	60
V.4.3.1. O universo luminoso dos fungos bioluminescentes.	60
V.4.3.2. Desvendando a mente estética.	62
V.4.3.3. Pragas resistentes são sério problema para a	63

agricultura no Brasil.	
V.4.4. SCIAM-BR, ano de 2010	65
V.4.4.1. 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.	65
V.4.4.2. Dano na área do cérebro que toma decisões pode encorajar apostas arriscadas.	66
V.4.4.3. Darwin psicólogo, o lado desconhecido do gênio.	67
V.4.4.4. As cabeceiras de um rio que ainda não morreu.	68
V.4.4.5. Sequenciado o genoma do piolho do corpo humano.	69
V.4.4.6. Por que não vivemos para sempre?	71
V.4.5. SCIAM-BR, ano de 2011	72
V.4.5.1. Evolução alternativa de dinossauros: E se, por algum acaso da história evolutiva, os dinossauros não tivessem sido extintos?	72
V.4.5.2. A Fascinante evolução do olho.	73
V.4.5.3. A evolução dos avós.	74
V.4.5.4. AULA ABERTA - Como solucionar a crise da obesidade?	75
VI Resultados e Discussões	77
VI.1. Resultados	77
VI.1.1. Sobre a autoria e países de origem dos textos publicados na SCIAM-BR de 2007 a 2011	77
VI.1.2. Os recursos textuais e a linguagem utilizada nos textos publicados na SCIAM-BR de 2007 a 2011	78
VI.1.3. Do funcionamento interno da Ciência e da relação com os demais eixos temáticos presentes nos textos publicados na SCIAM-BR de 2007 a 2011	81
VI.1.4. As concepções sobre Natureza da Ciência presentes nos textos publicados na SCIAM-BR de 2007 a 2011	82
VI.1.5. Os aspectos sobre a Evolução Biológica presentes nos textos publicados na SCIAM-BR de 2007 a 2011	89
VI.2. Discussão	91

VI.2.1. Sobre a autoria e publicações na revista SCIAM-BR e suas implicações na Divulgação e Alfabetização Científica.	91
VI.2.2. Sobre os recursos textuais e a linguagem presentes na revista SCIAM-BR e suas implicações sobre o entendimento do público leitor e a efetiva DC.	94
VI.2.3. Sobre as visões acerca da Natureza da Ciência (NdC) presentes na revista SCIAM-BR e suas implicações para a formação do pensamento científico do leitor.	97
VI.2.4. Sobre os aspectos da Evolução Biológica presentes na revista SCIAM-BR e suas implicações para uma visão mais coerente da Ciência.	102
Conclusões	104
Referências bibliográficas	106
Anexos – Revista <i>Scientific American Brasil</i> (SCIAM-BR)	110
2007_01: 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.	110
2007_02: O que as vovós da Finlândia têm a nos dizer sobre a evolução humana	119
2007_03: Agricultura do Futuro: Um Retorno às Raízes?	123
2007_04: O sentido elétrico dos Tubarões. Um detector surpreendentemente sensível de campos elétricos ajuda o tubarão a mirar a presa	136
2007_05: O que provoca a obesidade?	147
2007_06: O problema está com os homens.	165
2008_01: Use ou Perca: Por que a linguagem muda com o tempo?	169
2008_02: Um cérebro maior graças ao cozimento dos alimentos.	171
2008_03: Somos únicos?	178
2008_04: Metamorfose. O declínio mundial dos anfíbios é agravado pela desconexão entre o hábitat aquático dos girinos e o hábitat terrestre dos adultos, induzida pelas atividades humanas.	192
2008_05: O admirável mundo das cobras-cegas.	201

2009_01: O universo luminoso dos fungos bioluminescentes.	210
2009_02: Desvendando a Mente Estética.	220
2009_03: Pragas resistentes são sério problema para a agricultura no Brasil.	231
2010_01: As raízes mais profundas da vida.	233
2010_02: Dano na área do cérebro que toma decisões pode encorajar apostas arriscadas.	241
2010_03: Darwin psicólogo, o lado desconhecido do gênio.	243
2010_04: As Cabeceiras de um Rio que ainda não Morreu.	245
2010_05: Sequenciado o genoma do piolho do corpo humano.	250
2010_06: Por que não vivemos para sempre?	251
2011_01: Evolução alternativa de dinossauros.	260
2011_02: A Fascinante evolução do olho.	261
2011_03: A evolução dos avós.	269
2011_04: AULA ABERTA - Como solucionar a crise da obesidade.	277

Lista de Figuras

FIG. V.01	Primeira ilustração do texto analisado, com a seguinte legenda: Foto ilustração por James Porto; esquerda para direita: DLIL C Corbis (lince 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 (jaguar).....	44
FIG. V.02	À esquerda, a imagem de uma avó finlandesa, que na legenda original diz que sua sobrevivência após o período fértil se dá pela ocupação com os netos. À direita, a imagem de uma família com gêmeos. Na legenda original, o chamado 'Efeito dos gêmeos' reduz as chances das mulheres, advindas deste nascimento, terem sua fertilidade e formarem família.....	45
FIG. V.03	Legenda original a seguir: PLANTAS PERENES, como o trigo-grama <i>Thinopyrum intermedium</i> (à dir. nos painéis), com suas raízes bem mais desenvolvidas do que plantas anuais como o trigo-de-inverno (à esq. nos painéis), acessam nutrientes e água em um volume de solo maior. As raízes perenes também favorecem o desenvolvimento de micro-organismos e outras atividades biológicas que enriquecem o substrato.....	47
FIG. V.04	Demonstração do funcionamento e posicionamento das ampolas de Lorenzini em tubarões. Na figura original não há legenda.....	48
FIG. V.05	Primeira imagem (desenho esquemático) presente na reportagem. Demonstra um homem acima do peso e seu sistema nervoso e digestório são representados como sistemas mecanizados e com válvulas entre vários 'compartimentos'. Não há legenda no original.....	50
FIG. V.06	Registros de nascimentos e óbitos finlandeses utilizados como fonte primária de pesquisa.....	51
FIG. V.07	Legenda apresentada no original – “EVOLUÇÃO CONSTANTE: Dois novos estudos mostram que as palavras usadas com menor frequência estão sujeitas a mudar mais rapidamente com o tempo”.....	52
FIG. V.08	A representação acima mostra a construção do homem cultural a partir da sobreposição de livros. A legenda original indica que “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 <i>Homo sapiens</i> . Acima, O bibliotecário, de Giuseppe Arcimboldo”.....	56
FIG. V.09	Fotografia representativa das áreas devastadas pelo ser humano	

	e restando vegetação de Mata Atlântica nativa apenas nos topos dos morros. A legenda original diz que “DRENAGENS DESFLORESTADAS. A floresta remanescente permanece apenas no topo dos morros na Mata Atlântica. Município de São Luís do Paraitinga (SP)”. Isto seria um dos motivos para a diminuição das populações de anfíbios, segundo a pesquisa.....	57
FIG. V.10	Ovos de cobra-cega eclodindo sobre uma folha. A legenda original indica que a “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”.....	59
FIG. V.11	Imagens de fungos bioluminescentes da mesma espécie, porém, a imagem A representa estes no ambiente claro, enquanto a imagem B , estes estão num ambiente escuro. Não há legendas no original.....	61
FIG. V.12	Na legenda original temos a indicação do autor e o nome de sua obra, além de um comentário associativo à reportagem em si, sendo: “Velásquez e a Vênus no Espelho, lidando com poderosos símbolos”.....	63
FIG. V.13	Fotografia utilizada de um banco de imagens, a ©ISTOCKPHOTO.COM, de uma pessoa devidamente equipada e aplicando um determinado produto sobre uma plantação em uma estufa. Não há legenda no original da imagem.....	64
FIG. V.14	Imagem de uma fonte hidrotermal. Na legenda original temos as seguintes informações: “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”. Esta imagem foi disponibilizada por Deborah S. Kelley, uma das principais autoras da pesquisa.....	66
FIG. V.15	Esta foi retirada de um banco de imagens, chamado de ©ISTOCKPHOTO.COM. Em sua legenda original temos: “Apostas arriscadas: tema da neuroeconomia”.....	67
FIG. V.16	A legenda original diz sobre as reações emocionais segundo Duchenne	68
FIG. V.17	Levantamento realizado sobre as espécies presentes na cabeceira do Rio Tietê e as novas quatro espécies.....	69
FIG. V.18	Imagem de um piolho, com a seguinte legenda no original: “Piolho no corpo humano: ecologia muito simples”.....	70
FIG. V.19	Apesar de a legenda original estar diretamente relacionada ao corpo do texto, a imagem não corresponde aos estudos. Esta imagem relaciona um campo alagado e uma coleta de caramujos. Já a legenda original, diz que: “QUANTO A	

EXPECTATIVA DE VIDA PODE AUMENTAR? A longevidade média humana vem aumentando há mais de um século no mundo todo (gráfico). Evidências sugerem, no entanto, que amarras biológicas impedem a maioria das espécies de ultrapassar limites de idade específicos (abaixo). Pesquisadores esperam que intervenções para o afrouxamento dessas amarras aumentem a idade máxima a que se pode chegar ou, ao menos, ajudem as pessoas a permanecer saudáveis por mais tempo”..... 71

FIG. V.20 Imagem de um dinossauro ilustrando a notícia. Não há legenda no original..... 73

FIG. V.21 Representação esquemática do olho humano com seus componentes. A legenda original está descrita em seguida. “Cicatrizes da Evolução - O olho dos vertebrados, longe de ser concebido de forma inteligente, contém inúmeros defeitos que atestam a sua origem evolutiva. Entre os defeitos que degradam a qualidade da imagem, estão uma retina invertida, que força a luz a atravessar corpos celulares e fibras nervosas antes de atingir os fotorreceptores - 1 ; vasos sanguíneos que se espalham pela superfície interna da retina, provocando sombras indesejadas - 2 ; fibras nervosas que se juntam, projetam-se numa abertura única na retina e viram o nervo óptico, criando um ponto cego - 3”..... 74

FIG. V.22 Imagens de objetos relacionados ao aprendizado cultural, sendo que os mais recentes são aquelas mais sofisticadas..... 75

FIG. V.23 Gráfico representativo sobre o excesso de peso e obesidade nas populações masculinas e femininas desde 1974 até 2009..... 76

FIG. VI.01 Ilustração sobre o ciclo da esquistossomose presente no texto 2010_06. Entretanto esta não condiz com o tema do texto, que aborda o envelhecimento e as formas de tornar este mais saudável..... 79

Lista de Quadros

Quadro VI.1	Aspectos da linguagem utilizada.....	80
Quadro VI.2	Concepções acerca da NdC.....	83
Quadro VI.3	Aspectos sobre a Evolução Biológica.....	90

Introdução

“Nada em Biologia faz sentido, exceto à luz da Evolução” (DOBZHANSKI, 1973).

Esta foi e é uma reflexão que me acompanha desde a época da graduação. Inicialmente, me acompanhou pelas próprias contradições e os choques entre o que se apresentava para mim durante as aulas e minhas próprias concepções sobre este tema. Não foi a disciplina mais fácil, porém uma das que mais me fez pensar e repensar.

Passada a época da graduação, este assunto voltou à minha pauta quando me vi diante de várias turmas de 7º ano do Ensino Fundamental II e todos com as mesmas inquietações. Questionamentos que iam desde a existência, se real ou não, de Adão e Eva, passando por fundamentações puramente teleológicas que os alunos já traziam consigo e até mesmo, as indagações de como seriam possíveis as modificações ocorrerem a ponto de termos os demais primatas como parentes próximos, se somos tão diferentes.

Tudo isso me motivou ainda mais a voltar a estudar o tema e querer me aprofundar no que estava por traz de todas estas dúvidas e como poderia amenizá-las em sala de aula. Veio o mestrado, vieram as disciplinas e todas contribuíram para uma ampliação de um problema inicial. Como não temos tempo nem ainda maturidade intelectual para abarcar todas as situações, meu recorte se deu na forma de como alguns conhecimentos se tornam acessíveis aos alunos/leitores, a Divulgação Científica (DC).

A partir das leituras e de um contato mais estreito com esta área de estudo, definimos como foco de nossa pesquisa, o problema estrutural de como a Ciência é vista e se faz enxergar através dos meios de DC. Para melhor compreendermos estas produções, buscamos como palavra-chave, os textos que apresentavam o tema Evolução Biológica. A escolha de análise foi a revista *Scientific American Brasil* (SCIAM-BR) em sua versão *on line*, por ser de acesso livre e gratuito.

Nossos objetivos se concentraram nas avaliações dos textos de Divulgação Científica produzidos pela revista SCIAM-BR no que diz respeito às características e visões da Natureza da Ciência através do tema Evolução Biológica. A partir de então, desdobramos este em objetivos específicos, que vão desde: 1º) a compreensão da produção dos textos de Divulgação Científica, segundo a formação de seus divulgadores, suas perspectivas e intencionalidades, bem como uma resultante das escolhas de um corpo editorial, desde seu conteúdo e autores até as imagens apresentadas; 2º) a análise dos componentes textuais; 3º) a avaliação e discussão das concepções e características sobre a Natureza da Ciência presentes na construção e visão de Ciência que são apontadas nos textos analisados, mesmo que de maneira implícita e, 4º) a análise dos aspectos sobre a Evolução Biológica.

Com os objetivos delineados, partimos para o desenho metodológico, caracterizado principalmente, pela análise de conteúdos segundo Bardin. Em seguida, estruturamos esta dissertação para ampliarmos nossas argumentações e discussões baseadas nos resultados que obtivemos.

Em sua parte introdutória, caracterizamos a DC, desde seu histórico e definições até sob os aspectos da figura do divulgador de Ciência, sua formação e o direcionamento do seu discurso. Num segundo momento, estabelecemos as conexões entre os processos de DC e de Alfabetização Científica em seus objetivos, conceituações, significados e as relações com o enfoque nas relações entre Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS). No momento seguinte, buscamos as possíveis definições e deformações sobre as visões da Natureza da Ciência (NdC) bem como, suas interações com o enfoque CTS, a DC e a Alfabetização Científica. Por fim, realizamos um levantamento sobre a relevância da Evolução Biológica para os estudos sobre a NdC e o Ensino de Ciências, suas conceituações, controvérsias e complementaridades.

Após as descrições dos resultados e as discussões, bem como suas argumentações, as conclusões se basearam em como todos estes dados contribuíram para uma maior compreensão e esclarecimento dos objetivos desta pesquisa, assim como ampliaram os debates entorno dos temas inseridos aqui.

I. Divulgação Científica

I.1. Breve histórico da Divulgação Científica

A divulgação, disseminação, difusão, popularização ou vulgarização da ciência obedeceu e obedece a diversas intenções no aspecto de levar informações ao público em geral. De acordo com os interesses históricos, filosóficos, políticos, sociais e econômicos, essa propagação das informações científicas pode apresentar múltiplos objetivos em cada contexto de produção.

“O estudo de seus aspectos históricos pode nos ajudar a elucidar como suas formas variaram no tempo em função dos pressupostos filosóficos sobre a ciência, dos conteúdos científicos envolvidos, da cultura subjacente, dos interesses políticos e econômicos e dos meios disponíveis nos diversos lugares e épocas” (MOREIRA e MASSARANI, 2002, p. 43).

A seguir, podemos observar como a propagação das informações produzidas pela Ciência seguiu padrões diferenciados de acordo com cada momento histórico.

No século XVI, o mundo vivia o período das grandes navegações, da descoberta de novas terras, na ampliação dos horizontes e, porque não, a ampliação do próprio conhecimento. A Ciência Moderna “nasceu no contexto de um amplo processo de divulgação, pois ela necessitava conquistar corações e mentes para o novo saber [...] era necessário ganhar adeptos” (BRAGA, 2010, p. 44).

No princípio do século XVII, iniciaram e se consolidaram as primeiras sociedades científicas, que reunia todos aqueles que se interessavam pelos conhecimentos científicos apresentados. “A tradição da comunicação aberta e oral sobre itens científicos teria brotado dessas reuniões, às quais compareciam cientistas, e, também, nobres, eruditos, artistas e mercadores” (MUELLER e CARIBÉ, 2010, p. 16).

Neste século ainda, também se concretizaram as formas de comunicação entre os pesquisadores. O que tinha se iniciado com cartas trocadas entre eles, “naquele momento, os periódicos tinham se tornado o meio escolhido para comunicação científica, e embora os conhecimentos ainda não estivessem completamente segmentados por especialidades, suas funções já se tornavam claras” (MUELLER e CARIBÉ, 2010, p. 18). Vale ressaltar que neste mesmo período, os livros destinados à divulgação dos conhecimentos se estabelecem.

Segundo Massarani (1998, p. 31),

“No século XVIII, as maravilhas da ciência eram exibidas como provas da existência de Deus; posteriormente, com o Iluminismo, tornou-se importante difundir os conhecimentos necessários ao progresso e à afirmação da razão. No século XIX, a ciência, além de se aliar mais fortemente às artes industriais, adquiriu caráter político mais explícito ao se tornar símbolo do progresso e

instrumento para a liberação social. Correntes ideológicas fortes, como o positivismo e o marxismo, viram nela um ponto de apoio fundamental para suas visões de mundo e para a evolução da humanidade.

No século XX, estreitou-se o vínculo entre a ciência e a tecnologia e o tecido econômico-industrial-militar, especialmente após a Segunda Guerra Mundial; o impacto da ciência e da tecnologia na vida cotidiana do cidadão aumentou muito. [...] a divulgação científica se ampliou e adquiriu novos contornos. Surgiu também o marketing institucional e a profissionalização dos divulgadores da ciência. Com a emergência de uma comunidade científica de amplas dimensões, interesses políticos e de financiamento da pesquisa passaram também a serem fatores de peso no processo de comunicação pública da ciência. Além disso, o conhecimento de princípios básicos e do funcionamento da ciência tornaram-se importantes para a manifestação política consciente do cidadão comum”.

No Brasil, a chamada Divulgação Científica (DC) teve início ainda no período Imperial. Com a chegada da corte portuguesa, houve a abertura dos portos para comercialização e revogada a suspensão de imprimir materiais em solo brasileiro.

“Iniciou-se a publicação de livros, revistas e jornais, com a criação, em 1810, da Imprensa Régia. Onze anos mais tarde, passou a ser permitida a entrada franca de livros. Com isso, textos e manuais ligados à educação científica, embora em número reduzido, começaram a ser publicados ou, pelo menos, difundidos no país” (CARDOSO, 1988 apud MASSARANI, 1998, p. 32).

Já em 1813, “o jornal O Patriota publicava artigos relacionados à ciência, sendo seguido, ao longo do século XIX, por outras publicações como o Nictheroy (1836) e O Guanabara (1850) (MASSARANI, 1998, p. 32)”. Daí por diante, várias foram as revistas que dedicavam parte expressiva de sua publicação para assuntos relacionados às Ciências.

Em 1873, “começaram as Conferências Populares da Glória, uma das atividades de divulgação científica mais significativas da história da cidade e que durariam quase 20 anos” (MASSARANI e MOREIRA, 2003). A partir de 1876, outras formas de divulgação ou vulgarização da Ciência ocorreram com os cursos públicos, que aconteciam nos museus e, as conferências científicas.

Destaca-se que no princípio da DC no Rio de Janeiro, até então, a capital do Império e posteriormente da República, identificam-se cientistas produzindo e divulgando tais conhecimentos, bem como as relações práticas desta com suas aplicações. Segundo Massarani e Moreira (2003),

“Duas características gerais emanam das observações feitas sobre a divulgação da ciência na segunda metade do século XIX, período em que ocorreu uma intensificação nessas atividades. Em primeiro lugar, os principais divulgadores são homens ligados à ciência por sua prática profissional como professores, engenheiros ou médicos ou por suas atividades científicas, como naturalistas, por exemplo. Não parece ter sido relevante a atuação de jornalistas ou escritores interessados em ciência. O segundo aspecto se refere

ao caráter predominante das atividades de divulgação científica: elas tiveram como característica marcante a ênfase nas aplicações da ciência” (MASSARANI e MOREIRA, 2003, p. 45 e 46).

Já em 1916, “foi criada a *Sociedade Brasileira de Ciências*, que se transformaria na *Academia Brasileira de Ciências* (ABC) em 1922. Em abril de 1923, nas dependências da ABC, surgiu a primeira rádio brasileira com propósitos educativos, culturais e de difusão científica” (MASSARANI e MOREIRA, 2003, p. 47).

Ao longo deste período, jornais diários, em maior ou menor grau, abriram espaço para notícias relacionadas à ciência. As rádios e o cinema também foram vistos como meios eficazes de divulgar a ciência e torná-la acessível a maior parte do povo. “Acreditava-se que as novas tecnologias permitiriam uma disseminação barata, rápida e fácil dos conhecimentos, até os lugares mais remotos do Brasil” (MASSARANI e MOREIRA, 2003, p. 50). Nesta época,

“A divulgação científica passou a ter também um papel significativo na difusão das ideias de seus protagonistas sobre a ciência e sua importância para o desenvolvimento do país. Um objetivo era sensibilizar o poder público, o que propiciaria a criação e a manutenção de instituições ligadas à ciência, além de possibilitar uma maior valorização social da atividade de pesquisa” (MASSARANI e MOREIRA, 2003, p. 51).

Particularmente, neste momento, a DC deixa de ser apenas um instrumento para divulgar a produção científica de uma época, mas tenta difundir os conhecimentos científicos a um público mais abrangente com o propósito de valorizar a própria produção científica nacional.

“Comparando-se as atividades de divulgação científica na década de 20 com aquelas realizadas no final do século anterior, percebe-se que estavam voltadas mais para a difusão de conceitos/conhecimentos da ciência pura e menos para a exposição e a disseminação dos resultados das aplicações técnicas dela resultantes” (MOREIRA e MASSARANI, 2002, p. 56).

Nos anos de 1940, um dos pioneiros do jornalismo científico, José Reis, manteve por décadas, uma coluna semanal dedicada aos temas da ciência no jornal *Folha de São Paulo*. Além deste pioneirismo e após a 2ª Guerra Mundial, a corrida por desenvolvimento científico-tecnológico para amenizar as condições ainda de subdesenvolvimento foi intensa. A imagem era de uma Ciência redentora e capaz de transformações. Várias instituições científicas foram instituídas e “em 1948, foi criada em São Paulo a *Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência*. Entre seus propósitos estava o de contribuir para a divulgação ampla da ciência no Brasil” (MASSARANI e MOREIRA, op. cit.).

Em meio a todos estes aspectos, tanto de fomento às pesquisas, quanto de apoio aos projetos dos cientistas e da ampliação dos meios de divulgação,

“Um suplemento de divulgação científica, Ciência para todos, foi publicado mensalmente pelo jornal A Manhã, que circulava no Rio de Janeiro com cerca de 30.000 exemplares diários. O suplemento foi editado entre março de 1948 e abril de 1953. Seus objetivos eram incentivar o interesse e o respeito pelos cientistas, servir de porta-voz aos cientistas em suas reivindicações, concorrer para que se desenvolvesse o interesse oficial pelas instituições científicas e pugnar pela criação de mais laboratórios, conforme mencionado no editorial da primeira edição” (ESTEVEZ, MASSARANI e MOREIRA, 2003).

Nos idos de 1960, sob a influência da educação científica iniciada nos EUA, o Brasil surge com uma prática educativa renovadora e relacionada às experimentações e assim, os institutos de pesquisa emergem na união com a educação formal. Sendo esta mais uma forma de popularizar a Ciência.

Já nas décadas de 70 e 80, a Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC) se opõe ao regime ditatorial e atrai diversos atores da sociedade da época, se formando mais um levante contra o subdesenvolvimento e as mazelas que abatiam o país. (MASSARANI e MOREIRA, 2003).

“Em 1982, na sequência de uma série de palestras (Seis e meia da ciência), que ocorriam no centro da cidade, organizadas pela Secretaria Regional da SBPC, foi criada, no Rio de Janeiro, a revista Ciência Hoje. [...] seu objetivo era divulgar a ciência, com ênfase naquela produzida no Brasil e aproximar a comunidade científica brasileira do público. Uma de suas estratégias era fazer com que os cientistas locais escrevessem artigos de divulgação sobre suas pesquisas. Esses objetivos foram atingidos em boa medida, embora, depois de alguns anos, seu espaço de atuação e influência tenha se reduzido, em função também do surgimento de outras revistas de divulgação com ampla difusão em bancas de jornal” (MASSARANI e MOREIRA, 2003, p. 56).

Após os anos de 1980, grandes jornais passaram a criar seções de Ciências, apesar de apresentarem significativos espaços para traduções de pesquisas publicadas em mídias internacionais. Os museus também se desenvolveram para atrair um maior público, apesar de mais concentrados em poucos locais e com acesso igualmente restrito. “Mas, apesar do esforço acentuado das últimas duas décadas, estamos ainda longe de uma divulgação científica de qualidade que atinja amplos setores da população” (MASSARANI e MOREIRA, 2003, p. 64).

Entre a década de 90 e o início dos anos 2000, as ações ligadas à DC se encontram em diversos e distintos ramos, tais como: criação de novos museus de divulgação (o Museu da Vida em 1999, vinculado à Casa de Oswaldo Cruz/Fiocruz; a Casa da Ciência da UFRJ em

1995 e o Museu de Ciência da Terra em 1992, ligado ao Departamento Nacional de Produção Mineral), a organização de encontros, simpósios e congressos para se discutir os caminhos da DC no Brasil e no mundo (Red-Pop - Rede de Popularização da Ciência e da Tecnologia na América latina e Caribe, os *workshops* internacionais e congressos mundiais), além de programas televisivos voltados para a divulgação dos conhecimentos científicos (Ver Ciência – TV Cultura desde o ano 2000, Globo Ecologia e Globo Rural e, também os canais fechados, como Discovery e National Geographic). (MASSARANI e MOREIRA, 2003)

Além disso, no início dos anos 2000, há a elaboração de políticas públicas brasileiras voltadas para Divulgação Científica, tais como a criação de uma estrutura formal dentro do governo para tratar o tema, bem como a inserção da “Popularização da C&T e Melhoria do Ensino de Ciências” na linha de ação “C&T para o Desenvolvimento Social” do Plano de Ação 2007/2010 do MCT, que apresenta os direcionamentos da política de CT& Inovação no Brasil” (LIMA *et al*, 2008).

O que se vê atualmente são focos de DC em diversas e diferentes frentes. Muito do que tem sido feito se relaciona a pontos isolados de ação e descontextualizados sócio culturalmente.

“Nos últimos anos, embora tenha havido um interesse crescente no meio acadêmico relativo às atividades de extensão ligadas à divulgação científica, o quadro geral ainda é frágil. Tais atividades ainda são consideradas marginais e, na maioria das instituições, não influenciam na avaliação de professores e pesquisadores” (MOREIRA e MASSARANI, 2002, p. 64).

I.2. Definições e diferenciações sobre a propagação do Conhecimento Científico

Cada uma das palavras utilizadas para se fazer valer do sentido de propagar o conhecimento científico produzidos nos centros de pesquisa aos mais diversos públicos pelos mais diferentes meios se constituem em significados mais amplos do que aqueles encontrados nos dicionários. Possuem seus signos mais alargados, pois são construídos nos contextos históricos, sociais, culturais, econômicos, políticos e educacionais, marcados por épocas e sociedades distintas, como pudemos observar nas descrições do histórico supracitado. “Na realidade, toda especulação conceitual está diretamente relacionada com a prática. É no concreto da atuação que encontramos o lugar e a adequação do conceito. É na maneira de intervir que se revela o sentido para o conceito” (GERMANO e KULESZA, 2007, p. 20).

Cabe ressaltar que até mesmo antes de se estabelecerem as definições e buscarem a compreensão de seus significados, a atividade de produção e dispersão do conhecimento produzido envolvem distintos atores de uma sociedade, bem como suas pretensões em relação à informação que lhes chega. Sendo assim, “a própria sociedade amplia seu interesse e

preocupação em melhor **conhecer** – e também **controlar** - o que se faz em ciência e o que dela resulta” (ALBAGLI, 1996, p. 396).

Nesta busca por informações e ‘consumo’ da ciência produzida, a sociedade pode definir como esses dados tornam-se benéficos e como podem ser utilizados. Assim, faz-se necessário compreender como esta sociedade percebe e absorve a atividade científica. Esta se concretizou mais efetivamente no período da “segunda Revolução Industrial, em fins do século XIX, provocando o alargamento da consciência social a respeito das potenciais aplicações do conhecimento científico para o progresso material” (ALBAGLI, 1996, p. 396).

Os termos/palavras/conceitos utilizados para fazer com que os conhecimentos científicos cheguem ao público são distintas em seus pressupostos estruturais e associativos. Vulgarização, popularização, disseminação, difusão e divulgação estão “relacionadas à questão do acesso ao conhecimento científico, fio condutor que liga todos os termos à palavra ciência” (GERMANO e KULESZA, 2007, p. 9).

No princípio da propagação das informações acerca dos conhecimentos produzidos, os termos mais utilizados eram vulgarização e, em seguida, popularização da Ciência. “O termo ‘vulgarização’ foi utilizado no Brasil em várias publicações do século passado e do início deste. Nas décadas de 60 e 70 deste século, mencionava-se também ‘popularização da ciência’ com frequência” (MASSARANI e MOREIRA, 1998, p. 15).

Se tomarmos por base o significado da palavra ‘vulgarização’ no dicionário da Língua Portuguesa¹ tem-se por definição: “Tornar vulgar, comum; pôr ao alcance ou ao conhecimento de muitos ou de todos; divulgar, propagar”. Talvez por sua conotação pejorativa, logo o termo foi substituído (GERMANO e KULESZA, 2007).

Ainda, o termo vulgarização se torna mais utilizado no contexto de produção e alastramento de informações científicas, inicialmente restritas a uma elite intelectual alfabetizada em língua culta (latim), que no século XVI e XVII, com as traduções para línguas mais populares ou vulgares, se estendem a uma gama maior da população. “Livros sobre os mais variados temas passaram a ser editados nos idiomas regionais, e não mais em latim” (BRAGA, 2010, p. 45).

Apesar disso, se observarmos o real significado fora de um contexto pré-concebido, os termos expressam o desejo de se fazer compreensível os conhecimentos e informações. Já que, segundo Martins (2009, p. 99), a divulgação científica “tem, imaginariamente, como função colocar em linguagem acessível os fatos/pesquisas científicas, os quais seriam herméticos e incompreensíveis para os sujeitos não especialistas”.

¹ <http://michaelis.uol.com.br/moderno/portugues/index.php?lingua=portugues-portugues&palavra=vulgarizar>

Atualmente, os termos mais utilizados na literatura são Popularização e Divulgação Científica. O termo ‘popularização da ciência’ surge “na França do século XIX como forma alternativa ao conceito de vulgarização. (...) Atualmente, tem uma forte penetração em países latino-americanos e caribenhos” (GERMANO e KULESZA, 2007, p. 18).

Segundo Mueller (2002, p. 3), a Popularização da Ciência (PC) é definida como um “processo de transposição das ideias contidas em textos científicos para os meios de comunicação populares”. Para Germano e Kulesza (2007, p. 20):

“popularizar é muito mais que vulgarizar ou divulgar a ciência. É colocá-la no campo da participação popular e sob o crivo do diálogo com os movimentos sociais. Tornar esta ciência ou o que é científico acessível ao público em geral e ainda criar condições que estes sejam dispostos numa linguagem simples e compreensível de conceitos complexos que demandam linguagem especializada, sem perder nada de importante no processo requer uma parceria entre aqueles que produzem os conhecimentos científicos, como os meios de comunicação e jornalistas/divulgadores, além da educação formal na instrumentalização da sociedade”

Apesar do termo popularização da ciência ser mais abrangente que vulgarização, o termo/conceito Divulgação Científica (DC) tem se constituído no mais usual. A atividade de DC, a princípio, busca difundir em diferentes níveis, o conhecimento científico produzido. Este conhecimento então, gerado num ambiente acadêmico e restrito, passa a ter valor quando se torna público aos pares (cientistas, por exemplo) e, posteriormente, ao público em geral.

Quando nos detemos então nas definições que constroem os conceitos sobre DC, percebe-se que estes ultrapassam o mero simbolismo, ação ou ordenação de ideias por meio de palavras ou imagens. Vai além, pelo simples fato de que, intrínseca a todas estas, estão suas intencionalidades e objetivos divergentes, que variam de acordo com a proposta de cada uma destes intentos.

A visão mais comum relaciona a DC com a transferência de informações de uma pessoa ou um pequeno grupo a uma massa populacional leiga num determinado conteúdo. Para Bueno (1985:1421 *apud* ALBAGLI, 1996) a DC pode ser definida pelo “uso de processos e recursos técnicos para a comunicação da informação científica e tecnológica ao público em geral”.

Pensando neste conceito, a DC assumiria a criação de uma ponte, o que geraria o estreitamento das chamadas ‘duas culturas’. Segundo Germano e Kulesza (2007, p. 8), “quando se referem a ‘duas culturas’ estão chamando a atenção para o fato de o conhecimento científico e tecnológico aparecer na sociedade como uma cultura particular, aparentemente independente da cultura geral”.

No campo da comunicação, esta DC se daria num significado transitivo, em que há uma relação vertical entre o divulgador e o povo. “Relação que é legitimada com mais força no caso da ciência e tecnologia que, devido às hiperespecializações, o rápido desenvolvimento, a sofisticação dos mecanismos e a utilização de uma linguagem própria, vêm se afastando crescentemente da cultura geral” (GERMANO e KULESZA, 2007, p. 15).

Nesta primeira definição, cabe ressaltar que a forma de tornar público os conhecimentos produzidos pela Ciência encontra várias categorias. Quando esta é disponibilizada entre os especialistas na área de produção de tal conhecimento (entrapares) ou de especialistas de outras áreas afins (extrapares) chamamos de Disseminação Científica. Quando a informação acerca do conhecimento científico produzido sai deste círculo e atinge, de forma mais abrangente, a população geral e não especialista, chamamos de Divulgação Científica (GRILLO, 2006).

Para Bueno (1985 *apud* GRILLO, 2006, p. 4) a DC “pode se dar no campo educacional, onde circulam os livros didáticos, as aulas de ciências e cursos de extensão para não especialistas e, o campo do jornalismo científico, no qual a ciência e a tecnologia se submetem a coerções próprias a este campo”.

As duas categorias, disseminação e divulgação, poderiam reunir-se num conceito mais amplo, a Difusão Científica. Esta se refere a “todo e qualquer processo usado para a comunicação da informação científica e tecnológica” (BUENO, 1985 *apud* ALBAGLI, 1996, p. 397).

Mesmo reconhecendo a validade do conceito de DC já expresso, há uma segunda perspectiva, a reflexiva. Neste sentido, “comunicar-se é um processo horizontal de compartilhamento e diálogo” (GERMANO e KULESZA, 2007, p. 16). Esta se aproxima mais de uma abordagem contextualizada com enfoque na relação Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) e que propõe um conceito que utilizamos na estruturação desta dissertação. Neste, a DC é reconhecida, não somente, como

*“uma prática protagonizada tanto por comunicadores quanto por cientistas que, usualmente apoiada nos recursos da mídia e dispondo de uma formatação textual própria, tem como objetivo permitir que o patrimônio científico, geralmente exclusivo de uma minoria (os especialistas), seja compartilhado por uma maioria de indivíduos leigos (HERNANDO, 1970 *apud* BERTOLLI, 2007, p. 353)”.*

Mas neste contexto, a DC encontra suporte no movimento sobre as relações entre Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS), por este “de alguma forma, compreender que a comunicação entre ciência e sociedade não é uma via de mão única, mas sim que a sociedade

tem um papel determinante – e pode vir a ter ainda mais – nos rumos da ciência” (MARANDINO, 2007, p. 1).

Deste modo, se estabelecem as vias de relação baseadas nesta tríade. Os conhecimentos que são produzidos pela Ciência e Tecnologia são divulgados para e dialogados na Sociedade. Esta sofre interferências em seu uso, desenvolvimento e aplicações e devolve aos produtores de conhecimento, sugerindo e indicando outras possibilidades. E, “mesmo quando construídos a partir de horizontes culturais diferentes, o diálogo pode, a partir do reconhecimento e respeito do universo vocabular do outro, produzir uma situação emancipadora para ambos” (GERMANO e KULESZA, 2007, p. 21).

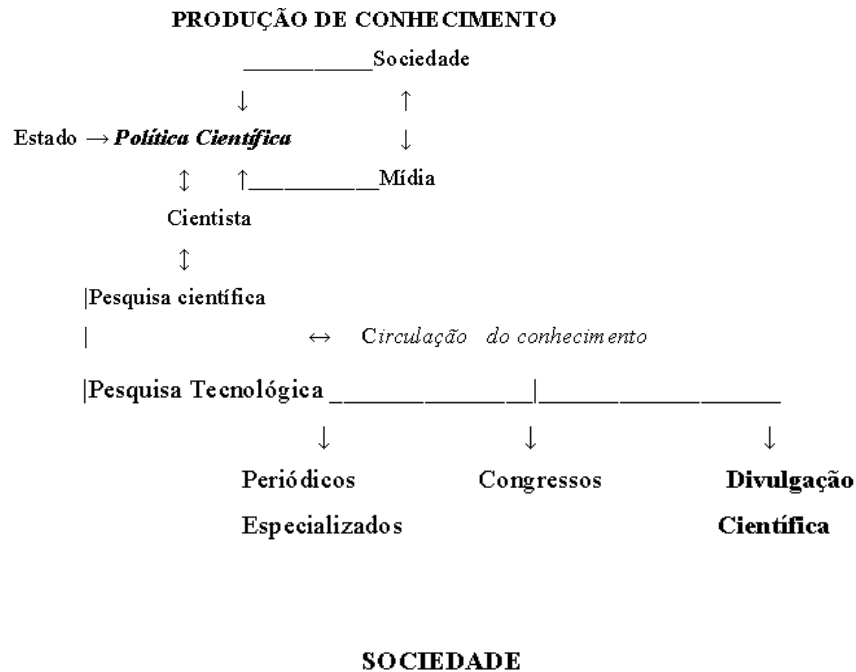
Assim, não há como dissociar os meios de produção com os meios de divulgação científica e, vice-versa. Este conhecimento que se torna público “apresenta-se como peça fundamental para que os indivíduos e grupos sociais se posicionem frente ao saber e à prática científica” (NELKIN, 1995 *apud* BERTOLLI, 2007, p. 352).

Estes diálogos e posicionamentos refletem os diferentes objetivos da DC. No âmbito educacional, ou seja, a ampliação do conhecimento e da compreensão do público leigo a respeito do processo científico e sua lógica, a DC ganha contornos de iniciação cultural, de esclarecimentos e de raciocínio diferentes do cotidiano. Há também, o aspecto de mobilização popular, onde ocorre a “ampliação da possibilidade e da qualidade de participação da sociedade na formulação de políticas públicas e na escolha de opções tecnológicas” (ALBAGLI, 1996, p. 397). Esta seria uma forma de elevação do processo decisório da sociedade em determinadas ocasiões e uma retomada de posição, não apenas passiva frente aos discursos, mas ativa em toda sua conjuntura.

I.3. O divulgador da Ciência: jornalista ou cientista?

Utilizando-se do conceito de DC descrito anteriormente, como este sendo um meio de tornar acessível as informações científicas e tecnológicas produzidas, destas interferirem e receberem as interferências da sociedade.

Assumindo a ideia trazida por Germano e Kulesza (2007) da DC como uma ponte entre ‘duas culturas’, pode-se validar tais pressupostos observando o esquema a seguir sobre a produção do conhecimento e suas relações com a sociedade proposto por Guimarães (2009).



O que se percebe, no esquema anteriormente apresentado, é que a circulação das informações geradas a partir da produção do conhecimento por cientistas inseridos na sociedade e, por isso, influenciados por ela e, também, pelas políticas que a permeia são produtos que se inter-relacionam com os meios de propagação deste conhecimento. Observamos ainda, que tais conhecimentos são vinculados em periódicos especializados e congressos (dentro da própria comunidade científica), onde “o locutor e destinatários são especialistas” (Guimarães, 2009, p.7), mas também, por meios de divulgação científica, que “se realiza pela escola (...) assim como, por outros meios impressos e eletrônicos” (GUIMARÃES, 2009, p.7).

A partir desta perspectiva, nos fixaremos apenas na Divulgação Científica (DC), já que inicialmente, pode ser realizada tanto por especialistas da área de produção do conhecimento (cientistas), quanto por jornalistas. Todos que escrevem sobre ciência de modo a tornar tal produção disponível a um público mais amplo é considerado um divulgador da ciência. Mas nem sempre houve essa distinção. Era comum a rejeição por parte dos cientistas em divulgar sua produção a um público em geral e ao jornalista, caberia a tarefa de ‘traduzir’ a linguagem científica a este público. Na América Latina, de acordo com Massarani e Moreira (2004, p. 33),

“foram os próprios cientistas que se envolveram no processo de comunicação científica desde o século XIX. Eles pretendiam incrementar sua presença na sociedade para reafirmar sua legitimidade profissional, intensificar a comunicação com os pares e com outros grupos sociais, em busca de fortalecer alianças com as instituições que detinham poder”.

Neste período, a intencionalidade de se fazer a divulgação científica estava diretamente relacionada ao fortalecimento científico (entre os pares) e, quando se associava aos grupos sociais, visava alianças com o poder. Isso apresenta a não neutralidade da DC, já que “o modo de circulação se relaciona, de algum modo, com as políticas que buscam definir as direções ou as condições das políticas científicas” (GUIMARÃES, 2009, p. 8).

“O direcionamento da DC também depende das intenções dos seus idealizadores, das informações priorizadas e dos métodos empregados” (TARGINO, 2007, p. 25). As intenções podem ser divergentes de acordo com o perfil do divulgador. O cientista tende a se dedicar ao discurso elaborado e para seus pares, enquanto o jornalista pode incorrer na mistificação, na redução, na omissão e na transformação dos conteúdos de modo a torná-los mais aprazíveis e viáveis ao público em geral.

“Dizendo de outra forma, os cientistas precisam deixar de escrever tão somente para eles mesmos ou para os pares, superando a tendência da comunicação somente para e entre cientistas, em direção à disseminação ampla da Informação Científico-Tecnológica (ICT). A comunicação científica é básica àqueles que fazem ciência, mas a produção da ciência não ocorre fora do contexto social. Logo, a ciência deve extrapolar os muros da comunidade científica; caso contrário, torna-se improdutivo, estéril e improficua” (TARGINO, 2007, p. 26).

Mas para que haja a comunicação científica, talvez, faça-se necessária uma distinção entre quem escreve (divulgador) e para quem se escreve (público). Isso não é recente e se apresenta marcada de finalidades das mais diversas. De acordo com Mueller e Caribé (2010, p. 10),

“A separação entre a comunicação da ciência entre cientistas e a comunicação visando à sua popularização ocorreu na década de 1880, quando a atividade de pesquisador científico se tornou ocupação de tempo integral, deixando de fora os comerciantes, clérigos e outros que a praticavam como meros amadores”.

Posteriormente, “com o avanço do jornalismo e de sua influência na sociedade, a informação científica passou a ser incluída nos jornais. Primeiramente, por meio dos cientistas, ansiosos em divulgar seus trabalhos; posteriormente, pelos próprios jornalistas” (MUELLER e CARIBÉ, 2010, p. 24). Esse embate, inicialmente, era bem articulado e sem suas fronteiras delimitadas, já que todos os atores envolvidos concordavam com este modo de comunicação. Entretanto, este veio a se tornar permeados de preconceitos e intolerâncias veladas, por ambas as partes.

Atualmente, “o direito à informação científica, considerado pelos governos democráticos como obrigação, foi sendo conquistado aos poucos, desde o século XV, por conta do esforço e da imaginação de homens notáveis de seu tempo, cientista e não cientistas” (MUELLER e CARIBÉ, 2010, p. 27).

Os não cientistas que escrevem textos de DC são, na maioria dos casos, jornalistas. Só que no jornalismo científico entende-se que “não há versões da verdade quando se trata da ciência” (TEIXEIRA, 2002, p. 134), já que “segue a consequência de que o bom jornalismo científico é, também, propaganda da ideia da ciência” (TEIXEIRA, 2002, p. 135).

“Como a mídia está diretamente articulada com um tipo de significação do que seja a ciência hoje, ela tende a manter as condições do discurso científico estabelecido e legitima a normativa do estado que se mantém a partir de certas conquistas que a comunidade científica construiu” (GUIMARÃES, 2009, p. 13).

A perspectiva que o jornalismo científico brasileiro apresenta ainda está “calcado em uma visão mistificada da atividade científica, com ênfase nos aspectos espetaculares ou na performance genial de determinados cientistas” (MOREIRA e MASSARANI, 2002, p. 62). Assim, não havendo versões nem contraditórios, cabe ao jornalista a tarefa de “traduzir com competência e fidelidade, de tal forma a ser compreendido por um público leigo, um específico conteúdo científico” (TEIXEIRA, 2002, p. 134).

Entretanto, esta compreensão ou popularização científica requer uma linguagem diferenciada daquela utilizada entrepares. Por isso, cabe ao divulgador da ciência transpor o denso discurso científico, quer jornalista ou o próprio cientista.

“Porém, o discurso de DC não se limita à ‘tradução’ ou à reformulação do discurso científico para amenizar ou diluir a sua eventual obscuridade. Trata-se da formulação de novo discurso, com traços próprios e marcantes, cujo processo, a bem da verdade, está sujeito a riscos de distorção, no sentido de simplificar em demasia, mistificar, deturpar ou usurpar (TARGINO, 2007, p. 25)”.

I.4. A linguagem e o discurso: de quem e para quem?

Neste item vamos considerar o tipo de discurso e linguagem que são produzidos pelos divulgadores da ciência com um enfoque destinado ao público alvo desta elaboração discursiva.

Anteriormente, tratamos sobre a comunicação da produção científica em seus mais diversos espectros. Mas até então, não havíamos nos aprofundado nas questões relativas ao discurso em si e em sua linguagem. Ambos retomam o momento de produção escrita

destinada a um grupo específico, de especialistas ou não. De acordo com Orrico e Oliveira (2007, p. 9), “passemos a pensar a Divulgação da Ciência como um discurso que constitui — e é constituído por — significados sócio historicamente contextualizados”.

Sendo a DC uma forma de democratizar o acesso ao conhecimento científico e estabelecer condições para incluir os cidadãos no debate sobre os temas especializados, ela é construída sob cinco elementos fundamentais: “emissor, canal, mensagem, conteúdo e receptor” (KEMPER, p. 20, 2008). O emissor é responsável por fazer a elaboração discursiva do texto que se deseja apresentar (divulgador) em um determinado canal (jornais, revistas e etc.). Já a mensagem e o conteúdo se entrelaçam devidos à forma com que são apresentados nos canais, mas também, ao tipo de público receptor que são destinadas estas informações.

Além disso, a DC apoia-se nos discursos científicos, jornalísticos e cotidianos. “É por isso também que, embora o discurso jornalístico e o discurso científico sejam constitutivos da DC, o discurso da DC não é uma mera soma destes discursos” (ORLANDI, 2001 *apud* ALFERES e AGUSTINI, 2008, p. 3), já que esses discursos, geralmente incorrem ao público a que se destina. Como se vê, “é pela característica do interlocutor que este discurso se torna mais ou menos próximo do discurso científico” (CUNHA e GIORDAN, 2009, p. 6).

Neste momento, discorreremos especialmente sobre a linguagem utilizada nas mensagens e conteúdos elaborados pelos emissores/divulgadores para um determinado receptor.

Dizemos que a elaboração escrita pelos cientistas das informações e dados produzidos em sua pesquisa e, posteriormente, publicados em periódicos específicos é, em grande parte, um discurso restritivo até mesmo para outras especialidades, pelos termos utilizados e recurso de linguagem característico (disseminação científica). De acordo com Bueno (2010, p. 2), a comunicação científica (disseminação científica) “diz respeito à transferência de informações científicas, tecnológicas ou associadas à inovações e que se destinam aos especialistas de determinadas áreas de conhecimento”. Segundo Martins (2009, p. 99) “o discurso de divulgação atua como um *discurso sobre* em que, ao *falar sobre* ciência coloca-se entre esta e os sujeitos não especialistas buscando estabelecer uma relação com um campo de saberes já conhecido pelo interlocutor”. Por isso a importância os divulgadores, quer especialistas ou não.

“Nesse agenciamento, inscrevem-se dizeres da ciência, o que coloca o sujeito-jornalista na posição divulgador. Na DC não é a posição cientista que movimenta o dizer; uma marca de que a DC não é o discurso da ciência ‘facilitado’, ‘traduzido’ para o discurso ordinário, mas um discurso outro, cujas ‘costuras’ visíveis são necessárias à eficácia de seu funcionamento, como marcas de garantia de ‘cientificidade’” (ALFERES e AGUSTINI, 2008, p. 7).

Mas quando estes divulgadores não são cientistas e, sim, jornalistas, o discurso e a linguagem tendem a ser mais acessíveis e simplificados, visando uma gama maior do público leitor. Portanto,

“a mudança de uma esfera para outra exige uma mudança de discurso, ou seja, o discurso científico ao sair da esfera científica e passar para a esfera midiática incorpora elementos desta nova esfera que lhe exige uma mudança de discurso e a constituição de um novo gênero discursivo” (CUNHA e GIORDAN, 2009, p. 6).

Sendo assim, “os textos de divulgação científica são produzidos por jornalistas e/ou cientistas que não têm como foco o ensino formal de ciências uma vez que seu principal objetivo é veicular as informações científicas para um público de não especialistas” (NASCIMENTO e ALVETTI, 2006, p. 37). Ainda pode-se observar que

“nos textos científicos são utilizados elementos de construção que promovem o apagamento do sujeito no texto, enquanto ser ideologicamente constituído. Entretanto, esse apagamento é ilusório, pois o sujeito-autor – histórica e ideologicamente constituído – deixa no seu texto ‘pistas’ que refletem sua presença enquanto sujeito que se inscreve no discurso” (CUNHA e GIORDAN, 2009, p. 2).

Entretanto, o discurso utilizado pelos divulgadores da Ciência, em particular, os jornalistas, tendem a corroborar com as ideias científicas presentes no imaginário popular, sem questionar ou indicar outras versões das ‘verdades’ trazidas pela Ciência. Isso porque, “o público leigo em geral, não é alfabetizado cientificamente e, portanto, vê como ruído qualquer termo técnico ou mesmo se enreda em conceitos que implicam alguma complexidade”, assim, o embate permanece entre “a necessidade de se manter a integridade dos termos técnicos e conceitos para evitar as leituras equivocadas ou incompletas e a imperiosa exigência de se estabelecer efetivamente a comunicação” (BUENO, 2010, p. 3). Segundo Pechula (2007, p. 214)

“A divulgação das principais descobertas e avanços tecnológicos veiculados pelos meios de comunicação de massa ampara-se na fundamentação científica. Em seu nome, esses meios (televisão, revistas, jornais), divulgam o conhecimento, instigando o imaginário de que a ela cabe a resolução dos problemas, especialmente, daqueles que envolvem a sobrevivência da humanidade, do planeta e do cosmo. Promovem, ainda, o imaginário de que o conhecimento científico é acessível a todos”.

E, é nesse sentido que dizemos que a DC é sustentada por um modelo de imaginário construído coletivamente para validar o conhecimento científico elaborado. Já as informações que emergem a partir dele, são aquelas vinculadas nos meios de comunicação. Neste caso, “a

fonte de informações sofre a interferência de uma agente (o jornalista ou divulgador) e de uma estrutura de produção. Habitualmente, tal mediação costuma aumentar o nível de ruídos na interação com o público, comprometendo, inclusive, a qualidade da informação” (BUENO, 2010, p. 4).

Tais informações advêm de um novo conteúdo, que segundo Coelho Netto (1999 *apud* PECHULA, 2007, p. 216), “quanto maior for a taxa de novidade de uma mensagem, maior seu valor informativo, sendo maior a mudança de comportamento provocada”. Isso, partindo-se da premissa, que a sociedade leitora e consumidora da informação gerada pelo conhecimento científico produzido é influenciada por este e também, pode interferir em sua abordagem.

Mesmo assim, os signos e seus significados relativos à produção científica já estão bem arraigados neste imaginário socialmente construído, delimitado e difundidos pelos diferentes tipos de mídia. Tanto que, segundo Pechula (2007, p. 216), “ao produzirem a informação acerca da descoberta, ou criação científica, empregam alguns signos que representam o mundo ingênuo, que apresenta a ciência enquanto um conhecimento pronto e solucionador de todos os problemas”. Tal qual, Bueno (2010, p.4) relata que “o processo de produção jornalística pode privilegiar a espetacularização da notícia, buscando mais a ampliação da audiência do que a precisão ou completude da informação”.

Ainda sob o aspecto supracitado, o público leigo tem uma “percepção difusa e encerra uma série de equívocos, como o de imaginar que Ciência e Tecnologia (C&T) não se viabilizam num *continuum*, mas que progridem aos saltos a partir de *insights* de mentes privilegiadas” (BUENO, 2010, p. 2). Evidentemente, o ensino formal de ciências “favorece esta percepção ao destacar, em sua história, indivíduos absolutamente privilegiados e não o processo particular de produção que, muitas vezes, aniquila as individualidades” (BUENO, 2010, p. 3).

Neste ato de informar, que significa dar informe, conhecimento ou notícia, as mídias de massa (TV, jornal, revista, rádio, Internet...) buscam tornar acessível os conhecimentos vinculados às pesquisas científicas, iniciadas ou em desenvolvimento, sempre com caráter de verdade e, “o receptor, sem o saber, torna-se consumidor desse tipo de informação que, transformado em notícia, torna-se um fenômeno cotidiano e é consumido como as demais notícias” (PECHULA, 2007, p. 217).

II. Alfabetização ou Letramento Científico

Quando se inicia o diálogo acerca da alfabetização ou letramento científico se esbarra em diversas controvérsias sobre seu conceito, seu uso e até mesmo, sua validade. Ainda mais quando se associa este conceito à Divulgação Científica (DC) e seu contexto frente à relação entre a Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS).

II.1. Conceituações, Significados e Objetivos

Muitas são as discussões sobre os conceitos envolvidos e validade da argumentação favorável ou não a da alfabetização ou letramento científico. Porém, antes desta, encontram-se os embates sobre as traduções e seus significados. “Para nós, o problema ganha novas proporções quando da tradução dos termos: a expressão inglesa vem sendo traduzida como ‘Letramento Científico’, enquanto as expressões francesa e espanhola, literalmente falando, significam ‘Alfabetização Científica’” (SASSERON e CARVALHO, 2011, p. 60).

Segundo Santo (2007, p. 479),

“Deve-se observar que enquanto a alfabetização pode ser considerada o processo mais simples do domínio da linguagem científica e enquanto o letramento, além desse domínio, exige o da prática social, a educação científica almejada em seu mais amplo grau envolve processos cognitivos e domínios de alto nível”.

Entretanto, independente da nomenclatura traduzida, todos tem em seu cerne o mesmo objetivo, apesar dos caminhos que os levam às finalidades sejam distintos. Nesta dissertação, utilizaremos o termo Alfabetização Científica (AC) tomando por base a ideia de alfabetização mais ampliada concebida por Paulo Freire quando diz que “... a alfabetização é mais que o simples domínio psicológico e mecânico de técnicas de escrever e de ler. É o domínio destas técnicas em termos conscientes. (...) Implica numa auto formação de que possa resultar uma postura interferente do homem sobre seu contexto” (1980, p.111 *apud* SASSERON e CARVALHO, 2011, p. 61).

Caberia então, à população, esta visão mais ampliada e *freireana* sobre alfabetização científica em que esta “não pode se configurar como um jogo mecânico de juntar letras. Alfabetizar muito mais do que ler palavras, deve propiciar a ‘leitura do mundo’” (AULER & DELIZOICOV, 2001, p. 8). A partir desta leitura de mundo, a tomada de decisões e o próprio conhecimento apreendido conduziriam a um momento transformador.

No entanto, se tomarmos o significado da palavra alfabetização, temos que é o ato ou efeito de alfabetizar e também, a propagação da instrução primária². Neste caso, de acordo com Moreira e Massarani (2003, p. 63) “ainda é hegemônica uma abordagem, denominada ‘modelo do déficit’, que, de uma forma simplista, vê na população um conjunto de analfabetos em ciência que devem receber o conteúdo redentor de um conhecimento descontextualizado e encapsulado”. Mas caso se busque neste significado primeiro a definição de um “nível mínimo de compreensão em ciência e tecnologia que as pessoas devem ter para operar a nível básico como cidadãos e consumidores na sociedade tecnológica” (SABATINI, 2004, p.2 *apud* GERMANO e KULESZA, 2007, p. 12), têm-se um embasamento que justifica a idealização e práxis de uma AC como uma maneira de atingir as capacidades plenas dos cidadãos nas tomadas de decisão e participação dos assuntos socialmente relevantes.

Sendo assim, uma das finalidades da Alfabetização Científica, numa visão reducionista da mesma, seria justamente tornar relevantes, discutíveis e questionáveis as informações produzidas por cientistas. É por isso que, segundo Auler e Delizoicov (2001, p. 1), “a premissa de que a sociedade seja analfabeta científica e tecnologicamente e que, numa dinâmica social crescentemente vinculada aos avanços científico-tecnológicos, a democratização desses conhecimentos é considerada fundamental”.

Neste aspecto, a AC que se apresenta em resposta aos diferentes conceitos é tipificada como ‘alfabetização científica prática’ e também, ‘cívica’. Sendo que esta “contribui para a superação de problemas concretos, tornando o indivíduo apto a resolver, de forma imediata, dificuldades básicas que afetam sua vida”, mas também, “torna o cidadão mais atento para a ciência e seus problemas, de modo que ele e seus representantes possam tomar decisões mais bem informadas” (SHEN, 1975 *apud* GERMANO e KULESZA, 2007, p. 13), respectivamente.

Alguns autores, como Germano e Kulesza (2007, p. 14), partem da premissa que a AC por ser um tipo específico de alfabetização, esteja relacionada à educação formal enquanto a DC permearia o ensino e as intervenções não formais. Portanto, ambas estariam em dissonância quanto às possibilidades de interação. Porém, veremos adiante, que esta relação é possível e aceitável por diversos motivos.

Sasseron e Carvalho (2011, p. 62) nos trazem a diversidade de conhecimentos necessários para que um cidadão seja considerado alfabetizado cientificamente.

“Para uma pessoa ser considerada alfabetizada cientificamente deve ter conhecimento das relações entre Ciência e Sociedade; saber sobre a ética que monitora o cientista; conhecer a natureza da ciência; diferenciar Ciência de

² Disponível em: <http://michaelis.uol.com.br/>

Tecnologia; possuir conhecimento sobre conceitos básicos das ciências; e, por fim, perceber e entender as relações entre as ciências e as humanidades”.

E assim, reforça-nos a ideia de que uma educação, seja ela formal ou não, aponte para o pensamento e julgamento das questões pertinentes a toda sociedade, como a produção e divulgação dos dados das pesquisas científicas. Pensar que não há essa capacidade de julgamento e questionamento numa sociedade nos leva a uma educação prioritariamente mecânica e reprodutora dos conceitos vigentes.

Bazzo (2002, p. 85) define bem estes pensamentos supracitados, numa busca de uma educação mais reflexiva. Segundo ele um

“país que incha seus currículos, na grande maioria das vezes, com disciplinas adestradoras, na tentativa ingênua de acompanhar o desenvolvimento científico/tecnológico avassalador. Outros países, ao contrário do nosso, sempre apostaram, e agora redobram seus esforços, na formação básica de seus cidadãos, inclusive buscando a alfabetização sobre as repercussões ensejadas pelo desenvolvimento científico/tecnológico”.

Então, não apenas devem-se buscar as melhores formas de levar a informação ao público em geral, mas preocupar-se em estabelecer um ensino que esteja permeado de ações que proporcionem aos cidadãos a capacidade de leitura, interpretação e questionamento sobre o que é feito, a forma como é feito e como são divulgados os conhecimentos produzidos.

II.2. Relações com a Divulgação Científica (DC) e a interação Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS)

Como visto anteriormente, um dos objetivos da DC é levar informações ao público em geral e desta forma, contribuir para o esclarecimento do cidadão sobre diversos temas apresentados em diferentes mídias.

Quando disposta desta maneira, a DC contribui para a AC. Isso porque, a DC “tem como um de seus objetivos a Alfabetização Científica (...) já que o público sujeito à alfabetização é desprovido de informações, conhecimentos, saberes e experiências e que a DC irá ensiná-lo a compreender a ciência” (BUENO, 2010, p. 8).

A DC até poderá ensiná-lo a compreender a ciência desde que os conteúdos presentes nestas informações tenham um significado concreto para o público leitor. Isso não quer dizer que este público seria um ‘quadro em branco’ e que a DC seria sua ‘tábua de salvação’. Pelo contrário. Se pensarmos em um indivíduo que traz suas experiências cotidianas e consegue

estabelecer uma relação entre aquilo que o cerca e as informações que chegam até ele através da DC, visando uma contribuição para a sua vida e a sociedade no qual está inserido, temos então este indivíduo alfabetizado cientificamente, com acesso às informações e capaz de se posicionar.

“A alfabetização científica deve, portanto, fugir da concepção presenteísta e reducionista de ciência (...) isto significa que ela não pode se limitar à enunciação do que acontece no presente, mas contextualizar dados, fatos e resultados de pesquisa de modo a garantir sua temporalidade, o desvelamento de intenções e de oportunidade para sua produção e aplicação” (BUENO, 2010, p. 8).

Portanto, o tipo de AC que deveria ser desenvolvida conjuntamente à DC abordaria não o conteúdo em si, mas a forma de se pensar a Ciência holisticamente, desde seus meios de produção até sua divulgação ao público em geral, para que o indivíduo tivesse autonomia em seus pensamentos acerca dos temas apresentados pelas mídias de DC. Assim, conseguiriam ter uma visão mais abrangente da produção científica em uma determinada cultura e sociedade, suas interferências nesta e por esta sofrida. Então,

“alfabetização científica, que deve estar prevista na divulgação científica, não pode servir de instrumento para distanciar os que produzem C&T do cidadão comum. Ao contrário, precisa abrir espaço para aproximação e diálogo e, inclusive, convocar pessoas para debates amplos sobre a relação entre ciência e sociedade, ciência e mercado, ciência e democracia” (BUENO, 2010, p. 8).

Contudo, não se pode ter uma visão ingênua da relação entre a Alfabetização Científica, Divulgação Científica e a interação CTS. “O desenvolvimento científico-tecnológico não pode ser considerado um processo neutro que deixa intactas as estruturas sociais sobre as quais atua. Nem a Ciência e nem a Tecnologia são alavancas para a mudança que afetam sempre, no melhor sentido, aquilo que transformam” (AULER e DELIZOIVOC, 2001, p. 4). Por isso, a Ciência não é detentora das verdades absolutas nem a tecnologia é a solução de todos os problemas. A sociedade representada por seus indivíduos pode e devem interferir e opinar sobre os rumos da C&T, mas para tal, deve ter uma instrumentalização que pode ser proporcionada pela AC e informações advindas da DC.

Para tanto, deve-se considerar o papel social da DC na aquisição de conhecimentos para uma AC mais eficiente e para a construção de cidadãos mais participativos nas tomadas de decisão ou, simplesmente, estar minimamente informados sobre os avanços científico-tecnológicos da sociedade a qual está inserido. Isso porque “a afirmação social da ciência e da tecnologia no mundo contemporâneo - sua importância estratégica nas estruturas política, econômica e cultural vigentes - recoloca, em um novo patamar, a relação entre ciência, poder e

sociedade” (ALBAGLI, 1996, p. 396). Essa relação, uma vez estabelecida, requer cidadãos que consigam entender suas conexões e ser por elas influenciados e também, influenciá-las.

Segundo Albagli (1996, p. 397 e 398), quanto às motivações que levam os cidadãos à AC através da DC, existem dois argumentos contraditórios, a princípio. O primeiro “põe ênfase no caráter transformador das atividades de divulgação da ciência e tecnologia, ou seja, no apelo à participação social nelas contida, particularmente o incentivo à participação no processo decisório relativo ao desenvolvimento da ciência e suas aplicações”, enquanto no segundo, “os argumentos que percebem o predomínio, nas atividades de divulgação científica, de motivações de caráter corporativo e conservador, especialmente a busca de uma maior legitimidade, apoio e prestígio tanto para a comunidade científica, quanto para a ciência em si”. Ambos merecem consideração e estão distantes de serem excludentes, visto que a ideia sobre a atividade de DC com a finalidade mais ampla de formação cidadã não é ingênua a ponto de se restringir a um grupo de argumentos.

O caráter de formação cidadã e os cuidados sobre o tipo e conteúdos presentes na DC devem ser observados com toda cautela para que esta não seja utópica nem se apresente como solucionadora de todas implicações pendentes no Ensino de Ciências, no campo formal ou não.

Sendo assim, se a AC for bem desenvolvida ao longo da escolarização das pessoas e contar com uma DC responsável e constante, teremos cidadãos aptos a tomar decisões acerca dos temas recorrentes na sociedade e que interferem diretamente no modelo de sociedade científica e tecnológica que se deseja. Então,

“tornar a educação científica uma cultura científica é desenvolver valores estéticos e de sensibilidade, popularizando o conhecimento científico pelo seu uso social como modos elaborados de resolver problemas humanos. Para isso, torna-se relevante o uso de meios informais de divulgação científica, como textos de jornais e revistas” (SANTOS, 2007, p. 487).

III. Natureza da Ciência

Até então, nos detivemos no histórico, nas conceituações e nas formas como a Divulgação e a Alfabetização Científica se apresentam. Aprofundamo-nos, em parte, quando estabelecemos a linguagem como uma maneira da informação chegar ao público leitor em geral. Porém, ainda não havíamos nos centrado suficientemente no conteúdo e na forma destas informações, como faremos a seguir.

III.1. Tentativas de definições e deformações das visões sobre a Natureza da Ciência

A Natureza da Ciência (NdC) é mais abrangente do que somente pensar nas concepções que se tem acerca de um eixo temático, ligado frequentemente à didática da Ciência ou à epistemologia da Ciência, mas sim

“... engloba uma variedade de aspectos sobre o que é a ciência, seu funcionamento interno e externo, como constrói e desenvolve o conhecimento que produz, os métodos que usa para validar esse conhecimento, os valores envolvidos nas atividades científicas, a natureza da comunidade científica, os vínculos com a tecnologia, as relações da sociedade com o sistema tecnocientífico e vice-versa, as contribuições desta para a cultura e o progresso da sociedade” (VÁZQUEZ-ALONSO, 2008, p. 1).

Se “o conhecimento da NdC é em grande parte um meta-conhecimento que surge da reflexão sobre a própria ciência”, um dos objetivos do Ensino de Ciências é incluir a NdC neste ensino para “desenvolver uma melhor compreensão da ciência e seus métodos bem como para contribuir, para tomar mais consciência das interações entre a ciência, a tecnologia e a sociedade” (ACEVEDO *et al*, 2005, p. 2).

Contudo, “é bastante ingênuo pensar na existência de uma única NdC, pelo que qualquer descrição da NdC, só pode aspirar a refletir de maneira parcial e enviesada a ciência e a tecno-ciência do presente” (ACEVEDO *et al*, 2005, p. 7). Isso se deve, ao fato da NdC estar submetida à sociedade, cultura, filosofia, economia e política de uma época específica e, que todo este *corpus* cerca a produção dos conhecimentos científicos, desde que tipo de conhecimento está sendo produzido, por quem e com quais interesses, a quem se destina esta produção e até mesmo de que forma se apresenta.

Se entendemos a NdC como um conjunto de conhecimentos e características baseadas em diversas frentes estabelecidas sobre os aspectos da Ciência, as contribuições para tal estabelecimento podem advir de outros ramos de estudo e facilitar a compreensão da ciência pelos professores e alunos. Segundo Matthews (1995, p. 184),

“A história e a filosofia podem dar às idealizações em ciência uma dimensão mais humana e compreensível e podem explicá-las como artefatos dignos de serem apreciados por si mesmos. Isto é importante para os estudantes que estão sendo apresentados ao mundo da ciência”.

Isto só é possível se considerarmos que as dimensões históricas e filosóficas sobre e da Ciência contribuem para um alargamento dos conhecimentos que se desenvolvem embasados nestes pressupostos.

Já Forato *et al* (2011, p. 32 e 33), listam uma série de aspectos pertinentes sobre a NdC que deveriam ser apresentados no Ensino de Ciências de modo a tornar mais acessível tais conhecimentos. Dentre eles, os autores indicam que a Ciência deve ser compreendida como uma construção social e humana, organizada historicamente, se desenvolvendo num contexto cultural, sendo parcial e falível, promovendo o pensamento reflexivo e desmistificando o dogmatismo que ronda a ‘verdade absoluta’ científica.

Várias são as questões para se pensar a NdC de acordo, principalmente, com o enfoque utilizado para compreender o que é ciência. Martins (1999, p. 7 e 8) propõe diferentes pontos de vista sobre a NdC, definida por ele como questões empíricas, axiológicas e analíticas.

Segundo o autor, numa questão empírica sobre o que tem sido a ciência, “a resposta deve partir de ‘fatos’, ou seja, de descrições sobre o que tem sido chamado de ciência ao longo do tempo (...) nesse caso, a resposta não será única, pois as práticas científicas mudam ao longo do tempo e são diferentes nas diversas disciplinas científicas” (MARTINS, 1999, p. 7).

Já no caso de uma questão axiológica, a pergunta é o que a ciência deveria ser. Assim, “isso levanta uma questão sobre o que é correto na ciência, e remete à avaliação dos procedimentos e resultados da pesquisa científica (...) qualquer tentativa de resposta não pode se basear em fatos (...) a resposta será baseada em valores, que podem ser externos ou internos” (MARTINS, 1999, p. 7). E no caso desta ser uma questão analítica, a pergunta é o que pode ou não ser ciência. “Nesse caso, parte-se do pressuposto de que é possível conceber-se vários tipos de conceitos de ciência, e que eles podem ser investigados” (MARTINS, 1999, p. 8).

Nesta dissertação adotamos a compreensão da ‘ciência empírica’ conceituada por Martins (1999), quando se deseja perceber o que tem-se chamado e feito de ciência ao longo do tempo. Este eixo foi utilizado para estabelecer o tipo de NdC que se pretende e sua relação com as demais áreas de exploração temática até aqui apresentadas.

A partir do estabelecimento dessas questões e do enfoque que se pretende é que se pode pensar e estruturar melhor o tipo de NdC que se deseja. Para Chevallard (1991 *apud* Forato *et al.*, 2011, p. 30), “se a ciência é entendida como uma atividade humana desenvolvida em um dado contexto sociocultural, a construção dos saberes escolares também é concebida como um processo contextualizado, influenciado por inúmeros elementos do seu entorno sócio-político-cultural”.

Niaz (2009, p. 3) elenca algumas características da NdC consideradas como consenso por diversos autores. Este autor estabelece onze aspetos que sintetizariam tais características, listadas a seguir (**tradução própria**):

- “1. O conhecimento científico depende fortemente, mas não inteiramente, de observação, prova experimental, argumentos racionais e ceticismo.*
- 2. Observações são carregadas de teorias.*
- 3. Ciência é experimental / falível.*
- 4. Não há uma maneira de fazer ciência e, portanto, não há um passo-a-passo universal do método científico que pode ser seguido.*
- 5. Leis e teorias servem em funções diferentes na ciência e, portanto, as teorias não se tornam leis, mesmo com provas adicionais.*
- 6. O progresso científico é caracterizado pela competição entre teorias rivais.*
- 7. Diferentes cientistas podem interpretar os dados experimentais idênticos em mais de uma maneira.*
- 8. Desenvolvimento de teorias científicas às vezes é baseado em fundamentos inconsistentes.*
- 9. Cientistas necessitam manter registros de revisão por pares e replicabilidade.*
- 10. Os cientistas são criativos e muitas vezes recorrem à imaginação e à especulação.*
- 11. Ideias científicas são afetados por seu meio social e histórico”.*

Visões deformadas sobre a NdC estão condicionadas às formas em que são apresentadas, quer pelos autores de textos de divulgação científica ou de disseminação, quer por professores. Sendo assim, a escola e as várias formas de mídia tem sido um dos meios de apresentação, reprodução e socialização dos conhecimentos científicos e das transmissões acerca das visões de NdC, mesmo que de forma subjetiva ou inconsciente.

*“Por exemplo, tem-se sustentado, e continua a apoiar-se acriticamente, que as crenças dos professores sobre a NdC se relacionam diretamente com a sua prática docente. Ao mesmo tempo, afirmou-se e continua a afirmar-se que uma boa compreensão da NdC se apresenta como um fator decisivo para tomar melhores decisões sobre questões tecno-científicas de interesse social” (ACEVEDO *et al.*, 2005, p. 3).*

Esses conhecimentos dificilmente são construídos pelos alunos e geralmente são apresentados pelos professores com base em suas próprias visões sobre a Natureza da Ciência. As “concepções empirico-indutivistas e ateóricas, ahistóricas, dogmáticas, elitistas, exclusivamente analistas, acumulativas e lineares” (GIL PEREZ *et al*, 2001) estão relacionadas a essas deformações sobre os processos de construção e divulgação do conhecimento científico.

As concepções equivocadas acerca da NdC:

“transmitem a visão do desenvolvimento da ciência como sendo fruto do acaso, produzido por pessoas que “descobrem verdades universais” observando fatos corriqueiros, por meio de insights. Com isso, são ignorados todos os fatores conceituais da ciência e os elementos contextuais de cada cultura que estiveram envolvidos no desenvolvimento de um determinado conhecimento científico” (FORATO et al, 2011, p. 39).

Estas dificultam uma abordagem mais eficaz, adequada e desejável numa educação científica e tecnológica com uma qualidade referente aos aspectos de NdC que se pretende ter.

III.2. Conexões entre a Natureza da Ciência, a relação CTS, a Alfabetização Científica e a Divulgação Científica.

As visões sobre NdC presentes nos textos de DC são construídas de acordo com as influências da tríade presente na relação Ciência-Tecnologia-Sociedade que cada autor pode ter, destacando o equilíbrio dessas partes ou a tendência a uma predominância de qualquer que seja. Uma maneira de demonstrar visões não deformadas da NdC ou de corrigir tais visões está na instrumentalização da Alfabetização Científica pela DC, no âmbito formal ou não formal de ensino. Isso porque, “uma melhor compreensão da NdC permite tomar decisões mais refletidas sobre questões tecno-científicas de interesse social, o que contribuiria para tornar mais possível a participação na cidadania” (ACEVEDO *et al*, 2005, p. 4).

Ainda, segundo Acevedo *et al* (2005, p. 2) “pensa-se que um dos principais objetivos do ensino das ciências é a aprendizagem da NdC”, mas a aprendizagem da NdC pode estar também presente no ensino não formal, como nos meios de divulgação científica em seus mais diversos canais. De qualquer maneira, a compreensão sobre a NdC leva a melhor compreensão das interferências sofridas e aplicadas pela construção e divulgação dos conhecimentos científicos produzidos na relação estabelecida entre a CTS.

Quando se pensa então, no tipo de NdC que se pretende apresentar, pensa-se também em que tipo de Alfabetização Científica se tem realizado, pois,

“defende-se como adequado para a educação científica básica, por exemplo, a crítica ao empirismo ingênuo, a necessidade de apresentar a ciência como uma construção humana, a impossibilidade de observação neutra dos fenômenos naturais, dentre outras” (FORATO et al, 2011, p. 33).

Apesar dessa defesa em relação ao tipo de ciência que se quer apresentar durante o processo de Alfabetização Científica e a visão de NdC que se pretende estruturar, “reporta-se, pois, à ideia de ciência como um corpo de conhecimentos em constantes transformações por meio de processo de aquisição e análise de dados, síntese e decodificação de resultados que originam os saberes” (SASSERON E CARVALHO, 2011, p. 75). O que pode ser benéfico inicialmente, pois mostra uma ciência em desenvolvimento e processo construtivo, mas se pode perder em não forem demonstradas as relações CTS neste processo. Segundo Solomon (1988 *apud* SANTOS, 2007, p. 484),

“discute-se que, ao apresentar-se o caráter provisório e incerto das teorias científicas, os alunos podem avaliar as aplicações da ciência, levando em conta as opiniões controvertidas dos especialistas. Ao contrário, com uma visão de ciência como algo absolutamente verdadeiro e acabado, os alunos terão dificuldade de aceitar a possibilidade de duas ou mais alternativas para resolver um determinado problema”.

Assim, a necessidade de se produzir textos de DC coerentes com a NdC que se quer abordar, como uma forma de Alfabetização Científica que leve ao pensamento estruturado e crítico por parte dos cidadãos é um desafio, pois vimos anteriormente que a linguagem, a formação do autor, sua carga sociocultural e suas intencionalidades fazem parte dessa produção. Esta, posteriormente, não tem como ser controlada por parte do leitor, a menos que este tenha sido alfabetizado cientificamente e compreenda o conteúdo do texto lido e consiga estabelecer as relações mais concretas da tríade CTS.

Entretanto, na educação formal

“é comum os currículos de Ciências estarem demasiado centrados nos conteúdos conceituais e não processuais, tendo como referência a lógica interna da própria ciência e, assim, esquecem a formação que exige a construção científica. Tal justifica-se pela complexidade da NdC e pelo facto de que os próprios filósofos e sociólogos da ciência terem, por vezes, muitas divergências sobre os princípios básicos desta” (PRAIA et al, 2007, p. 146).

Por isso, o processo de Alfabetização Científica para um aprofundamento dos cidadãos nas relações CTS, por meio da Divulgação Científica no âmbito formal ou não formal de ensino permite a todos, e não somente àqueles que pretendem uma carreira científica, as visões mais adequadas da NdC que se busca disseminar e que levarão às melhores tomadas de posição

frente às adversidades e controvérsias que possam se apresentar. Segundo Bybee (1997 *apud* PRAIA *et al*, 2007, p. 146), “uma adequada alfabetização exige, precisamente, a imersão dos estudantes numa cultura científica. Uma imersão que deve ir mais além da aquisição de ‘pontos de vista sobre a NdC’”.

Se assim for, então teremos um ciclo vicioso, onde a NdC é complexa para ser foco da alfabetização científica que se deseja e que o ensino formal está fechado para inserções de textos de DC, por exemplo para ampliação dos conhecimentos. Nesse caso, mantem-se as “visões empobrecidas e distorcidas que geram o desinteresse, quando não mesmo o abandono, de muitos estudantes, e se convertem num obstáculo para a aprendizagem” (PRAIA *et al*, 2007, p. 147).

IV. A Evolução Biológica

A partir dos assuntos abordados até então, tem-se como predominante, que os textos de Divulgação Científica (DC) auxiliariam a formação dos indivíduos para uma Alfabetização Científica (AC) coerente com a realidade sociocultural de cada população, dada a complexidade da Natureza da Ciência (NdC) e suas implicações na visão que se tem sobre o fazer científico e os conhecimentos produzidos.

Em todas as esferas pesquisadas e mencionadas há uma complexidade dos conceitos, bem como interligações e pontos de desacordo entre cada uma delas. A seguir, vemos como as teorias evolutivas, seus conceitos e divergências contribuem para a discussão acerca da Natureza da Ciência e da Alfabetização Científica por meio da Divulgação Científica.

IV.1.A relevância da Evolução Biológica nos estudos sobre a Natureza da Ciência e o Ensino de Ciências

A Evolução Biológica à luz da NdC da História e Filosofia da Ciência é considerada

“a teoria mais unificadora dentre todas as teorias biológicas. Antes dela, as diversas áreas das ciências biológicas eram independentes, reunidas fragmentariamente na chamada História Natural. Só a partir desta surgiu a Biologia com o seu estatuto e paradigmas unificadores como ciência” (ALMEIDA E DA ROCHA FALCÃO, 2005, p. 17).

Esta afirmativa encontra respaldo nas palavras de “Theodosius Dobzhansky, notável geneticista e biólogo evolutivo ucraniano, no célebre artigo ‘*Nada em Biologia faz sentido se não for à luz da Evolução*’” (CERQUEIRA, 2009, p. 19). Além disso, este assunto apresenta muitas controvérsias no ensino de Ciências e Biologia, em todos os seus níveis, seja por parte dos docentes ou dos discentes.

“De fato, o conceito de evolução mostra-se permeado por obstáculos epistemológicos, de fundo ideológico, filosófico e teológico, o que torna sua abordagem em contexto de sala de aula particularmente difícil, tanto no ensino, por parte dos professores, quanto na aprendizagem, por parte dos alunos” (ALMEIDA E DA ROCHA FALCÃO, 2005, p. 17).

Até porque, o processo de aprendizagem requer mudanças de paradigmas muitas vezes permeados por visões particulares dos alunos e professores, o chamado ‘senso comum’, que seria anterior ao período de AC. Assim,

“aprender ciências envolve um processo de socialização das práticas da comunidade científica e de suas formas particulares de pensar e de ver o

mundo, em última análise, um processo de 'enculturação'. Sem as representações simbólicas próprias da cultura científica, o estudante muitas vezes se mostra incapaz de perceber, nos fenômenos, aquilo que o professor deseja que ele perceba" (MORTIMER, 1996, p. 24).

Nesse processo de 'enculturação' científica, a mudança conceitual de senso comum dos alunos provém do ensino formal ou da AC advinda da instrumentalização oferecida pela DC. Desta forma,

"o ensino deve visar uma mudança do perfil conceitual dos alunos por enriquecimento do espectro de ideias disponíveis para a compreensão dos problemas. Além de introduzir as novas ideias compatíveis com a visão científica, clássica e/ou moderna, deve-se auxiliar o aluno a reconhecer os contextos nos quais é oportuno utilizar cada tipo de ideia, seja ela científica ou não" (VILLANI, 2001, p. 175).

Visto como um dos paradigmas no campo das teorias evolutivas a serem modificados pelos alunos e, descrito constantemente, em muitos livros didáticos como teorias opostas, as concepções do inglês Charles Darwin e do francês Jean-Baptiste Lamarck sobre a evolução dos seres vivos serão vistas em seu contexto de produção formativa. Isto nos remete à Natureza da Ciência em seu ponto mais bruto que é a forma do pensamento da sociedade sobre a Ciência que está sendo construída. A seguir, temos um panorama das construções das teorias evolutivas nas sociedades as quais estavam imersas.

IV.2. As conceituações das teorias evolutivas e seus contextos formativos

Desde os gregos até os dias atuais, discutem-se conceitos relacionados à origem dos seres vivos, suas finalidades no mundo, se podem ou não ser modificados, se há um Deus criador ou se tudo que conhecemos está sob as leis físicas do Universo.

Na formação destes conceitos, observamos a influência de diversos fatores, como a sociedade, sua cultura, religião, política e pensamento filosófico que os tangencia. A seguir, serão retratadas as maneiras que o pensamento teleológico e o acaso e outras teorias contribuíram na formação do pensamento evolutivo.

A ideia de um mundo perfeito e imutável (mundo das ideias) com sua cópia de imperfeições (mundo sensível) formava a base da filosofia de Platão. Já para seu discípulo Aristóteles, o princípio vital e os conceitos de forma, matéria e essência ou alma definiriam sua filosofia, onde "... a alma é o que orientaria cada ser vivo na realização da finalidade de sua existência" (BRAGA, 2003, p. 13).

Apesar de ser discípulo de Platão, Aristóteles construiu sua própria interpretação sobre a mutabilidade da natureza e a construção do conhecimento. Para ele, “... das várias causas que determinam um acontecimento, a causa final, que determina o propósito, é a mais decisiva e a mais explicativa. É a causa final que determina a maneira como as causas eficientes conformam a causa material em direção à sua forma última” (CASTRO, 2011, p. 16). Segundo Castro (2011, p. 19), “sua noção era de que as espécies eram fixas, cada qual ocupando um lugar definitivo na hierarquia inalterável, tese que perdurou até o Iluminismo”.

Bem anterior ao movimento iluminista, o cenário do medievo trazia consigo reinterpretações do pensamento teleológico presente ainda nos gregos. Tendo Santo Agostinho e São Tomás de Aquino reinterpretado as ideias de Platão e Aristóteles a partir do prisma bíblico, pelo qual se contempla uma visão maniqueísta da separação entre a alma e o corpo, sendo este mau e pecador; e, de Deus (ser perfeito) e o homem feito à sua imagem e semelhança, a teleologia dava conta de explicar tanto a finalidade do homem como a de todos os seres vivos que o rodeava, além de descrever o Deus criador de todos os seres vivos tal qual conhecemos (BRAGA, 2003, p. 14 à 16).

Porém, nos séculos XVIII e XIX, a história começa a ganhar novos contornos com o desenrolar das controvérsias relacionadas às visões de natureza fixista e evolucionista/transformista. Segundo Arteaga (2008, p. 372) “Entre a parte final do século XVIII e o início do século XIX, o *transformismo* — mais tarde conhecido como *evolucionismo* — começou a implantar-se como uma espécie de alternativa científica à narração bíblica sobre as origens”.

Até o final do século XVIII, o pensamento sobre a imutabilidade dos seres vivos (fixismo) foi predominante. Seu início, além dos filósofos gregos e da interpretação cristã, consolidou-se com a concepção do homem/natureza/universo como máquinas e Deus como o construtor desta engrenagem. Sendo assim, “tudo no universo teria a marca do projeto de Deus, cada coisa nele existente teria sua finalidade predeterminada desde o início” (BRAGA, 2003, p. 19).

O fixismo começa a ser criticado ainda no século XVIII na França iluminista, já que este movimento filosófico dedica-se a estabelecer, entre outras coisas, uma nova forma de construir o conhecimento. Acreditava-se que “a humanidade, guiada pela razão, poderia caminhar a passos largos e firmes rumo a um futuro melhor – ideal de progresso” (BRAGA, 2003, p. 31). Deste ideal, iniciam-se questionamentos por parte dos naturalistas sobre o comportamento da natureza em relação à melhoria, transformação ou evolução.

Apesar dos movimentos filosóficos, sociais e intelectuais da época em direção a modificações epistemológicas sobre a origem e desenvolvimento das espécies, a teleologia

pode ainda ser encontrada fortemente associada a filósofos, bem como entre naturalistas da época. Isso se deve ao fato de as pesquisas científicas terem tido como objetivo desvendar a *Scala Naturae*, pois se acreditava que os objetos naturais apresentavam uma escala de melhoramento rumo à perfeição.

A ideia de *Scala Naturae* existia desde a antiguidade grega como uma forma

“... de que as coisas vivas podiam ser alinhadas numa hierarquia de complexidade a partir da posição mais alta – ocupada pelo homem – até o ser vivo mais primitivo, supondo-se que um plano linear da criação unia os dois extremos. Cada espécie podia ser colocada em uma única posição, cujos relativos se situavam imediatamente acima ou abaixo” (ARIZA e MARTINS, 2010, p. 22).

Retomando as ideias de organização dos seres vivos de Aristóteles e presentes em alguns naturalistas, podemos observar que “a ideia de progresso ascendente também aparece na teoria transformacionista de Lamarck, sendo muitos dos lamarckistas considerados teleologistas cósmicos” (MAYR, 2004 *apud* GASTAL *et al*, 2009, p. 02).

Lamarck (1744-1829) e, antes dele, Buffon (1707-1788), estavam vivendo na França iluminista e num momento de construção de novos modelos de interpretação da história natural. “Tal contexto de aguçamento do criticismo² muito provavelmente contribuiu para a ousadia de suas conjecturas. Durante tal período houve um importante movimento de compilação e divulgação do saber científico acumulado” (ALMEIDA e DA ROCHA FALCÃO, 2005).

Segundo Braga (2003, p. 35),

“Buffon ainda trazia concepções fixistas por apresentar um modelo explicativo onde as transformações ocorridas eram limitadas, porém, elas ocorriam a partir de uma matriz imutável que sofreria degenerações pelo meio onde viviam. Caso estas desaparecessem, os animais voltariam à forma original”.

Já Lamarck (1744-1829), defendia o fixismo a princípio, porém abandonou este em 1809 quando escreveu sua obra, *Filosofia zoológica*, onde descreve um novo sistema a partir da ideia de evolução das espécies. Para ele, a evolução era um processo linear, muito longo e gradual; as espécies interagiam com o meio e se transformariam definitivamente.

²**Criticismo:** cri.ti.cis.mo - *sm* (*crítica+ismo*) Sistema filosófico de Kant, que procura determinar os limites da razão humana; racionalismo crítico. Dicionário eletrônico: <http://michaelis.uol.com.br>

Para Almeida e Da Rocha Falcão (2005, p. 19), “embora o objetivo central do programa de Lamarck não fosse a evolução orgânica e tampouco a origem das espécies, a sua teoria é considerada pelos historiadores da biologia como a primeira explicação sistemática da evolução dos seres vivos”. Já como um cinturão protetor de sua teoria,

“Lamarck desenvolveu algumas teorias auxiliares, entre as quais, uma explicação fisiológica, baseada nas ideias de Cabanis, de natureza mecanicista, para explicar as adaptações dos organismos, causadas pelo esforço de satisfazer às novas necessidades, invocando a ação de estímulos extrínsecos e a movimentação no corpo de fluidos sutis” (ALMEIDA e DA ROCHA FALCÃO, 2005, p. 20).

Além disso, sua ideia encontrava amparo teleológico quando dizia que a evolução se processava dos seres menos complexos até o homem, uma remodelação implícita do ideal de progresso.

A Inglaterra de Darwin (1809-1882), até as primeiras décadas do século XIX, tinham na Igreja Anglicana e no fixismo as bases da história natural. Mas com a descoberta dos fósseis, os avanços no campo da geologia e os novos seres vivos catalogados desde as grandes navegações começaram-se a repensar o fixismo e as bases teleológicas dos seres vivos. Tais características serviram de suporte para o desenvolvimento do pensamento evolucionista como um todo.

Desde cedo, Charles Darwin foi um apaixonado pela natureza, mas o início de sua vida como naturalista se deu na viagem do navio Beagle por cinco anos. Uma de suas leituras de viagem foi *Princípios da Geologia* de Charles Lyell (1797-1875), um dos poucos defensores de Lamarck na Inglaterra.

Lyell defendia o uniformitarismo dos fenômenos geológicos. Para ele, os mesmos fenômenos geológicos que ocorrem hoje sempre aconteceram. Para Darwin, as ideias de Lyell foram impressionantes, pois consideravam que as espécies sofreriam modificações para se adaptarem ao ambiente, e, este processo, ocorreria lentamente e de acordo com pequenas e constantes transformações locais. Após diversas e rigorosas análises de materiais coletados, observações, anotações e leituras, Darwin encontra provas que sustentam sua tese evolucionista. (BRAGA, 2003, p. 44)

Para Darwin, a evolução ocorreria de forma múltipla com espécies surgindo em diversas ramificações e através da seleção natural dos seres vivos. “Os objetivos teóricos do programa de pesquisa de Darwin eram, em primeiro lugar, negar o fixismo das espécies e, em segundo lugar, negar a criação em separado das mesmas” (ALMEIDA e DA ROCHA FALCÃO, 2005, p. 22).

Como parte protetora e articuladora,

“Três teorias auxiliares do programa darwiniano foram adotadas de naturalistas que o precederam, entre os quais Lamarck: a primeira era da ação do meio ambiente como causa das variações; a segunda era do uso e desuso das partes e órgãos do organismo que atuaria independentemente da seleção natural e finalmente, a terceira, da hereditariedade dos caracteres adquiridos” (ALMEIDA e DA ROCHA FALCÃO, 2005, p. 22).

A divulgação da teoria da seleção natural foi em conjunto com o naturalista inglês Alfred Russel Wallace (1823-1913), já que ambos, de modo independente, chegaram às mesmas conclusões sobre esta teoria. Até que a seleção natural fosse plenamente compreendida, muitos evolucionistas postulavam a existência de uma ortogênese, uma força que impelia o mundo na direção ascendente de perfeição e, para explicar esse fenômeno, invocavam a teleologia (MAYR, 1998, 2004 *apud* GASTAL *et al*, 2009, p. 02).

Atualmente, a seleção natural conta com outros conjuntos de fatores na já estabelecida teoria neodarwiniana ou Teoria Sintética da Evolução. Esta é composta por conceitos da evolução e do campo da genética, iniciada entre 1856 e 1871 por Mendel. “Esse conjunto de teorias auxiliares formou um poderoso modelo explicativo que se foi consolidando ao longo do século XX com novos acréscimos do campo da genética de populações, da ecologia, da paleontologia e de diversas áreas científicas” (BRAGA, 2003, p. 55).

IV.3. As controvérsias e complementariedades das Teorias Evolutivas

Nesta seção, observaremos de que forma as teorias evolutivas apresentam suas controvérsias e oposições, mas também seus pontos complementares, para que nas análises dos resultados, posteriormente, se tenha em mente as abordagens e vieses evolutivos na maneira que são apresentados, bem como suas características relacionadas à Natureza da Ciência implícitas ou explícitas na construção de tais contextos presentes nos textos.

Frequentemente, os materiais didáticos complementares, como os livros didáticos, dispõem seus textos, na parte sobre a formação das teorias evolutivas, como antagônicos, quase Lamarck *versus* Darwin.

“A teoria do biólogo francês seria errada e o biólogo inglês teria conseguido produzir a correta explicação da evolução. Seus conceitos, portanto, seriam totalmente distintos. Essa concepção tem sido repetida há longo tempo pelos textos de divulgação científica e até mesmo pelos livros didáticos de Biologia. Essa oposição foi utilizada, em fins do século XIX e início do século XX, para classificar autores que escreviam sobre a evolução” (FREZZATTI, 2007, p. 01).

Mas as teorias evolutivas que emergiram dos estudos sobre as mudanças presentes nos seres vivos não são tão opostas, como ditas anteriormente. Segundo Martins (1998, p. 19)

“A herança dos caracteres adquiridos é uma ideia muito anterior a Lamarck que continuou aceita na sua época. (...) Charles Darwin aceitou até o fim de sua vida, admitindo inclusive que as mudanças acidentais (como perda do chifre de uma vaca por doença) se transmitiam aos descendentes”.

Observa-se então, que há uma mudança conceitual entre as teorias propostas, mas não há um caráter opositor, mas sim complementar. Sendo a teoria darwinista posterior à lamarckista, encontram-se elementos da teoria de Lamarck sobre a evolução dos seres vivos nas concepções sobre evolução de Darwin.

“Enquanto Lamarck utiliza termos como progresso e aperfeiçoamento para descrever o surgimento de novos grupos de seres vivos, Darwin utiliza o termo ‘descendência com modificação’. A existência da noção de progresso no pensamento de Darwin permanece em discussão. Em alguns momentos, Darwin parece rejeitar a ideia de que os organismos mais recentes na história da vida sejam mais avançados do que os mais antigos; no entanto, outras vezes, parece aceitar essa ideia” (SHANAHAN, 1999, p. 171 apud MEGLHIORATTI et al, 2006, p. 111).

O pensamento, ainda que ingênuo, sobre esta aparente contradição, pode estar relacionada ao fato das ideias darwinistas, apesar de publicadas em 1859 no livro *A Origem das Espécies*, permaneceu aceita apenas por uma minoria, “enquanto ao longo de toda metade do século XIX, o neolamarckismo³ foi o pensamento mais difundido entre os biólogos” (Braga, 2003, p. 54), até mesmo o início do século XX.

Com isso, fica claro que o darwinismo como encontramos nos livros didáticos demorou a se estabelecer em sua época, até porque, “os livros de Darwin foram proibidos em diversas bibliotecas de universidades inglesas, que tinham forte influência da igreja anglicana” (Braga, 2003, p. 54) e havia correntes contrárias às suas ideias, tanto por parte da igreja e dos fixistas⁴, quanto dos neolamarckistas.

Segundo Matthews (1995, p. 167 e 172, respectivamente), “estudar exemplos de controvérsias científicas e de mudanças no pensamento científico” seria uma das habilidades a serem desenvolvidas pelos alunos e essa controvérsia envolvendo a mudança do pensamento científico “demonstra que a ciência é mutável e instável e que, por isso, o pensamento científico atual está sujeito a transformações que se opõem a ideologia científicista”.

³ Corrente formada principalmente de cientistas franceses que recuperaram as ideias de Lamarck sobre a Herança dos Caracteres Adquiridos. (Braga, 2003, p. 54).

⁴ Ideia de que as espécies são fixas, ou seja, não se modificam com o passar do tempo.

Assim, deixando de lado o caráter opositor na construção do pensamento científico sobre determinados assuntos, mas sim complementar para a formação de novos paradigmas, tem-se, quando se retoma a ideia de uma ciência produzida a partir do conceito de verdades absolutas, que

“com respeito à noção, explícita ou implícita, segundo a qual as mudanças de paradigma levam os cientistas a uma proximidade sempre maior da verdade, Kuhn acredita que podemos explicar tanto a existência da ciência como seu sucesso, sem a necessidade de recorrermos a um objetivo preestabelecido” (OSTERMANN, 1996, p. 193).

Portanto, as noções sobre a formação dos conceitos científicos devem conter, além das visões sobre a Natureza da Ciência presentes em sua construção, informações que levem o leitor a admitir uma ciência falível e em processo de formação contínua. Desta forma, o público, dito inicialmente como leigo, poderá se apropriar de tais conhecimentos por meios da Divulgação Científica e, utilizá-los em seu cotidiano, demonstrando um início de Alfabetização Científica.

V. Desenho metodológico

Nesta seção são estabelecidos os objetivos da dissertação, tanto no geral quanto em suas especificidades. Porém, as justificativas para as questões da pesquisa bem como o desenvolvimento desta, já foram estabelecidas, em parte na introdução dos temas pesquisados e, as demais, serão apresentadas na metodologia.

V.1. Objetivo geral

Avaliar os textos de Divulgação Científica produzidos pela revista *Scientific American Brasil* no que diz respeito às características e visões da Natureza da Ciência à luz do tema Evolução Biológica.

V.2. Objetivos específicos

A partir do objetivo geral, desdobraram-se os objetivos específicos com a finalidade de tornar a análise mais minuciosa e detalhada. Estes são:

- Compreender a produção dos textos de Divulgação Científica, segundo a formação de seus divulgadores, suas perspectivas e intencionalidades, bem como uma resultante das escolhas de um corpo editorial, desde seu conteúdo e autores até as imagens apresentadas;
- Analisar os componentes textuais, tais como: a linguagem empregada, o uso de explicação dos termos e os recursos de linguagem, como metáforas, analogias e comparações;
- Avaliar e discutir as concepções e características sobre a Natureza da Ciência presentes na construção e visão de Ciência que são apontados nos textos analisados, mesmo que de maneira implícita;
- Analisar os aspectos sobre a Evolução Biológica, perpassando os mecanismos evolutivos ali encontrados, seu contexto para embasamento no texto e noções sobre progresso e teleologia.

V.3. Sequência metodológica

A seguir, estão as considerações acerca das sequências metodológicas utilizadas para melhor compreensão dos objetivos explicitados anteriormente. Inicialmente, são consideradas a justificativa, o perfil e o discurso presentes na revista *Scientific American Brasil* (SCIAM-BR). O próximo item versa sobre a escolha dos textos para análise e por fim, são elencados os critérios estabelecidos e a forma da análise dos conteúdos textuais.

V.3.1. Justificativa, perfil e discurso da revista *SCIENTIFIC AMERICAN Brasil* (SCIAM-BR)

A revista SCIAM-BR foi escolhida por ter um histórico dentro da divulgação científica, já que sua primeira versão mundial foi lançada em 28 de abril de 1845 e “editado no formato de jornal, era voltado a aspectos econômicos da Ciência e da Tecnologia, destinando-se, em especial, a um público de grandes industriais, comerciantes e fazendeiros, potencialmente interessados por inovações tecnológicas” (MACEDO, 2002, p. 91).

Nesses 167 anos, a revista se espalhou em outros 19 países e, no Brasil, sua edição é publicada mensalmente pela Duetto Editorial desde junho de 2002. Ela é “editada em mais de 15 línguas, além do inglês, e tem mais de um milhão de exemplares em circulação no mundo” (FREIRE JÚNIOR, 2005, p. 714).

Segundo a Associação Brasileira de Imprensa (<http://www.abi.org.br>), “A maioria das matérias é escrita pelos próprios pesquisadores; reportagens e tradução são feitas por *freelancers*”. O nível dos assuntos abordados é denso, porém a revista se propõe a ser para os leitores em geral. De acordo com uma entrevista concedida à ABI pela editora-chefe da revista

“o nível de nossas matérias não é ‘fácil’, isto é, elas contêm informações sobre o estado da arte da pesquisa mundial, mas não estamos direcionados somente aos estudiosos da área. Mesmo assim, somos uma revista de divulgação científica. Somos uma revista feita para o público em geral, com certa base sobre os assuntos que publicamos”.

Esse público-alvo leitor, porém, não deve ser considerado tão leigo assim, já que “o público da *SCIENTIFIC AMERICAN Brasil* é principalmente o profissional com formação universitária na faixa dos 24 aos 49 anos, com interesse em ciência e tecnologia” (PETIAN et al, 2006, p. 05).

Este também foi um dos critérios considerados para a escolha da revista, visto que dentre estes profissionais com formação universitária, os professores estão incluídos. E, se pensamos na Alfabetização Científica do público leitor, que é perpassada pela Divulgação Científica no ambiente formal ou não de ensino, temos que a formação continuada dos profissionais que muitas vezes facilitam este acesso é fundamental para que as visões sobre a Natureza da Ciência pretendidas sejam efetivas.

Na revista SCIAM-BR, o maior objetivo de suas reportagens baseia-se em

“esclarecer procedimentos científicos, e evita-se o uso de metáforas, em benefício de transmitir o fazer dos cientistas com maior conformidade. Além do uso de imagens com função ilustrativa ou retórica, recorre-se amplamente a termos técnicos, gráficos e quadros explicativos e de resumo do conteúdo. A ciência é retratada em suas limitações reais” (TUCHERMAN et al, 2010, p. 294).

Todavia, um dos objetivos da SCIAM-BR é “atingir tanto ao público leigo quanto especializado, imprimindo uma linguagem mais ‘elevada nos conteúdos’, mas mantendo também a preocupação com clareza e qualidade dos textos”, sendo que a sua “tiragem é de 40 mil exemplares” (TUCHERMAN *et al*, 2010, p. 284). Há também sua versão *on line* alocada no site <http://www2.uol.com.br/sciam/>, de onde foram coletados os textos que serviram de análise para a dissertação.

Sabendo que ao “analisar o discurso de divulgação científica pode ajudar a compreender de que forma o próprio discurso científico é transmitido” (PETIAN *et al*, 2006, p. 01 e 02), a partir de então, tem-se uma descrição da maneira e forma que esse discurso presente na SCIAM-BR está estruturado e definido. Isso porque “o discurso remete à formação discursiva que o originou e que é marcada por uma ideologia ali embutida” (GOLÇALVES, 2008, p. 06).

O discurso demonstra uma preocupação com a profundidade sobre os temas apresentados. “A *Scientific American Brasil* busca um aprofundamento em relação aos temas que se relacionam à ciência”. Apesar disso, a revista não deixa seu cunho divulgador jornalístico de lado. Ao contrário, a SCIAM-BR faz “uso de um recurso jornalístico comum - a linguagem apelativa e conotativa - para atrair o leitor e convidá-lo à leitura, cada uma à sua maneira”. Ainda assim, “há uma preocupação em garantir credibilidade ao seu discurso, emitindo a opinião de um especialista ou de uma autoridade no assunto, característica da ciência, que valoriza o capital simbólico” (PETIAN *et al*, 2006, p. 07, 08 e 09, respectivamente).

V.3.2. Da seleção dos textos

O *corpus* documental desta pesquisa é composto por textos selecionados no *site* da revista *SCIENTIFIC AMERICAN Brasil* (SCIAM-BR), a partir de uma busca utilizando-se como palavra-chave *Evolução Biológica*. A partir de então, realizou-se a leitura dos resumos de todos os textos encontrados na busca, para que fossem selecionados os que tivessem como viés a palavra-chave em seu eixo principal ou secundário. A partir disto, foram escolhidos os textos.

Desde o início da publicação da versão brasileira da revista em 2002 até o ano de 2011, obtivemos um total de 40 textos dentro desta temática específica e, para análise, foram escolhidos os últimos cinco anos (2007 a 2011) por estes apresentarem maior representatividade (24 textos para análise).

Ano	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
publicações	2	2	4	4	4	6	5	3	6	4

Para facilitar a análise foram criados códigos para os textos conforme seu ano de publicação e ordem de aparição dentro do ano pesquisado, sendo conferidos, por exemplo, os códigos 2007_1, 2007_2, 2008_1 e assim por diante.

V.3.3. Da análise de conteúdo segundo Bardin à categorização para avaliação dos itens

Para se responder aos objetivos da dissertação, utilizou-se uma análise qualitativa dos dados, sendo a Análise de Conteúdo (BARDIN, 1977) a mais apropriada aos propósitos da pesquisa. Deve-se ter em conta, que a análise qualitativa dos dados documentais e/ou textuais não está apresentada explicitamente na fonte consultada, mas requer um embasamento teórico prévio e uma categorização do texto analisado, quer previamente ou durante a referida análise.

De acordo com Bogdan e Biklen (1994, p. 47 à 50) em uma análise qualitativa deve-se considerar cinco características principais, tais como: 1) A fonte de dados é o ambiente natural, constituindo o investigador como instrumento principal; 2) A investigação qualitativa é descritiva; 3) Os investigadores qualitativos interessam-se mais pelo processo do que simplesmente pelos resultados e produtos; 4) os investigadores tendem a analisar seus dados de forma indutiva, ou seja, à medida que os dados são recolhidos, os mesmo vão se agrupando; e por fim, 5) O significado é de importância vital na abordagem qualitativa.

No caso do investigador ou pesquisador e da construção dos significados apresentados por ele, deve-se pressupor uma perspectiva não generalista, já que cada contexto de análise é único, bem como a formação acadêmica, familiar, religiosa, cultural e social que o perpassam são igualmente singulares. “Quando os investigadores utilizam o termo generalização estão normalmente a referir-se ao fato de os resultados de um estudo particular ser aplicáveis a locais e sujeitos diferentes” (BOGDAN e BIKLEN, 1994, p. 65).

Porém, o delineamento metodológico qualitativo pode minimizar essas questões quando bem estabelecido. Como Bogdan e Biklen (1994, p. 66) apontam que “alguns investigadores qualitativos (...) estão mais interessados em estabelecer afirmações universais sobre processos sociais gerais do que considerações relativas aos pontos comuns de contextos”. Desta forma, as generalizações poderiam ser consideradas dentro de critérios bem estabelecidos, desde que não apontassem como um caminho único para se chegar a determinadas conclusões.

Com a Análise de Conteúdo, pretende-se inferir conhecimentos relativos às condições de produção com base em indicadores quantitativos ou qualitativos, com o objetivo de responder a duas questões. A primeira questão é “o que conduziu um determinado

enunciado?”, sendo que este aspecto se refere às causas ou antecedentes da mensagem. A segunda questão é “quais as consequências de um determinado enunciado pode provocar?”, referindo-se aos possíveis efeitos da mensagem (BARDIN, 1977).

Sendo assim, a Análise de Conteúdo compreende três etapas básicas. São elas: 1) pré-análise - “etapa e organização e sistematização do material e ideias iniciais”; 2) exploração do material e tratamento de resultados - “exploração do material ocorre como consequência da pré-análise e consiste na administração sistemática das decisões tomadas anteriormente”; 3) interferência e interpretação dos resultados - “Os resultados brutos são tratados de forma a se tornarem significativos e válidos” (KEMPER, 2008, p. 52 e 53; GOMES, 1999, p. 75 e 76).

A partir e durante o percurso dessas etapas, foram estabelecidas categorias *a priori* e/ou *a posteriori* para uma análise mais coerente entre os textos pesquisados. Geralmente “as categorias são empregadas para se estabelecer classificações. Nesse sentido, trabalhar com elas significa agrupar elementos, ideias ou expressões em torno de um conceito capaz de abranger tudo isso” (GOMES, 1999, p. 70).

Já que a utilização da Análise de Conteúdo, enquanto instrumento metodológico permite a criação de categorias e possíveis comparações entre os textos, indicando evidências que admitam uma inferência, não somente na mensagem ali contida, mas interpretações acerca dos resultados obtidos. E assim, esta se justifica porque “frequentemente utiliza variáveis da mídia, isto é aqueles aspectos do conteúdo que são únicos e característicos do meio utilizado” (EPSTEIN, 2002, p. 18).

As categorias foram estabelecidas durante a análise *a posteriori* dos textos, apoiando-se nos objetivos da pesquisa, bem como *a priori* nos trabalhos de FORATO *et al* (2011), para as possibilidades de visões acerca da Natureza da Ciência e, KEMPER (2008), para as interpretações quanto à linguagem e recursos como comparações e analogias e, aos mecanismos evolutivos.

As categorias que emergiram nas pesquisas e análises dos textos são representadas a seguir:

1ª) Linguagem (se explicativa ou pouco explicativa) e utilização de figuras de linguagem. tais como metáforas, comparações e analogias:

2ª) Concepções acerca da Natureza da Ciência em sua abordagem histórica e da melhorias/progresso; trabalho de produção envolvendo diversos atores para a construção de conceitos e não de gênios isolados; Visões sobre a falibilidade da Ciência e não o modelo de ‘verdades absolutas’.

3ª) Características sobre os aspectos da Evolução Biológica, desde os mecanismos evolutivos apresentados (seleção natural, mutações e outros) às noções de teleologia e progresso;

4ª) O contexto de aparição do tema Evolução Biológica dentro da abordagem textual (se seu eixo é central, secundário ou apenas citado).

V.4. Breve análise dos textos

A partir do estabelecimento dessas categorias, os textos sofreram a análise de seus conteúdos e a elucidação, interpretação e discussão dos dados então obtidos. No próximo item, verifica-se a primeira parte das análises dos artigos, porém, seus resultados, suas interpretações e suas discussões virão no capítulo seguinte. Após a descrição e o delineamento metodológico apresentado no item anterior, neste, trazemos uma breve descrição dos artigos analisados.

Esta é uma análise exploratória sobre o tema Evolução Biológica presente em cada um dos artigos da revista *SCIENTIFIC AMERICAN Brasil* (SCIAM-BR) no período de publicação entre os anos de 2007 a 2011, totalizando 24 textos. Este tipo de análise tem por objetivo identificar as características de cada um deles, tais como: número de páginas que ocupa na publicação, a autoria, o local de produção da pesquisa, os recursos textuais e imagéticos, o tema principal do texto, o tipo de linguagem e os termos apresentados, além dos aspectos internos de funcionamento da Ciência e das correlações do texto com outros eixos ou campos de estudo.

Para facilitar a compreensão desta análise, os textos foram divididos de acordo com o ano de publicação.

V.4.1. SCIAM-BR, ano de 2007

Neste ano foram publicados seis textos dentro da temática pesquisada, sendo que destes, cinco são reportagens e uma notícia.

V.4.1.1. 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.

Esta reportagem foi publicada na edição nº 63 de agosto do corrente ano, ocupando sete páginas. Seus autores são Stephen J. O'Brien e Warren E. Johnson, ambos são pesquisadores do Laboratório de Diversidade Genômica do National Cancer Institute dos Estados Unidos e com alto grau de titulação acadêmica (pós-doutorado e doutorado, respectivamente). As informações sobre os autores estão presentes em um *box* ao final do texto.

Os recursos textuais são: quatro fotos de ilustração, imagens numa tabela sobre onde os felinos são encontrados atualmente, dois *boxes* com informações adicionais fornecidas pelos editores e a seção 'Para saber mais', onde se encontram dicas de textos para ampliação do tema abordado.

A reportagem explica como ocorreu a diversificação dos felinos, sua ancestralidade e distribuição pelo mundo.

"(...) 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?"

A primeira imagem (foto ilustração) faz menção ao tema principal do texto, como vemos a seguir na figura V.1. Vale ressaltar que nesta, há um animal em destaque colorido, que contrasta com os demais em escala de cinza e segundo plano. Na segunda imagem, há uma comparação entre os crânios de tigres e leões, quando no texto fala-se da dificuldade em estabelecer o grau de parentesco evolutivo. Na terceira imagem, há um detalhamento do osso hioide presente no crânio, que é associado à capacidade de rugir. Já as demais imagens são de diversas espécies de felinos e estão condensadas numa tabela que apresenta a localização dos mesmos no planeta.

A linguagem empregada é simples e com os termos explicados, porém, o leitor deve ter alguns conhecimentos sobre o que é o DNA, os genes, as classificações taxonômicas em família, gênero e espécie, já que esses termos são introduzidos sem maiores explicações. Ainda assim, os autores procuram fazer aproximações com o leitor, quando utilizam termos mais populares (**grifo próprio**), como em: "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 (...)".

Há ainda a preocupação com o funcionamento interno da Ciência enquanto saber produzido e amplamente pesquisado, quando afirma que

“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’”.



V.1: Primeira ilustração do texto analisado, com a seguinte legenda: Foto ilustração por James Porto; esquerda para direita: DLIL C Corbis (lince vermelho); Russell Glen 100/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 (jaguaririca).

O texto também não se correlaciona com outros eixos ou campos de estudo, ficando restrito ao campo científico. Há até uma tentativa de aproximação e relevância com e para o público leitor, quando diz da domesticação dos felinos, mas o assunto abordado é bem limitado em sua abrangência.

V.4.1.2. O que as vovós da Finlândia têm a nos dizer sobre a evolução humana. O trabalho da bióloga Virpi Lummaa revela que os humanos são provavelmente o melhor objeto de estudo para analisar os efeitos evolucionários através das gerações.

Esta notícia foi publicada na edição nº 63 de agosto do corrente ano, ocupando três páginas. Seu autor é David Biello, um jornalista que apresenta os estudos da bióloga Virpi

Lummaa. A bióloga faz parte da University of Sheffield, na Inglaterra e sua pesquisa tem como base os registros de uma igreja finlandesa, sua terra natal.

Os recursos textuais são apenas duas imagens, a primeira, de uma avó finlandesa e a outra, de uma família que conta com a presença de gêmeos (figura V.2). A segunda imagem faz referência ao corpo do texto, porém, não se encontra no título do texto. Não há *box* com informações adicionais nem tampouco indicações de leituras extras, como a seção 'Para saber mais'.



Figura V.2: À esquerda, a imagem de uma avó finlandesa, que na legenda original diz que sua sobrevivência após o período fértil se dá pela ocupação com os netos. À direita, a imagem de uma família com gêmeos. Na legenda original, o chamado 'Efeito dos gêmeos' reduz as chances das mulheres, advindas deste nascimento, terem sua fertilidade e formarem família.

A notícia traz como tema principal “o comportamento reprodutivo humano usando como base a perspectiva evolucionária”, mas se utiliza dos vieses sobre o efeito dos meninos sobre suas irmãs gêmeas e o efeito da presença das avós para a ampliação no número de netos.

A linguagem utilizada é simples e até mesmo populista, quando se utiliza de termos tais como: “é lógico que” e “envolve outras armadilhas”. Palavras e termos, como genes e reprodução assistida não são explicadas, possivelmente pelo seu uso rotineiro nas diferentes mídias.

As referências sobre o funcionamento interno da Ciência são apresentadas em termos estatísticos e percentuais e sobre suas fontes de pesquisa, apesar de indicar o apoio de geneticistas.

De forma implícita, o texto faz relação com outros eixos, além do campo científico. Entretanto, há uma tentativa de distanciamento cultural, social e do objeto da pesquisa, como possível maneira de mostrar a pesquisa como mais próxima daquelas feitas em laboratório e vemos nos trechos seguintes. “É lógico que estudar humanos requer saber separar muito bem

os efeitos culturais. (...) Estudar humanos envolve outras armadilhas, pois é muito comum se envolver de uma forma especial com o objeto de estudo”.

V.4.1.3. Agricultura do Futuro: Um Retorno às Raízes? A agricultura de grande escala se tornaria mais sustentável se as principais plantas cultivadas sobrevivessem por anos e formassem sistemas de raízes profundas.

Esta reportagem foi publicada na edição nº 64 de setembro do corrente ano, ocupando dez páginas. Seus autores são Jerry D. Glover, Cindy M. Cox e John P. Reganold. Os dois primeiros trabalham no Land Institute em Salina, Kansas como agrônomo e patologista de plantas, respectivamente e o último, é professor de ciências do solo da Washington State University, ambas as instituições se localizam nos USA. Estas informações se encontram num *box* na última página.

Os recursos textuais são: dez imagens (fotografias), uma tabela com os conceitos-chave escrita pelos editores da revista, a seção ‘Para saber mais’ com todos os textos indicados para ampliação do conhecimento em inglês e, um *box* sobre a formação e local de trabalho dos autores do texto.

A reportagem traça um panorama sobre como a agricultura moderna interfere na biodiversidade, no esgotamento do solo e no uso de insumos e na irrigação artificial. Em contrapartida, as informações contidas na reportagem tentam esclarecer outros meios de produção de alimentos, como por exemplo, o desenvolvimento e cultivo de plantas perenes ao invés das anuais, bem como suas justificativas para tal mudança.

Todas as imagens estão diretamente relacionadas ao tema do trabalho apresentado, sendo: 1ª) um campo de trigo mostrando sua irrigação artificial ao fundo; 2ª) a comparação das raízes das variedades de trigo, sendo as plantas perenes com maior raiz que as anuais, ressaltando as vantagens deste tipo de planta (figura V.3); 3ª) comparação indicando a melhor qualidade dos solos cultivados com plantas perenes em relação às anuais; 4ª) imagem de micrografia de fluorescência indicando os cromossomos das variedades perenes e anuais do trigo, assim como suas anomalias – uma técnica de melhoria assistida; 5ª) indicação de retirada de um embrião híbrido do ovário da planta; 6ª) pesquisador embalando um sorgo anula para coleta de pólen; 7ª) várias sementes de trigo; 8ª) desenho das partes do trigo (caule, sementes e folhas); 9ª) fotografia de cultivo de trigo e 10ª) comparação entre fotografias de girassóis silvestre perenes, silvestres anual, anual domesticado e híbrido. Por ser uma longa reportagem e quase todas as páginas apresentarem uma imagem, algumas destas se tornam repetitivas e até mesmo, desnecessárias, com a 7ª, 8ª e 9ª imagens.

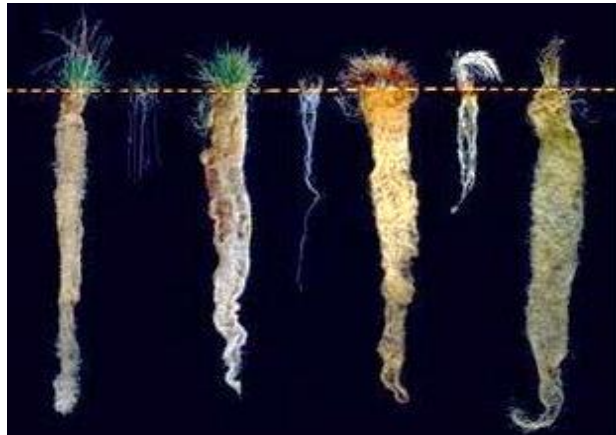


Figura V.3: legenda original a seguir: PLANTAS PERENES, como o trigo-grama *Thinopyrum intermedium* (à dir. nos painéis), com suas raízes bem mais desenvolvidas do que plantas anuais como o trigo-de-inverno (à esq. nos painéis), acessam nutrientes e água em um volume de solo maior. As raízes perenes também favorecem o desenvolvimento de micro-organismos e outras atividades biológicas que enriquecem o substrato.

A linguagem empregada é simples e bem dinâmica, o que não torna a leitura de uma reportagem extensa cansativa. Porém, em mais uma ocasião, temos a presença de termos, tais como meiose e cromossomos introduzidos sem explicação, apesar da maior parte dos termos científicos vierem acompanhados por uma explicação, como visto a seguir.

“Outro método para acelerar e melhorar a criação tradicional de plantas é a seleção assistida por marcadores. Sequências de DNA associadas a características específicas servem como marcadores que permitem aos melhoristas selecionar cruzamentos com brotos de acordo com atributos desejados, sem ter de esperar até que as plantas atinjam a maturidade”.

Traz referências ao funcionamento interno da produção do conhecimento científico, principalmente quando esclarece os métodos usados na proposta de melhorias das plantas anuais em perenes. “Os desenvolvedores de culturas perenes estão empregando os mesmos dois métodos usados por muitos outros cientistas agrícolas: a domesticação direta de plantas silvestres e a hibridização das plantas existentes de cultura anual com seus parentes silvestres”.

Claramente, o texto apresenta uma correlação da Ciência com as questões ambientais, econômicas e sociais.

V.4.1.4. O sentido elétrico dos Tubarões. Um detector surpreendentemente sensível de campos elétricos ajuda o tubarão a mirar a presa.

A reportagem foi publicada também na edição de número 64 de setembro do ano correspondente. Está descrita em seis páginas e meia por R. D. Fields, que não tem indicação clara de sua formação ou titulação, nem mesmo de seu local de trabalho, apesar da maioria dos locais indicados no texto serem referentes à instituições dos EUA, como a *Scripps Institution of Oceanography*.

A reportagem tem como tema principal os estudos sobre a eletro-recepção presente em tubarões e outros tipos de peixe, suas funções nestes organismos e o histórico deste tipo de pesquisa.

Os recursos textuais são: três fotografias e duas representações de modelos esquemáticos, os conceitos-chave são descritos pelos editores da revista e na seção 'Para saber mais', também com todas as indicações de leituras são em inglês.

As imagens apresentadas se encontram de acordo com o título do trabalho apresentado, sendo: 1ª) um tubarão-limão se alimentando de um peixe dito 'azarado'; 2ª) um modelo esquemático de um tubarão e o funcionamento de suas ampolas de Lorenzini (figura V.4); 3ª) imagens compactadas de diferentes peixes que possuem as ampolas de eletro-recepção; 4ª) uma quimera e, 5ª) desenho esquemático sobre o estudo da eletro-recepção de quimeras em laboratório.

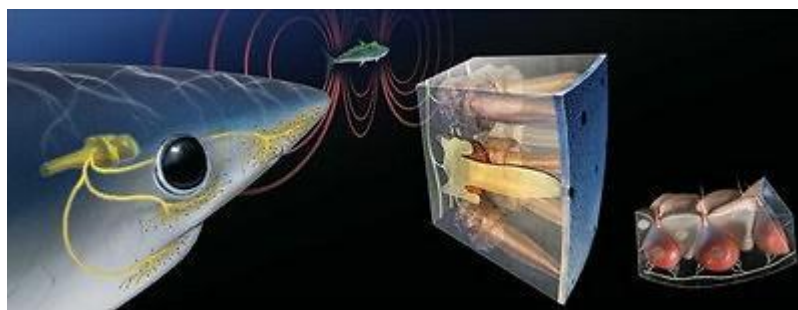


Figura V.4: Demonstração do funcionamento e posicionamento das ampolas de Lorenzini em tubarões. Na figura original não há legenda.

A linguagem utilizada é simples e bem explicada, chegando até mesmo a utilizar-se de exageros como recurso de linguagem, tais como “barbatana ameaçadora” ou “o tubarão-limão morde um peixe azarado”. Esse recurso pode ser uma tentativa de aproximar o leitor ou até mesmo, envolvê-lo no tema exposto.

Há um rico detalhamento da pesquisa, indicando a construção do conhecimento exposto e evidenciando o funcionamento interno da Ciência quando traz um histórico da pesquisa e também quando indica os métodos utilizados para chegar às conclusões finais.

Porém, não há uma relação deste texto com outros eixos ou outras áreas de conhecimento que não a da Ciência, em particular a específica relacionada à eletro-recepção de tubarões e raias.

V.4.1.5. O que provoca a obesidade? A capacidade do corpo humano de armazenar energia na forma de gordura parece deslocada num mundo cheio de alimentos. Entender como os sistemas regulatórios podem levar à obesidade revela novas maneiras de combater o excesso de peso.

Esta reportagem esteve presente na edição nº 65 de outubro do corrente ano, ocupando nove páginas e meia. Seus autores são Jeffrey S. Flier e Eleftheria Maratos-Flier, cada um chefia um laboratório da divisão de Endocrinologia, Diabetes e Metabolismo do *Centro Médico Beth Israel Deaconess*, de Boston e ambos são professores de medicina da Escola de Medicina de Harvard (USA). Tais informações estão presentes em um *box* ao final do texto.

A reportagem trata sobre a obesidade, suas causas e os sistemas regulatórios do organismo para tal combate. O texto descreve ainda como seria este mecanismo regulatório da gordura corporal e de que forma ele atuaria no controle do peso. Vários hormônios também são citados como auxiliares deste mecanismo.

Os recursos textuais são: quatro desenhos esquemáticos e três fotografias. Os desenhos esquemáticos representam: 1º) Um homem acima do peso e prestes a ingerir um biscoito (figura V.5). Há uma conexão entre representações do que seriam o cérebro e o estômago e intestinos. Estas representações se assemelham a um sistema tubular mecanizado e com válvulas reguladoras. Não há legenda; 2º) Controle do apetite pelo cérebro, indicando as informações que chegam e as respostas produzidas. Há um detalhe na imagem mostrando os neurônios no hipotálamo e suas interações hormonais de controle. Também não há legenda; 3º) Representação do sistema digestório humano e suas diferentes conexões com o cérebro através dos hormônios. Ao lado da imagem, existe uma indicação dentro do próprio texto que sinaliza para informações detalhadas e explicativas; 4º) A última imagem do texto apresenta mais um desenho esquemático mostrando o cérebro e o sistema digestório em suas especificidades em relação às terapias existentes e as novas abordagens para tratar a obesidade. Ao lado deste, há indicações mais elucidativas sobre os pequenos resumos presentes na imagem.



Figura V.5: Primeira imagem (desenho esquemático) presente na reportagem. Demonstra um homem acima do peso e seu sistema nervoso e digestório são representados como sistemas mecanizados e com válvulas entre vários ‘compartimentos’. Não há legenda no original.

Já as fotografias apresentadas indicam: 1º) micro-organismos intestinais (flora bacteriana) sem legenda indicativa; 2º) Foto micrografia de fluorescência com a seguinte legenda: “CÉLULAS ADIPOSAS em camundongos magros e obesos” e, 3º) Fotografia de dois corpos femininos com formatos distintos e a seguinte legenda: “MAÇÃS NÃO SÃO SAUDÁVEIS quando a palavra se refere ao formato do corpo. A gordura abdominal extra indica gordura excessiva dentro e ao redor dos órgãos internos, uma situação intensamente ligada à doença metabólica e cardiovascular. Em contraste, é improvável que gordura acumulada principalmente nos quadris e coxas, que criam um formado de ‘pera’, cause doença”.

Além das imagens e fotografias, outros recursos textuais são utilizados, tais como os Conceitos-Chave, indicado pelos editores, a seção “Para saber mais” com todos os textos para aprofundamento dos estudos sobre o tema em inglês e um *box* informativo sobre os autores.

Apesar da maioria dos termos serem explicados, a linguagem do texto é bem densa para um texto de divulgação científica. Além disso, algumas palavras são usadas repetidamente sem maiores explicações, como: adipócito, proteínas, enzimas e triglicerídeos.

Existem indicações no texto sobre o funcionamento interno da Ciência, sobre como as pesquisas foram realizadas. Porém, as metodologias não ficaram muito evidentes. Também há uma tentativa de correlacionar a pesquisa com os problemas de saúde mais recentes ligados à obesidade, mas não há uma correspondência com outros eixos que não os científicos ou ligados à saúde humana.

V.4.1.6. O problema está com os homens. Avôs indolentes, filhos que encurtam a vida da mãe e irmãos molestadores inatos – essas são apenas algumas das consequências

reveladas pelos estudos da bióloga Virpi Lummaa sobre como as forças evolutivas moldam as gerações futuras.

Esta reportagem apareceu na edição nº 66 de novembro do corrente ano, ocupando três páginas. Seu autor é David Biello, um jornalista que apresenta os estudos da bióloga Virpi Lummaa. Ao final do texto há uma indicação sobre suas pesquisas, mas seu local de trabalho é indicado ao longo do texto. A bióloga faz parte da University of Sheffield, na Inglaterra e sua pesquisa tem como base os registros de uma igreja finlandesa, sua terra natal.

Os recursos textuais são apenas duas imagens, uma da pesquisadora e outra dos registros em livros de registros de nascimentos e óbitos (figura V.6). Não há *box* com informações adicionais nem tampouco indicações de leituras extras, como a seção 'Para saber mais'.

A reportagem versa sobre a presença de filhos homens reduzindo a expectativa de vida da mãe, em média, em 34 semanas e utiliza como justificativas a “relação com o peso na hora do parto – bebês do sexo masculino em geral são maiores; isso sem contar a testosterona, já que esse hormônio pode afetar o sistema imunológico e comprometer nossa saúde” e mais adiante, discursa-se sobre o papel dos irmãos sobre a vida das irmãs e também, sobre a forma com que os avós contribuem para a formação dos netos.



Figura V.6: Registros de nascimentos e óbitos finlandeses utilizados como fonte primária de pesquisa.

A linguagem do texto é bem simples e utiliza diversas palavras e termos populares, como: “algazarras que as deixam de cabelo em pé”, “usam táticas”, entre outros. Entretanto há algumas palavras sem explicações, mas que por seu uso rotineiro em diferentes mídias, pode não depender de seu significado para a compreensão textual, tais como: cromossomos e espécie.

Não há evidências claras no texto quanto ao funcionamento interno da Ciência no seu sentido mais restrito, já que não há um detalhamento quanto à forma da construção dos conhecimentos produzidos e também, porque o tipo de pesquisa apresentada se assemelha mais às pesquisas das áreas humanas, pelas coletas em dados em fontes como registros de nascimentos, obituários e casamentos.

O texto se correlaciona a outros eixos por estar num campo da Ciência muito próximo à Sociologia, História e Antropologia, já que aborda a Evolução Biológica ali presente à luz da história dos indivíduos pesquisados em seus contextos sociais e culturais.

V.4.2. SCIAM-BR, ano de 2008

Neste ano foram publicados cinco textos dentro da temática pesquisada, sendo quatro reportagens e uma notícia.

V.4.2.1. Use ou Perca: Por que a linguagem muda com o tempo?

Esta notícia foi publicada na edição nº 68 de janeiro do ano corrente, ocupando duas páginas da revista. Seu autor é Nikhil Swaminathan, um jornalista norte-americano que escreve eventualmente para a revista.

A notícia é baseada em dois estudos publicados na revista *Nature*, de um grupo da Universidade de Harvard (USA) e outro da University of Reading (Inglaterra). Ambos os estudos apontam para a utilização frequente das conjunções verbais e dos cognatos desde os ancestrais comuns de 6 a 10 mil anos atrás até os dias atuais.



Figura V.7: Legenda apresentada no original – “EVOLUÇÃO CONSTANTE: Dois novos estudos mostram que as palavras usadas com menor frequência estão sujeitas a mudar mais rapidamente com o tempo”.

A notícia possui apenas uma imagem (figura V.7) como recurso textual. Não há informações adicionais ou *box*. A imagem em si não corresponde à legenda apresentada.

A linguagem utilizada é simples e o texto é bem explicativo. Não há recursos de linguagem como comparações ou metáforas. Não palavras fora do uso cotidiano que não tenha sua devida explicação.

Há uma alusão ao funcionamento interno da Ciência, quando diz da metodologia utilizada na pesquisa.

“Após calcular a frequência de uso de cada um dos 177 verbos irregulares do inglês antigo, os pesquisadores determinaram que as palavras que evoluíram mais rapidamente para formas regulares de conjugação eram as usadas significativamente com menor frequência do que aquelas que permaneceram inalteradas com o tempo”.

Também é realizada uma correlação com outros eixos temáticos, como a linguística e a estatística associando a evolução da linguagem à evolução biológica. “Darwin comentou (em “A Descendência do Homem”) que as línguas estavam evoluindo com o tempo, da mesma forma que a especiação”.

V.4.2.2. Um cérebro maior graças ao cozimento dos alimentos. Nossa inteligência nos permitiu conquistar o mundo.

Esta é uma reportagem da edição de nº69 de fevereiro do ano corrente, apresentada em quatro páginas. Esta reportagem é apresentada na forma de entrevista. A jornalista é Rachel Moeller Gorman e o entrevistado é Richard W. Wrangham, professor da Cátedra Ruth B. Moore de Antropologia Biológica no Peabody Museum of Archaeology and Ethnology da Universidade de Harvard (USA). Tais informações sobre o entrevistado se encontram logo no primeiro parágrafo do texto.

A reportagem tem por base o entrevista concedida pelo pesquisador de como o cozimento dos alimentos auxiliou o desenvolvimento do cérebro humano quando comparados a outros animais.

“A desnaturação é o processo de alteração ou destruição das proteínas. Quando as proteínas são partidas, as enzimas proteolíticas podem, então, começar a agir. O calor, como era esperado, provoca a desnaturação, então acho que um dos principais efeitos do cozimento seja a desnaturação das proteínas, abrindo-as até o ponto em que as enzimas proteolíticas facilitam o acesso”.

Há apenas uma imagem como recurso textual, sem a presença de outras formas de esclarecimentos sobre o assunto abordado. Esta única imagem é do pesquisador entrevistado nesta reportagem.

A linguagem utilizada é simples e elucidativa. Não há, entretanto, o uso de recursos de linguagem. Porém existem alguns adjetivos para salientar e dar um aspecto mais impressionante ao texto, tais como: “cérebro grande e ávido por calorias”, “a história natural é tremendamente emocionante e rica”, “À medida que refletia sobre desde quando tínhamos o fogo, percebia que diferença incrivelmente grande faria o cozimento dos alimentos”, entre outros.

Não há uma clara correlação deste estudo com o funcionamento interno da Ciência no tangente à metodologia de pesquisa. Grande parte desta é tratada por observações e não demonstra muita profundidade no que concerne a elaboração ou reprodução da pesquisa. Isso por ser devido ao fato da pesquisa ter um cunho mais antropológico que uma ciência pura ou bruta.

As correlações com outros eixos se apresentam quando indica a Biologia como parte integrante dos estudos antropológicos sobre o comportamento humano comparado ao comportamento animal.

V.4.2.3. Somos únicos?

Esta reportagem estava presente na edição de nº 71 de abril do ano corrente, ocupando oito páginas na revista. Seu autor é o brasileiro Francisco M. Salzano é professor emérito da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e, atualmente, trabalha em seu departamento de genética.

A reportagem baseia-se em diferentes aspectos do que caracterizaria o ser humano como um ser único, tais como a linguagem e a cultura. O autor traz as ideias de vários outros autores para dialogarem com as suas próprias.

Os recursos textuais são sete imagens/fotografias e quatro desenhos ou resumos esquemáticos. Além desses, existe um *box* de identificação do autor ao final da reportagem e as seções sobre “Conceitos-chaves”, escrita pelos editores e, “Para saber mais”, que mescla textos complementares em inglês e em português.

As imagens e/ou fotografias estão diretamente relacionadas ao texto exposto. As imagens e/ou fotografias seguem a seguinte descrição, na ordem de aparecimento delas: 1ª) Um globo semelhante ao terrestre, mas com uma montagem de imagens fazendo seu

preenchimento. A sua legenda original apresenta dos créditos das fotos e quais são estas, sendo: um chimpanzé, um golfinho, várias crianças e meninas africanas; 2ª) Mostra um ponto luminoso central bem pronunciado e irradiações a partir deste. Como se fosse uma explosão. A legenda indica “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”; 3ª) Um quadro explicativo sobre os três níveis de moralidades em seus níveis, descrições e comparações entre humanos e chimpanzés. Não há legenda, mas a descrição está no corpo do texto; 4ª) Mostra três chimpanzés sentados num tronco de árvore com a seguinte legenda “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.”; 5ª) Mais um quadro sobre a comparação entre a transmissão genética e cultural, indicando suas características. Também não há legenda, mas este se encontra descrito e explicado ao longo do texto; 6ª) Uma representação do homem cultural construído a partir dos livros. Consta a seguinte legenda “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” (figura V.8); e no campo da linguagem, são apresentadas algumas imagens, como as seguintes. 7ª) Imagens de golfinhos saltando em alto mar, com a seguinte legenda “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”; 8ª) Uma representação esquemática das relações entre as quatro principais famílias linguísticas de nativos da América do Sul; 9ª) Um quadro sobre as características da linguagem em suas definições e classificação; 10ª) Uma multidão de civis armados próximos ao que restou de um carro, com a seguinte legenda “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”; e por fim, 11ª) A imagem de um homem negro com vestimentas tribais com a seguinte legenda “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”.

A linguagem utilizada é simples e bem explicativa, apesar do texto ser longo e, a princípio, não parecer atrativo ao leitor. Porém, isso se desfaz quando o autor começa a enumerar as relações de parentesco evolutivo e instiga às comparações entre os seres humanos e os demais primatas, principalmente, os chimpanzés.



Figura V.8: A representação acima mostra a construção do homem cultural a partir da sobreposição de livros. A legenda original indica que “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”.

O texto apresenta o funcionamento interno da Ciência, não especificamente sua metodologia, já que o autor se baseia em outros textos e outros autores para legitimar suas ideias e hipóteses e não em delineamentos experimentais.

A correlação com outros eixos se mostra explícita quando se estabelece, como características para que os seres humanos sejam únicos, a cultura, a linguagem, a violência e a religião. Estas outras perspectivas enriquecem o discurso do texto e trazem ao leitor, uma profundidade e amplitude maior e mais significativa do tema abordado.

V.4.2.4. Metamorfose: O declínio mundial dos anfíbios é agravado pela desconexão entre o habitat aquático dos girinos e o habitat terrestre dos adultos, induzida pelas atividades humanas.

A reportagem se encontra na edição nº 72 de maio do corrente ano. Esta é apresentada em seis páginas e meia e tem como autores, os pesquisadores brasileiros Carlos Roberto Fonseca, Carlos Guilherme Becker, Célio Fernando Baptista Haddad e Paulo Inácio Prado. Em comum, todos apresentam formação pelo programa de pós-graduação em Ecologia da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) e todos trabalham, atualmente, em universidades brasileiras. Tais informações se encontram num *box* ao final do texto.

A reportagem é baseada nos estudos realizados para uma dissertação de mestrado sobre a redução no número de anfíbios numa área de Mata Atlântica, onde ocorre o que os autores denominaram de ‘desconexão de hábitat’, e que foi por eles definido como “uma desconexão induzida pelo homem entre os habitats utilizados por diferentes estágios de vida de uma espécie”. Ao final, os editores acrescentam outras possibilidades para a diminuição dos seres vivos em seu hábitat natural.

Os recursos textuais são sete fotografias, todas realizadas pela equipe de trabalho dos pesquisadores envolvidos. Além disso, existe a seção de ‘Conceitos-chave’, escrita pelos editores e, a seção ‘Para saber mais’, com todas as indicações textuais complementares em inglês. Um *box* ao final, fornece um pequeno currículo dos autores.

As imagens estão diretamente relacionadas ao tema do trabalho e são elas: 1ª) Uma perereca-da-folhagem, espécie endêmica da Mata Atlântica; 2ª) Uma perereca-verde, típica das serras da Mantiqueira e do Mar e ameaçadas pela fragmentação de seu hábitat; 3ª) Exemplares de dois sapos, com a seguinte legenda “DOIS EXEMPLARES do sapo, *Chaunus ornatus* cruzando a pastagem. Para completarem o ciclo de vida, esses anfíbios são obrigados a uma arriscada migração por áreas inóspitas”; 4ª) Imagem de um sapo-de-chifre, típico da Mata Atlântica e ameaçado; 5ª) Foto do pesquisador e um dos autores do estudo avaliando uma espécie em campo; 6ª) Riacho aparentemente poluído em área sem mata ciliar, com a respectiva legenda “RIACHO EM ÁREA DESMATADA. O assoreamento e o uso de agrotóxicos comprometem a sobrevivência de larvas aquáticas”; 7ª) Imagem de uma paisagem de fazenda e apenas o topo da montanha apresenta resquícios de Mata Atlântica, no município de São Luís do Paraitinga (SP) (figura V.9).



Figura V.9: Fotografia representativa das áreas devastadas pelo ser humano e restando vegetação de Mata Atlântica nativa apenas nos topos dos morros. A legenda original diz que “DRENAGENS DESFLORESTADAS. A floresta remanescente permanece apenas no topo dos morros na Mata Atlântica. Município de São Luís do Paraitinga (SP)”. Isto seria um dos motivos para a diminuição das populações de anfíbios, segundo a pesquisa.

A linguagem utilizada é bem explicativa em todos os seus termos e, em alguns momentos, se torna simplista e utiliza-se de termos e jargões mais populares para tentar estabelecer uma aproximação do texto com o público leitor. O parágrafo de introdução está repleto desta linguagem informal e quase fictícia de um feito heroico pelo pesquisador.

“O suor escorria pelas têmporas. Há vários dias Carlos Guilherme Becker percorria a pé aquela paisagem à procura de sítios adequados para seu estudo de anfíbios. Na imagem de satélite, que guardava dobrada no bolso de trás do jeans, tudo era muito simples. Era uma imagem típica da Mata Atlântica. Pequenas ilhas de floresta rodeadas de pastagens. Sob o sol a pino a paisagem parecia muito menos plana que no papel. Não demorou muito tempo para perceber que a maioria dos fragmentos de floresta estava no cume dos morros enquanto os riachos corriam na planície. Como uma boa parte dos estudos de anfíbios é feita em locais com algum corpo d'água, por um momento lhe passou que talvez aquele não fosse um bom lugar para uma tese de mestrado”.

O funcionamento interno da Ciência é apresentado com riqueza de detalhes, já que busca exemplificar suas etapas de desenvolvimento semelhantes às etapas convencionais do método científico, como relatada no trecho a seguir: “A hipótese deveria ser testada e para isso seria necessário um grande número de levantamentos de fauna, capazes de permitir uma avaliação da riqueza de espécies de anfíbios em diferentes locais”.

As correlações com os demais eixos fora do campo científico é pouco abordada pelos autores. Entretanto, eles utilizam a legislação brasileira para justificar a permanência e áreas de proteção das matas ciliares e traçam um perfil histórico para o desmatamento das regiões de Mata Atlântica. Porém a correlação com outros eixos está mais exposta na seção dos ‘Conceitos-chave’ escritos pelos editores, quando relacionam o tema a poluição ambiental e a contribuição da agricultura, à radiação ultravioleta, as mudanças climáticas, a introdução de espécies exóticas e à área de saúde pública, quando fala sobre as doenças emergentes.

V.4.2.5. O admirável mundo das cobras-cegas.

A reportagem está presente na edição nº 78 de novembro do ano corrente em cinco páginas e meia. Os autores, Carlos Jared e Marta Maria Antoniazzi, são pesquisadores brasileiros do Instituto Butantan em São Paulo. Ambos estão envolvidos no estudo da pele e dos anexos cutâneos de anfíbios e répteis brasileiros. Uma das linhas de pesquisa que desenvolvem está relacionada às adaptações morfológicas à vida, em ambientes de difícil colonização. Nesse contexto procuram entender o modo como a evolução molda o corpo de animais, atingindo soluções semelhantes por diferentes meios. Tais informações estão presentes ao final do texto em um *box*.

A reportagem tem por base os estudos sobre o comportamento das cobras-cegas em relação à alimentação dos filhotes, a função da pele para os anfíbios e sua adaptação ao ambiente fossório.

Os recursos textuais constam de cinco imagens, a seção 'Conceitos-chave', escrita pelos editores e, 'Para conhecer mais', com todos os textos de apoio em inglês. Além destes, há um *box* informativo sobre a formação e área de atuação dos autores.

Todas as imagens estão de acordo com o tema da reportagem e estão descritas a seguir: 1ª) Imagem de uma cobra-cega adulta com filhotes ao seu redor e sobre uma folha de bananeira, com seguinte legenda "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"; 2ª) Imagem de uma microscopia de varredura indicando a dentição fetal das cobras-cegas; 3ª) Uma cobra-cega adulta cercada de filhotes numa folhagem, com a legenda "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"; 4ª) Uma cobra-cega adulta protegendo seus ovos; 5ª) Ovos de cobra-cega eclodindo sobre uma folha (figura V.10).



Figura V.10: Ovos de cobra-cega eclodindo sobre uma folha. A legenda original indica que a "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".

A linguagem utilizada é bem explicativa e simples. Apresenta poucos pontos de informalidade, mesmo sendo um texto de leve leitura. Há uso de um recurso de comparação e outro de analogia.

O texto apresenta pontos importantes para demonstrar o funcionamento interno da Ciência, já que apresenta a metodologia de estudo bem detalhada e os esforços de várias equipes de trabalho ao redor do mundo para elucidar as questões apresentadas na pesquisa.

“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”.

Não há nenhuma correlação com outros eixos fora ambiente da pesquisa científica. Os resultados mostrados fazem parte de um contexto de uma pesquisa mais básica, para esclarecimento de um ponto dentro dos estudos sobre anfíbios que ainda não havia sido profundamente demonstrado.

V.4.3. SCIAM-BR, ano de 2009

Neste ano foram publicados três textos dentro da temática pesquisada, sendo duas reportagens e uma notícia.

V.4.3.1. O universo luminoso dos fungos bioluminescentes.

A reportagem está presente na edição nº 86 de julho do presente ano e disposta em seis páginas. Seus autores são os brasileiros Ricardo Braga-Neto e Cassius V. Stevani, formados pela Universidade de São Paulo em Biologia e Química, respectivamente, ambos tem se dedicado a estudar o mecanismo de funcionamento da bioluminescência em animais e fungos. Além disso, o grupo de pesquisa estuda as novas substâncias bioativas em extratos dos cogumelos, o desenvolvimento de bioensaios eco toxicológicos, a biorremediação de solos contaminados e a biodegradação de resíduos industriais como outros tipos de estudos realizados a partir destes fungos.

A reportagem é baseada nos estudos sobre a bioluminescência em fungos, especialmente, aqueles encontrados na Mata Atlântica e na Amazônia, evidenciando que pouco se conhece sobre a biodiversidade de fungos no Brasil.

Os recursos textuais são compostos por sete imagens, todas relacionadas ao tema principal da reportagem, as seções “Conceitos-chave”, escrita pelos editores e, “Para saber mais”, com todos os textos de apoio em inglês. Além de um *box* informativo sobre a formação acadêmica e profissional dos autores ao final do texto.

As imagens que aparecem na sequência textual estão descritas a seguir, como: 1ª) Imagem de dois fungos bioluminescentes, sem legenda e cedidas pelo autor; 2ª) Imagem de uma capa parecida com um livro como o título de *Naturalis historiae* do ano de 1669. Esta foi cedida pelo autor, sem legenda e sem explicação no corpo do texto; 3ª) Imagem de uma queda d'água em meio a mata, com a seguinte legenda “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”; 4ª) Dois grupos de imagens comparativas de fungos bioluminescentes no claro e no escuro, ambas são imagens cedidas pelo autor e sem legenda (figura V.11).

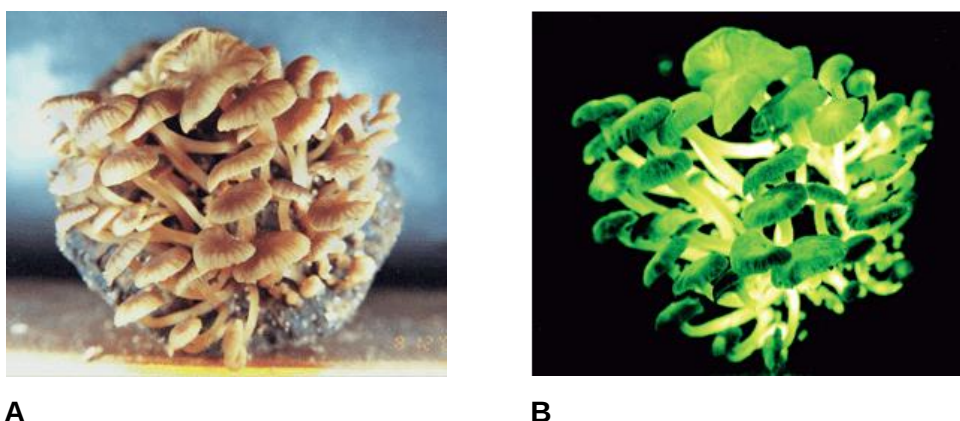


Figura V.11: Imagens de fungos bioluminescentes da mesma espécie, porém, a imagem **A** representa estes no ambiente claro, enquanto a imagem **B**, estes estão num ambiente escuro. Não há legendas no original.

A linguagem utilizada é bem explicativa e todos os termos menos usuais são devidamente conceituados para leitores leigos ou pouco entendidos do tema principal. Não há utilização de recursos de linguagens.

O funcionamento interno da Ciência não é tão bem descrito além de ‘descobertas’ ditas em diferentes ocasiões na reportagem. Entretanto, deve-se creditar aos autores que há relatos dentro da construção textual sobre como o grupo de pesquisa buscou as informações para construir tais conhecimentos.

As correlações com outros eixos temáticos aparecem mais ao final do texto quando há um relato relacionando o desmatamento da Amazônia e a perda da diversidade dos fungos estudados, além da falta de incentivo na formação de novos especialistas em fungos, apesar de reconhecerem os avanços realizados ao longo dos anos.

“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?”

V.4.3.2. Desvendando a mente estética. Já é possível observar diretamente como reage o cérebro diante de uma obra de arte.

Esta reportagem está presente na edição nº 90 de novembro do ano corrente, ocupando seis páginas desta publicação. Seus autores são Mauro Maldonato, Silvia Dell'Orco e Ilaria Anzoise, que atuam nas Universidades de Basilicata e Macerata, ambas na Itália.

A reportagem tem por base aprofundar as discussões presentes na chamada neuroestética, a qual se ocupa em perceber o comportamento cerebral frente a situações diversas relacionadas à estética e/ou artes visuais. Segundo o texto, a

“neuroestética articulou-se em dois níveis fundamentais: a) a indagação da visão como processo ativo mediante o qual o cérebro, construindo e reconstruindo o mundo, adquire conhecimento do ambiente; b) a indagação da experiência artística como função da relação entre o sujeito que percebe e o mundo percebido”.

Os recursos textuais utilizados estão diretamente relacionados ao tema principal da reportagem. São constituídos basicamente por imagem, sendo seis ao todo. Há também um box informativo sobre a titulação e locais de trabalho dos autores da reportagem.

As imagens são apresentadas na seguinte ordem: 1ª) A imagem é cedida pela Galeria Tretyakov de Moscou e representa “O VISUAL FEÉRICO de Kandinski (em Composição VII)”, sendo abstrata e com utilização ampla de cores; 2ª) Mozart compondo, Óleo Sobre Tela, Ernest Meissonier, Século XIX, Coleção Particular. Apresenta o compositor sentado, segurando seu violino e lendo diversas partituras; 3ª) “OS SONS DE LOHENGRIN (na foto, em montagem de 2001, da Los Angeles Opera) deleitaram Kandinski, que viu diante de si ‘todas as minhas cores’”. Apresenta várias figuras humanas com uma escultura ao centro da imagem; 4ª) Imagem sem autoria identificada no texto e sem legenda, aparentando ser o Cristo morto sendo deitado sobre uma pedra por dois homens e três mulheres chorando na parte do fundo da pintura; 5ª) Imagem da National Gallery em Londres mostrando a tela ‘O aguerrido’, ilustrando em diversos padrões de cores a imagem de um navio em alto mar; 6ª) Também da National Gallery em Londres, a ‘Vênus no espelho’ de Velásquez, mostrando a figura feminina de costas para o observador, com o corpo desnudo e deitado de lado se vendo num espelho segurado por uma espécie de cupido (figura V.12).



Figura V.12: Na legenda original temos a indicação do autor e o nome de sua obra, além de um comentário associativo à reportagem em si, sendo: “Velásquez e a Vênus no Espelho, lidando com poderosos símbolos”.

A linguagem utilizada é bem explicativa em todos os termos menos usuais, porém a densidade textual requer do leitor muita atenção durante sua leitura para que a mesma não se torne entediante.

Não há uma noção muito objetiva sobre o funcionamento interno da Ciência, já que ao longo do texto, não fica claro quais os tipos de metodologia forma de fato utilizados.

A correlação com outros eixos está bem estabelecida quando o texto já se apresenta juntamente aos seus objetivos. Isso porque, toda a parte relacionada à estética e/ou às artes, principalmente as visuais e sonoras, estão envolvidas diretamente às questões sobre os estudos do córtex cerebral. Também se estreita a relação com a Filosofia.

V.4.3.3. Pragas resistentes são sério problema para a agricultura no Brasil. O uso indiscriminado de inseticidas e acaricidas pode levar as pragas a desenvolverem resistência aos produtos químicos.

Esta notícia está presente na edição nº 90 de novembro do ano corrente, ocupando uma página e meia desta publicação. Seu autor é Mário Sato, pesquisador do Instituto Biológico da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (IB-APTA). Esta informação se encontra ao final do texto.

A notícia é baseada nas questões e problemas associados ao uso indiscriminado de inseticidas e acaricidas em plantações brasileiras, elevando o grau de resistência destes organismos e desfavorecendo os produtos plantados.

Os recursos textuais são escassos. Há apenas uma imagem, sem legenda e sem explicação no corpo da notícia. Esta apresenta uma pessoa usando equipamentos de proteção individual e aplicando um produto, que pode ser pesticida ou acaricida, numa plantação dentro de uma estufa (figura V.13). Não há seções extras ou *boxes*.

A linguagem utilizada é de fácil compreensão e os termos não explicados se apresentam como um ‘senso comum’ sobre os que são os pesticidas e acaricidas, não tendo seus significados explícitos no texto. Também não estão aparentes os recursos de linguagem.



Figura V.13: Fotografia utilizada de um banco de imagens, a ©ISTOCKPHOTO.COM, de uma pessoa devidamente equipada e aplicando um determinado produto sobre uma plantação em uma estufa. Não há legenda no original da imagem.

O funcionamento interno da Ciência não está bem descrito em sua metodologia, apenas diz-se que “observou-se resistência de aproximadamente 3 mil vezes para o acaricida fenpiroximato; de 350 vezes, para abamectina; e de 570 vezes, para clorfenapir, após algumas aplicações do acaricida”, mas não se explica como se observou tal resistência.

As correlações com outros eixos estão diretamente ligadas ao tema abordado, uma vez que apresenta como estes pesticidas e/ou acaricidas interferem no ambiente natural, mesmo que uma plantação não seja assim identificada. Segundo a notícia, este uso “provoca outros problemas como o desequilíbrio biológico, devido à eliminação de inimigos naturais; contaminação ambiental; risco de intoxicação dos agricultores; maior contaminação de alimentos e aumento do custo de produção”.

V.4.4. SCIAM-BR, ano de 2010

Neste ano foram publicados seis textos dentro da temática pesquisada, sendo três notícias e três reportagens.

V.4.4.1. 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.

Esta reportagem se encontra na edição de nº 92 de janeiro do ano corrente, ocupando cinco páginas desta publicação. Seu autor é Alexander S. Bradley, professor assistente da Universidade de Washington (USA)⁵, porém estas informações não estão descritas no texto.

A reportagem tem por base um histórico sobre as pesquisas em fontes hidrotermais e sua relação com o surgimento da vida na Terra. Ao final, as pesquisas apontam para possíveis relações com as formas de vida que podem compor outros ambientes fora do nosso planeta, como Marte, por exemplo. A pesquisa é realizada por grupos de cientistas da Universidade de Washington, nos Estados Unidos, desde o ano 2000. Há uma citação das pesquisas anteriores publicadas em outras revistas, como a *Nature* (em 2001) e a *Science* (em 2008), na qual se baseia esta reportagem.

Os recursos textuais são compostos por uma imagem/ fotografia de uma fonte hidrotermal com uma legenda explicativa no original (figura V.14). Não há uso de seções extras ou *boxes* informativos.

A linguagem utilizada é composta por diversos termos técnicos, porém, todos são explicados no corpo do texto. Porém, há expressões como 'onda de empolgação da comunidade científica', 'o campo de Lost City é sinistramente tranquilo' e 'a estranha química das águas de Lost City' são inapropriadas ao âmbito científico, já que esses resultados são discutidos entre os pares e não há relação nem interferência direta da sociedade.

O funcionamento interno da Ciência é apresentado em seu contexto de produção e de sua metodologia, como vemos a seguir.

“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”.

⁵ Informações obtidas no site <http://bradleylab.wustl.edu/#About>.



Figura V.14: Imagem de uma fonte hidrotermal. Na legenda original temos as seguintes informações: “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”. Esta imagem foi disponibilizada por Deborah S. Kelley, uma das principais autoras da pesquisa.

Não há correlação com outros eixos, senão aqueles já envolvidos com a Ciência. Quando se referem às possibilidades de se encontrar vida em outros ambientes que não apenas o terrestre, a pesquisa aponta que é provável, já que inicialmente não se achava possível haver vida nas fontes hidrotermais por esta não ter condições regulares para tal.

V.4.4.2. Dano na área do cérebro que toma decisões pode encorajar apostas arriscadas.

Esta notícia está presente na edição nº 93 de fevereiro do corrente ano, sem a apresentação de sua autoria e ocupando uma página e meia da publicação.

A notícia versa sobre o trabalho de um cientista da Califórnia (USA) relacionando a neurociência (especificamente à amígdala, estrutura responsável pela tomada de decisões de risco e emoções) à economia. Para este, danos numa estrutura do cérebro, a amígdala, poderia estar relacionada à conduta de arriscar-se mesmo tendo poucas chances de ganhos.

Os recursos textuais contam com apenas uma foto de dois dados lançados sobre uma nota de um dólar (figura V.15). Não seções ou *box* informativo.



Figura V.15: Esta foi retirada de um banco de imagens, chamado de ©ISTOCKPHOTO.COM. Em sua legenda original temos: “Apostas arriscadas: tema da neuroeconomia”.

A linguagem utilizada apresenta de recursos exacerbados, como ‘a descoberta do cientista’ e ‘De Martino já suspeitava que a amígdala é crucial’.

Quanto ao funcionamento interno da Ciência, não há definições específicas sobre a metodologia da pesquisa. Há somente a seguinte descrição: “Duas mulheres com danos bilaterais na amígdala mostraram redução dramática na aversão à perda quando comparadas com um grupo da mesma idade em uma série de apostas experimentais, apesar de entenderem totalmente valores e riscos envolvidos”.

Esta notícia também tem seu contexto relacionado ao âmbito da ciência, porém não há discussão entre pares, apenas afirmativas acerca do tema. Sem correspondência com outros eixos. Ao final da notícia, há uma indicação de correlação entre os processos que ocorrem na amígdala e a inibição do comportamento de risco, principalmente o financeiro.

V.4.4.3. Darwin psicólogo, o lado desconhecido do gênio. Autor da teoria da evolução também fez experiências com psicologia.

Esta notícia está presente edição nº 96 de maio do ano corrente e ocupa cerca de uma página e meia. Seu autor, Jabr Ferris⁶, é escritor, jornalista que escreve sobre ciência e editor associado da revista SCIAM, sediado nos USA.

A notícia apresenta uma pesquisa realizada por um pesquisador norte-americano com publicação em uma revista internacional. Nesta notícia, esse pesquisador realizou seus estudos apoiando-se nas cartas de Darwin sobre as pesquisas acerca das emoções humanas. Estabeleceu ainda uma correlação dos estudos de Darwin com o médico francês Duchenne, o

⁶ Tais informações sobre o autor se encontram no site http://ferrisjabr.com/About_.html.

qual manteve correspondências na mesma área de atuação e a metodologia na identificação das emoções a partir de imagens feitas pelo próprio Duchenne.

Os recursos textuais se resumem a uma imagem apenas (figura V.16). Esta representa as reações emocionais humanas.



Figura V.16: A legenda original diz sobre as reações emocionais segundo Duchenne.

A linguagem utilizada é bem explicativa e se mantém no contexto e âmbito científico sem estar se relacionado com a sociedade.

Quanto ao funcionamento interno da Ciência, o texto apresenta sua metodologia de pesquisa, mesmo que fora dos ‘padrões’ de uma metodologia científica. Como observamos a seguir.

“Lendo cartas de Darwin na University of Cambridge, na Inglaterra, Snyder observou várias referências a uma pequena experiência sobre emoções que o cientista realizara em sua casa. Com a ajuda de bibliotecários, Snyder descobriu notas com caligrafia ilegível das mãos idosas de Darwin e com a letra de sua esposa, Emma”.

As correlações com outros eixos não estão explícitas no texto, porém demonstram, em sua parte final, algumas possibilidades de estudo sobre estas reações emocionais em pacientes que sofrem de alguns tipos de doenças, como a esquizofrenia, por exemplo.

V.4.4.4. As cabeceiras de um rio que ainda não morreu. Considerado morto dentro dos limites da cidade de São Paulo, o rio Tietê abriga, a menos de 80 km do centro da capital, espécies de peixes não descritas pela Ciência.

Esta reportagem se encontra na edição nº 97 de junho do ano corrente, ocupando três páginas da publicação. Seus autores são Alexandre P. Marcenik e Alexandre W. S. Hilsdorf, respectivamente um biólogo e um zootecnista da Universidade de Mogi das Cruzes (SP).

A reportagem se baseia num relato sobre o rio Tietê, em sua importância histórica e ictiofauna. Relata a biodiversidade da região e das revisões sobre as classificações taxonômicas, baseadas em análises de DNA e outras características.

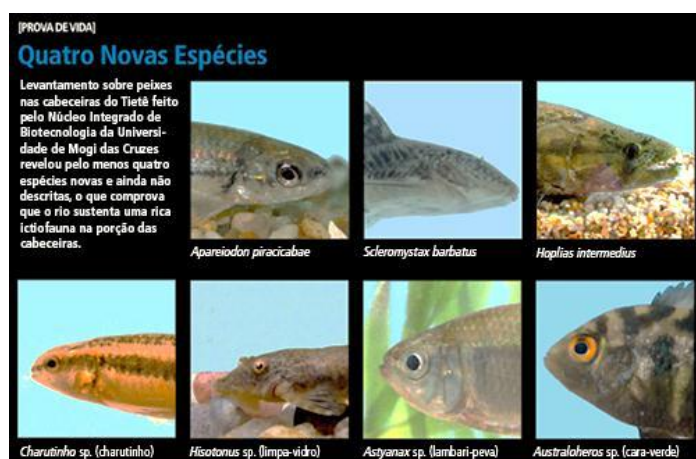


Figura V.17: Levantamento realizado sobre as espécies presentes na cabeceira do Rio Tietê e as novas quatro espécies.

Os recursos textuais são uma planilha com as fotos das quatro novas espécies de peixes e daqueles que são encontrados na cabeceira o rio Tietê (figura V.17), cedida pelos autores e ao final do texto e também, um boxinformativo sobre a formação e a área de atuação dos pesquisadores.

A linguagem utilizada é elucidativa e com nenhum recurso linguístico.

Sobre o funcionamento interno da Ciência, este é bem representado em sua metodologia de pesquisa, como vemos nos dois trechos a seguir. “Com base em coletas nos rios da região e informação disponível na literatura científica, cinco ordens de peixes são reconhecidas”. “Adicionalmente, dados obtidos a partir das comparações de sequência de DNA mitocondrial atestam a condição de espécie nova para o ‘lambari- peva’”.

As correlações com outros eixos se detêm os fatores científicos aos aspectos sociais de desenvolvimento da localidade.

V.4.4.5. Sequenciado o genoma do piolho do corpo humano. Informações ajudarão a desenvolver métodos para controle de pragas.

Esta notícia se encontra na edição de nº 98 de julho do ano analisado, constando em uma página da publicação. Sua autora, Katherine Harmon, é escritora e participa das edições da SCIAM. Tais informações estão em seu *site*⁷.

A notícia apresenta o estudo de pesquisadores de uma universidade norte-americana, publicado em uma revista internacional, sobre o genoma de piolhos. Este é descrito com uma importância para o desenvolvimento de controle de pragas mais eficientes, além de auxiliar na compreensão da evolução da metamorfose dos insetos e sua dependência evolutiva em relação aos humanos.

Os recursos textuais são compostos apenas por uma imagem/fotografia (figura V.18) de um piolho e sua legenda original versa sobre sua ecologia ser muito simples, sem a utilização de outras seções ou *boxes* informativos.

A linguagem utilizada é acessível, porém os termos não são explicados.

O funcionamento interno da Ciência é apresentado sem maiores detalhamentos, como visto a seguir.

“Comparando-os com os parentes mais próximos, o piolho do corpo tem uma gama muito mais limitada, tanto biológica quanto genética. Seu genoma contém apenas 108 milhões de pares de bases, em comparação com os mais de 3 bilhões de pares de bases do genoma humano”.



Figura V.18: Imagem de um piolho, com a seguinte legenda no original: “Piolho no corpo humano: ecologia muito simples”.

A notícia se encontra no âmbito científico com pouca correlação com a sociedade ou outros eixos de estudo.

⁷ <http://www.katherineharmon.com/>

V.4.4.6. Por que não vivemos para sempre? Ao envelhecer, as células começam a nos trair. Desvendando os segredos do envelhecimento, cientistas podem tornar a vida mais longa e saudável.

Esta reportagem é encontrada na edição nº 101 de outubro do ano pesquisado e se encontra publicada em cinco páginas e meia. O autor, Thomas Kirkwood, é professor de medicina da Newcastle University da Inglaterra.

Tal reportagem se baseia na relação entre a ingestão calórica com o aumento da vitalidade, assim como as correlações evolutivas.

Os recursos textuais são formados por duas imagens e um *box* informativo ao final do texto contendo as informações sobre seu local de trabalho e áreas de estudo. A primeira imagem é sobre um homem no campo e abaixo desta, vários caramujos (figura V.19). A legenda não está relacionada a esta imagem, mas aos dados de um gráfico, que não está representado na versão *on line*. A segunda imagem apresenta o ciclo da esquistossomose e mais uma vez a legenda não possui correspondência com a imagem. Nesta há a indicação de outro gráfico que não é apresentado. Estas imagens, porém, estão relacionadas ao corpo do texto, numa citação às pesquisas utilizando vermes nematoides para o estudo de seus genes e sua longevidade.

A única relação possível entre as imagens e o corpo do texto, está presente no pequeno trecho descrito a seguir. “Tom Johnson e Michael Klass, trabalhando com vermes nematoides, descobriram um gene com esse efeito sobre a longevidade nos anos 80”.



Figura V.19: Apesar de a legenda original estar diretamente relacionada ao corpo do texto, a imagem não corresponde aos estudos. Esta imagem relaciona um campo alagado e uma coleta de caramujos. Já a legenda original, diz que: “QUANTO A EXPECTATIVA DE VIDA PODE AUMENTAR? A longevidade média humana vem aumentando há mais de um século no mundo todo (gráfico). Evidências sugerem, no entanto, que amarras biológicas impedem a maioria das espécies de ultrapassar limites de idade específicos (abaixo). Pesquisadores

esperam que intervenções para o afrouxamento dessas amarras aumentem a idade máxima a que se pode chegar ou, ao menos, ajudem as pessoas a permanecer saudáveis por mais tempo”.

A linguagem utilizada na reportagem é bem explicativa, o que favorece o leitor em sua melhor compreensão textual, já que se busca uma linguagem mais informal nesta apresentação da pesquisa.

O funcionamento interno da Ciência não é apresentado em detalhes, se limitando a citações de como estes estudos estão sendo realizados.

“A teoria é mais bem compreendida considerando os desafios que as células dos organismos complexos enfrentam enquanto tentam sobreviver. Elas são danificadas o tempo todo – o DNA tem mutações, as proteínas sofrem danos, moléculas altamente reativas chamadas radicais livres rompem as membranas e a lista segue. A vida depende da cópia e tradução constante dos dados genéticos, e sabemos que o maquinário celular que lida com todas essas coisas, por melhor que seja, não é perfeito”.

As correlações com outros eixos ligações se encontram entre o âmbito científico e seu contexto social, mas não entre outros eixos de estudo.

V.4.5. SCIAM-BR, ano de 2011

Neste ano foram publicados quatro textos dentro da temática pesquisada, sendo três reportagens e uma notícia.

V.4.5.1. Evolução alternativa de dinossauros: E se, por algum acaso da história evolutiva, os dinossauros não tivessem sido extintos?

Esta notícia foi publicada na edição nº 111 de agosto do ano de análise, consta em uma página e não há identificação do autor.

A notícia se baseia num relato de uma publicação de um geólogo escocês sobre uma alternativa evolutiva dos dinossauros, caso não tivessem sido extintos. Em sua exposição sobre o tema, há um forte caráter de ficção, mas há fatos que já foram comprovados, como as formas e comportamentos de alguns dinossauros.

Os recursos textuais constam apenas de uma imagem de um dinossauro (figura V.20). Esta foi realizada por Dougal Dixon do The New Dinosaurs e aparece na publicação realizada pelo geólogo escocês.



Figura V.20: Imagem de um dinossauro ilustrando a notícia. Não há legenda no original.

A linguagem utilizada é simplificada, no entanto, beira a superficialidade numa temática tão densa.

O funcionamento interno da Ciência não é explicitado e não há correlações com outros eixos de estudo.

V.4.5.2. A Fascinante evolução do olho. Cientistas já têm uma visão clara de como surgiram nossos olhos tão complexos.

Esta notícia está presente na edição nº 111 de agosto do ano analisado, em cinco páginas da publicação. Seu autor, Trevor D. Lamb, é um pesquisador do departamento de neurociências de uma universidade australiana.

Esta reportagem trata a origem, evolução e estrutura dos olhos dos humanos. Relata a origem do olho tipo câmera e sua estrutura sendo parte de outras funções como um sensor e não um produtor de imagens. Trás ainda diversos estudos comparativos entre o olho humano e de outros animais, visando esclarecer e confirmar suas hipóteses.

Os recursos textuais são compostos por uma representação esquemática do olho humano com uma legenda explicativa das estruturas componentes (figura V.21) e um *box* informativo sobre o local de trabalho do autor e suas aspirações de pesquisa.

A linguagem utilizada é mais densa, contudo, os termos são explicados em detalhes. Esta pesquisa está no âmbito científico somente e então, não há correlações com outros eixos.

Sobre o funcionamento interno da Ciência, está bem representada a metodologia de pesquisa, como vemos no trecho a seguir.

“Agora que os meus colegas e eu tínhamos ideia de como os componentes da retina dos vertebrados se originaram, quisemos entender como, há cerca de 500 milhões de anos, o olho evoluiu de um órgão sensor de luz não visual para

esse que forma imagens. Novamente encontramos indícios em embriões em desenvolvimento”.

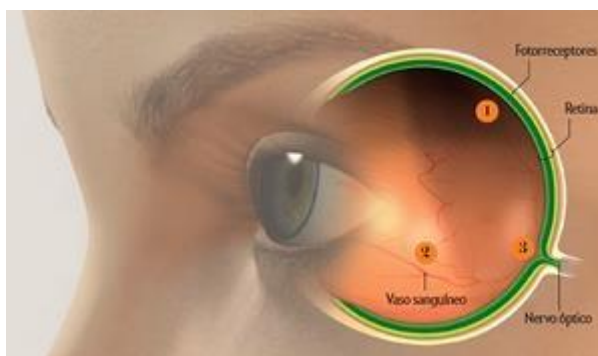


Figura V.21: Representação esquemática do olho humano com seus componentes. A legenda original está descrita em seguida. “Cicatrices da Evolução - O olho dos vertebrados, longe de ser concebido de forma inteligente, contém inúmeros defeitos que atestam a sua origem evolutiva. Entre os defeitos que degradam a qualidade da imagem, estão uma retina invertida, que força a luz a atravessar corpos celulares e fibras nervosas antes de atingir os fotorreceptores - 1 ; vasos sanguíneos que se espalham pela superfície interna da retina, provocando sombras indesejadas - 2 ; fibras nervosas que se juntam, projetam-se numa abertura única na retina e viram o nervo óptico, criando um ponto cego - 3”.

V.4.5.3. A evolução dos avós. Idosos podem ter sido o segredo do sucesso da nossa espécie.

Esta reportagem se encontra na edição nº 112 de setembro do ano analisado, constando em cinco páginas. Sua autora, Rachel Caspari, é professora de antropologia da Central Michigan University (USA).

A reportagem aborda a relação entre o envelhecimento da população de hominídeos e o seu desenvolvimento cultural e tecnológico.

Os recursos textuais constam de duas imagens, sendo a primeira um modelo esquemático que relaciona os diversos hominídeos e a proporção de indivíduos jovens e maduros. A segunda mostra objetos e artefatos produzidos por indivíduos mais maduros, indicando uma relação entre o aumento da produção cultural com a idade (figura V.22). Ambas não possuem legenda, mas sim um título comentado. Além dessas, há um *box* informativo sobre o local de trabalho da autora e sua área de pesquisa.

A linguagem utilizada é complexa, porém bem explicativa. A pesquisa apresentada se encontra no âmbito científico, mas indica a relevante contribuição dos avós para a construção da sociedade.

Sobre o funcionamento interno da Ciência, este é detalhado em sua metodologia, como vemos em seguida.

“Para resolver esta questão, Sang e eu analisamos seres humanos do Paleolítico Médio de sítios na Ásia ocidental, datados entre cerca de 110 mil e 40 mil anos atrás. Nossa amostra incluía tanto o neandertal quanto o homem moderno, todos associados aos mesmos artefatos relativamente simples. Essa abordagem nos permitiu comparar as proporções de adultos maduros e jovens de dois grupos biologicamente distintos (que muitos estudiosos consideram como espécies distintas) que viviam na mesma região e exibiam a mesma complexidade cultural”.

Cultura Vem com a Idade

Um aumento marcante na sobrevivência de adultos, que se iniciou por volta de 30 mil anos na Europa, pode ser responsável pela súbita mudança cultural que se seguiu por lá, conforme a comparativamente simples tecnologia do Paleolítico Médio deu lugar às armas e à arte sofisticada do Paleolítico Superior. Artefatos representativos das duas tradições culturais são mostrados aqui.



Figura V.22: Imagens de objetos relacionados ao aprendizado cultural, sendo que os mais recentes são aquelas mais sofisticadas.

V.4.5.4. AULA ABERTA - Como solucionar a crise da obesidade. Apesar de a ciência ter revelado muito sobre os processos metabólicos que influenciam o peso, a solução para esse desafio pode estar no estudo do comportamento social.

Esta reportagem está presente na edição nº 113 de outubro do ano de análise. Contêm cinco páginas e o autor, David H. Freedman, que é um jornalista e escreve sobre ciência, economia e tecnologia há 30 anos.

Esta se baseia em diversos estudos para avaliar as medidas de combate à obesidade. O texto se utiliza de muitas fontes de pesquisa para elucidar os problemas relacionados à dieta alimentar.

Os recursos textuais são compostos por três imagens e um *box* informativo sobre a o autor, bem como seus interesses. A primeira imagem do texto não possui legenda e dá uma ideia de construção do corpo humano. A segunda é um gráfico representando a evolução dos grupos de adultos com mais de 20 anos (população masculina e feminina) com excesso de peso e obesos entre 1974 e 2009 (figura V.23). A última imagem não tem legenda e apresenta um desenho esquemático de um corpo humano obeso.

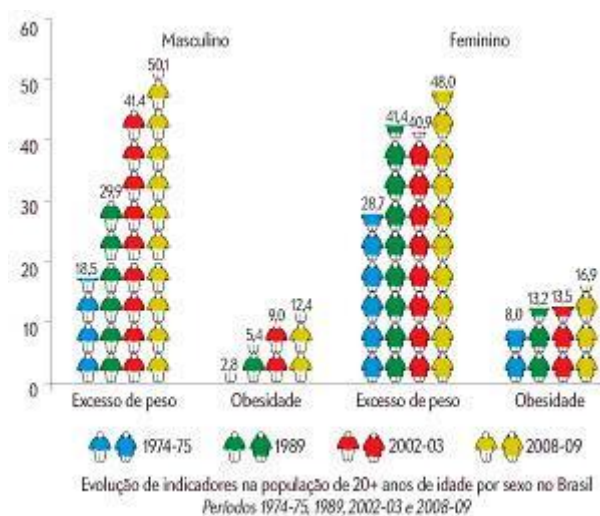


Figura V.23: Gráfico representativo sobre o excesso de peso e obesidade nas populações masculinas e femininas desde 1974 até 2009.

A linguagem utilizada é simples e os termos são bem esclarecidos.

O funcionamento interno da Ciência presente nesta pesquisa é do tipo qualitativo, já que avalia diversas fontes de publicações internacionais para verificar o tema pesquisado, como visto a seguir.

“Uma revisão da literatura de 2003, solicitada pelo U.S. Department of Health and Human Services, concluiu que “o aconselhamento e as intervenções comportamentais proporcionaram graus moderados de perda de peso, sustentáveis por pelo menos um ano” – e um ano é uma eternidade no mundo do emagrecimento”.

As correlações com outros eixos estão mais no âmbito social e cultural, em que a obesidade pode ser representada através destes comportamentos.

VI. Resultados e Discussões

No último item da metodologia, fizemos uma breve análise dos 24 textos presentes na revista SCIAM-BR, desde o ano de 2007 até o ano de 2011, onde estes tinham como palavra-chave ‘Evolução Biológica’ na pesquisa inicial ao *site*. Após esta, descrevemos nesta seção, os resultados obtidos dentro das categorias estabelecidas durante (*a posteriori*) e anteriormente a análise (*a priori*).

Parte dos dados obtidos resulta em textos explicativos, considerando os demais aspectos observados durante tal análise. A outra parte dos dados foi disposta em quadros. Estes remontam os aspectos da linguagem utilizada, as concepções acerca da Natureza da Ciência (NdC) e os aspectos sobre a Evolução Biológica.

As discussões dos dados obtidos vão desde a caracterização dos textos da revista SCIAM-BR em suas diferentes relações e abordagens, passando pela sua apreciação e limitação como instrumento de Divulgação Científica (DC) e Alfabetização Científica (AC), as ideias de NdC que permeiam e constroem a visão de Ciências em seus textos e, até mesmo, os conceitos de Evolução Biológica ao qual se pretende apropriar-se. Por fim, são realizadas as considerações finais acerca do tema desenvolvido, suas dificuldades e possibilidades de uso.

VI.1. Resultados

VI.1.1. Sobre a autoria e países de origem dos textos publicados na SCIAM-BR de 2007 a 2011

Dos 24 textos analisados, somente seis deles (25%) apresentavam autoria de pesquisadores brasileiros que atuavam em instituições de pesquisa e ensino no Brasil. Estes foram localizados nos textos 03, 04 e 05 (2008), nos textos 01 e 03 (2009) e no texto 04 (2010).

Nos demais temos: 11 textos de pesquisadores que atuam em instituições de pesquisa e ensino nos Estados Unidos (EUA), correspondentes a 45,8% do total; 03 textos de pesquisadores que atuam em instituições de pesquisa e ensino na Inglaterra, correspondentes a 12,5% do total; 01 texto de pesquisadores que atuam em instituições de pesquisa e ensino na Itália, correspondentes a 4,2% do total; e, 01 texto de pesquisadores que atuam em instituições de pesquisa e ensino na Austrália, correspondentes a 4,2% do total. Sendo que, 8,3% ou 02 dos textos, não apresentam autoria nem sua procedência.

Os assuntos que emergem em cada um dos textos, apesar de serem selecionados a partir de uma palavra-chave, Evolução Biológica, foram bem diversificados quanto às suas abordagens.

VI.1.2. Os recursos textuais e a linguagem utilizada nos textos publicados na SCIAM-BR de 2007 a 2011

Quanto aos recursos textuais utilizados, todos os textos, notícias ou reportagens, se utilizaram de imagens. Em sua maioria, 22 deles, apresentaram estas imagens associadas aos assuntos abordados como tema. Um dos textos, 2010_06, apresentou imagens que não condiziam com o contexto apresentado, já que o título do texto era “Por que não vivemos para sempre? Ao envelhecer, as células começam a nos trair. Desvendando os segredos do envelhecimento, cientistas podem tornar a vida mais longa e saudável” e as imagens da ilustração correspondiam aos nematoides, como o *Shistosoma mansoni*, e seu ciclo de infecção (figura VI.01). Já o outro texto apresentava a imagem do pesquisador responsável como sendo a única ilustração (2008_02).



Figura VI.01: Ilustração sobre o ciclo da esquistossomose presente no texto 2010_06. Entretanto esta não condiz com o tema do texto, que aborda o envelhecimento e as formas de tornar este mais saudável.

Outros recursos foram utilizados, como os *boxes* informativos sobre a formação, local de atuação e interesses dos autores, além das seções ‘Conceitos-chave’ e ‘Para saber mais’. Estas não se encontram presentes em todos os textos. Porém, naqueles em que estão representadas, são os editores que oferecem ao leitor os tais ‘Conceitos-chaves’, que se compõem de breves explicações mais detalhadas, resumos e até mesmo ampliações do tema

exposto pelo autor, como por exemplo, uma parte destes conceitos que aparecem no texto 2007_01, como vemos a seguir.

“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. 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”.

Quando falamos sobre os aspectos da linguagem utilizada, recorremos ao pequeno resumo apresentado no quadro VI.1, no qual se encontram as figuras de linguagem, das mais comuns usadas em textos de Divulgação Científica sobre Evolução Biológica, a saber: metáforas, comparações e analogias e também, se os termos apresentados nos textos são explicados ou não. Os mesmos serão explicitados em seguida.

A linguagem utilizada é formal, entretanto, mesmo os textos que apresentam temas mais complexos ou com maior densidade textual, são de simples entendimento por parte do leitor. Isso pode ocorrer devido ao fato de alguns textos usarem alguns termos mais cotidianos para chamar atenção ou apenas tentar estabelecer uma conexão com os leitores. Como visto no texto de 2008_02: “cérebro grande e ávido por calorias”, “a história natural é tremendamente emocionante e rica”, “À medida que refletia sobre desde quando tínhamos o fogo, percebia que diferença incrivelmente grande faria o cozimento dos alimentos”.

Sobre a explicação dos termos que surgem no corpo das reportagens e notícias, vemos que sua maioria (21 dos 24 textos analisados) fazem colocações e explicitam os termos ou palavras que emergem do contexto principal. Por exemplo, temos um trecho do texto 2008_01 (**grifo próprio**): “O postulado básico do **conceito de evolução biológica** é que **todas as formas orgânicas** atualmente existentes neste planeta **derivaram de um ancestral comum**, universal”.

Quando os termos não são explicados, como visto nos textos 2010_02, 2010_05 e 2011_01, parece que o autor parte da premissa que os termos usados são de amplo conhecimento conceitual por parte dos leitores. Por exemplo, como visto no trecho do texto de 2010_05 (**grifo próprio**): “Comparando-os com os parentes mais próximos, o piolho do corpo tem uma gama muito mais limitada, tanto biológica quanto genética. Seu **genoma** contém apenas 108 milhões de **pares de bases**, em comparação com os mais de 3 bilhões de pares de bases do genoma humano”.

Quadro VI.1. Aspectos da linguagem utilizada.

	Linguagem empregada				
Textos	Termos explicados	Termos não explicados	Metáforas	Analogias	Comparações
2007_1	X		X	X	
2007_2	X				
2007_3	X		X		X
2007_4	X			X	X
2007_5	X				X
2007_6	X		X		X
2008_1	X				
2008_2	X				
2008_3	X				
2008_4	X				
2008_5	X			X	X
2009_1	X				
2009_2	X				X
2009_3	X				
2010_1	X		X		X
2010_2		X		X	
2010_3	X				
2010_4	X				
2010_5		X			
2010_6	X				X
2011_1		X			
2011_2	X				X
2011_3	X				
2011_4	X				

Quanto aos recursos de linguagem, os mais encontrados foram as comparações (em 09 textos), seguido igualmente das analogias e metáforas (em 04 textos cada). As definições⁸ para comparação constam de uma figura de linguagem usada para confrontar qualidades ou ações de elementos. A relação entre esses elementos pode formar uma comparação simples ou uma comparação por semelhança, como visto no trecho do texto 2007_03 (**grifo próprio**):

*“Os dados finlandeses indicam que **a mortalidade infantil era muito maior em cidades do continente que nas ilhas localizadas no arquipélago** do mar da Finlândia. Uma razão para isso poderia ser o fato de as mulheres do continente serem as responsáveis pelo trabalho rural, levando à substituição precoce do leite materno pelo leite de vaca”.*

Já as metáforas são, em sua definição, uma figura de estilo, que consiste numa comparação entre dois elementos por meio de seus significados imagísticos, causando o efeito de atribuição "inesperada" ou improvável de significados de um termo a outro. Didaticamente, pode-se considerá-la como uma comparação que não usa conectivo (por exemplo, "como"), mas que apresenta de forma literal uma equivalência que é apenas figurada. Como visto no trecho do texto 2007_01 (**grifo próprio**):

*“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 ideia do relógio molecular pressupõe que algumas mudanças evolutivas ocorreram a uma taxa regular”.*

Por fim, as analogias são definidas como a semelhança entre coisas diferentes. Semelhança, na linguagem, se dá pela construção de ideias baseadas nas já existentes. Vemos um exemplo de um trecho presente no texto 2010_02: “Mas pessoas com danos na amígdala – parte do cérebro com forma de uma amêndoa”.

VI.1.3. Do funcionamento interno da Ciência e da relação com os demais eixos temáticos presentes nos textos publicados na SCIAM-BR de 2007 a 2011

O funcionamento interno da Ciência foi observado na maioria dos textos analisados. Estes são relacionados aos procedimentos apontados como metodologias de estudo para desenvolvimento e resultados das pesquisas apresentadas nos textos em questão.

Isso demonstra a preocupação do divulgador, e em grande parte do pesquisador, de apresentar as etapas metodológicas como forma conferir maior validação de seus estudos ali

⁸ As definições e conceitos sobre comparação, metáfora e analogia foram retirados do site: <http://www.dicionarioinformal.com.br>.

apresentados, além de diferenciar seu texto dos demais encontrados em outros meios de comunicação.

Entretanto, estas metodologias seguiram padrões diferentes, até porque, dentro de uma variedade de temas apresentados nos textos, seria muito ingênuo pensarmos um método científico unificado. Por exemplo, alguns textos apresentavam pesquisas num ponto de vista mais qualitativo que quantitativo. Vemos isto no texto 2007_02, onde a pesquisa em si ocorre numa análise de textos e registros antigos.

“Examinando registros de dois séculos de uma igreja finlandesa, Virpi Lummaa, da University of Sheffield, na Inglaterra, tem como provar: filhos homens reduzem a expectativa de vida da mãe, em média, em 34 semanas. Com o auxílio de genealogistas, a bióloga evolucionária finlandesa de 33 anos vasculhou livros com séculos de idade (e décadas em microfichas) em busca de certidões de nascimento, casamento e óbito – e pistas sobre a influência da evolução na reprodução humana”.

Quando nos concentramos nas relações estabelecidas entre os assuntos apreciados nos textos e outros eixos temáticos, vemos que em sua maioria, até mesmo por sua diversidade de temas abordados, se relacionam mais dentro da própria área das Ciências. O máximo que ocorre nestes textos é uma busca por conexões com os fatos relevantes socialmente dentro daquela pesquisa inicial, o que já é avanço significativo se pensarmos em uma Ciência mais palpável e próxima da sociedade.

As interlocuções com outros eixos, geralmente, estão associadas às áreas humanas de pesquisa, como a antropologia, filosofia e história. Quando associadas às áreas exatas, dialogam com a estatística e economia.

VI.1.4. As concepções sobre Natureza da Ciência presentes nos textos publicados na SCIAM-BR de 2007 a 2011

Como visto no capítulo introdutório sobre este item, as concepções e perspectivas acerca da Natureza da Ciência (NdC) presentes nos discursos de DC tendem a moldar ou, minimamente, influenciar a visão que o leitor pode ter em resposta ao tipo de NdC que se apresente nos textos.

Vimos também, que estas concepções não são aleatórias e permeia, em muitos casos, a formação acadêmica do divulgador, suas interações com outros pesquisadores e outras fontes de estudo, além de sua experiência pessoal de vida. Já que estas concepções geralmente vão de encontro a uma proximidade das crenças do divulgador sobre o item

analisado, vemos no quadro VI.2 um panorama resumido sobre tais características encontradas nos textos de base.

Quadro VI.2. Concepções acerca da NdC.

Textos	Concepções sobre a Natureza da Ciência
2007_1	O texto foi escrito por dois pesquisadores, mas os mesmos fizeram uma indicação de um conhecimento científico produzido coletivamente . Isso nos assegura uma ideia de construção conceitual e não de verdades absolutas ou de gênios isolados. A parte da contextualização histórica é pequena, mas precisa em seus pontos determinantes.
2007_2	O texto foi escrito por um jornalista sobre o trabalho de uma pesquisadora e sua equipe. Trás informações de pesquisas contrárias e outras corroborativas, indicando a falibilidade nesta elaboração. Isso causa interferência sobre como o conhecimento está sendo construído e que não se dá por gênios isolados . Entretanto, não apresenta um contexto histórico para tal produção e em alguns casos, se refere a descobertas e não à construção do conceito.
2007_3	O texto foi escrito por três pesquisadores que indicaram um histórico na produção do conhecimento científico abordado no texto. E não somente isto, mas também, buscaram informações em outros grupos de pesquisas para corroborarem e justificarem o tema de estudo. Não traz a ideia de verdades absolutas, apesar de não indicar contradições efetivas.
2007_4	O texto foi escrito por um pesquisador que indica o histórico das pesquisas sobre a construção do conhecimento específico do tema abordado. Com isso, demonstra a contribuição de diversos grupos de pesquisa europeus desde 1678. Não traz a ideia de verdades absolutas mesmo não fazendo alusão às contradições da pesquisa. Indica uma construção linear do conhecimento .
2007_5	A reportagem é escrita por dois pesquisadores que demonstram preocupação em informar o leitor de outras pesquisas realizadas no mesmo campo de estudo. Porém, apresentam os conhecimentos produzidos, em duas ocasiões, como ‘descobertas notáveis’ e ahistóricos . Como há indicação de ‘descobertas’, muito do que se é registrado consta como

	verdades absolutas.
2007_6	O texto foi escrito por um jornalista sobre o trabalho de uma pesquisadora. Em parte se ocupa em demonstrar suas constatações e em outra, seu trabalho em equipe. Traz informações sobre a construção dos conceitos por outros autores , porém, não faz uma referência histórica para tal processo. Demonstra também verdades absolutas e não falíveis.
2008_1	A notícia foi escrita por um jornalista com base em estudos publicados na revista <i>Nature</i> . Não há uma relação histórica sobre o tema, nem tampouco a construção do conhecimento que está sendo produzido.
2008_2	A reportagem é baseada numa entrevista de um pesquisador a uma jornalista. Não há indicativo histórico para a construção do conhecimento produzido, que não apenas do próprio entrevistado. Indícios de linearidade no transcorrer da apresentação dos estudos.
2008_3	O texto é escrito por um pesquisador brasileiro e demonstra uma correlação histórica dentro do tema apresentado. Há uma preocupação de como os conhecimentos são construídos . Entretanto, em poucos momentos, há uma indicação de verdades absolutas e de uma ciência ‘fantástica’ .
2008_4	A reportagem é escrita por pesquisadores brasileiros e indicam a formação dos conceitos de forma ahistórica e também, com aspectos ‘fantásticos’ sobre suas descobertas. O método científico é indicado em todo momento e os dados são apresentados de forma linear .
2008_5	A reportagem é escrita por pesquisadores brasileiros e que indicam a construção conceitual por em grupo de pesquisa e não por gênios isolados. Dá uma dimensão, mesmo que pouco expressiva, de um histórico dentro destas pesquisas . Ainda há um tratamento com um que fantástico sobre as ‘descobertas’ feitas.
2009_1	A reportagem é escrita por pesquisadores brasileiros e a pesquisa apresentada segue a identificação de uma construção conceitual ao trazer outros autores para a introdução do tema, onde estão dados fragmentados sobre a sua construção histórica recente , e apresentar seu grupo de pesquisa. Porém, grande parte desta construção se dá por ‘descobertas’ , já que este termo é utilizado em cinco circunstancias diferentes do texto.

2009_2	A reportagem é escrita por pesquisadores italianos e, a princípio, tenta aproximar o leitor do histórico das pesquisas ligadas ao tema abordado. Porém, esta impressão não passa a diante no decorrer do texto. Então, sua apresentação é pseudo-histórica . Entretanto, seu mérito está na não linearidade com que trata a pesquisa e sim, na noção de construção do conhecimento produzido , quando evidencia frequentemente a pesquisa da equipe de trabalho.
2009_3	A notícia é escrita por um pesquisador brasileiro e esta se apresenta ahistórica, sem a indicação de construção de conhecimentos por grupos de pesquisa e, como um modelo de verdades absolutas sobre tais conhecimentos apresentados.
2010_1	A reportagem é escrita por um pesquisador americano. São apresentadas características da construção humana e histórica de tal conhecimento, bem como a sua relação com a sociedade e cultura da época. Evidenciam-se a participação de grupos de pesquisa e resultados obtidos a partir de uma metodologia consistente. Debates de seus resultados com as pesquisas anteriores.
2010_2	Esta notícia não apresenta autoria, possivelmente, é de uma jornalista. São apresentadas visões distorcidas acerca da produção do conhecimento científico , sendo a mais recorrente aquela de que este conhecimento se dá pela produção isolada dos cientistas e sem considerar seu contexto de produção ou o histórico de tal. Há também a ideia de ‘descoberta científica’ sem apresentar ou detalhar a metodologia do estudo.
2010_3	Esta notícia é escrita por um jornalista norte-americano. Contexto de ‘descoberta’ por um pesquisador sem apresentar o histórico acerca das pesquisas neste tema, bem como a ausência de debates com as pesquisas correlacionadas.
2010_4	Esta reportagem foi escrita por pesquisadores brasileiros. Há relatos do contexto histórico de produção do conhecimento alvo da pesquisa, bem como a discussão dos dados e correlação destes com os aspectos da sociedade e seu desenvolvimento. A metodologia está descrita, contudo, existe um contexto de linearidade na produção de conhecimento, apesar de uma introdução histórica deste.

2010_5	Esta notícia foi escrita por uma jornalista. Apresenta uma pesquisa isolada sem seu contexto de produção , quer histórico quer social. A metodologia não está descrita e não há preocupação com o debate entre pesquisas relacionadas , sendo este pontual e sem um eixo de produção.
2010_6	A reportagem foi escrita por um pesquisador inglês e traz um bom embasamento histórico de sua construção e produção. Está imersa em seu contexto social e relaciona os dados obtidos com outras linhas de pesquisa anteriores e mais recentes sobre o tema. Identifica uma ciência falível , porém, com finalidades bem definidas.
2011_1	A notícia não apresenta autoria, mas deve ter sido escrita por um jornalista. Não há uma definição quanto ao contexto de produção do conhecimento descrito na notícia. Esta apresenta uma pequena citação do histórico de tais pesquisas. Não permite a identificação das características falíveis ou contestáveis da ciência.
2011_2	A notícia foi escrita por um pesquisador australiano. Apresenta uma boa concepção, pois aborda o histórico das pesquisas, indicando uma construção coletiva do conhecimento , compara seus dados aos de outros pesquisadores; identifica uma ciência parcial e falível, contestável e influenciável ; assim como permite identificar diversos processos para se chegar aos conhecimentos atuais.
2011_3	A reportagem foi escrita por uma pesquisadora norte-americana. A pesquisa caracteriza seu processo de construção histórica e relaciona seus resultados a outros grupos de pesquisadores. Apresenta a metodologia da pesquisa bem descrita e uma tendência à neutralidade , mesmo expondo os pontos falhos. Alguns resultados são apresentados como ‘descobertas intrigantes’ ou ‘não esperadas’ .
2011_4	A reportagem foi escrita por um jornalista. Apresenta o processo de construção histórico do conhecimento abordado e sua relação com a sociedade. Indica uma ciência falível e com dados controversos em algumas ocasiões.

Observando mais atentamente o quadro VI.2, descrevemos alguns resultados para melhor entendimento sobre como a revista SCIAM-BR apresenta ou evidencia os conceitos relativos à NdC.

Primeiramente, os jornalistas se destacam na produção de textos publicados nestas edições, sendo 09 dos 24 textos produzidos por eles. Mas estes são seguidos de perto por grupos de pesquisadores, ou pelo menos dois deles, que dividem a autoria destas publicações, sendo 08 dos 24 textos. Os demais, 07 dos 24 textos, tem como autor um único pesquisador. Vemos então, que não há uma predominância quando observamos os dados desta maneira.

Um segundo item de análise está em como o conhecimento é visto e apresentado no texto. Assim, temos que este pode ser demonstrado como sendo produzido coletivamente, por uma equipe de trabalho e até mesmo dialogando com outras pesquisas, ou apresentado como ‘verdades absolutas’, onde não se faz referência ao seu contexto de produção. Deste modo, temos 16 dos 24 textos analisados introduzindo que o processo de construção do conhecimento se deu coletivamente. Já em 08 dos 24 textos, há indicações de ‘verdades absolutas’ em relação à maneira como o conhecimento é indicado no texto.

O último item a ser considerado nesta análise é visão de Ciência propriamente dita e, forma consideradas as seguintes categorizações: apresentação linear do conhecimento, se o conhecimento produzido é histórico ou não (ciência ahistórica ou pseudo-histórica), se apresenta uma imagem falível da Ciência, se induz à crença de ‘gênios isolados’, se no contexto de produção científica são indicadas controvérsias das pesquisas sobre um determinado tema e se existem indícios que os conhecimento produzidos são ‘descobertas científicas’. Estas categorias não foram, em todos os casos, descritas em apenas um texto. Geralmente, aqueles que indicavam uma visão contrária àquelas apresentadas sobre NdC, poderiam incorrer em mais de uma categoria. Sendo assim, observamos que:

1º) a relação histórica desta construção de conhecimentos está presente em 14 dos 24 textos. Já os outros 10 textos, indicam uma visão ahistórica ou pseudo-histórica do conhecimento científico. A seguir, expomos uma visão histórica desta produção;

“Em 1979, antes de começar a minha pesquisa sobre a evolução dos avos, Milford H. Wolpoff, da University of Michigan, em Ann Arbor, publicou um artigo baseado em restos dentários, avaliando a idade dos neandertais de Krapina ao morrer. Os dentes molares irrompem em sequencia. Usando como guia um dos esquemas de erupção mais rápida observada no homem moderno, Wolpoff estimou que o primeiro, segundo e terceiro molares do homem de Neandertal surgiram em idades que se aproximavam dos 6, 12 e 15 anos, respectivamente. O desgaste pela mastigação se acumula em ritmo constante ao longo da vida e por isso, quando surge o segundo molar, o primeiro já tem 6 anos de desgaste e, ao nascer o terceiro, o segundo tem três anos de desgaste”. (Texto 2011_03).

2º) 05 dos 24 textos indicam uma linearidade do pensamento científico, como visto a seguir, num fragmento do texto 2010_04. “Esforços recentes de levantamento das espécies de

peixes das cabeceiras do Tietê realizado pelos pesquisadores do Núcleo Integrado de Biotecnologia revelam novos dados em relação ao conhecimento da fauna da região”;

3º) 04 textos indicam uma imagem de falibilidade da Ciência, enquanto 07 destes apresentam pesquisas controversas que auxiliaram a construção de uma visão científica mais real e condizente com a sociedade. A seguir, temos fragmentos do texto 2007_02 (falibilidade) e do texto 2010_01 (controvérsias), respectivamente;

“Os resultados são intrigantes”, comenta Kenneth Weiss, biólogo, antropólogo e geneticista da Pennsylvania State University. Ele observa que “se a propensão a ter gêmeos for genética, certamente há uma tendência seletiva, visando garantir a raridade dos casos. No entanto, alguns animais têm gêmeos rotineiramente”. Sobre essa contradição, ele acrescenta, “ainda que a observação esteja correta, é arriscado superestimar os efeitos dessa característica”. (Texto 2007_02).

“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 micro biótica, o que levanta a possibilidade de esses micro-organismos 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”. (Texto 2010_01).

4º) a ideia de ‘descobertas científicas’ e de ‘gênios isolados’ emergem de 09 e 03 textos, respectivamente. Assim, temos exemplos destes casos nos textos 2007_05 (descobertas) e 2009_3 (gênios isolados ou a ausência de demonstração trabalho em equipe e/ou diferentes grupos trabalhando o mesmo tema), como vemos, respectivamente nos fragmentos em seguida.

“Meus colegas e eu agora estamos investigando a base molecular dessa habilidade, enquanto outros buscam descobrir como o órgão sensorial se forma durante o desenvolvimento, e se nossos próprios ancestrais vertebrados eram capazes de detectar campos elétricos antes de deixar o mar. Mas todo esse trabalho ainda é preliminar. Aqui descrevo como os pesquisadores descobriram a eletro-recepção nos tubarões e sua importância para uma caçada bem-sucedida”.

“Em um estudo com ácaro-rajado em morangueiro, no Estado de São Paulo, o Instituto Biológico (IB-APTA), órgão da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, promoveu a liberação de ácaros predadores da espécie Neoseiulus californicus propiciando um bom controle da praga”.

VI.1.5. Os aspectos sobre a Evolução Biológica presentes nos textos publicados na SCIAM-BR de 2007 a 2011

Os aspectos ou características sobre Evolução Biológica estão resumidamente expostos no quadro VI.3. Estes se apresentam enquanto seus mecanismos evolutivos, se estes proporcionam as noções teleológicas ou de progresso e por fim, se seu contexto de produção foi central, auxiliar ou apenas citado nos textos analisados.

Quanto aos mecanismos evolutivos, 10 textos indicavam o processo de seleção natural, direta ou indiretamente, para explicar ou exemplificar tal item evolutivo. Em 13 textos, que podem ser aqueles mesmos que apresentaram o mecanismo de seleção natural, porém, os mecanismos foram outros. E em 10 textos, não há citação de nenhum tipo de processo evolutivo. É interessante notar que todos os textos foram pré-selecionados no *site* da revista SCIAM-BR com a palavra-chave Evolução Biológica e, ainda assim, quase metade deles não faz nenhuma alusão aos mecanismos evolutivos.

Os trechos a seguir são fragmentos que exemplificam tanto os processos de seleção natural quanto os demais mecanismos evolutivos.

“As línguas estão mudando constantemente”, ele notou. “Na evolução biológica foi dada bastante atenção a este fato, mas isso está acontecendo nos idiomas o tempo todo. Darwin comentou (em “A Descendência do Homem”) que as línguas estavam evoluindo com o tempo, da mesma forma que a especiação”. (2008_01).

“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”. (2009_01).

O segundo item observado foi se havia noções de ideais teleológicos ou de progresso presente nos textos analisados. Nestes foram visto que 10 textos indicaram informações que apontam para conceitos teleológicos. Já o conceito de progresso foi visto em um dos textos.

Quadro VI.3. Aspectos sobre a Evolução Biológica.

Textos	Mecanismos evolutivos			Noções de:		Contexto		
	Seleção natural	Outros	Sem citação	Teleologia	Progresso	Central	Auxiliar	Apenas citado
2007_1	X	X		X		X		
2007_2			X	X				X
2007_3	X	X					X	
2007_4			X					X
2007_5			X					X
2007_6	X	X					X	
2008_1	X						X	
2008_2		X		X		X		
2008_3	X	X				X		
2008_4			X	X				X
2008_5	X	X		X		X		
2009_1		X		X				X
2009_2			X	X				X
2009_3		X		X				X
2010_1			X					X
2010_2			X	X				X
2010_3			X					X
2010_4			X					X
2010_5		X					X	
2010_6	X	X		X	X	X		
2011_1			X					X
2011_2	X	X				X		
2011_3	X	X					X	
2011_4	X	X					X	

Com os trechos do texto 2010_02 e 2010_06 (**grifos próprios**), exemplificamos, respectivamente, as noções teleológicas e de progresso.

“Considerando que aversão à perda pode soar abstrata para um economista, segundo De Martino isso provavelmente reflete um mecanismo muito antigo no cérebro. ‘Pense em um animal. Ele precisa obter comida, mas ao mesmo tempo tem de se proteger dos predadores. Seria muito sábio para um animal avaliar ganhos e perdas em uma perspectiva de evolução’”.

*“Um grande aumento da longevidade realmente foi conseguido em vermes, moscas e ratos. Esses animais, com suas vidas curtas e rápidas, têm necessidade urgente de gerenciar seu metabolismo de modo a adaptá-lo rapidamente às circunstâncias diferentes. Nos vermes nematoides, por exemplo, a maior parte dos efeitos mais espetaculares sobre o tempo de vida resultou de **mutações que evoluíram para permitir-lhes mudar seu desenvolvimento de uma forma resistente ao estresse quando se encontrassem em um ambiente hostil e provavelmente precisassem viajar muito para encontrar melhores condições de vida.** Nós humanos, em todo caso, podemos não ter a mesma flexibilidade na alteração de nosso controle metabólico”.*

O último item analisado nos textos foi sobre o contexto em que o tema sobre Evolução Biológica se posicionava, se central, auxiliar ou apenas citado. Sendo que 06 dos 24 textos apresentavam um contexto central, 06 dos 24 textos apresentavam um contexto auxiliar e a metade deles, ou seja, 12 dos 24 textos apresentavam em seus contextos apenas citações ao tema mencionado. Esta última categoria emergiu das leituras e análises do texto e de seus títulos. A princípio, os títulos até podiam exprimir alguma ideia sobre os conceitos relacionados à Evolução Biológica, mas não se sustentaram ao longo desta análise.

VI.2. Discussão

VI.2.1. Sobre a autoria e publicações na revista SCIAM-BR e suas implicações na Divulgação e Alfabetização Científica.

Visto que na descrição dos resultados um dos primeiros assuntos que nos chama atenção é a autoria e a baixa frequência de publicações brasileiras na revista SCIAM-BR, neste item aprofundaremos esta investigação, buscando suas possíveis causas e motivações.

De acordo com Petian *et al* (2006, p. 09),

“o espaço reservado para divulgar acontecimentos relevantes relacionados à ciência desenvolvida no Brasil não passa de 20% do total da publicação (...) o número de fontes internacionais é aproximadamente 10 vezes maior que o número de fontes nacionais consultadas (...) no perfil editorial da revista, o país mais citado é os Estados Unidos. Os países da Europa vêm em seguida em número de citações”.

Os dados apresentados por eles corroboram os resultados de nossa pesquisa, uma vez que a representatividade de publicações brasileiras é baixa e é dado maior destaque a fontes de pesquisas norte-americanas.

Ainda, “foi observado que, por se dedicar mais à divulgação das grandes descobertas científicas, a *Scientific American Brasil* busca suas fontes nos países onde há mais investimento em pesquisa e mais resultados conclusivos” (PETIAN *et al*, 2006, p. 08).

Além disso, “parte significativa dos artigos sobre ciência que são publicados é constituída de traduções de textos comprados ou disponibilizados de jornais ou revistas do exterior” (MOREIRA E MASSARANI, 2002, p. 63). Mais uma vez, valorizam-se as pesquisas internacionais e subestima-se, de certa forma, a Ciência produzida no Brasil. Mas esta valorização estrangeira ou essa menor visibilidade ao que é de origem brasileira assume uma postura quase histórica em nosso país e se encontra enraizada no pensamento popular.

Segundo Izquierdo (2005, p. 113), “quando as pessoas leem ou quando alguém lhes apresenta alguma notícia científica, as pessoas acham que estamos nos referindo a algum país estrangeiro”. O autor ainda realizou uma pesquisa entre funcionários e alunos de pós-graduação de duas universidades brasileiras e os questionou sobre os países que apresentaram pesquisas de ponta nos últimos seis meses e os países citados foram: EUA, Japão, China, Argentina e Rússia. Esta nem sequer é a ordem exata ou os países que mais produzem tais pesquisas.

Izquierdo aponta ainda, que na América Latina, o Brasil está à frente da Argentina em termos de publicações, mas que prossegue a “crença generalizada de que ‘ciência é coisa de primeiro mundo’ ou, pelo menos, alheia ao país. Ignora-se ou não é levada a sério, a ciência feita no Brasil” (IZQUIERDO, 2005, p. 114).

Neste ponto nos voltamos para as motivações e ideais, tanto da Divulgação Científica (DC) quanto da Alfabetização Científica (AC) de modo a relacionar estas visões sobre a produção e as publicações da ciência brasileira vista pelos leitores e consumidores destas informações.

Sabe-se que a DC possui diversos objetivos e alguns deles complementam nossa argumentação. Segundo Albagli (1996, p. 02), existem os objetivos educacionais, cívico e de motivação popular para a DC. Dentro dos objetivos educacionais se destaca “a ampliação do conhecimento e da compreensão do público leigo a respeito do processo científico e sua lógica”. Já no objetivo para motivação popular, relacionada à AC, ele diz que esta se inter-relaciona com a “ampliação da possibilidade e da qualidade de participação da sociedade na formulação de políticas públicas e na escolha de opções tecnológicas (...). Trata-se de

transmitir informação científica que instrumentalize os atores a intervir melhor no processo decisório”.

Deste modo, identifica-se a necessidade de serem divulgadas as informações produzidas pelos pesquisadores brasileiros e que esta população esteja AC, para que assim, se inteirem e revertam seus conceitos iniciais sobre a ciência que se produz aqui.

“Primeiro, devemos fazer que os brasileiros leiam mais. Alfabetizar mais profundamente e melhor, hoje, 80% dos brasileiros são alfabetizados, mas deles, só 30% leem jornais ocasional ou diariamente, e 80% jamais leem ou lerão um livro. Ou seja, atualmente, 20% da população não lê nada, 56% leem pouco, e 84% não leem livros. Só 16% da população está realmente em condições de ler sobre ciência ou qualquer outro assunto. Sem público-alvo, não há campanha que funcione...”. (IZQUIERDO, 2005, p. 116).

Posteriormente a esta alfabetização mais efetiva da população, com programas de incentivos públicos por parte da escola e de outros meios, se faz necessário também, buscar uma mudança de pensamento sobre o que é e a importância da DC para os pesquisadores brasileiros.

“Nos últimos anos, embora tenha havido um interesse crescente no meio acadêmico relativo às atividades de extensão ligadas à divulgação científica, o quadro geral ainda é frágil. Tais atividades ainda são consideradas marginais e, na maioria das instituições, não influenciam na avaliação de professores e pesquisadores” (Moreira e Massarani, 2003, p. 64).

Além disso, muitas vezes a linguagem científica se distancia do público leitor, que por sua vez, enxerga na ciência um tipo de conhecimento intangível. Para Albagli (1996, p.03), “formulado desse modo, o problema leva toda a atenção da pesquisa crítica para a sociedade e a mídia. Os únicos problemas no âmbito da ciência estão relacionados a induzir os cientistas a comunicarem-se mais clara e interessadamente em termos leigos”.

Portanto, deve-se ter em mente que os fatores para a baixa representatividade de autores brasileiros em revistas como a SCIAM-BR apresentam várias e diferentes motivações. Desde aquelas relacionadas ao corpo editorial, passando pela forma histórica que a ciência produzida no Brasil é vista e valorizada pela sociedade e, finalizando com os porquês desta visão.

Estas podem ter suas justificativas, desde a forma em que a linguagem está representada nos textos escritos pelos cientistas, perpassando pelas políticas e práticas de AC e até mesmo, a importância dada pelos próprios pesquisadores para a divulgação de seus estudos que não seja apenas aos seus pares ou em revistas de maior visibilidade internacional.

VI.2.2. Sobre os recursos textuais e a linguagem presentes na revista SCIAM-BR e suas implicações sobre o entendimento do público leitor e a efetiva DC.

Um dos resultados observados foram os recursos textuais utilizados nos textos de DC presentes na revista SCIAM-BR. Estes variaram desde imagens, fotografias e ilustrações até *boxes* informativos sobre os autores ou seções de complementação textual. Um compromisso realizado pela revista SCIAM-BR é justamente em relação ao seu leitor. Este não é tratado como um consumidor de notícias, mas sim de ciência, já que, de acordo com Cunha e Giordan (2009, p. 06),

“Um texto de divulgação científica que é veiculado numa revista como a Ciência Hoje ou Scientific American, por exemplo, é diferente de um texto veiculado numa revista Galileu ou Super Interessante, porque cada uma destas revistas tem um interlocutor diferente que deseja atingir. Nas primeiras, um registro mais próximo da Ciência, nas segundas, um registro mais próximo do cotidiano das pessoas”.

A princípio, o interlocutor da revista SCIAM-BR, não necessitaria de tantos recursos que o envolvesse numa leitura, pois tenderia a ter facilidade nesta e sua finalidade não estaria diretamente relacionada ao aspecto lúdico do envolvimento leitor-notícia, que em muitas ocasiões, e dependendo do público leitor alvo de uma determinada publicação, se faz necessário. Concordamos, então, com os dizeres de Alferes e Agustini (2008, p. 07), onde “pode-se dizer que na DC há um público *a priori* específico: o público escolarizado, uma vez que o léxico utilizado denota certo conhecimento escolar por parte do público leitor de DC”.

Entretanto, Petian *et al* (2006, p. 06) nos trazem a informação de que “o uso de suportes discursivos tipográficos (*boxes*, fotografias, infográficos, ilustrações e outros elementos) é bastante recorrente na *Scientific American Brasil* (...) e as imagens conotativas são minoria”.

No entanto, os textos analisados dos anos mais recentes desta publicação (2010 e 2011) deixam de trazer as seções complementares, como ‘Conceitos-chave’ e ‘Para saber mais’. Isto pode ser devido a alguns fatores, como os custos da publicação, já que estas aumentam os textos em pelo menos uma página, quando este é uma reportagem ou até mesmo, por terem realizado uma pesquisa de opinião entre os leitores para avaliarem a relevância dada a estes itens. Porém, estas divagações são meramente especulativas, já que não há dados para discutir ou argumentar tal constatação.

Mas segundo estes mesmos autores, “a *Scientific American Brasil* utiliza os elementos gráficos com linguagem menos apelativa. Tais elementos servem mais como suporte enriquecedor para o leitor compreender o enunciado” (PETIAN *et al*, 2006, p. 07).

Pensando nas questões relativas à linguagem, foi visto que os termos utilizados, em sua maioria são explicativos e que “por meio dos enunciados (o que é dito) e da enunciação (como é dito) é possível compreender os significados sociais que permeiam o processo de produção” (PETIAN *et al*, 2006, p. 03) e que,

“embora esses mecanismos de enunciação se deem em outros lugares, na DC assumem um valor específico, dada a necessidade discursiva, referente à textualização (política) do discurso de DC, de determinar sentidos, como modo de amarrá-los e “garantir”, mesmo no nível imaginário de sua constituição, a compreensão desejada” (ALFERES E AGUSTINI, 2008, p. 08).

Vimos que diversos textos analisados fazem uso de elementos figurados como recurso de linguagem e que a

“informação é constituída de linguagem que se expressa por meio dos códigos. Estes, por sua vez, só podem ser compreendidos se inseridos na cultura à qual pertencem. Dessa forma, cada cultura possui um conjunto de códigos específicos para produzir a informação que gera a comunicação” (PECHULA, 2007, p. 217).

Esta comunicação, porém, está entremeada de recursos que orientem e facilitem a compreensão do texto por parte dos leitores. Em nossos resultados os recursos mais comuns são as comparações, seguidas pelas metáforas e analogias. A seguir, argumentamos os motivos para a colocação destes recursos e sua elevada frequência nos textos científicos. Petian *et al* diz que

*“É possível perceber a presença do sujeito discursivo nos chamados elementos didatizantes, um recurso para aproximar o leitor do assunto em questão, usando recursos metalinguísticos, como a definição, a nomeação, a exemplificação, a comparação, as metáforas e a parafraseagem” (PETIAN *et al*, 2006, p. 04).*

Há, então, uma aproximação, mesmo que não explicitamente, do leitor com o texto produzido a partir do que estes autores chamam de “elementos didatizantes”, que seriam justamente as figuras de linguagem, já que “os discursos são sempre constituídos e dirigidos a alguém – os interlocutores – eles não existem por si só, mas enquanto ato da enunciação” (CUNHA e GIORDAN, 2009, p. 05) e assim, requerem ser construídos para facilitar o acesso dos leitores ao conteúdo informativo que se deseja direcionar a tal público.

A figura de linguagem que se utiliza das comparações é definida quando “se compara um termo científico que se pretende definir com outro do discurso ordinário, visando delinear semelhanças, a fim de torná-las próximas do universo de conhecimento do sujeito-leitor” (ALFERES e AGUSTINI, 2008, p. 14).

Assim, segundo os mesmos autores, este efeito de comparação é muito usado na DC porque este “aparece em artigos de divulgação científica dada a necessidade discursiva, referente à textualização (política) da DC, de “traduzir” o saber científico, transpondo-o ao ordinário” (ALFERES e AGUSTINI, 2008, p. 18). Vemos que essa “necessidade discursiva” emerge simplesmente pelo fato do leitor, talvez, não estar habituado ou apropriando-se indevidamente do discurso científico ali presente.

As analogias utilizadas nos textos analisados são também responsáveis por essa ‘tradução’ do saber científico ao saber que se tornará mais popular no discurso da DC. “Esses enunciados ocorrem quando o termo análogo revela ideia de proporção, de correspondência, de semelhança ao outro termo. Vale ressaltar que a analogia se dá por sugerir semelhança de organização e/ou funcionamento entre elementos” (ALFERES e AGUSTINI, 2008, p. 16). Geralmente, os procedimentos textuais que se utilizam das analogias buscam identificar ao leitor um efeito de sentidos sobre os termos semelhantes, facilitando sua compreensão.

Em nossos resultados, as analogias e metáforas emergiram igualmente nos textos analisados. Entretanto, Duarte (2004 *apud* KEMPER, 2008, p. 111) aponta limitações ao uso das analogias. Para ele,

“(1) a analogia pode ser interpretada como o conceito em estudo ou dela serem apenas retirados os detalhes mais evidentes e apelativos, sem se chegar a atingir o que se pretendia; (2) pode não ocorrer um raciocínio analógico que leve à compreensão da analogia; (3) a analogia pode não ser reconhecida como tal, não ficando explícita a sua utilidade; (4) os alunos podem centrar-se nos aspectos positivos da analogia e desvalorizar suas limitações”.

Já as metáforas são também utilizadas nesta busca pela aproximação do leitor com texto produzido através de uma linguagem mais acessível. Porém, Bachelard (1996 *apud* NASCIMENTO, 2005, p. 10) sinaliza que podem ocorrer “obstáculos epistemológicos” devido ao uso indevido ou exacerbados dos recursos de linguagem, como as metáforas. Ao comentar esse obstáculo, ele “destaca o perigo do uso de metáforas para a formação do espírito científico, uma vez que nem sempre elas apresentam imagens passageiras; estas ‘levam a um pensamento autônomo; tendem a completar-se, a concluir-se no reino da imagem”.

Então, mesmo que a revista SCIAM-BR apresente em seu discurso os termos explicativos em referência ao tipo de DC que é ali proposta e que haja, mesmo não tão amplamente, as interferências do uso de figuras linguísticas, deve-se ressaltar que estas poderiam influenciar o leitor à aquisição de conceitos científicos de modo mais simplista do que realmente seriam. Portanto,

“há na divulgação científica, o embate permanente entre a necessidade de manter a integridade dos termos técnicos e conceitos para evitar leituras

equivocadas ou incompletas e a imperiosa exigência de se estabelecer efetivamente a comunicação, o que só ocorre com o respeito ao background sociocultural ou linguístico da audiência” (BUENO, 2010, p. 03).

Deste modo, o equilíbrio entre essas duas circunstâncias se mostra essencial. Isso deveria acontecer para que sejam construídos textos de DC que prezem tanto a facilidade de manter o leitor bem informado numa linguagem acessível e até mesmo cotidiana e também, não se tornem um recorte equivocado sobre um determinado tema abordado em um texto mais complexo que apresente a Ciência numa linguagem menos didática.

VI.2.3. Sobre as visões acerca da Natureza da Ciência (NdC) presentes na revista SCIAM-BR e suas implicações para a formação do pensamento científico do leitor.

Um dos eixos principais desta dissertação foi a análise dos textos quanto aos aspectos da Natureza da Ciência neles contidas. Vimos na introdução deste item, que as visões equivocadas da Ciência podem ocorrer por diferentes meios informativos e formativos, que vão desde as interações sociais e familiares, passando por sua escolarização, e até mesmo, a consolidação desta a partir de seus contatos com os conhecimentos presentes em diversas mídias. Todo este conjunto pode ser capaz de gerar leitores com distorções acerca da Ciência que o rodeia. Segundo Briccia e Carvalho (2011, p. 02), diversos autores “também apontam que distorções sobre a ciência se encontram em diversos instrumentos de ensino, como em livros didáticos, textos, exercícios, questionários, entrevistas, entre outros”.

Mais uma vez iniciaremos esta argumentação a partir da construção textual por parte dos divulgadores, quer jornalistas quer cientistas. “Apesar da comunicação para esse tipo de público também ser realizada por cientistas, percebe-se que grande parte dos textos de divulgação tem sido elaborada por jornalistas havendo colaboração ou não de especialistas” (NASCIMENTO, 2005, p. 04) e nisto encontramos coerência para os nossos resultados acerca da produção dos textos de DC.

Mesmo assim, grande parte dos divulgadores da Ciência se utiliza de uma subjetividade em relação ao seu posicionamento enquanto sujeito e escritor. Isso porque, geralmente,

“nos textos científicos são utilizados elementos de construção que promovem o apagamento do sujeito no texto, enquanto ser ideologicamente constituído. Entretanto, esse apagamento é ilusório, pois o sujeito-autor – histórica e ideologicamente constituído – deixa no seu texto “pistas” que refletem sua presença enquanto sujeito que se inscreve no discurso” (CUNHA e GIORDAN, 2009, p. 02).

Os autores/divulgadores, apesar dos esforços para fazerem valer o 'apagamento do sujeito', deixam traços de impressões sobre a visão de Ciência que julgam mais coerentes com seus próprios pensamentos, mesmo que implicitamente ou até inconscientemente. Por isso, Forato *et al* (2011, p. 36) comentam que

“muitas vezes, as entrelinhas de um texto sugerem uma visão de Ciência diferente daquela que se busca defender. Algumas concepções arraigadas acabam por surgir furtivas em breves comentários ou adjetivos revelando juízos de valor que comprometem o resultado final de um trabalho, no que diz respeito às imagens de Ciência e seu funcionamento”.

E assim, mesmo que não se dê conta, o autor já está subjetivamente indicando suas intencionalidades e as transferindo ao leitor. “Não é à toa que predomina em nossa sociedade uma imagem de ciência como um saber pautado em parâmetros de cientificidade das ciências exatas, biológicas e biomédicas: conhecimento acumulativo, sistematizável e atemporal” (ALFERES E AGUSTINI, 2008, p. 02). Deste modo, não devemos considerar somente as revistas de DC como os únicos meios para promoção destas visões sobre a Ciência.

De acordo com nossos resultados, a maioria dos textos analisados indica que os conhecimentos científicos estão sendo construídos coletivamente e, poucos são os que apresentam os conhecimentos como ‘verdades absolutas’. Então, a princípio, os leitores teriam uma visão mais coerente da NdC, mas isto não está totalmente de acordo com os dados da literatura já que, segundo Briccia e Carvalho (2011, p. 02), “muitos trabalhos demonstram que estudantes e até mesmo professores, independentemente do nível de atuação, possuem, em geral, concepções inadequadas sobre a ciência e sobre os cientistas”.

Como visto em nossa introdução, os leitores não podem ser vistos ou tomados como indivíduos que não trazem nenhum conhecimento. Pelo contrário, devemos considerar previamente seus conhecimentos, ditos de senso comum sobre os mais diversos assuntos, para que a partir de então, se torne mais efetivo o processo de AC.

Até porque, combater visões não adequadas e tentar fazer com que estudantes e até mesmo professores possuam uma visão mais ampla do conhecimento científico faz parte também de um processo de AC, no sentido de criar uma maior compreensão da NdC e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática (Sasseron e Carvalho, 2008).

Para alguns autores, deve-se mudar este paradigma, do senso comum para o pensamento científico e de certa forma, apagar o pensamento anterior. Nisto, desconsidera-se esta ‘bagagem’ individual e pode ser que esta AC não seja consolidada, uma vez que os indivíduos possuem suas crenças, seus valores sociais e familiares e as mantêm. Tais conhecimentos devem, portanto, ser construídos num processo gradual de AC. Para Briccia e

Carvalho (2011, p. 05), “devemos também estar atentos para que nossos estudantes construam conhecimentos adequados sobre a Ciência, o que deve envolver um rompimento de concepções de senso comum”.

Porém estes conhecimentos se tornarão efetivos quando houver a “desmistificação da Ciência enquanto ‘assunto vedado aos não iniciados’ para a ruptura com uma metodologia própria ao senso comum e às concepções espontâneas e, para, finalmente, estabelecer uma ponte para as primeiras modificações conceituais” (CASTRO E CARVALHO, 1992 *apud* BRICCIA e CARVALHO, 2011, p. 07).

Ainda, em nossos resultados sobre as visões de NdC presentes nos textos analisados, vimos que não há uma predominância enquanto a apresentação da historicidade da Ciência nos textos. Parte apresenta a História da Ciência dentro de um tema e outra parte, apresenta uma Ciência ahistórica ou pseudo-histórica. Assim temos uma visão de Ciência rígida, ahistórica por parte dos leitores.

*“Muito ligada a essa visão rígida, podemos mencionar a **visão aproblemática** e **ahistórica** (portanto, **dogmática** e **fechada**): 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).*

Em algumas ocasiões, os textos se limitavam a apresentar um contexto histórico de produção do conhecimento científico como sendo “um tipo de calendário, repleto de datas, nomes e descobertas geniais. É fácil perceber que a imagem de ciência e de sua construção conflita diretamente com a visão perseguida como adequada pelas pesquisas em ensino de ciências” (FORATO et al, 2011, p. 39).

Quando no processo de AC se encontra arraigada a História da Ciência e, desta forma os leitores tem plenas condições de compreender melhor as características da NdC, esta possui potencialidades de apresentar “uma ciência dinâmica e viva, discutindo-se a construção de um determinado conhecimento desde sua gênese até sua concepção atual, sem esquecer que este mesmo conhecimento pode estar sujeito a alterações futuras, concordando assim com a ideia de construção” (MOREIRA E OSTERMANN, 1993 *apud* BRICCIA e CARVALHO, 2011, p. 07).

Um embasamento na História da Ciência para uma visão de NdC mais coerente é possível, já que esta pode “apresentar uma imagem menos utópica da Ciência e dos cientistas; gerar mais interesse pelo estudo da ciência; melhorar o clima e a participação no processo de ensino-aprendizagem” (SOLBES e TRAVER, 2001, p. 152).

Outros aspectos sobre a NdC também foram apresentados em nossos resultados. Vimos que, mesmo em uma pequena parte, alguns textos indicavam a construção do pensamento científico de forma linear. Isto se torna um problema à medida que renega as controvérsias geradas no meio científico e acadêmico para que aconteça a validação e a apropriação de um determinado conhecimento. Esta linearidade também é somada a poucos episódios ou aos mais marcantes historicamente sobre uma construção de um conhecimento científico. Segundo Gil Pérez *et al* (2001, p. 132 e 133), esta deformação da Ciência é a segunda menos citada nos estudos realizados com os professores e

“essa visão deformada é, de certo modo, complementar da que denominamos visão rígida, embora devam ser diferenciadas: enquanto a visão rígida ou algorítmica se refere à forma como se concebe a realização de uma dada investigação, a visão acumulativa é uma interpretação simplista da evolução dos conhecimentos científicos, para a qual o ensino pode contribuir ao apresentar os conhecimentos hoje aceites sem mostrar como eles foram alcançados, não se referindo às frequentes confrontações entre teorias rivais, às controvérsias científicas, nem aos complexos processos de mudança”.

Desta forma, também é passada uma imagem de Ciência sem controvérsias ou discussões sobre os temas já aceites atualmente. Este é mais uma aspecto perigoso quando se pretende abordar a construção do pensamento e conhecimento científico durante um processo de AC. Isso porque demonstra uma Ciência sem conflitos ou já encerrada em suas ideias, onde

“tais narrativas trazem uma seleção apenas dos fatores que contribuem para uma reconstrução ordenada das etapas da criação de teorias e conceitos científicos aceites pela ciência contemporânea. As ideias e os acontecimentos do passado são organizados como se o desenvolvimento da ciência seguisse etapas encadeadas logicamente, cujo resultado final seria fatalmente encontrado” (FORATO, et al, 2011, p. 38).

Então, não se abre espaço para o diálogo destas formações conceituais. Em contrapartida, deve-se ter cuidado ao apresentar tais controvérsias, uma vez que pode se tender a uma bipolarização entre teorias ditas rivais e enraizar um conceito de certo ou errado.

“Recordemos, por exemplo, da forte oposição às concepções unitárias em Astronomia (heliocentrismo), em Biologia (evolucionismo) ou em Química Orgânica (síntese orgânica). Em todo caso, a desvalorização e mesmo o esquecimento dos processos de unificação como característica fundamental da evolução dos conhecimentos científicos constitui um verdadeiro obstáculo na educação científica habitual” (GIL PÉREZ et al, 2001, p. 132).

O último item dos resultados sobre as visões de NdC presentes nos textos analisados, versa sobre a ideia de ‘descobertas’ realizadas, em muita ocasiões, por ‘gênios isolados’. Essas são visões complementares, uma vez que, implicitamente, para validar o pensamento

dos ‘grandes gênios’ são apresentados seus estudos e resultados de pesquisas como suas ‘grandes descobertas’.

Segundo Gil Pérez *et al* (2001, p. 134) “parece razoável, por exemplo, que uma visão individualista e elitista da ciência apoie implicitamente a ideia empirista de “descoberta” e contribua, além do mais, para uma leitura descontextualizada e socialmente neutra da atividade científica”. E assim, se consolidem no imaginário popular, quer do leitor, dos estudantes ou professores, duas visões distorcidas sobre todo processo de construção do conhecimento científico. “Assim, essas concepções aparecem associadas entre si, como expressão de uma imagem global ingênua da ciência que se foi decantando, passando a ser socialmente aceita” (GIL PÉREZ *et al.*, 2001, p. 134).

Corre-se o risco de distanciar mais o estudante, leitor e cidadão da área científica, já que estas visões contribuem para um imaginário de cientista/pesquisador solitário, isolado socialmente e neutro em seus posicionamentos. Ainda reforça a ideia de Ciência feita e direcionada a uma elite intelectual, composta por ‘mentes brilhantes’ que são privilegiadas socialmente e em seu acesso à educação. Mais uma vez, arrisca-se o próprio pensar e fazer científico, pois através de ‘descobertas’, o trabalho não parece tão árduo e seus resultados surgem quase como acontecimentos ao acaso. Uma pequena parte pode até ser assim, mas não o todo. O trecho a seguir representa bem esta argumentação.

*“Muitas vezes insiste-se explicitamente em que o trabalho científico é um domínio reservado a minorias especialmente dotadas, transmitindo-se assim expectativas negativas à maioria dos alunos, com claras discriminações de natureza social e sexual (a ciência é apresentada como uma atividade eminentemente “masculina”). Contribui-se, além do mais, para esse elitismo escondendo o significado dos conhecimentos por meio de apresentações exclusivamente operativas. Não se faz um esforço para tornar a ciência acessível (começando com tratamentos qualitativos, significativos), nem para mostrar o seu carácter de construção humana, em que não faltam hesitações nem erros, situações semelhantes às dos próprios alunos” (GIL PÉREZ *et al*, 2001, p. 133).*

Portanto, para se assumir visões menos ingênuas e mais coerentes sobre o fazer científico e em relação a própria estrutura da Ciência, deve-se considerar esta “como um empreendimento humano, mediante a compreensão da construção sócio histórica do conhecimento, articulando conteúdos científicos, históricos e da abordagem explícita da NdC” (FORATO *et al*, 2011, p. 53).

VI.2.4. Sobre os aspectos da Evolução Biológica presentes na revista SCIAM-BR e suas implicações para uma visão mais coerente da Ciência.

Em nossos resultados enfatizamos algumas características relevantes sobre o tema Evolução Biológica para a análise dos textos na revista SCIAM-BR pela perspectiva da NdC num contexto de DC. Vale ressaltar que todos os textos selecionados no *site* da revista contaram como palavra-chave a Evolução Biológica para uma busca inicial.

As características observadas na análise se encontravam no âmbito dos mecanismos evolutivos, as noções de teleologia e/ou progresso e seu contexto no referido texto.

Sobre os mecanismos evolutivos destacamos a seleção natural, os demais mecanismos e aqueles que não foram citados. Grande parte dos textos se encaixava neste quesito último. Falava sobre a evolução, mas não citava seus mecanismos. A outra parte dos textos apresentava a seleção natural e outros mecanismos evolutivos, tais como as mutações e migrações. Percebe-se uma grande mistura quanto aos conceitos presentes na teoria darwinista e na teoria sintética da evolução. Porém, os primeiros conceitos estão mais arraigados nos textos analisados.

Se extrapolarmos para a visão que se tem sobre estes conceitos que formaram atualmente a ideia que se tem sobre a evolução dos seres vivos, parte do imaginário popular está presa à teoria darwinista. Isto porque,

“toda a ciência clássica pode interpretar-se como a superação de supostas barreiras, a integração de domínios separados (pelo sentido do senso comum e pelos dogmas). Pensemos na teoria da evolução das espécies; (...) em toda a controvérsia que atravessa a 1ª metade do século XX entre fixistas e mobilistas (...) como paradigma das Ciências da Terra (GIL PÉREZ et al, 2001, p. 135).

Mesmo se partirmos das implicações que isso traz às visões de NdC, principalmente sobre seu contexto de produção, o contexto histórico de tal produção deve ser considerado. No caso, esta parte clássica da Ciência estava centrada nas controvérsias e polarizações até o definitivo estabelecimento de seus conceitos, pelo menos até aquela ocasião.

Como visto na introdução, as polarizações lamarckista (corrente francesa) ou darwinista (corrente inglesa), fixista ou mobilista, teleológica e/ou progressistas contribuíram para a formação dos atuais conceitos evolutivos. A seleção natural de Darwin ganhou mais espaço, até porque, os livros didáticos fazem poucas alusões à teoria sintética da evolução e sim, marcam fortemente o atrito dos conceitos de Lamarck-Darwin.

“A teoria do biólogo francês seria errada e o biólogo inglês teria conseguido produzir a correta explicação da evolução. Seus conceitos, portanto, seriam totalmente distintos. Essa concepção tem sido repetida há longo tempo pelos textos de divulgação científica e até mesmo pelos livros didáticos de Biologia.

Essa oposição foi utilizada, em fins do século XIX e início do século XX, para classificar autores que escreviam sobre a evolução” (FREZZATTI Jr, 2011, p. 01).

Já sobre as noções de teleologia e progresso dentro da teoria evolutiva, vimos que a maioria dos textos apresentaram ideias teleológicas, apenas um deles traz a ideia de progresso. Nesta última concepção, “havia uma mudança de pior para melhor, de inferior para superior. Tal ideia de progresso requer, não só uma teoria de direção, como um juízo moral” (OLIVEIRA, 1998, p. 55).

As concepções teleológicas fazem parte de um conjunto de ideias presentes desde a antiguidade e que, até os dias atuais, rondam o pensamento de senso comum por parte dos alunos de diferentes níveis de escolarização, leitores e até mesmo professores. “Apesar de o pensamento teleológico datar da idade antiga, foi ao ser combinado com o dogma cristão que ele se tornou o conceito predominante da ciência nos séculos XVII e XVIII, sendo muito difundido na primeira metade do século XIX” (MAYR, 1998 *apud* GASTAL *et al*, 2009, p. 02). Ainda, segundo Gastal *et al* (2009, p. 03), “a rejeição da teleologia é um dos passos para a biologia se caracterizar como uma ciência autônoma. Contudo, estudos recentes mostram que a evolução biológica ainda é vista por muitos, como um processo de *melhoramento*, *progresso* com o fim de *aperfeiçoamento*”.

Tais ideias podem se constituir em obstáculos epistemológicos. De acordo com Bachelard (1996, p.17 *apud* GASTAL *et al*, 2009, p.02). “o ato de conhecer dá-se contra um conhecimento anterior. Tal conhecimento que, neste caso, afirma haver uma direção no processo evolutivo, direção essa que aponta para o progresso e a melhora”.

Estas ideias sobre os obstáculos epistemológicos encontram espaço principalmente na área de ensino de Ciências, pois alguns estudos apontam que os alunos permanecem com os seus pensamentos iniciais de progressão e funcionalidade, mais relacionados ao pensamento lamarckista do que o darwinista ou neodarwinista.

“através de entrevistas e questionários aplicados aos estudantes do ensino paulista, constatou o mesmo tipo de explicações de cunho “lamarckista” para os mecanismos do processo evolutivo, ressaltando o significado da Evolução que parece ser muito mais amplo, estando suas ideias relacionadas com progresso, crescimento e melhoramento dos seres vivos, principalmente do homem” (BIZZO, 1991: VI apud ALMEIDA e DA ROCHA FALCÃO, 2005, p. 27).

Conclusões

A partir das discussões dos resultados e dos diálogos estabelecidos com a parte teórica presente na introdução da pesquisa, concluímos os itens categorizados segundo sua ordem de resultados e discussões

Quanto à linguagem e aos recursos textuais, mesmo sendo uma versão brasileira da revista, a representatividade das pesquisas nacionais são pequenas comparadas às traduções de pesquisas internacionais.

Assim, percebe-se uma predominância de textos traduzidos, principalmente aqueles produzidos por pesquisadores norte-americanos, na publicação em sua versão brasileira. Isso nos traz duas impressões. A primeira delas é que uma revista pode ter uma diversificação quanto as suas fontes, o que a torna mais rica e diversificada, até mesmo em sua linguagem. Mas em contrapartida, a segunda impressão é que valorização ou visibilidade dada à pesquisa brasileira é pequena, podendo ser considerada menos importante ou menos expressiva.

Além disso, todos os textos que apresentavam a seção ‘Para saber mais’, contendo outras indicações de textos para aprofundamento dos temas apresentados nos mesmos, em sua maioria, estavam publicados em inglês e em revistas internacionais. Desta forma, caímos no argumento usado no paragrafo anterior, sobre suas vantagens e desvantagens deste item.

Ainda é interessante notar, que os textos dos anos mais recentes (2010 e 2011) sequer apresentam estas seções descritas anteriormente e se limitam, quando muito, ao *box* informativos sobre o autor. E em se tratando destes, os mesmos compõe em grande parte, a autoria dos textos analisados.

Porém, observamos os textos escritos por um único autor e assim, temos 16 dos 24. Isso pode se tornar um ponto controverso, se entendemos que a visão particular de um autor está influenciando a escrita de um texto inteiro e sem sofrer as apreciações por outras partes ou outros autores.

Quanto ao funcionamento da Ciência e sua relação com os demais eixos, tem-se que na maioria dos textos, também observa-se a preocupação do divulgador em apresentar o funcionamento interno da Ciência, basicamente em suas metodologias de pesquisa. Parece que esta predisposição do divulgador em apresentar sua metodologia, também se relaciona ao que se espera do leitor sobre sua compreensão em relação às perspectivas do trabalho científico e não imaginar que os resultados destas ocorram ao acaso, apesar de muitos dos textos analisados apresentarem a palavra ‘descoberta’ para indicar um novo dado na pesquisa realizada.

Quanto aos aspectos relacionados à Natureza da Ciência (NdC), temos a ideia de que há uma construção coletiva dos conhecimentos apresentados e poucos conhecimentos são apresentados como 'verdades absolutas'. Assim, este item se torna positivo dentro do contexto da revista SCIAM-BR, pois demonstra uma preocupação, em identificar ao leitor como tal conhecimento que está apresentado em um determinado texto foi elaborado. Isso também desconstrói esta distorção sobre uma Ciência absoluta em suas verdades e quase dogmática.

Em relação à apresentação dos conhecimentos como construção histórica, tem-se que parcialmente há esta visão histórica e crítica e a outra parte, se baseia em pseudo-histórica ou ahistórica, sendo que poucos textos (respectivamente 05 e 04 deles) apresentaram a ideia de uma Ciência linear e falível, o que se torna contraditório com o quadro teórico introdutório e alguns textos (09 deles) indicam a ideia de 'descobertas científicas', enquanto 03 deles, apresentam o ideal de 'gênios da Ciência'.

Em relação às características da Evolução Biológica, viu-se que há uma predominância na utilização do mecanismo de seleção natural e outros destes para explicar a Evolução dos seres vivos. Seno que 10 dos textos analisados apresentavam noções referentes ao pensamento teleológico para explicar parte de como a Evolução Biológica atua e atuou sobre os seres vivos e, metade dos textos analisados não continham citações ao tema da Evolução Biológica. Apenas 06 deles apresentaram citações diretamente relacionadas ao tema proposto.

Referências Bibliográficas

- ACEVEDO-DÍAZ, J.A., VÁZQUEZ-ALONSO, PAIXÃO, M.F., ACEVEDO-ROMERO A., OLIVA, J.M. e MANASSETRO-MAS, M.A. “Mitos da didática das Ciências acerca dos motivos para incluir a Natureza da Ciência no Ensino das Ciências”. **Ciência & Educação**, v. 11, n. 1, pp. 1-15, 2005.
- ALBAGLI, S. “Divulgação científica: informação científica para a cidadania?” **Ci. Inf., Brasília**, v. 25, n. 3, pp.396-404, set./dez. 1996.
- ALFERES, S.C. e AGUSTINI, C.L.H. “A escrita da Divulgação Científica”. 2008.
Disponível em www.seer.ufu.br. Acesso em 16 de novembro de 2012.
- ALMEIDA, A.V. e DA ROCHA FALCÃO, J.T. “A estrutura histórico-conceitual dos programas de pesquisa de Darwin e Lamarck e sua transposição para o ambiente escolar”. **Ciência & Educação**, v. 11, n. 1, pp. 17-32, 2005.
- ARIZA, F.V. e MARTINS, L.A.C.P. “A Scala Naturae de Aristóteles no tratado De Generatione Animalium”. **Filosofia e História da Biologia**, v. 5, n. 1, pp. 21-34, 2010.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE IMPRENSA (ABI).
Disponível em: <http://www.abi.org.br/paginaindividual.asp?id=957>. Acesso em: 03 de abril de 2012.
- AULER, D. e DELIZOICOV, D. “Alfabetização Científico-Tecnológica para quê?” **ENSAIO – Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 03, n.01, pp. 1-20, 2001.
- BARDIN, L. *Análise de Conteúdo*. Tradução: Luís Antero Reto e Augusto Pinheiro. Lisboa: Edições 70, 1977.
- BERTOLLI, C. “A Divulgação Científica na mídia impressa: as Ciências Biológicas em foco”. **Ciência & Educação**, v. 13, n. 3, pp. 351-368, 2007.
- BOGDAN, R.C. e BIKLEN, S.K. *Investigação Qualitativa em Educação*. Porto Editora, 1994.
- BRAGA, M.; GUERRA, A.; REIS, J.C. *Darwin e o pensamento evolucionista*. São Paulo: Atual, 2003. – (Ciência no tempo)
-
- _____. *Breve história da Ciência Moderna*, volume 2: das máquinas do mundo ao universo-máquina, 3ª edição – Rio de Janeiro: Zahar, 2010.
- BRICCIA, V. e CARVALHO, A.M.P. “Visões sobre a natureza da ciência construídas a partir do uso de um texto histórico na escola média”. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v.10, n.01, pp.1-22, 2011.
- BUENO, W.C. “Comunicação Científica e Divulgação Científica: aproximações e rupturas conceituais”. **Inf. Inf.**, Londrina, v. 15, n. esp., pp. 1-12, 2010.
- CASTRO, M.A.B. “Aristóteles e o pensamento evolucionista”. **Theoria - Revista Eletrônica de Filosofia**. v.03, n. 07, pp. 15-34, 2011.
- CERQUEIRA, A.V. Representações sociais de dois grupos de professores de Biologia sobre o ensino de Origem da Vida e Evolução Biológica: aspirações, ambiguidades e demandas profissionais. Dissertação de M.Sc., Universidade Federal do Rio de Janeiro, NUTES. 90p. Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2009.

- CUNHA, M.B. e GIORDAN, M. "A Divulgação Científica como um gênero de discurso: implicações na sala de aula". In: VII ENPEC (Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências). 2009.
Disponível em www.foco.fae.ufmg.br/pdfs/89.pdf. Acesso em 21 de setembro de 2012.
- EPSTEIN, I. Divulgação científica: 96 verbetes. Campinas: Pontes, 2002.
- ESTEVES B., MASSARANI L. e MOREIRA I.C. "Ciência para Todos - análise de um suplemento de divulgação científica (1948-1953)". In: 9º Seminário Nacional de História da Ciência e da Tecnologia, Rio de Janeiro.2003.
- FORATO, T.C.M., PIETROCOLA, M. E MARTINS, R.A. "Historiografia e Natureza da Ciência na sala de aula". **Cad. Bras. Ens. Fís.**, v. 28, n. 1, pp. 27-59, 2011.
- FREIRE JÚNIOR, O. "Divulgação Científica globalizada: potencialidades e riscos". **Scientiæ Studia**, v. 3, n. 4, pp. 711-714, 2005.
- FREZZATTI JÚNIOR, W.A. "A construção da oposição entre Lamarck e Darwin: o caso de um estudo de 1911 sobre a relação de Nietzsche com as teorias biológicas de sua época". **Scientiæ Studia**, v. 9, n. 4, pp. 791-820, 2011.
Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ss/v9n4/a04.pdf>. Acesso em 12 de novembro de 2012.
- GASTAL, M.L.; GOEDERT, D.; CAIXETA, F.V.; SOARES, M.N.T. "Progresso, adaptação e teleologia em evolução: o que aprendemos, o que entendemos e o que ensinamos?". In: VII ENPEC (Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências). 2009.
- GERMANO, M.G. e KULESZA, W.A. "Popularização da Ciência: uma revisão conceitual". **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 24, n.01, pp 7-25, 2007.
- GIL PÉREZ, D.; MONTORO, I.F.; ALÍS, J.C.; CACHAPUZ, A.; PRAIA, J. "Para uma imagem não deformada do trabalho científico". **Ciência & Educação**, v.7, n. 02, pp.125-153, 2001.
- GOMES, R. *A análise de dados em pesquisa qualitativa*. In: MINAYO, M. C. de S. (org). Pesquisa Social: teoria, método e criatividade. 14ª ed. Petrópolis: Vozes, 1999, pp. 67-80.
- GOLÇALVES, E.M. "Divulgação Científica da pesquisa brasileira: um diagnóstico da revista Scientific American Brasil". **Contemporânea**, vol. 6, n. 01, pp. 1-30, 2008.
- GUIMARÃES, E. "Linguagem e conhecimento: produção e circulação da Ciência". **Revista Rua**, v. 2, n. 15, pp. 5-15, 2009..
- GRILLO, S.V.C. "Divulgação científica na esfera midiática. **Revista Intercâmbio**, v. 15, pp. 1-10, 2006.
- IZQUIERDO, I. "Aumentando o conhecimento popular sobre a Ciência". In: Seminários temáticos para a 3ª Conferência Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação. Parcerias estratégicas, pp. 1-554, Brasília, DF, Brasil, 2005.
- KEMPER, A. A Evolução Biológica e as Revistas de Divulgação Científica: Potencialidades e limitação para o uso em sala de aula. Dissertação de M.Sc. em Educação. Faculdade de Educação. Universidade de Brasília, Brasília, Brasil, 2008.
- LIMA, M.T., NEVES, E.F. e DAGNINO, R. "Popularização da ciência no Brasil: entrada na agenda pública, de que forma?" **Journal of Science Communication** (SISSA – International School for Advanced Studies), v.7, n. 4, pp. 1-8. 2008.

- MACEDO, M.G. Do texto ao hipertexto: argumentação e legibilidade nos discursos da divulgação científica. Tese de Doutorado. Pós-Com, UNESP, São Paulo, SP, Brasil, 2002.
- MARANDINO, M. *et al.* "Controvérsia Científica, Comunicação Pública da Ciência e Museus no bojo do movimento CTS". **Ciência & Ensino**, número especial, v.01, pp. 1-12, 2007.
- MARTINS, L.A.C.P. "A História da Ciência e o Ensino da Biologia". **Ciência & Ensino**, debate, n. 05, 1998.
- MARTINS, R.A. "O que é ciência, do ponto de vista da epistemologia?" **Caderno de Metodologia e Técnica de Pesquisa**, n. 09, pp. 05-20, 1999.
Disponível em: www.ifi.unicamp.br. Acesso em 02.12.2012.
- MARTINS, M.F. "O discurso da Ciência na contemporaneidade: 'nada existe a menos que observemos'". **Revista Rua**, v. 02, n.15, pp. 98-116, 2009.
Disponível em: <http://www.labeurb.unicamp.br/rua/> Acesso em 05.03.2012.
- MASSARANI, L. A divulgação científica no Rio de Janeiro: Algumas reflexões sobre a década de 20. Dissertação M.Sc., Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 1998.
- _____ e MOREIRA, I.C. "A divulgação científica no Rio de Janeiro: um passeio histórico e o contexto atual". **Revista Rio de Janeiro**, Dossiê temático, n. 11, pp. 38-69, set.-dez, 2003.
- _____. "Divulgación de la ciencia: perspectivas históricas y dilemas permanentes". **Quark**, Barcelona, n. 32, 2004.
- MATTEWS, M.R. "História, Filosofia e Ensino de Ciências: a tendência atual de reaproximação". **Cad. Cat. Ens. Fís.**, v. 12, n. 3, pp. 164-214, 1995.
- MEGLHIORATTI, F.A., CALDEIRA, A.M.A. e BORTOLOZZI, J. "Recorrência da ideia de progresso na história do conceito de evolução biológica e nas concepções de professores de biologia: interfaces entre produção científica e contexto sociocultural". **Filosofia e História da Biologia**, v. 1, pp. 107-123, 2006.
Disponível em: http://www.abfhib.org/FHB/FHB-01/FHB-v01-06-Fernanda-Meglhioratti_et-al.pdf. Acesso em 10 de junho de 2011.
- MOREIRA, I.C. e MASSARANI, L. Aspectos históricos da Divulgação Científica no Brasil. In: Ciência e público: caminhos da divulgação científica no Brasil. Luisa Massarani, Ildeu de Castro Moreira e Fatima Brito (org). Rio de Janeiro: Casa da Ciência – Centro Cultural de Ciência e Tecnologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Fórum de Ciência e Cultura. 2002.
- MORTIMER, E.F. "Construtivismo, mudança conceitual e Ensino de Ciências: para onde vamos?" **Investigações em Ensino de Ciências**, v1(1), pp.20-39, 1996.
- MUELLER, S.P.M. "Popularização do Conhecimento Científico". **Revista de Ciência da Informação**, v.3, n. 02, 2002.
Disponível em: http://www.dgz.org.br/abr02/Art_03.htm. Acesso em: 18.08.2012.
- _____ e CARIBÉ, R.C.V. "Comunicação Científica para o público leigo: breve histórico". **Inf. Inf.**, Londrina, v. 15, número especial, pp. 13 – 30, 2010.
- NASCIMENTO, T.G. "Contribuições da Análise do Discurso e da epistemologia de Fleck para a compreensão da Divulgação Científica e sua introdução em aulas de Ciências". **ENSAIO – Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 01, n. 02, pp. 1-18, 2005.

-
- _____ e ALVETTI, M.A.S. “Temas Científicos Contemporâneos no Ensino de Biologia e Física”. **Ciência & Ensino**, v.01, n..01, pp. 29-39, 2006.
- NIAZ, M. “Progressive transitions in chemistry teachers’ understanding of Nature of Science based on historical controversies”. **Sci & Educ.**, n. 18, pp. 43–65, 2009.
- OLIVEIRA, D.L. “Polêmicas recorrentes na Síntese Evolutiva”. **Episteme**, v. 03, n. 06, pp. 52-67, 1998.
- ORRICO, E.G.D. e OLIVEIRA, C.I.C. Análise do discurso na divulgação científica: Uma reflexão na ciência da informação. VIII ENANCIB – Encontro Nacional de Pesquisa em Ciência da Informação, 2007.
- Disponível em www.enancib.ppgci.ufba.br/artigos/GT1--074.pdf. Acesso em 01 de novembro de 2012.
- OSTERMAN, F. “A Epistemologia de Kuhn”. **Cad.Cat.Ens.Fis.**, v.13, n. 03: pp.184-196, 1996.
- PECHULA, M.R. “A Ciência nos meios de comunicação de massa: divulgação de conhecimento ou reforço do imaginário social?” **Ciência & Educação**, v. 13, n. 2, pp. 211-222, 2007.
- PETIAN, C., COSTA, M. e TREVISAN, R. “Scientific American Brasil e Superinteressante: uma análise comparativa do discurso científico no conteúdo dos dois veículos”, 2006.
- Disponível em: <http://www.metodista.br/ev/congresso/programacao-cursos/pos-graduacao-em-comunicacao-social>. Acesso em: 03 de abril de 2012.
- PRAIA, J., GIL-PÉREZ, D. e VILCHES, A. “O papel da Natureza da Ciência na Educação para a Cidadania”. **Ciência & Educação**, v. 13, n. 2, pp. 141-156, 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.
- SASSERON, L.H. e CARVALHO, A.M.P. “Almejando a Alfabetização Científica no Ensino Fundamental: A Proposição e a procura de indicadores do processo”. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 13(3), pp.333-352, 2008.
-
- _____.“Alfabetização Científica: uma revisão bibliográfica”. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 16(1), pp. 59-77, 2011.
- Disponível em: www.if.ufrgs.br/ienci/artigos. Acesso em 17 de novembro de 2012.
- SOLBES, J. e TRAVER, M. “Resultados obtenidos introduciendo Historia de la Ciencia en las clases de física y química: mejora de la imagen de la Ciencia y desarrollo de actitudes positivas”. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 19 (1), pp. 151-162, 2001.
- TUCHERMAN, I., CAVALCANTI, C.C.B. e OITICICA, L.T. “Revistas de Divulgação Científica e Ciências da Vida: encontros e desencontros”. **Intercom – Revista Brasileira de Ciências da Comunicação**. v.33, n.01, pp. 277-295, 2010
- VÁZQUEZ-ALONSO, A., MANASSETRO-MAS, M.A., ACEVEDO-DÍAZ, J.A. e ACEVEDO-ROMERO, P. “Consensos sobre a Natureza da Ciência: A Ciência e a Tecnologia na Sociedade”. **Química Nova Escola**, n. 27, pp. 34-50, 2008.
- VILLANI, A. “Filosofia da Ciência e Ensino de Ciência: uma analogia”. **Ciência & Educação**, v.7, n. 02, pp.169-181,2001.

Anexos

SCIAM-BR, 2007

2007_01: 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 por 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, induzido 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

Foto ilustração por James Porto; esquerda para direita: DLIL C Corbis (lince 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 (jaguaririca).

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 a 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.

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 hioide, 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 marmoreada. Por terem os ossos do pescoço estruturados de forma um pouco diferente, esses animais não conseguem rugir.

SKULLS UNLIMITED; MELISSA THOMAS (HÍÓIDE)



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.

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 precisaram 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 habitats, novas espécies

foram surgindo. Na América do Norte, as linhagens da jaguatirica e do lince se separaram dos migrantes originais entre 8 milhões e 7,2 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-da-montanha ou onça-parda), ao gato-mourisco e ao guepardo americano. Fósseis dessas espécies em depósitos americanos confirmam sua origem no hemisfério ocidental.

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.

SKULLS
UNLIMITED;
MELISSA THOMAS
(HIOIDE)



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

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 estéreis 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 em 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 nativos, 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 sobreviveram 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 (europeia, 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.

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 considerado ameaçado 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 parentescos, migrações, dizimações e expansões por todo o planeta.

CONCEITOS-CHAVE

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.

ONDE OS FELINOS ESTÃO HOJE: 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

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



ONDE OS FELINOS ESTÃO HOJE:

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

RESOLVENDO O QUEBRA-CABEÇA

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.

KRISTINA
NARFSTRÖM



CINNAMON
(CANELA)
sequenciado

DNA

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 “forquilhas” 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 foi determinada 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 jaguatiricas) 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 ideia 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

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



PARA SABER MAIS

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, pages. 407-429, 2005.

The late Miocene radiation of modern Felidae: a genetic assessment. W. E. Johnson, E. Eizirik, W. J. Murphy, J. Pecon-Slattery, A. Antunes, E. Teeling e S. J. O'Brien, em Science, vol. 311, pages. 73-77, 2006.



Stephen J. O'Brien e Warren E. Johnson Depois de obter doutorado em genética na Cornell University em 1971, Stephen J. O'Brien concluiu seu pós-doutorado no National Cancer Institute (NCI). Hoje é chefe do Laboratório de Diversidade Genômica do NCI, que ele fundou no final dos anos 80. Este é seu quarto artigo para a Scientific American. Seus livros mais recentes são: Tears of the cheetah and other tales from the genetic frontier (St. Martin's Press, 2003) e Atlas of mammalian chromosomes (Wiley, 2006). Warren E. Johnson obteve seu doutorado em ecologia animal na Iowa State University em 1992 e no mesmo ano foi trabalhar no Laboratório de Diversidade Genômica. Multimídia. Veja a fascinante ramificação da árvore genealógica dos felinos. http://www2.uol.com.br/sciam/multimedia/a_evolucao_dos_gatos.html

2007_02: O que as vovós da Finlândia têm a nos dizer sobre a evolução humana O trabalho da bióloga Virpi Lummaa revela que os humanos são provavelmente o melhor objeto de estudo para analisar os efeitos evolucionários através das gerações por David Biello

Nenhum animal se compara aos humanos quando o assunto é estudar populações através dos tempos. De fácil rastreamento e às vezes vivendo em um isolamento relativo, o *Homo sapiens* é a única espécie que mantém registros detalhados de sua vida. É por isso que, em 1998, a bióloga Virpi Lummaa, da University of Sheffield, na Inglaterra, começou a garimpar pelas igrejas da Finlândia registros de até dois séculos para conseguir pistas sobre a influência da evolução sobre a reprodução.

“Sempre quis trabalhar com primatas, mas coletar dados semelhantes entre os chimpanzés, por exemplo, seria uma luta. Então, decidi estudar outro tipo de primata”, conta Lummaa.

A bióloga finlandesa de 33 anos de idade, com o apoio de geneticistas, se aventurou por dois séculos de velhos livros de registro e microfichas de nascimentos, casamentos e óbitos, que forneceram um vislumbre da evolução da humanidade recente. Algumas das observações: em um casal de gêmeos, o irmão atrapalha o potencial de casamento para sua irmã, com a imposição prematura de sua masculinidade; mães de meninos morrem mais

prematuramente do que as de meninas, porque mulheres são mais cuidadosas com as pessoas mais velhas; e a presença das avós é importante para a sobrevivência dos netos. “Estou tentando entender o comportamento reprodutivo humano usando como base a perspectiva evolucionária”, conta Lummaa.

Recentemente, Lummaa e sua equipe estudaram o efeito dos meninos sobre suas irmãs gêmeas. De 754 gêmeos nascidos entre 1734 e 1888, em cinco cidades rurais da Finlândia, foi verificado que meninas que possuíam um irmão gêmeo tinham 25% menos chances de ter filhos; entre aquelas que tiveram sua prole, deram à luz pelo menos dois filhos a menos. As solteiras possuíam 15% a menos de chance de casarem quando comparadas a moças que tinham uma irmã gêmea. A porcentagem se manteve mesmo considerando outros fatores como classe social ou cultural, ou ainda se o irmão tivesse morrido aos três meses de idade, deixando a irmã como filha única. Esses dados foram publicados pelos pesquisadores nos *Proceedings of the National Academy Sciences USA*.



VOVÓ FINLANDESA: Uma pesquisa detalhada sobre nascimento, casamento e morte na Finlândia revela porque mulheres vivem tanto

Lummaa especula que as descobertas se devem ao hormônio masculino, a testosterona, que poderia masculinizar a irmã gêmea dentro do útero, como já foi estudado em ensaios com animais. Seja qual for a causa, não há dúvidas sobre os resultados: os dados comprovam que mães de gêmeos de sexos opostos ficam com 19% a menos de netos do que as mães de gêmeos do mesmo sexo, indicando que a evolução favorece o segundo caso.

Os resultados são confusos, diz Ken Weiss, antropólogo biológico e geneticista da Pennsylvania State University, notando que “se a capacidade de gerar gêmeos é genética, então deve haver uma leve tendência de seleção contra ela, para que gêmeos se mantivessem um caso raro. No entanto, para alguns animais, ter gêmeos é algo rotineiro”. Frente a tantas informações conflitantes, ele complementa: “Existem perigos em interpretar demais esses efeitos adaptativos, mesmo que a observação seja correta”.

A medicina moderna e a nutrição tendem também a comprometer a clareza desse tipo de resultado, daí a necessidade de voltar para a época pré-industrial finlandesa, antes do controle de natalidade, quando havia períodos de fome e altos índices de mortalidade infantil.

“É quase um choque quando você percebe que, há 100 ou 150 anos, 40% dos bebês morriam antes de alcançar a vida adulta, e a vida adulta começava aos 15 anos”, complementa Lummaa.

“Na ausência de práticas culturais como o uso de anticoncepcionais e reprodução assistida, os humanos estão sujeitos às mesmas forças da evolução que qualquer outro organismo”, diz o biólogo Tobias Uller da University of Wollongong, na Austrália. “Os dados de Lummaa são extraordinariamente detalhados quando comparados aos que nós temos disponíveis sobre outros animais, e podem ser usados para abordar questões-chave na teoria da evolução”. A autora do estudo também usou esses dados históricos para ponderar o enigma das vovós – ou seja, por que as mulheres muitas vezes vivem tanto tempo após o período de reprodução (uma média de 50 anos de idade), ao contrário da maioria dos animais. “Se a razão fundamental da vida é gerar a maior quantidade de descendentes possíveis e passar adiante o maior número de genes, é um pouco estranho que as fêmeas humanas parem no meio do caminho”, questiona Lummaa.

Uma interpretação possível é que ter uma avó por perto melhora de alguma maneira o potencial reprodutivo de seus netos. Na verdade, essa é a charada que os pesquisadores encontraram ao revisarem estatísticas de 537 mulheres finlandesas, que juntas tiveram 6.002 netos. Além disso, mais de 3.000 canadenses (que tiveram modestos 100.074 netos) confirmaram que ter uma avó por perto contribuiu para que as mulheres mais jovens tivessem mais filhos mais cedo e melhorarem suas chances de sobrevivência na vida adulta. “Isso sugere que talvez essas mulheres continuem vivendo porque são necessárias para ajudar”, explica Lummaa.



É lógico que estudar humanos requer saber separar muito bem os efeitos culturais. Por exemplo, os dados finlandeses indicam que a mortalidade infantil era muito maior em cidades do continente que nas ilhas localizadas no arquipélago do mar da Finlândia. Uma razão para isso poderia ser o fato de as mulheres do continente serem as responsáveis pelo trabalho rural, levando à substituição precoce do leite materno pelo leite de vaca. “Esse hábito gerava mais chance de infecções. No arquipélago esse não era o caso”, afirma Lummaa. Índices de natalidade em ambas as regiões também tendiam a crescer nove meses depois do período em que os finlandeses tradicionalmente se casavam: após a colheita de outono.

EFEITO DOS GÊMEOS: De acordo com a pesquisa, possuir um irmão gêmeo reduz a chance da irmã mulher se casar ou ser mãe.

Estudar humanos envolve outras armadilhas, pois é muito comum se envolver de uma forma especial com o objeto de estudo, conta Lummaa. “Temos milhares de pessoas. Não posso dizer que eu conheço cada uma delas, mas algumas famílias simplesmente se destacam. Uma mulher teve dezoito filhos e cada um deles morreu antes de chegar à vida adulta, sendo que ela viveu até os noventa anos”, relata. “Se você está estudando seres humanos, é impossível não sentir-se ligada às descobertas”. Hoje Lummaa está aprendendo tudo em primeira mão, com seu bebê três meses de idade, Eelis. “É o nosso próprio filho, não dá para ter uma atitude científica”, ela admite. “A verdade é que de vez enquanto me pego pensando, 'Bem, o que ele tem em seu padrão genético e o que ele herdou da mamãe e do papai? 'Estou sempre tentando procurar traços dos meus pais no meu filho”. É claro que ela está animada com a pesquisa, mas o estudo não tenha uma previsão muito boa para sua própria expectativa de vida. As mães finlandesas pré-modernas entre os Sami (povo que vive na região da Lapônia e é conhecido por seus rebanhos de renas) que tiveram meninos têm expectativa de vida menor que aquelas que tiveram meninas. Isso está relacionado ao peso dos bebês ao nascerem (geralmente, os meninos são maiores), mas também ao hormônio masculino. “A testosterona pode comprometer o sistema imunológico e afetar a saúde da mãe”, explica Lummaa. “Meninos dão mais trabalho para criar que meninas, pois exigem mais dos recursos físicos da mãe. Geralmente, eles também não ficam por perto para ajudar a mãe, como as meninas”.

Felizmente, Lummaa pode contar com a medicina moderna. “Mas posso sentir que ele está sugando minha energia, e isso está me deixando mais velha”, ela diz rindo. “Como aquelas mulheres conseguiam dar à luz todos os anos?”. Atualmente, Lummaa voltou suas atenções para o efeito dos avôs sobre os netos. Se as avós melhoram suas chances de sobrevivência, para que os homens mais velhos contribuam? “Na verdade existe um efeito negativo”, ela afirma. Um dos motivos pode ser a tradição cultural de satisfazer a vontade do homem, principalmente os mais velhos. “Talvez, se os netos tivessem um avô velhinho, ele comeria a comida das crianças”, ela especula. Outra hipótese é que os homens podem continuar se reproduzindo, e estão mais interessados em qualquer outra pessoa do que em suas próprias crianças. Outra razão possível é que mulheres podem ter certeza que o neto é seu descendente direto, o que se torna mais difícil para os avôs. Isso também pode ter levado esses homens a se casar duas ou três vezes em vez de dar atenção a seus filhos. “Estamos comparando homens que casaram uma só vez na vida com outros que tiveram várias esposas”, diz Lummaa.

Lummaa não está sozinha usando a história humana para aperfeiçoar a compreensão da evolução. Um estudo recente feito pelo etnólogo Dustin Penn, da Academia Austríaca de Ciências, em Viena e o cientista de populações Ken Smith, da University of Utah, usaram os

registros da igreja mórmon do século 19 e descobriram que ter mais filhos aumentava as chances da mulher morrer mais prematuramente. A antropóloga Kristen Hawkes, também da University of Utah, chegou às mesmas conclusões estudando populações de tribos de caçadores e coletores da África e da América do Sul. “O mais interessante é descobrir o que causa as diferenças entre as populações humanas”, diz Lummaa. “Como a teoria geral da evolução explica na prática os padrões observados nos humanos? E quanto às outras razões dessas diferenças?”. Como Lummaa diz, “Temos mais informações que tempo para analisá-las”. Assim, é bem provável que Lummaa, sua equipe e os seus descendentes terão bastante material de estudo até que ela mesma também se torne uma vovó.

2007_03: Agricultura do Futuro: Um Retorno às Raízes? A agricultura de grande escala se tornaria mais sustentável se as principais plantas cultivadas sobrevivessem por anos e formassem sistemas de raízes profundas por Jerry D. Glover , Cindy M. Cox e John P. Reganold

Para muitos de nós de regiões ricas, parece fácil para os produtores rurais cultivarem nosso alimento. No entanto, a agricultura moderna exige áreas vastas de terra, irrigação, energia e produtos químicos. Observando essa demanda por recursos, a Avaliação do Ecossistema do Milênio, de 2005, patrocinada pela Organização das Nações Unidas, sugere que “dentre todas as atividades humanas, a agricultura pode ser a maior ameaça à biodiversidade e ao funcionamento do ecossistema”.

Hoje, grande parte do alimento vem direta ou indiretamente (na forma de ração animal) de cereais, legumes e oleaginosas. Fáceis de transportar e armazenar, relativamente não perecíveis e razoavelmente ricos em proteínas e calorias, essas culturas ocupam cerca de 80% das terras agrícolas globais. Mas são todas plantas anuais, ou seja, devem ser cultivadas a partir de sementes todo ano, usando métodos de cultivo com recursos intensivos. O maior problema é que a degradação do meio ambiente provocada pela agricultura provavelmente se agravará à medida que a população humana faminta crescer para 8 bilhões ou 10 bilhões nas próximas décadas.

É por isso que melhoristas de plantas, agrônomos e ecologistas estão trabalhando no desenvolvimento de sistemas de cultivo de grãos que funcionarão como os ecossistemas naturais. A chave é a transformação das principais produtoras de grãos em plantas perenes, que possam viver por muitos anos. Essa ideia poderá ainda levar décadas para ser implementada, mas avanços significativos na ciência do melhoramento de plantas finalmente a estão deixando dentro do alcance.

Raízes do Problema

Nos anos 70, o geneticista de plantas Wes Jackson, do Kansas, deu um passo para 10 mil anos no passado para comparar a agricultura industrial de hoje aos sistemas naturais que a precederam. Antes de os seres humanos impulsionarem a abundância de plantas anuais por meio da domesticação e agricultura, diversas plantas perenes dominavam quase todas as paisagens do planeta – como ainda acontece nas áreas atuais não cultivadas. Mais de 85% das espécies de plantas nativas da América do Norte, por exemplo, são perenes.

Jackson observou que as gramíneas e as flores perenes das pradarias do Kansas eram altamente produtivas ano após ano, enquanto formavam solos ricos – e os mantinham. Não precisavam de fertilizantes ou herbicidas para prosperar e afastavam naturalmente pragas e doenças. A água nos solos da pradaria era cristalina e a vida selvagem, abundante.

Em comparação, viu que os campos próximos, cultivados com plantas anuais como milho, sorgo, trigo, girassol e soja, exigiam cuidados frequentes e caros para permanecer produtivos. Como as plantas anuais têm raízes rasas – a maioria chega a 0,3 metros de profundidade – e vivem apenas até a colheita, havia problemas de erosão e esgotamento da fertilidade do solo ou contaminação da água. Além disso, os campos agrícolas eram quase que completamente destituídos de vida selvagem. Resumindo, o problema era sustentar monoculturas anuais por largas extensões de terra. E a solução, como nos campos naturais, pode estar num sistema diversificado e resistente de raízes perenes.

MICHAEL S. LEWIS National Geographic/Getty Images



O CULTIVO MODERNO DE ALIMENTOS depende altamente de irrigação e outros insumos; ao mesmo tempo, esgota o solo e polui o ambiente. O desenvolvimento de versões perenes como o híbrido experimental do trigo-grama *Thinopyrum intermedium* e *tritcale*, mostrado na página oposta, poderia comprometer menos recursos.

Se as plantas anuais são problemáticas e os ecossistemas naturais oferecem vantagens, por que nenhuma de nossas principais culturas de grãos apresenta raízes perenes? A resposta está nas origens da agricultura. Quando nossos ancestrais neolíticos começaram a colher plantas com sementes, vários fatores determinaram a preferência pelas anuais.

As primeiras plantas anuais domesticadas, o trigo emmer e a cevada silvestre, tinham sementes grandes. E para assegurar uma colheita confiável a cada ano, os primeiros agricultores teriam replantado algumas das sementes que colheram. Provavelmente, as sementes das plantas com qualidades mais desejáveis, como alto rendimento, debulha fácil e resistência tenha sido preferida. Assim, o cultivo ativo e a pressão da seleção evolucionária resultaram rapidamente em plantas anuais domesticadas com qualidades mais atraentes que suas parentas anuais silvestres. Apesar de algumas plantas perenes também terem sementes de bom tamanho, não precisavam ser replantadas e não estariam sujeitas ao mesmo processo de seleção – nem se beneficiariam dele.

Raízes como Solução

Com suas raízes normalmente mais profundas que 2 metros, as comunidades de plantas perenes são reguladoras-chave de funções do ecossistema, como gerenciamento da água e dos ciclos de carbono e nitrogênio. Apesar de precisarem investir energia na manutenção de tecido subterrâneo suficiente para sobreviver ao inverno, as raízes perenes entram em ação sempre que as temperaturas estão altas o suficiente e os nutrientes e a água, disponíveis. Seu estado constante de prontidão permite que sejam altamente produtivas, porém resistentes aos problemas ambientais.

JERRY D. GLOVER



PLANTAS PERENES, como o trigo-grama *Thinopyrum intermedium* (à dir. nos painéis), com suas raízes bem mais desenvolvidas do que plantas anuais como o trigo-de-inverno (à esq. nos painéis), acessam nutrientes e água em um volume de solo maior. As raízes perenes também favorecem o desenvolvimento de micro-organismos e outras atividades biológicas que enriquecem o substrato

Em um estudo que durou um século sobre os fatores que afetam a erosão do solo, por exemplo, a grama-timóteo, uma variedade de capim perene, provou ser cerca de 54 vezes mais eficaz na manutenção da camada superior do solo que as plantas anuais, além de promover uma redução de cinco vezes na perda de água e de 35 vezes na perda de nitrato em solo plantado com uma mistura de alfafa e gramíneas perenes, em comparação com o solo cultivado com milho e soja. Raízes mais profundas e estações mais longas de crescimento também permitem às perenes ampliar seu sequestro de carbono, principal ingrediente da matéria orgânica do solo, presente 50% a mais nos “campos perenes” que naqueles com plantas anuais. Como não precisam ser replantadas a cada ano, as perenes exigem menos maquinário, pesticidas e fertilizantes, o que reduz o uso de combustível fóssil. Assim reduzem a emissão de dióxido de carbono, ao mesmo tempo em que melhoram a fertilidade do solo.



O solo resultante, escuro e granulado, retirado de uma campina perene, retém bastante água e nutrientes. O solo de uma cultura anual adjacente (à esq. na foto) é pálido e tem estrutura mais fraca e cheia de torrões

O custo com herbicidas na produção de plantas perenes pode ser de quatro a 8,5 vezes menor que com as anuais, acarretando menos gastos para o agricultor. A vida selvagem também se beneficia: a população de aves, por exemplo, mostrou ser sete vezes maior em campos de plantas perenes. Além disso, as perenes podem ser cultivadas de forma sustentável em terras marginais, que já possuem solo pobre ou que seriam rapidamente esgotadas em poucos anos de cultivo intensivo de plantas anuais.

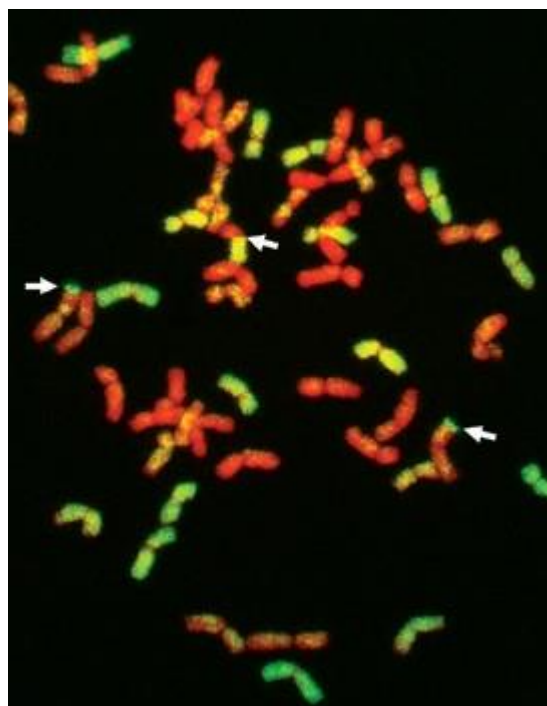
Por todos esses motivos, os melhoristas de plantas dos EUA e do mundo iniciaram pesquisas e programas de melhoramento ao longo dos últimos cinco anos para o desenvolvimento de trigo, sorgo, girassol, *Thinopyrum intermedium* (um tipo de trigo-grama) e outras espécies como plantas perenes de grãos. Quando comparada à pesquisa dedicada às plantas anuais, o desenvolvimento de grãos perenes ainda está em sua primeira infância. Mas

avanços significativos no melhoramento de plantas ao longo das últimas duas ou três décadas tornarão viável o desenvolvimento em grande escala de culturas perenes de grãos altamente produtivas nos próximos 25 a 50 anos.

Os desenvolvedores de culturas perenes CINDY M. COX estão empregando basicamente os mesmos dois métodos usados por muitos outros cientistas agrícolas: a domesticação direta de plantas silvestres e a hibridização das plantas existentes de cultura anual com suas parentas silvestres.

Evolução Assistida

A domesticação direta de plantas silvestres perenes é a abordagem mais direta para a criação de culturas perenes. Com métodos comprovados de observação e seleção de plantas superiores, os melhoristas buscam aumentar a frequência de genes para características desejáveis, como separação mecânica fácil da semente da palha, uma semente grande que não se despedaça, maturidade simultânea, palatabilidade, linhagens fortes e alta produção de sementes. Muitas plantas cultivadas existentes, como milho e girassol, facilitaram sua domesticação dessa forma. Em poucos passos, por exemplo, os americanos transformaram os girassóis silvestres com cabeças e sementes pequenas no familiar girassol com cabeça e sementes grandes (ver quadro na pág. 60).



CROMOSSOMOS de trigo perene híbrido experimental são marcados com fluorescência para revelar se são originários do pai trigo-grama (verde) ou trigo (vermelho). Essa técnica ajuda a identificar as combinações desejáveis de cromossomo e acentua as anomalias, como cromossomos misturados (setas).

Programas ativos de domesticação de grãos perenes estão atualmente concentrados no trigo-grama *Thinopyrum intermedium*, no girassol silvestre *Helianthus maximiliani*, em uma flor das pradarias (*Desmanthus illinoensis*) e no linho (uma espécie perene de *Linum* genus). Desses, a domesticação do *Thinopyrum intermedium*, um parente perene do trigo, é talvez o que esteja no estágio mais avançado.

Para usar uma planta anual existente na criação de uma perene, uma ampla hibridização pode reunir as melhores qualidades da planta anual domesticada e de sua parenta perene silvestre. As domesticadas já possuem atributos desejáveis, como alto rendimento,

enquanto suas parentas silvestres podem contribuir com variações genéticas adaptadas ao próprio hábitat perene, assim como resistência a doenças e pragas.

THE LAND INSTITUTE

Das 13 principais culturas de grãos e oleaginosas, dez são capazes de hibridização com parentes perenes, segundo o melhorista de plantas T. Stan Cox, do Land Institute, uma organização sem fins lucrativos do Kansas, fundada por Jackson para a agricultura sustentável. Programas de melhoramento por todos os EUA estão atualmente buscando híbridos interespecíficos (entre espécies) e intergenéricos (entre gêneros) para desenvolver trigo, sorgo, milho, linho e girassol perenes. Há mais de uma década, pesquisadores da University of Manitoba, assim como cientistas de várias instituições canadenses, estudam o uso de recursos em sistemas perenes. A University of Western Australia criou um programa de pesquisa para desenvolver trigo perene no Cooperative Research Center for Future Farm Industries (Centro Cooperativo de Pesquisas para Futuras Culturas Agrícolas), proposto pelo governo. Além disso, cientistas do Food Crops Research Institute em Kunming, na China, dão continuidade ao trabalho iniciado pelo International Rice Research Institute (Instituto Internacional de Pesquisa do Arroz) nos anos 90 para o desenvolvimento de híbridos perenes de arroz para regiões elevadas.



A CRIAÇÃO DE PLANTAS HÍBRIDAS pode exigir o resgate do embrião do ovário

No Land Institute, os melhoristas estão trabalhando tanto com o trigo-grama perene domesticado quanto no cruzamento de espécies de trigo perenes (principalmente *Th. intermedium*, *Th. ponticum* e *Th. elongatum*) com espécies anuais. No momento, 1.500 desses híbridos e milhares de suas progênes estão sendo selecionados em busca de características perenes. O processo exige trabalho intensivo e consome tempo. Assim que os melhoristas identificam candidatos à hibridização, administram a troca de genes entre espécies díspares, manipulando o pólen para fazer um grande número de cruzamentos entre as plantas, selecionar a progênie com características desejáveis e repetir esse ciclo de cruzamento e seleção várias vezes.

No entanto, a hibridização é o meio potencialmente mais rápido, apesar de mais tecnologia ser necessária para superar as incompatibilidades genéticas entre as plantas parentas. Uma semente produzida pelo cruzamento entre duas espécies distantes, por exemplo, frequentemente abortará antes de se desenvolver plenamente. Esse espécime pode ser “resgatado” cultivando-se o embrião em um meio artificial até este produzir algumas poucas raízes e folhas, e então o transferindo para o solo, onde poderá crescer como uma planta normal. Ao chegar ao estágio reprodutor, entretanto, as anomalias genéticas da planta híbrida, como a incapacidade de produzir sementes, frequentemente se manifesta.

Uma híbrida parcial ou plenamente estéril geralmente é o resultado de cromossomos incompatíveis dos pais dentro de suas células. Para produzir óvulos ou pólen, os cromossomos da híbrida devem se alinhar durante a meiose e trocar informação genética uma com a outra. Se os cromossomos não puderem encontrar seus pares porque a versão de cada um dos pais é diferente demais, ou se diferirem no número de cromossomos, a dança da meiose é interrompida. Há algumas formas de superar esse problema. Como as híbridas estéreis são geralmente incapazes de produzir gametas masculinos, mas são parcialmente férteis com gametas femininos, polinizá-las com um dos pais originais, um processo conhecido como retro cruzamento, pode devolver a fertilidade. Dobrar o número de cromossomos, espontaneamente ou adicionando substâncias químicas como colquicina, é outra estratégia. Apesar de cada método permitir a paridade de cromossomos, eliminações subsequentes de cromossomos em cada geração sucessiva ocorrem com frequência em trigo híbrido perene, principalmente com cromossomos herdados do pai perene.

JIM RICHARDSON



Um pesquisador embala o sorgo anual para coletar pólen, com o sorgo perene alto ao fundo.

Devido ao conjunto desafiador de genes criado pela ampla hibridização, técnicas de biotecnologia que podem revelar que pai contribuiu com que parte do genoma da progênie são úteis. Uma delas, a hibridização genômica *in situ*, por exemplo, distingue os cromossomos do pai perene daqueles do pai anual por fluorescência colorida e também detecta anomalias nos cromossomos, como rearranjos estruturais entre cromossomos não relacionados (ver ilustração embaixo à esq.). Essas ferramentas de análise podem ajudar a acelerar o programa de melhoramento assim que os melhoristas descobrirem as combinações de cromossomos desejadas e indesejadas.

Outro método para acelerar e melhorar a criação tradicional de plantas é a seleção assistida por marcadores. Sequências de DNA associadas a características específicas servem como marcadores que permitem aos melhoristas selecionar cruzamentos com brotos de acordo com atributos desejados, sem ter de esperar até que as plantas atinjam a maturidade (ver “De volta para o futuro dos cereais”, por Stephen A. Goff e John M. Salmeron, *SCIENTIFIC AMERICAN BRASIL* nº 28, setembro de 2004). No momento, nenhum marcador específico para melhoria de planta perene foi estabelecido, mas cientistas da Washington State University, por exemplo, já determinaram que o cromossomo 4E no trigo-grama *Th. elongatum* é necessário para a importante característica perene do recrescimento após um ciclo de reprodução sexual. Restringir a região de 4E ao gene ou genes que produzem a característica revelaria marcadores relevantes de DNA, que economizariam aos criadores um ano de tempo de crescimento para avaliação dos híbridos.

No entanto, a perenização é um caminho intrincado da vida, que vai muito além de uma única característica, muito além de um único gene. Devido a essa complexidade é improvável que a modificação transgênica (inserção de DNA estranho) seja útil no desenvolvimento de grãos perenes, pelo menos inicialmente. Mais à frente, a tecnologia transgênica poderá ter um papel na melhoria das características simples herdadas. Por exemplo, se um trigo-grama perene domesticado for desenvolvido com sucesso, mas ainda carecer da combinação certa de genes de glúten (proteína) necessária para fazer um pão de boa qualidade, genes de glúten de trigo anual poderiam ser inseridos na planta perene.

Trocas e Resultados

Apesar de plantas perenes cultivadas como a alfafa e a cana-de-açúcar já existirem, nenhuma apresenta rendimento comparável à cultura de grãos anuais. À primeira vista, a ideia de que plantas podem direcionar simultaneamente recursos para a construção e a manutenção de sistemas de raízes perenes e também ter amplo rendimento de grãos comestíveis pode

parecer contra intuitiva. O carbono, capturado por meio da fotossíntese, é o principal bloco de construção da planta e deve ser alocado entre suas várias partes.

Críticos da ideia de que as plantas perenes podem apresentar alta produção de sementes muitas vezes enfocam essas trocas fisiológicas, presumindo que a quantidade de carbono disponível para uma planta é fixa e, conseqüentemente, o carbono alocado para as sementes sempre virá às custas das estruturas perenes, como raízes e rizomas. Eles também costumam fazer vista grossa ao fato de o tempo de vida das plantas perenes estenderem-se ao longo de um espectro. Algumas delas, nas pradarias, podem viver de 50 a 100 anos, enquanto outras duram apenas alguns anos. Felizmente para os melhoristas, as plantas são organismos relativamente flexíveis: em resposta às pressões de seleção, elas são capazes de mudar o tamanho de seu “bolo” de quantidade total de carbono, dependendo das condições ambientais, e alterar o destino de fatias de carbono deste bolo.

GETTY IMAGES

Uma espécie perene silvestre hipotética poderia viver 20 anos em seu ambiente natural altamente competitivo e produzir apenas pequenas quantidades de sementes em qualquer ano. Seu bolo de carbono é pequeno, e grande parte dele é destinada à defesa contra pragas e doenças, à disputa pelos poucos recursos e à sobrevivência sob condições variáveis. Quando os melhoristas retiram o espécime silvestre de seu ambiente natural, normalmente pobre de recursos, e o colocam em um ambiente administrado, seu bolo total de carbono cresce repentinamente, resultando em uma planta maior.



Com o tempo, os melhoristas também podem mudar o tamanho das fatias de carbono dentro desse bolo maior. O melhoramento de grãos da Revolução Verde moderna, quando combinado com um maior uso de fertilizantes, mais que dobrou o rendimento de muitas culturas anuais de grãos, e esses aumentos foi obtido em plantas que não tinham estruturas perenes para sacrificar. Os melhoristas chegaram a esses resultados em parte por

causa da seleção de plantas que produziam menos massa de caule e folhas – portanto, realocando o carbono para a produção de sementes.

O rendimento pode ser igualmente aumentado sem a eliminação dos órgãos e de estruturas exigidos para culturas perenes de grãos resistirem ao inverno. Na verdade, muitas plantas perenes, que em geral são maiores do que as anuais oferecem mais potencial para os melhoristas realocarem crescimento vegetal para a produção de sementes. Além disso, uma cultura perene de grãos que viva cinco ou dez anos atenderia às necessidades humanas.

Em outras palavras, a planta perene silvestre é desnecessariamente “robusta” para o ambiente agrícola administrado. Grande parte do carbono alocado nos mecanismos de sobrevivência da planta, como aquele que lhe permite sobreviver a grandes secas, poderia ser realocada para a produção de sementes.

GETTY IMAGES



Fazendas Mais Verdes

Podemos imaginar que daqui a 50 anos agricultores de todo o mundo caminharão por campos de culturas perenes de grãos. Essas terras funcionariam como as pradarias do Kansas, por onde Wes Jackson caminhou, mas também produziriam alimentos. No subsolo, tipos diferentes de raízes perenes coexistiriam, fazendo uso de diferentes camadas do solo. Culturas com ciclos de crescimento sazonal alternativo poderiam ser plantadas juntas para prolongar o período geral de crescimento. Menos insumos e maior biodiversidade, por sua vez, beneficiariam o meio ambiente e o bolso do agricultor.

As condições globais – agrícolas, ecológicas, econômicas e políticas – estão mudando rapidamente, de forma que poderiam ser promovidos esforços para a criação de culturas perenes. Por exemplo, à medida que cresce a pressão sobre os EUA e a Europa para reduzir ou eliminar subsídios agrícolas, que basicamente apoiam os sistemas de cultura anual, mais recursos poderiam ser disponibilizados para a pesquisa de culturas perenes. À medida que a energia fica mais cara e o custo da degradação ambiental, mais alto, recursos públicos para

projetos de longo prazo que limitem o consumo e o esgotamento das terras se tornarão politicamente mais populares.

Como o longo cronograma para lançamento das culturas perenes de grãos desencoraja o investimento do setor privado, a esta altura financiamento público ou filantrópico em grande escala é necessário para a formação de cientistas e de programas de pesquisa.

A produção anual de grãos sem dúvida ainda será importante daqui a 50 anos. Algumas culturas, como soja, provavelmente serão difíceis de perenizar, e as plantas perenes não eliminarão completamente problemas como pragas, ervas daninhas e perda de fertilidade do solo. Mas raízes profundas significam maior resistência. Estabelecer agora as raízes de uma agricultura baseada em culturas perenes daria aos agricultores do futuro mais opções sobre o que cultivar e onde, assim como proporcionaria produção sustentável de alimento para uma população mundial cada vez maior.

CONCEITOS-CHAVE

O uso intensivo de terra pela agricultura moderna acaba com a biodiversidade natural e os ecossistemas. Enquanto isso, nas próximas décadas a população aumentará para entre 8 bilhões e 10 bilhões, exigindo que mais hectares sejam cultivados.

A substituição de culturas de uma única estação pelas perenes criaria grandes sistemas de raízes capazes de preservar o solo e permitir o cultivo em áreas atualmente consideradas marginais.

O desafio é monumental, mas se os cientistas tiverem sucesso, o feito rivalizaria com a domesticação original das plantas cultivadas para produção de alimentos, ao longo dos últimos dez milênios – e seria igualmente revolucionária. –
Os editores

AS DEZ PRINCIPAIS CULTURAS

Em 2004, culturas anuais de cereais, legumes e oleaginosas ocupavam 80% das terras agrícolas globais. Mais da metade dessa área é coberta pela cultura dos três principais grãos.

CULTURA /% DE TERRA DE CULTIVO OCUPADA

JIM RICHARDSON



1. Trigo/ 17,8
2. Arroz/ 12,5
3. Milho/ 12,2
4. Soja/ 7,6
5. Cevada/ 4,7
6. Sorgo/ 3,5
7. Algodão/ 2,9
8. Feijões secos/ 2,9
9. Painço/ 2,8
10. Mostarda/Colza/ 2,2

O FATOR CARBONO

O aquecimento global potencial – gases de efeito estufa liberados na atmosfera pelos insumos da produção agrícola, menos o carbono sequestrado no solo – é negativo no caso das culturas perenes. As plantas perenes mais resistentes também se sairão melhor do que as anuais em um clima mais quente.

CARBONO SEQUESTRADO NO SOLO(kg/ha por ano)

Culturas anuais 0 a 450

Culturas perenes 320 a 1.100

AQUECIMENTO GLOBAL POTENCIAL (kg/c02 equivalentes por hectare por ano)

Culturas anuais 140 a 1.140

Culturas perenes –1.050 a –200

IMPACTO ESTIMADO NA PRODUÇÃO COM AUMENTO DE 3°C A 8°C NA TEMPERATURA (megagramas/ha)

Culturas anuais –1.5 a –0.5

Culturas perenes +5

CRIANDO UMA NOVA PLANTA PARACULTIVO

Para desenvolver plantas perenes altamente produtivas, cientistas e melhoristas podem domesticar uma planta perene silvestre para otimizar suas características ou hibridizar uma planta anual para cultivo com uma parente perene silvestre, misturando suas melhores qualidades. Cada método exige tempo e cruzamentos de plantas, o que requer trabalho e análise intensivos. Os índios americanos passaram milhares de anos domesticando e transformando o girassol silvestre anual de semente pequena (a) na planta moderna de cultivo anual (b), selecionando e cultivando exemplares com características desejáveis, como sementes grandes e rendimento alto. Já existem iniciativas para domesticar diretamente espécies perenes de girassóis (c) e também produzir híbridos da moderna anual e da perene silvestre (d).

PARA SABER MAIS

Perennial grain crops: an agricultural revolution. Editado por Jerry D. Glover e William Wilhelm. Edição especial da Renewable Agriculture and Food Systems, vol. 20, no 1, março de 2005.

Wes Jackson (35 who made a difference). Craig Canine, na edição especial de aniversário da Smithsonian, vol. 36, no 8, págs. 81-82, novembro de 2005.

Prospects for developing perennial grain crops. Thomas S. Cox, Jerry D. Glover, David L. van Tassel, Cindy M. Cox e Lee D. DeHaan, em BioScience, vol. 56, no 8, págs. 649-659, agosto de 2006.

Sustainable development of the agricultural bio-economy. Nicholas Jordan e colegas, em Science, vol. 316, pages. 1570-1571, 15 de junho de 2007.

The Land Institute: www.landinstitute.org

THE LAND INSTITUTE



Jerry D. Glover , Cindy M. Cox e John P. Reganold Ele é agroecologista e diretor de pesquisa de doutorado do Land Institute em Salina, Kansas, uma organização sem fins lucrativos dedicados ao ensino e à pesquisa de agricultura sustentável. Ela é patologista de plantas e geneticista do programa de melhoramento de plantas do instituto. John P. Reganold, professor de ciência do solo da Washington State University, em Pullman, é especializado em agricultura sustentável e escreveu sobre o assunto na SCIENTIFIC AMERICAN de junho de 1990.

2007_04: O sentido elétrico dos Tubarões. Um detector surpreendentemente sensível de campos elétricos ajuda o tubarão a mirar a presa

Uma barbatana ameaçadora veio à tona, cortando o mar em nossa direção. Um grande tubarão-azul – 3 metros de comprimento – vinha como um torpedo atrás do cheiro de sangue. Minha esposa Melanie e eu vimos três grandes tubarões rodearem nossa baleeira de 7 metros. De repente, um focinho azul-prateado atravessou um buraco quadrado, no convés do barco. “Cuidado!”, gritou Melanie.

Recuamos instintivamente, mas não coríamos perigo real. O tubarão exibiu seu “sorriso” e deslizou de volta ao mar. Atraímos os tubarões despejando sangue no oceano, mas o que nos interessava não era sua conhecida paixão pela substância, mas seu misterioso “sexto sentido”. Pesquisas em laboratório demonstraram que os tubarões conseguem sentir campos elétricos extremamente fracos – como os produzidos pelas células animais em contato com a água do mar. Mas como eles usam esse sentido singular precisa, ainda, ser provado. Estávamos no barco para tentar descobrir.

BRANDON COLE



TUBARÃO-LIMÃO morde um peixe azarado

Até os anos 70, os cientistas nem mesmo suspeitavam que tubarões fossem capazes de perceber campos elétricos fracos. Hoje sabemos que essa eletorrecepção os ajuda a encontrar alimento e pode funcionar mesmo quando as condições ambientais tornam os cinco sentidos comuns praticamente inúteis. Ela funciona em água turva, escuridão total e mesmo quando a presa se esconde sob a areia.

Meus colegas e eu agora estamos investigando a base molecular dessa habilidade, enquanto outros buscam descobrir como o órgão sensorial se forma durante o desenvolvimento, e se nossos próprios ancestrais vertebrados eram capazes de detectar campos elétricos antes de deixar o mar. Mas todo esse trabalho ainda é preliminar. Aqui descrevo como os pesquisadores descobriram a eletorrecepção nos tubarões e sua importância para uma caçada bem-sucedida.

Sentido Oculto

A história começa em 1678, quando o anatomista italiano Stefano Lorenzini descreveu poros que pontilham a parte dianteira da cabeça de tubarões e arraias, dando aos peixes a aparência de barba mal feita. Ele notou que os poros se concentravam ao redor da boca do tubarão e, ao remover a pele vizinha, que cada poro levava a um longo tubo transparente, cheio de um gel cristalino. Alguns dos tubos eram pequenos e delicados, mas outros tinham quase o diâmetro de um fio de espaguete e vários centímetros de comprimento. Na região mais profunda da cabeça, os tubos se congregavam em grandes massas de gelatina transparente. Ele considerou e então rejeitou a possibilidade de que esses poros fossem a fonte da substância viscosa do corpo do peixe. Posteriormente, especulou que poderiam ter uma “função mais oculta”, mas seu verdadeiro propósito permaneceu sem explicação.

As coisas começaram a se esclarecer em meados do século XIX, com a descoberta da função da linha lateral dos peixes, um órgão que partilha algumas semelhanças com o sistema de poros e tubos de Lorenzini. A linha lateral, que se estende pelo lado de muitos peixes e anfíbios, das guelras à cauda, detecta o deslocamento de água. Nos peixes, ela consiste em uma fileira especializada de escamas perfuradas, cada uma com abertura para um tubo longitudinal logo abaixo da pele. Em protuberâncias ao longo de seu comprimento, células sensoriais especializadas chamadas ciliares estendem projeções esguias, parecidas com escovas (ou cílios), no tubo. Movimentos ligeiros na água, como os causados por peixes nadando a uma curta distância, dobram as massas ciliares microscópicas como um vento causa ondas em uma plantação. Essa reação estimula os nervos, cujos impulsos informam o cérebro sobre a força e a direção do deslocamento de água. Nós, humanos, herdamos uma habilidade descendente dessa linha lateral na cóclea de nosso ouvido.

No final do século XIX, o microscópio revelou que os poros no focinho do tubarão e as estruturas incomuns sob eles, atualmente chamadas ampolas de Lorenzini, deviam ser órgãos sensoriais. Cada tubo terminava em uma bolsa bulbosa, ou ampola. Um nervo fino emergia da ampola e se juntava a ramificações do nervo da linha lateral anterior. Os cientistas rastrearam essas fibras nervosas da base do crânio, onde elas entram no cérebro pela superfície dorsal da medula, um destino característico de nervos que levam informação sensorial ao cérebro. Os observadores discerniram uma única célula ciliar minúscula, semelhante às do ouvido interno humano e do sistema da linha lateral do peixe, dentro de cada ampola. Mas o tipo de estímulo que elas poderiam detectar permanecia desconhecido.

Eletrorrecepção Confirmada

Os pesquisadores se viram diante de um dilema: como poderiam determinar a função desse órgão sensorial? Em 1909, o biólogo G. H. Parker, da Harvard University, removeu a pele ao redor das aberturas ampolares de um cação para eliminar quaisquer receptores táteis na área. Então, observou que o peixe ainda assim reagia quando os tubos expostos eram tocados suavemente. Essa resposta sugeriu que os órgãos poderiam responder ao movimento da água ou talvez à sua pressão, mas ele não sabia ao certo. Afinal, uma reação de reflexo a um cutucão no olho não significa necessariamente que os olhos evoluíram para perceber golpes repentinos. Em 1938, Alexander Sand, da Marine Biological Association em Plymouth, Inglaterra, com a ajuda do amplificador a válvula, teve sucesso em ampliar e registrar os pulsos nervosos que iam das ampolas de Lorenzini ao cérebro. Ele viu que os impulsos eram disparados pelo nervo em uma corrente constante, mas que certos estímulos faziam a taxa aumentar ou diminuir repentinamente. Sand percebeu, como Parker, que os órgãos respondiam ao toque ou pressão, mas descobriu que a taxa de estímulo também crescia quando eram resfriados. De fato, as ampolas eram tão sensíveis à temperatura que podiam detectar mudanças externas tão pequenas quanto 0,2°C. Essa percepção, juntamente com a importância da temperatura da água para a migração e outros comportamentos dos peixes, parecia ser uma forte evidência de que os órgãos eram receptores de temperatura.

No início dos anos 60, o biólogo R. W. Murray, da University of Birmingham, Inglaterra, repetiu as experiências de Sand com instrumentos eletrofisiológicos modernos e confirmou a resposta a mudanças de temperatura e diferenças de pressão e toque, mas também observou que os órgãos eram sensíveis a ligeiras variações de salinidade. Além disso, quando ele ativou por acaso um campo elétrico perto da abertura de um tubo ligado a uma ampola, o padrão de ativação mudou. E mais: o padrão se alterava de acordo com a intensidade e a polaridade do

campo. Quando o polo positivo do campo se aproximava da abertura de uma ampola, a taxa de estímulo diminuía; quando o polo negativo se aproximava, o estímulo aumentava.

Murray determinou que os órgãos pudessem responder a campos tão fracos quanto 1 milionésimo de volt aplicado à distância de 1 cm na água do mar. Esse efeito equivale à tensão gradiente produzida por uma pilha AA de 1,5 volts com um polo mergulhado no estuário de Long Island Sound, no nordeste dos EUA, e o outro nas águas além da costa de Jacksonville, Flórida, ao sul. Teoricamente, um tubarão nadando entre esses pontos poderia facilmente dizer quando a pilha foi ligada ou desligada. (Medições posteriores da resposta do cérebro indicaram que os tubarões podem discernir 15 bilionésimos de 1 volt.) Nenhum outro tecido, órgão ou animal exibe essa sensibilidade extrema à eletricidade.

Em Busca de uma Função

O que um peixe ganha com a capacidade de detectar campos elétricos fracos? Indícios da resposta vieram de estudos anteriores de “bioeletricidade” – emissões de campo elétrico – por outros peixes. As enguias elétricas, por exemplo, podem atordoar suas presas com fortes choques gerados por um órgão especializado. Outros peixes, entretanto, parecem produzir intencionalmente campos elétricos menores, fracos demais para servir como armas. A evolução desses órgãos aparentemente inúteis confundiu até mesmo Charles Darwin. Na busca de uma função para essa bioeletricidade fraca, o zoólogo H. W. Lissmann, da University of Cambridge, e outros nos anos 50 descobriram que o peixe que a produzia era capaz de detectar seu próprio campo elétrico. Seus sensores, os receptores tuberosos, são muito diferentes das ampolas de Lorenzini: não têm os tubos compridos e não são nem de perto tão sensíveis aos campos elétricos. No entanto, na época, a descoberta deles acrescentou a eletorrecepção à lista dos sentidos conhecidos.

Juntos, órgãos de baixa eletricidade e eletorreceptores tuberosos formam um par emissor e receptor de um sistema parecido com o do radar, extremamente útil para tarefas como orientar-se no lamacento rio Amazonas ou se alimentar à noite. À medida que os objetos distorcem a forma do campo elétrico emitido, os receptores tuberosos detectam a mudança, revelando assim a sua localização.

Tubarões e arraías, entretanto, não possuem órgãos exclusivos para a emissão de campos. Pesquisadores já especularam que as ampolas de Lorenzini, altamente sensíveis, poderiam trabalhar como um sistema de “radar” passivo, detectando campos elétricos fracos que ocorrem naturalmente no ambiente.

Então o que esses animais estavam detectando? Possivelmente sentiam formas breves e fracas de bioeletricidade, como as do potencial elétrico das ondas cerebrais e contrações do músculo cardíaco. Mas parecia improvável que tubarões pudessem usar suas ampolas de Lorenzini para detectar pulsos de um campo elétrico que dura apenas poucos milésimos de segundo. Pelo contrário, esses órgãos estão ajustados para sentir apenas os campos elétricos que mudam mais lentamente, como os gerados por baterias eletroquímicas. Essa capacidade de detecção faria sentido porque todas as células biológicas no corpo funcionam como baterias em decorrência de sua estrutura. Uma bateria comum produz tensão quando duas soluções salinas com cargas elétricas líquidas diferentes são separadas dentro de uma célula eletroquímica. Cargas opostas se atraem, e o movimento resultante da carga cria uma corrente elétrica. Da mesma forma, as células vivas contêm uma solução salina que difere da água do mar, causando o surgimento de uma tensão na interface. Consequentemente, o corpo do peixe na água do mar opera como uma bateria fraca, emitindo um campo elétrico ao seu redor. O campo produzido por essa bateria muda lentamente à medida que o peixe bombeia água por suas guelras.

Usando um amplificador eletrônico, nos anos 70 o biólogo Adrianus Kalmijn, na época da Universidade de Utrecht, Holanda (e hoje do Scripps Institution of Oceanography), demonstrou que os animais produziam campos bioelétricos na água do mar. Esses campos bastante fracos mudavam pouco (ou nada) ao longo do tempo, exatamente o tipo de característica elétrica que as ampolas de Lorenzini são equipadas para detectar. Kalmijn também demonstrou que um tubarão de cativeiro localizava e atacava os eletrodos que ele enterrou na areia de um aquário se os eletrodos emitissem campos imitando os produzidos pelas presas típicas do tubarão. (Meu trabalho inicial foi paralelo à pesquisa de Kalmijn, mas me concentrei na quimera (ver quadro na pág. anterior)).

Eletrorrecepção no Ambiente Natural

Demonstrar que peixes com ampolas de Lorenzini respondem a campos elétricos nas condições controladas de um laboratório é uma coisa; determinar isso em campo, no ambiente da espécie, é outra. Essa tarefa provou ser desafiadora em parte porque os sinais elétricos fracos da presa podem ser acompanhados pelo ruído elétrico gerado por outros fenômenos naturais – salinidade, temperatura, movimento da água, acidez e assim por diante. No oceano, mesmo um fio de metal cria uma tensão que qualquer tubarão pode perceber facilmente.

Para testar como os peixes usam esse sentido na natureza para caçar, tivemos de observá-los no mar – o motivo de estarmos em um pequeno barco com uma abertura quadrada no convés. Em 1981, na esperança de verificar se grandes tubarões oceânicos usavam efetiva

e rotineiramente a eletrorrecepção para se alimentar, Melanie e eu, assim como Kalmijn e sua associada, Gail Heyer, da Woods Hole Oceanographic Institution, desenvolvemos um aparato em forma de T, com conjuntos de eletrodos posicionados em cada extremidade. Descemos o dispositivo pela abertura no convés e bombeamos peixe moído por uma porta localizada na junção entre os eletrodos. Então energizamos os eletrodos para produzir campos elétricos que imitam aqueles emitidos por peixes que são presas típicas dos tubarões. Uma pessoa ativava um eletrodo de cada vez em uma sequência aleatória, enquanto outra (que não sabia qual eletrodo estava sendo ativado) observava o efeito sobre os tubarões. Se os animais atacassem preferencialmente um eletrodo ativado, saberíamos que eles usaram o sentido elétrico para pegar sua presa.

Agachados no convés do barco durante a primeira noite do experimento, espiamos pelo buraco enquanto um grande tubarão-azul circulava. Num dado momento ele sentiu o cheiro de peixe moído proveniente do equipamento e nadou diretamente na direção do odor. Mas no último instante deu uma guinada acentuada para a direita, partindo a perna direita do T com as mandíbulas. O animal se sobressaltou, sacudiu e então soltou abruptamente o equipamento. No momento final do ataque, o predador ignorara a fonte do odor, optando por morder o eletrodo ativado. Ao longo do verão, nossa equipe testemunhou muitos ataques semelhantes, nos quais os animais exibiram preferência acentuada pelo eletrodo ativado em vez do inativo e da fonte de odor de alimento.

A conclusão de que a eletrorrecepção pode superar até mesmo fortes instintos sensoriais como sabor e cheiro nos momentos finais do ataque explicaria relatos enigmáticos de ataques de tubarão a seres humanos. Casos nos quais a vítima foi repetidamente atacada enquanto era conduzida para um lugar seguro por outro nadador, este ignorado pelo tubarão durante o resgate. Apesar de o tubarão talvez perder de vista sua presa quando o sangue obscurece a visão e oblitera o olfato, parece que o sentido de eletrorrecepção permite que localize o forte campo elétrico gerado pelo contato da água com os sais sanguíneos nos ferimentos da presa.

Os tubarões usam todos os sentidos quando caçam – cada um tem vantagens específicas e sensibilidade diferente (ver quadro na pág. oposta). O olfato e a audição seriam mais úteis para localizar a presa a longa distância. Os sentidos visão, linha lateral e paladar, mais importantes a curto alcance. Mas durante a fase final do ataque, quando o tubarão está a 1 metro da presa, a eletrorrecepção se torna a melhor forma de localizá-la precisamente e orientar corretamente as mandíbulas. Talvez um dia essa compreensão venha a servir de base

para o desenvolvimento de um dispositivo capaz de repelir os animais, afastando-os dos banhistas.

Temos nos concentrado no comportamento alimentar, relativamente fácil de induzir nos tubarões, mas esses peixes sem dúvida também empregam seu sentido elétrico para outras finalidades. Podemos só imaginar como é ver o mundo por meio desse sentido estranho e nada familiar.

CONCEITOS-CHAVE

Tubarões e peixes relacionados podem sentir campos elétricos extremamente fracos emitidos por animais nas águas ao redor, uma capacidade que poucos organismos possuem.

Essa capacidade é possibilitada por estruturas eletrossensoriais singulares chamadas ampolas de Lorenzini, homenagem ao anatomista que as descreveu pela primeira vez no século XVII.

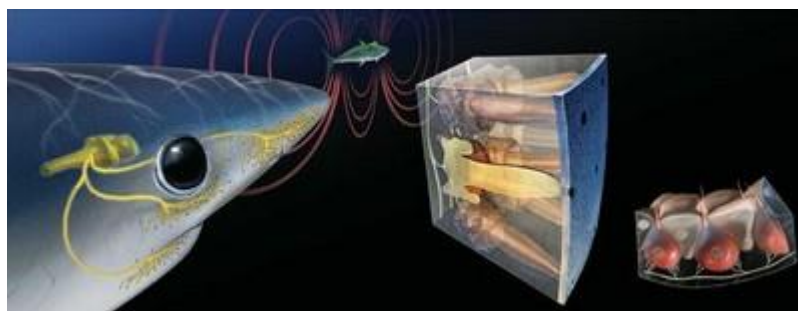
O autor e seus colegas demonstraram que os tubarões usam esse “sexto sentido” para mirar a presa durante a fase final do ataque. Outros usos potenciais para os eletrorreceptores ainda precisam ser determinados. – *Os editores*

ELETROSSENSORES EM AÇÃO

Tubarões e espécies relacionadas sentem campos elétricos extremamente fracos gerados por outros animais na água salgada graças a centenas, talvez milhares de detectores especializados em seu focinho chamados ampolas de Lorenzini (a). Os campos conduzem eletricidade em canais cheios de gel, bem isolados (b), que se estendem dos poros da pele às ampolas em forma de bulbo (c) alinhadas com uma camada única de células sensoriais (d). Essas células, que respondem a cada ligeira mudança na carga elétrica do gel no canal, ativam por sua vez os nervos próximos, que informam o cérebro da presença do campo.

Uma célula sensorial reage quando um campo externo produz um pequeno potencial elétrico em sua membrana, levando os canais a permitir a entrada de íons de cálcio de carga positiva. O afluxo de carga positiva faz com que a célula libere neurotransmissores nas sinapses, ou pontos de

AMADEO BACHAR



contato, dos nervos para o cérebro, estimulando sua ativação. A taxa de estímulos indica a força e a polaridade do campo externo, enquanto sua localização relativa ao tubarão é supostamente determinada pela posição dos poros ativados em seu corpo. As células retornam ao seu estado original após a abertura de um segundo tipo de canal de membrana, que permite que a saída dos íons de potássio de carga positiva.

LINHA DO TEMPO:

ENTENDENDO A ELETORRECEPÇÃO

1678: O anatomista italiano Stefano Lorenzini descreve a estrutura do sistema de eletorrecepção dos tubarões e arraias. Sua função permanece um mistério.

Final do século XIX: Os cientistas explicam a função da linha lateral do peixe, um órgão que detecta o deslocamento de água e de certa forma lembra o sistema eletorreceptor. O exame com microscópio detalha o que em breve se tornará conhecido como ampolas de Lorenzini.

1909: G. H. Parker descobre que as ampolas respondem ao toque. Ele especula que podem sentir o movimento da água.

1938: Alexander Sand registra a saída de impulso nervoso das ampolas de Lorenzini em resposta a vários estímulos. Ele nota que elas reagem a minúsculas mudanças de temperatura.

Anos 50: H. W. Lissmann e outros descrevem os “receptores tuberosos” em peixes que emitem fracos campos elétricos e percebem seus próprios campos. A descoberta acrescenta a eletorrecepção à lista dos sentidos animais conhecidos.

Início dos anos 60: R. W. Murray descobre que as ampolas de Lorenzini são sensíveis a ligeiras variações de salinidade e a campos elétricos fracos.

Anos 70: Adrianus Kalmijn demonstra que na água do mar o corpo dos animais produz campos elétricos. Ele também mostra que tubarões em cativeiro conseguem localizar e atacar eletrodos enterrados que emitem campos elétricos semelhantes.

Anos 90 ao presente: Pesquisadores mostram que a eletorrecepção é um sentido ancestral, comum entre os animais aquáticos.

PEIXES COM SEXTO SENTIDO

Além dos tubarões, vários peixes conhecidos possuem eletorreceptores ampolares semelhantes:

ARRAIAS, que deslizam com suas “asas” de barbatanas peitorais ampliadas próximo ao fundo do mar para se alimentar.

PEIXES-SERRA, que têm focinho parecido com serra coberto com poros sensores de movimento e eletrossensíveis, que permitem detectar presas enterradas no fundo do mar.

ARRAIAS-ELÉTRICAS, que têm órgãos que desferem descarga elétrica capaz de atordoar ou matar a presa.

ESTURJÕES, que usam seu focinho em forma de cunha e os barbilhões semelhantes a bigodes para encontrar alimento nos sedimentos do fundo do mar.

DIPNÓICOS, que conseguem respirar ar e estão adaptados à água doce e, muitas vezes, lamacenta.

PESQUISANDO UM SENTIDO ANTIGO

Os tubarões não foram os primeiros peixes a possuir eletorreceptores; seus ancestrais atualmente extintos também sentiam campos elétricos nos mares antigos. Minha própria pesquisa inicial sobre eletorrecepção se concentrava em saber se um peixe peculiar –a quimera –, que também evoluiu daquelas espécies há muito perdidas, também tinha eletorrecepção.

Encontrei uma dessas criaturas pela primeira vez no final dos anos 70. A quimera tem grandes incisivos que impedem sua boca de se fechar completamente. Essa característica e seus olhos grandes a faziam parecer um coelho ou um rato – o motivo para ser normalmente chamada de rabbitfish (peixe-coelho) ou ratfish (peixe-rato).

Como a quimera não tem valor comercial, o capitão permitiu que eu a levasse para casa para estudo. Logo notei que grande parte da cabeça, entre a pele e o músculo abaixo, estava cheia de uma massa gelatinosa transparente. Quando apontei uma luz para a gelatina em certo ângulo, vi um emaranhado de tubos transparentes, cheios de gel, que irradiavam para os poros da superfície da cabeça e lembravam as ampolas de Lorenzini nos tubarões. Suspeitei que a quimera também possuísse esses órgãos, mas, para confirmar essa conjectura, eu precisava pegar uma quimera ilesa e mantê-la viva por tempo suficiente para realizar a experiência.



FRED BAVENDAM Minden Pictures (arraia);

NORBERT WU Minden Pictures (peixe-serra);

STEPHEN FRINK Corbis (arraia-elétrica);

WIL MEINDERTS Foto Natura/Minden Pictures (esturção);

JEAN-PAUL FERRERO Auscape/Minden Pictures (dipnoico).

Para isso, pedi a ajuda da tripulação de barcos de pesca comercial da baía de Monterey. Numa manhã de neblina, o capitão do Holiday II me avisou por rádio para ir buscar no ancoradouro uma quimera viva que eles haviam capturado. De volta ao meu laboratório, coloquei o peixe em um aquário em forma de anel, no qual a água do mar circulava constantemente (ilustração acima). O centro do anel era grande o suficiente para me permitir observar o peixe enquanto ele nadava contra a corrente (sua direção preferida).

Logo percebi que a tendência da quimera de nadar contra a corrente podia ajudar a responder a minhas perguntas. Primeiro, enterrei eletrodos sob a areia. Quando a quimera nadava sobre os eletrodos escondidos, eu ativava o campo elétrico e simultaneamente tocava suavemente o peixe com uma vara de vidro, fazendo com que nadasse a favor da corrente. Logo a quimera revertia o curso, voltando à sua direção preferida. Presumi que se o peixe pudesse detectar o fraco campo elétrico, passaria a associar o campo à incômoda vara de vidro. Se isso ocorresse, a quimera podia aprender a virar por conta própria apenas com a ativação dos campos.

NORBERT WU Minden Pictures



A QUIMERA percebe seu ambiente com eletrorreceptores, um fato que o autor provou usando um aquário em forma de anel (ilustração).

Após um esforço considerável, finalmente consegui o resultado que buscava. Ativei a chave, e a quimera mudou instantaneamente de direção. Ela sentiu o campo elétrico e aprendeu a rotina. Dali em diante, toda vez que eu ativava os campos elétricos, a quimera virava para o outro lado, mas passava pelos eletrodos desativados sem hesitação. Ajustando a intensidade e a frequência do campo, descobri que o peixe podia identificar facilmente campos tão fracos quanto os criados pelos peixes na água do mar.

Apesar de a experiência ter mostrado que a quimera pode detectar campos elétricos fracos, ela não provou que o peixe usava as estruturas parecidas com as ampolas de Lorenzini para esse propósito. O eletrofisiologista David Lange, do Scripps Institution of Oceanography, e eu buscamos estudar essa questão com a mesma quimera. Adotando a abordagem usada por Alexander Sand em 1938, registramos a atividade dos nervos ligados a esses órgãos. Quando

um impulso nervoso corria do órgão misterioso para o cérebro, uma onda fosforescente verde atravessava a tela de nosso osciloscópio e um estalo barulhento saía de um alto-falante.

Enquanto o peixe dormia pacificamente sob anestesia, os impulsos nervosos pulsavam suavemente em harmonia com sua respiração. Mas quando colocávamos um campo elétrico próximo de um dos poros da pele, o laboratório se enchia instantaneamente de estalos barulhentos, refletindo uma corrente de impulsos nervosos disparados ao cérebro. Em seguida, fizemos o campo elétrico pulsar, e os impulsos nervosos o acompanharam, como soldados marchando em uma parada. E quando invertemos a polaridade do campo, demonstramos que o polo negativo excitava o órgão, enquanto o positivo inibia sua atividade, assim como Sand e

MELISSA THOMAS



R. W. Murray tinha observado nas ampolas dos tubarões. Não há mais qualquer dúvida de que a quimera tem eletrorreceptores. Exames posteriores revelaram que os eletrossensores da quimera são idênticos aos dos tubarões. – R. D. F.

REPELENTES MAGNÉTICOS

Os inventores estão tentando manter os tubarões afastados de iscas de peixe e, talvez, de nadadores agindo sobre seus sensíveis eletrorreceptores com ímãs poderosos. A ideia é confundir os eletrossensores do tubarão induzindo uma tensão interna quando seu corpo passa pelo campo do ímã, dizem os pesquisadores e empreendedores Samuel Gruber, Eric Stroud e Mike Herrmann.

“O foco é salvar os tubarões, não os seres humanos”, explica Gruber, biólogo marinho da University of Miami. O World Wildlife Fund estima que 20% das espécies de tubarão estão ameaçadas. Se fossem fixados aos espinhéis comerciais, esses dispositivos poderiam salvar da pesca 50 mil tubarão por noite no mundo todo alega.

Com apoio da WWF, a equipe está desenvolvendo um anzol de pesca com um ímã poderoso (cilindro preto, acima) preso à linha de pesca. Os peixes de pesca esportiva e comercial, que não têm eletrorreceptores, morderiam o anzol sem saber. Os testes preliminares são encorajadores, mas isso não quer dizer que devamos nadar no mar com trajes cheios de ímãs; não há, ainda, estudo científico comprovando que ímãs afetam o comportamento do tubarão. – *R. D. F.*

PARA SABER MAIS

The electric sense of sharks and rays. A. J. Kalmijn, em *Journal of Experimental Biology*, vol. 55, págs. 371-383, 1971.

Electroreception in the ratfish (*Hydrolagus coliei*). R. D. Fields e G. D. Lange, em *Science*, vol. 207, págs. 547-548, 1980.

Ampullary sense organs, peripheral, central and behavioral electroreception in Chimaeras (*Hydrolagus*, *Holocephali*, *Chondrichthyes*). R. D. Fields, T. H. Bullock e G. D. Lange, em *Brain, Behavior and Evolution*, vol. 41, pages 269-289, 1993.

Electroreception. T. H. Bullock, C. D. Hopkins, A. N. Popper e R. R. Fay. Springer Press, 2005.

2007_05: O que provoca a obesidade A capacidade do corpo humano de armazenar energia na forma de gordura parece deslocada num mundo cheio de alimentos. Entender como os sistemas regulatórios podem levar à obesidade revela novas maneiras de combater o excesso de peso por Jeffrey S. Flier e Eleftheria Maratos-Flier

No alvorecer da humanidade, e durante muito tempo da nossa história, as refeições foram literalmente um vale-tudo. Pelo fato de os seres humanos terem evoluído num mundo onde a disponibilidade de alimentos era apenas intermitente, a sobrevivência exigiu que tivéssemos a capacidade de armazenar energia para épocas de escassez. O tecido adiposo, familiarmente conhecido como gordura, é o órgão especializado para essa tarefa.

Nossa capacidade de armazenar gordura continua essencial à vida e pode permitir que uma pessoa sobrevivesse à fome por meses. Na história humana recente, contudo, a quantidade de energia acumulada como gordura está aumentando em muitas populações. Obesidade é o nome que damos quando o armazenamento de gordura se aproxima de um nível que compromete a saúde de uma pessoa.

Em parte essa tendência é resultado do progresso tecnológico da humanidade – diante de alimento abundante e de menor necessidade de atividade física, é muito fácil ingerir mais energia que o necessário. Contudo, algumas pessoas parecem mais suscetíveis que outras a se tornar obesas quando expostas a esse ambiente de fartura, o que sugere que variações na fisiologia individual também podem estar influenciando o quanto de energia uma pessoa consome, gasta e armazena na forma de gordura.

Muitas variáveis críticas do corpo, como pressão arterial, temperatura corporal, açúcar sanguíneo e balanço hídrico, são bem controlados por mecanismos automáticos, mas se o peso corporal também é regulado continua motivo de discussões acaloradas há muito tempo. Apenas recentemente os cientistas obtiveram avanços significativos na identificação das vias celulares de sinalização e atividade que poderiam participar do sistema regulador da gordura.

Essas novas concepções de como o corpo percebe e reage às necessidades e aos estoques de energia estão ajudando a entender como as variações genéticas herdadas podem afetar sutil ou poderosamente aqueles mecanismos e também como podem ser alteradas por influências ambientais, além da própria gordura excedente. Com novas descobertas os cientistas obtêm um quadro mais claro dos sistemas fisiológicos envolvidos no controle da acumulação gordurosa e dos novos alvos para intervenções que poderiam ajudar as pessoas a alcançar um controle maior das suas próprias batalhas contra o peso.

Existe um Gordurastato?

Qualquer sistema de regulação fisiológica exige um modo de o corpo detectar a quantidade de uma substância específica presente e traduzir a informação em ações que mantenham essa variável numa faixa desejada. As necessidades energéticas das células humanas são satisfeitas pela glicose, derivada do alimento, que circula no sangue. Normalmente o corpo mantém os níveis de glicose dentro de limites bem rígidos. Quando a glicose sanguínea aumenta, células especializadas do pâncreas detectam a mudança e secretam insulina extra, o que desencadeia respostas no músculo e nas células adiposas que levam esses tecidos a assimilar e utilizar mais glicose, enquanto o fígado reage reduzindo a produção desta substância.



As células adiposas convertem a energia excedente que captaram em triglicéride, um ácido graxo. Quando não há alimento disponível e os níveis de insulina caem, as células adiposas liberam triglicérides de volta à corrente sanguínea, de onde são transportados ao fígado e decompostos em cetonas, que podem servir de combustível para o músculo e o cérebro.

Estudos em animais e seres humanos há muito sugerem que o corpo mamífero possui mecanismos para monitorar a quantidade de energia armazenada como gordura e para regular que esse recurso permaneça próximo a um dado nível. Se um animal estiver com peso estável, por exemplo, uma alteração significativa na ingestão de energia produzirá mudanças físicas e comportamentais que parecem estar dirigidas para a restauração do peso ao nível anterior. Um animal cujo alimento é repentinamente restringido tende a reduzir seus gastos energéticos, ficando menos ativo e reduzindo o uso de energia nas células, limitando dessa forma a perda de peso. Ele também sente mais fome para que, assim que terminar a restrição, coma mais que a sua norma anterior até que seja atingido o peso anterior. Da mesma forma, depois de uma superalimentação intencional, um animal começará a gastar mais energia e a exibir apetite reduzido, com ambos os estados persistindo até que o peso caia ao nível anterior. As consequências da inexistência de um sistema regulatório para o controle do peso corporal seriam cruciais. Um excedente de apenas 1% no consumo de energia em relação ao gasto, por exemplo, poderia fazer com que um homem de tamanho médio ganhasse 27,2 kg em 30 anos. Mas os seres humanos têm um sistema ativo capaz de manter o balanço da energia armazenada análogo aos mecanismos que controlam os níveis circulantes de glicose? A resposta é sim. E, embora imperfeito, esse sistema realmente existe, e os cientistas, incluindo nossos grupos de pesquisa, estão obtendo um progresso animador na identificação de seus componentes.

À medida que as peças desse quebra-cabeça se juntam, pode-se fazer uma observação geral talvez decepcionante, mas que provavelmente não surpreenderá ninguém que tenha lutado para perder peso: os mecanismos de regulação do corpo humano parecem ligeiramente enviesados em favor da preservação de gordura. À luz do valor da gordura para a sobrevivência essa tendência faz sentido em termos evolutivos. Com o correr do tempo, a evolução poderia ter até favorecido ligeiras variações em genes relevantes que produziram o gerenciamento “mais parcimonioso” dos preciosos depósitos de energia.

Diferenças na suscetibilidade à obesidade entre subgrupos também podem estar ligadas a versões discordantes de determinados genes. Há bem pouco tempo, varreduras de todo os genomas realizados em quase 40 mil pessoas em todo o mundo identificaram um gene chamado FTO, cuja variação foi vinculada à obesidade. Em todos os países estudados os portadores de uma das versões desse gene eram, em média, 3 kg mais pesados que os

demais e tinham quase o dobro do risco de se tornar obesos. A esta altura, a função do gene FTO e como ele poderia promover a obesidade são desconhecidos, mas sua associação com maior peso corporal sugere que poderia ter um papel na regulação do peso.

Mas os genes não funcionam num vácuo, e os genes da população humana em geral não se alteraram nas últimas décadas. A explicação da epidemia de obesidade exigirá, portanto, um conhecimento maior de como os genes variantes interagem com o ambiente de uma pessoa para influenciar também o peso corporal. Alguns fatores ambientais importantes são óbvios, como a menor necessidade de esforço físico para sobreviver e a maior quantidade e qualidade de alimento disponível. Muitas das outras variáveis ambientais são menos evidentes e ainda pouco compreendidas, como o efeito da nutrição sobre o peso corporal durante o desenvolvimento fetal. Stress, privação de sono e até infecções virais, além da composição de comunidades microbianas benignas no organismo são fatores adicionais que podem afetar a regulação de gordura de um indivíduo. A identificação de genes que estão normalmente envolvidos no gerenciamento de gordura do corpo está, ainda assim, permitindo que os pesquisadores elucidem alguns dos mecanismos fundamentais em operação. Não admira que seguir a trilha de sinais proteicos codificados por aqueles genes frequentemente leve ao centro de comando-mestre de muitos processos fisiológicos, o cérebro.

Integração das Informações

Pouca coisa ocorre no organismo sem que o cérebro tenha participação, monitorando a situação e exercendo sua influência. Pode-se esperar, portanto, que o cérebro tenha um papel crucial na regulação do peso através de sua instrução de apetite, motivação e atividade física, além do gerenciamento de como a energia é alocada no corpo.

De fato, sabe-se há anos que uma pequena região na base do cérebro chamada hipotálamo é central para essas atividades de regulação da energia. Nos estudos com animais, provocar lesões minúsculas nessa área pode causar obesidade ou magreza, dependendo da localização. Essas observações levaram à rotulação de certas partes do hipotálamo como centros de “saciedade” ou “alimentação”.

Pela estimulação do apetite ou pela sensação de saciedade o cérebro pode gerenciar o balanço energético do corpo a cada dia. Em períodos mais longos a sinalização do cérebro também pode suprimir sistemas não essenciais, como crescimento e reprodução, quando os depósitos de energias estão baixos demais e é necessário economizar energia para a sobrevivência. Mas, para comandar qualquer um desses mecanismos em resposta às necessidades do corpo, o cérebro deve receber informações atualizadas sobre a quantidade disponível de energia armazenada. Qual seria esse sinal e como ele funcionaria? Foi demonstrado que muitas moléculas diferentes influenciam o apetite à medida que aumentam e diminuem seus níveis no sangue, inclusive vários produtos de degradação de alimento, como

glicose e hormônios derivados do intestino, como a insulina e a colecistocinina (CCK). Mas um regulador da quantidade de energia em estoque se revelou evasivo até que Jeffrey Friedman, da Rockefeller University, e seus colegas descobriram a leptina em 1994.

Antes disso uma síndrome de obesidade grave havia se manifestado com aumento de apetite e redução de gasto de energia em camundongos criados no Laboratório Jackson, no Maine, EUA. Como era necessário que um camundongo herdasse o traço de ambos os pais, a síndrome em si foi denominada ob/ob. Apesar de centenas de estudos tentando entender a obesidade nesses camundongos, o grupo de Friedman foi o primeiro a identificar a mutação gênica hereditária responsável. Os pesquisadores também determinaram que o gene recém-identificado era predominantemente ativo nos adipócitos e dava origem a uma proteína que não era transformada na forma funcional nos camundongos que tinham a mutação ob. Aparentemente, a síndrome da obesidade era causada pela ausência dessa substância.

Os pesquisadores deram à proteína o nome de leptina, do radical grego leptos, “magro”, e rapidamente demonstraram que a reposição da leptina ausente com injeções diárias diminuía o peso dos camundongos afetados por meio da redução do apetite e do aumento do gasto energético. Em pouco tempo outros ampliaram esta notável descoberta com a constatação de uma mutação similar de perda de função no gene da leptina humana entre as pessoas com casos extremamente raros de obesidade grave de início precoce. A administração de leptina nessas pessoas ajudou-as a perder peso exatamente como havia ocorrido com os camundongos.

Esses experimentos demonstraram pela primeira vez um sistema fisiológico pelo qual as células adiposas produzem um sinal hormonal que reflete o estado de armazenamento de energia – quanto mais triglicérides um adipócito tiver, mais leptina irá gerar – a que o cérebro responde com a alteração do apetite e do gasto energético. Quando o sinal da situação energética está ausente, seja porque a mutação genética impede a fabricação de proteínas de leptina funcional, ou porque o corpo realmente dispõe de estoques baixos de gordura, o cérebro acredita que o corpo está com fome e se comporta como tal, promovendo a fome e a economia de energia. A descoberta da leptina abriu a porta para a exploração de toda uma nova via biológica de sinalização e respostas celulares. O cérebro era um alvo importante da leptina secretada pelas células adiposas na corrente sanguínea, e pesquisadores, inclusive nós, começaram a conhecer muitos dos detalhados circuitos neurais e tipos celulares através dos quais a leptina age. Como seria de esperar, muitos deles situam-se no hipotálamo.

Numa estrutura chamada núcleo arqueado do hipotálamo, na área anteriormente identificada como centro da saciedade, a leptina afeta simultaneamente duas populações vizinhas de neurônios que controlam o apetite de maneiras opostas. Um conjunto de células neurais produz um peptídeo chamado alfa-MSH, que reduz o apetite e, conseqüentemente, o peso corporal. O outro conjunto de neurônios produz dois neuropeptídios, o NPY e o AgRP, e

ambos estimulam a alimentação e promovem a obesidade. As interações da leptina com esses dois grupos celulares são bem elegantes. Os neurônios que produzem MSH conectam-se aos neurônios de outros lugares do hipotálamo que têm uma proteína de superfície conhecida como receptor da melanocortina 4 (MC4R), cuja ativação reduz o apetite e leva à perda de peso. AgRP, o peptídeo que promove a alimentação, é um antagonista desse receptor, impedindo a ativação do receptor. Portanto, a leptina age para ativar os receptores MC4, estimulando-os diretamente via neurônios produtores de MSH e inibindo seu antagonista.

Ao mesmo tempo a leptina também afeta a área do cérebro antes considerada o centro da alimentação, o hipotálamo lateral. Um grupo de células daquela região produz uma pequena proteína chamada hormônio concentrador de melanina (MCH). Em 1996 nosso grupo de pesquisa descobriu que níveis deste peptídeo estão elevados no tipo de camundongo ob/ob, sugerindo que a leptina normalmente inibe a produção do peptídeo. Estabelecemos também que MCH elevado promove ingestão de alimento e obesidade e constatamos que mesmo os camundongos ob/ob, se não tiverem a habilidade de produzir MCH, são menos obesos. Tínhamos encontrado, portanto, outro exemplo do sistema fisiológico por meio do qual a leptina age como sinal regulador dos neuropeptídeos hipotalâmicos que exercem controle sobre o apetite e o balanço energético.

Além do mais, as mesmas células e circuitos afetados pela leptina também agiam por meio de vários outros fatores circulantes. O hipotálamo e as áreas cerebrais relacionadas integram todas essas informações provenientes de diversas fontes para produzir um quadro em tempo real da situação energética do corpo e orquestrar respostas para gerir os recursos energéticos. Para entender melhor quais são as instruções que esses sinais, inclusive a leptina, dão ao cérebro, os pesquisadores também estão estudando como e de onde eles se originam.

Respostas Viscerais

Barriga cheia é um sinal simples, mas seguro, de que o corpo assimilou energia como alimento, e há muito se sabe que a distensão estomacal reduz o apetite. Uma das maneiras de esse estado físico ser comunicado ao cérebro é através das fibras nervosas sensíveis à distensão, que transportam sinais vindos do estômago e intestino que chegam até os centros de controle do apetite. Os sinais neurais do estado de processamento energético do fígado também podem ser transmitidos ao cérebro via nervo vago.

Acredita-se que a insulina também atue diretamente sobre os neurônios do hipotálamo para suprimir o apetite, e sabe-se que vários outros hormônios produzidos no intestino e liberados no sangue depois das refeições se deslocam até o cérebro e produzem o mesmo efeito. Entre estes, a colecistocinina é um fator importante para comunicar a saciedade de curto prazo, mas suas ações se limitam a sinalizar o término das refeições individuais. Outro

peptídeo chamado PYY, liberado do intestino delgado, faz o mesmo. Até agora foi identificado apenas um peptídeo gerado pelo intestino cuja ação é estimular o apetite: a grelina, que é produzida e liberada no estômago antes da alimentação e pode sinalizar a previsão de uma refeição.

Nas pessoas obesas é possível que a geração disfuncional de sinais de curto prazo que indicam se houve consumo recente de alimento, ou se está prestes a acontecer, poderia distorcer os mecanismos cerebrais de regulação de energia. Uma perda de apenas 4,5 kg, por exemplo, pode causar um aumento da produção de grelina, provocando aumento da fome.

A longo prazo, os sinais que emanam da gordura corporal poderiam também contribuir para a gestão anormal de energia. Por muitos anos a gordura foi considerada principal ou exclusivamente um local passivo de armazenamento e liberação de energia na forma de ácidos graxos, mas, com a descoberta da leptina, o tecido adiposo foi reconhecido como uma glândula endócrina com efeitos generalizados sobre a saúde. A leptina ainda é o único hormônio derivado de gordura cuja participação direta na regulação dos estoques de gordura foi demonstrada de maneira conclusiva. Mas um grupo de outros hormônios, coletivamente conhecidos como adipocinas, também se encontra em investigação. A adiponectina, por exemplo, é uma molécula produzida e secretada apenas por células adiposas que normalmente circulam na corrente sanguínea em altas concentrações. Os níveis de adiponectina nas pessoas obesas são menores que a média por motivos desconhecidos. Camundongos de laboratório sem adiponectina são muito pesados, embora também seja misterioso o mecanismo por trás desse efeito. Uma pesquisa intrigante sugere que, em determinadas circunstâncias, a adiponectina poderia ter efeito direto de estimulação do apetite no cérebro. Embora preliminares, esses achados apontam para a possibilidade de que a adiponectina possa, também, servir como sinal direto das células adiposas para o cérebro, indicando uma necessidade de assimilar energia. Como tal, ela poderia contrabalançar o papel supressor de apetite da leptina na regulação da energia.

Origens da Obesidade

Ainda há muito a descobrir sobre o circuito extremamente complexo que regula o uso e o armazenamento da energia do corpo, além de como e de que maneira perturbações internas poderiam perpetuar a obesidade ou predispor uma pessoa a se tornar obesa. A descoberta da leptina em camundongos levou à identificação de pessoas cuja obesidade grave poderia ser explicada por um único defeito genético. Essas obesidades “monogênicas” são bem raras, mas muito informativas. Por exemplo, foi identificado um grupo de pacientes com obesidade grave atribuível a mutações nos genes da leptina, receptor da leptina ou POMC, um precursor do peptídeo hipotalâmico MSH depressor do apetite.

As mutações que provocam perda de receptores MC4 funcionais – os alvos do MSH – respondem por 3% a 5% dos pacientes com obesidade grave. Na maioria dessas pessoas, somente uma das duas cópias do gene está afetada, deixando-as com cerca de 50% da função do receptor MC4 normal.

A maioria absoluta das pessoas com obesidade, porém, não tem nenhuma mutação genética capaz de explicar a doença. Além disso, os níveis de leptina são, na verdade, maiores que aqueles das pessoas magras, o que soa contra intuitivo se a leptina supostamente causa supressão de apetite. Realmente, essa descoberta levou à ideia de que a maioria dos pacientes obesos pode ter resistência à leptina – por algum motivo, o sinal da leptina de que os estoques de gordura são abundantes não está sendo detectado por alguma parte da via de regulação energética. Compatível com essa teoria é o fato de tentativas de administrar leptina terapêuticamente produzirem respostas baixas nos pacientes obesos típicos que não apresentam mutações gênicas específicas associadas à leptina. A descoberta de uma base molecular para a resistência à leptina é, portanto, uma questão de interesse científico substancial. Duas proteínas estão fortemente implicadas como contribuintes à resistência à leptina, por sua ação no cérebro e talvez nos tecidos periféricos. Uma delas é a SOCS3, produzida pelos neurônios hipotalâmicos que normalmente respondem à leptina. SOCS3 pode bloquear a capacidade da leptina de enviar sinais às células. A outra proteína, a PTP1B, suprime a sinalização da leptina dentro das células. Em experimentos com camundongos, a redução dos níveis de SOCS3 ou PTP1B em todos os tecidos, ou mesmo apenas nos neurônios, torna os camundongos mais sensíveis à leptina e resistentes à obesidade. O papel exato dessas proteínas na resistência humana à leptina ainda é desconhecido, mas, com base nessas observações em animais, é tentador especular que essas moléculas produzidas pelos neurônios sensíveis à leptina servem ao propósito de modular a sinalização da leptina para que as células não sejam esmagadas por ela. Nas pessoas obesas, níveis cronicamente elevados de leptina poderiam, portanto, fazer com que essas proteínas comesçassem a supercompensar para proteger as células, iniciando um ciclo de resistência crescente à sinalização da leptina.

Esses mecanismos de feedback fisiológico poderiam ajudar a perpetuar e agravar a obesidade. Além disso, variações em genes envolvidos nas vias de regulação da gordura podem ter papel semelhante no desequilíbrio do sistema. De fato, acreditamos que variações em genes que influenciam o peso corporal por mecanismos ainda não descobertos sejam uma fonte provável de pelo menos parte da suscetibilidade à obesidade. Ainda não se sabe se existem muitos desses genes cuja variação afeta o peso ou poucos genes dominantes cuja variação afeta o peso na maioria das pessoas. Com a maior disponibilidade de técnicas poderosas de varredura de genes humanos em grandes populações, certamente haverá uma aceleração da descoberta de novas vias de regulação do peso e novas ideias sobre os mecanismos conhecidos. No presente, contudo, a prevalência da obesidade e suas

complicações continuam a crescer, deixando evidente que ainda não existem terapias altamente eficientes.

Intervenção na Obesidade

Recomendações simples como redução da ingestão alimentar, mudança na composição da dieta e aumento dos exercícios físicos são sempre adequadas para uma pessoa obesa. Por si sós essas mudanças de comportamento podem ajudar as pessoas a perder até 10% de peso, embora a manutenção dessa perda seja frequentemente difícil.

A cirurgia bariátrica é atualmente realizada em centenas de milhares de pacientes todos os anos. Em geral, essas operações excluem parte do estômago com uma banda para limitar o tamanho ou realmente mudam a rota do intestino tanto para reduzir a bolsa estomacal quanto para se desviar de parte do intestino. Os dois procedimentos têm sucesso substancialmente maior que quaisquer outras farmacoterapias atuais na promoção e manutenção da perda de peso. Pesquisa recente também sugere que o desvio gástrico pode causar redução do apetite, em parte por alterar os níveis dos hormônios intestinais como a grelina e o PYY, o que indica que fármacos para atingir o mesmo fim poderão algum dia substituir essas operações em muitos pacientes. Qualquer nova droga para tratar a obesidade estará sujeita a padrões bem elevados de eficácia, tolerabilidade e segurança. Já que as vias que regulam o armazenamento de energia são tão cruciais para outros processos do corpo e do cérebro, o desenvolvimento de intervenções medicamentosas que satisfaçam todos esses critérios é um grande desafio.

Experiências infelizes no passado com candidatos a fármacos que foram eficazes, mas acabaram se mostrando viciantes ou inseguros, poderiam de fato pressionar as agências regulatórias a serem ainda mais exigentes que possa parecer razoável. Além de tratar a obesidade pela redução do conteúdo corporal de gordura, um medicamento terá de melhorar as complicações associadas à obesidade, como diabetes e hipertensão ou, no mínimo, não agravá-las. Qualquer terapia também terá de ser segura para uso prolongado porque é provável que a interrupção do tratamento permita que o peso retorne aos níveis anteriores.

Também existe alto risco de medicamentos para obesidade serem incorretamente empregados por pessoas que buscam pesos corporais baixos demais por motivos não médicos. Bem recentemente, uma nova medicação que foi colocada à venda na Europa por algum tempo, o Rimonabant, não obteve aprovação dos consultores da Administração de Alimentos e Fármacos (FDA) dos Estados Unidos devido à preocupação com a maior incidência de depressão e ansiedade nas pessoas que o tomam. O fármaco atua bloqueando a ativação de um receptor de superfície celular no cérebro e tecidos periféricos conhecidos como CB1. Este receptor medeia a “enorme vontade de comer” que, por exemplo, o fato de fumar maconha provoca, bem como as ações das moléculas lipídicas produzidas nos vários tecidos.

A troca entre segurança e eficácia no uso dessa classe de compostos durante um período extenso ainda não estão muito claros.

Atualmente, somente dois medicamentos vendidos por prescrição encontram-se aprovados nos Estados Unidos, para uso de longo prazo no tratamento da obesidade. A Sibutramina, à venda desde 1997, age para prolongar a exposição dos neurônios do cérebro aos neurotransmissores noradrenalina e serotonina, resultando em apetite reduzido e modesta perda de peso. O uso deste fármaco é limitado porque a pressão arterial e o pulso tendem a aumentar durante a terapia. O Orlistat, disponível desde 1999 e agora oferecido na forma de medicamentos isentos de prescrição sob o nome comercial Alli, diminui a ingestão calórica total de uma pessoa através da ação no intestino para reduzir a absorção de gordura, com efeitos modestos sobre o peso e as complicações da obesidade.

Há muitas outras abordagens para o desenvolvimento de drogas para obesidade baseadas nas várias vias de regulação do apetite e do peso que foram descobertas nos últimos anos. As terapias potenciais incluem inibidores das moléculas estimuladoras do apetite MCH, NPY e grelina, supressores do apetite que mimetizam o PYY e ativadores da melancortina 4 e de subtipos do receptor da serotonina. Qualquer uma dessas opções teria como alvo a redução da ingestão de energia, como ocorre com os medicamentos existentes. Mas já que o corpo passa para o modo de economia de energia para tentar compensar a perda de gordura, também poderão ser necessários fármacos complementares que estimulem o ritmo em que a energia é gasta. Vários grupos de pesquisa estão estudando modos de aumentar a velocidade com que as células adiposas liberam energia armazenada ou de impedir que ocorra seu armazenamento.

Uma das abordagens tem como foco a estimulação de uma classe de receptores de superfície celular – conhecidos como receptores beta3-adrenérgicos e receptores nucleares PPAR – que desencadeiam a liberação tissular de uma substância chamada proteína 1 desacopladora. Esse sinal é um pedido de energia, que é ouvido por determinadas células adiposas e aumenta a velocidade com que elas enviam os triglicérides de volta à corrente sanguínea. Contudo, essa técnica pode funcionar apenas num tipo especial de tecido adiposo, conhecido como adiposo marrom, que é abundante em roedores e em recém-nascidos humanos, mas, na idade adulta, bem poucas células adiposas marrons permanecem na gordura humana.

Outra abordagem promissora envolve o bloqueio de atividades enzimáticas que promovem o armazenamento de gordura. Um dos exemplos, a enzima 11 beta HSD-1 (11bHSD1), provoca a conversão do esteroide cortisol de uma forma dormente para outra biologicamente ativa dentro das células adiposas e hepáticas. Este cortisol localmente ativo, por sua vez, incita aquelas células a fabricar mais triglicérides. Nosso grupo laboratorial mostrou que camundongos com superprodução de 11bHSD1 nas células adiposas também

geraram excesso de corticosterona (a versão do cortisol nos camundongos) naquelas células e se tornaram significativamente obesos. O curioso é que os camundongos desenvolveram a obesidade abdominal em particular, bem como diabetes, pressão arterial elevada e níveis sanguíneos elevados de lipídios, um conjunto de sintomas que lembra o quadro clínico humano conhecido como síndrome metabólica.

Embora estudos de pessoas obesas ainda não tenham produzido uma associação tão nítida entre a atividade da 11bHSD1 e o armazenamento excessivo de gordura, já existem inibidores dessa enzima que se encontram em desenvolvimento para uso no tratamento da síndrome metabólica. Talvez eles também possam se revelar intervenções úteis para a obesidade. Muitos especialistas acreditam que uma farmacoterapia bem-sucedida para a obesidade envolverá várias drogas atuando em vias independentes, em associações criadas sob medida para pacientes individuais, como é agora o caso para o tratamento de hipertensão e diabetes.

Obviamente, assim como com outras doenças comuns, entre elas a hipertensão, seria preferível tratar as pessoas apenas com mudanças na dieta e no estilo de vida. Mas se essa abordagem fracassar e o resultado forem consequências mórbidas, farmacoterapias seguras não serão menos adequadas para a obesidade que para outras doenças.

CONCEITOS-CHAVE

- A capacidade do nosso corpo de estocar energia para uso futuro foi crucial para a sobrevivência quando havia escassez de alimento. Agora, num mundo de abundância, a obesidade é o problema que ameaça a vida de um número crescente de pessoas.

- Os cientistas trabalham para entender os mecanismos que o corpo humano emprega para regular o estoque de energia na forma de gordura e como esses sistemas podem perder o equilíbrio e levar à obesidade.

- À medida que são identificados os componentes desse sistema regulatório, estes se transformam nos novos alvos potenciais para tratamentos medicamentosos que poderiam restaurar o balanço de energia e ajudar a reverter a obesidade.

[O CÉREBRO] CENTRO DE COMANDO

O cérebro regula o peso integrando as informações sobre as necessidades energéticas do corpo e a situação de seus estoques e, em resposta, inicia as mudanças de comportamento e de processamento de energia. Áreas especializadas estimulam sensações de apetite ou saciedade para que mais energia, na forma de alimento, seja assimilada ou que uma refeição seja encerrada. Com o tempo, o cérebro também pode aumentar ou reduzir o uso global de energia pelo corpo e realocar a energia de sistemas, como o reprodutivo, que não são essenciais para sobrevivência em curto prazo.

INFORMAÇÕES:

ENERGIA ARMAZENADA

- A leptina circulante, um hormônio gerado pelas células adiposas, indica o quanto de energia elas contêm.

SITUAÇÃO METABÓLICA

- A glicose circulante representa a energia imediatamente disponível às células
 - Vários indicadores de atividade hepática sinalizam que a energia ingerida está sendo processada

SITUAÇÃO ALIMENTAR

- Sinais neurais e químicos do intestino indicam se os órgãos digestivos estão cheios de comida

RESPOSTAS

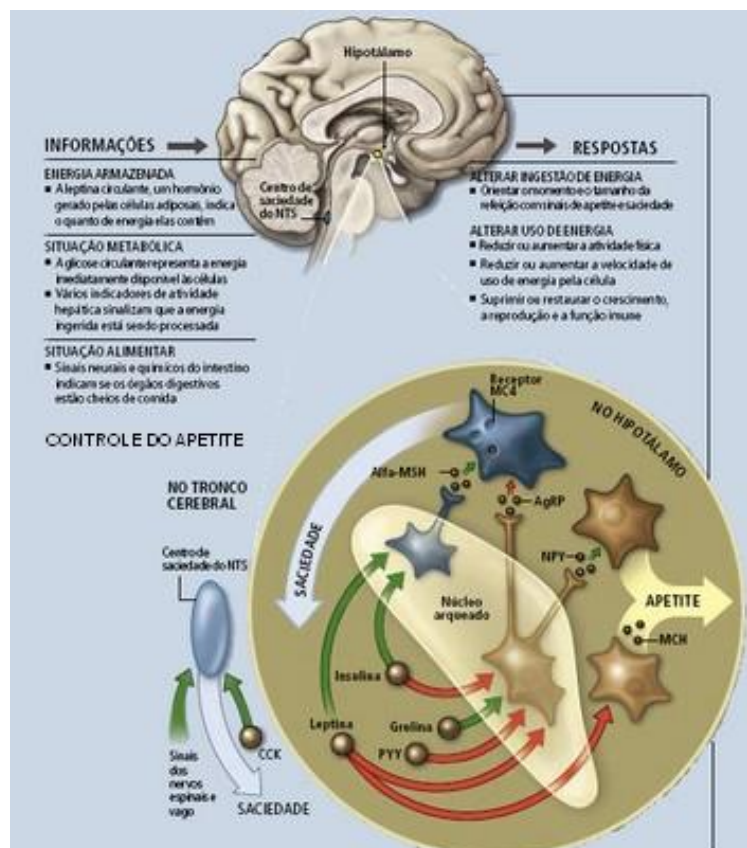
ALTERAR INGESTÃO DE ENERGIA

- Orientar o momento e o tamanho da refeição com sinais de apetite e saciedade

ALTERAR USO DE ENERGIA

- Reduzir ou aumentar a atividade física
- Reduzir ou aumentar a velocidade de uso de energia pela célula
- Suprimir ou restaurar o crescimento, a reprodução e a função imune.

Jen Christiansen



CONTROLE DO APETITE

No núcleo arqueado (ARC) do hipotálamo (extrema direita), indicadores de energia e situação alimentar na forma de peptídeos intestinais, como a grelina e o PYY, e de hormônios que incluem a leptina e a insulina agem sobre grupos de neurônios associados ao apetite (marrom) ou saciedade (azul). Cada substância estimula (flechas verdes) ou deprime (setas vermelhas) as respostas dos neurônios. Quando estimuladas, as células ARC liberam peptídeos como NPY, AgRP e alfa-MSH, que agem sobre um segundo conjunto de neurônios hipotalâmicos, que induzem o apetite ou a saciedade. A leptina e a insulina agem através dos dois tipos de células simultaneamente para promover a saciedade e, ao mesmo tempo, suprimir o apetite. Sinais nervosos e o peptídeo intestinal colecistocinina (CCK) também comunicam a situação alimentar diretamente ao núcleo do trato solitário (NTS), um centro de saciedade (direita) do tronco cerebral.

[O INTESTINO] MENSAGENS CONFUSAS

Sinais importantes que estimulam as respostas reguladoras de energia pelo cérebro e tecidos do corpo emanam dos órgãos digestivos e da própria gordura. São indicadores de curto prazo da situação alimentar do corpo – como os impulsos nervosos e os peptídeos secretados e gerados logo antes e depois das refeições – e também informações de longo prazo sobre a situação da energia armazenada do corpo. Além da leptina, que informa ao cérebro sobre os níveis de gordura do corpo, as células adiposas secretam quase uma dúzia de outros hormônios – coletivamente conhecidos como adipocinas. Pelo menos duas delas alteram diretamente as respostas tissulares à insulina, que regula o quanto de glicose as células assimilam e usam como combustível.

Jen Christiansen

ESTÔMAGO VAZIO (*representado em verde na ilustração*)

- A grelina é produzida por glândulas do estômago 20 a 30 minutos antes da refeição. Não se conhece o gatilho para sua liberação, mas ela pode enviar para o cérebro um sinal de prontidão do estômago.

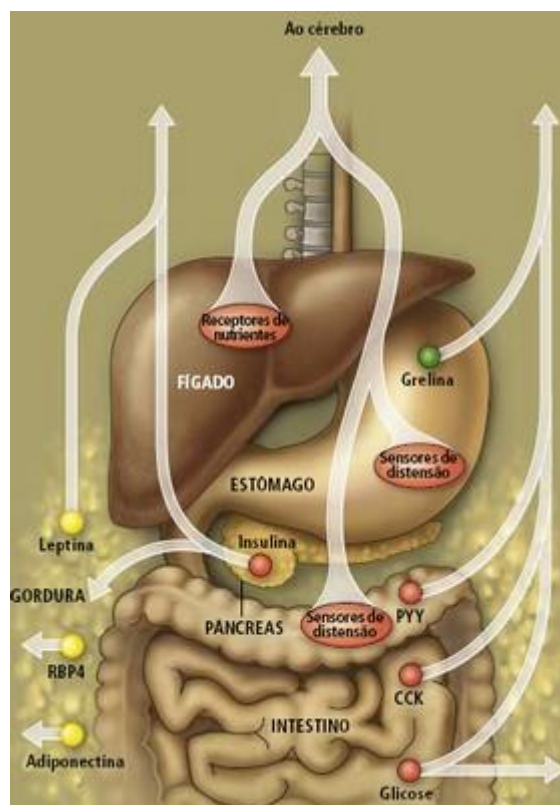
CHEIO DE COMIDA (*representado em vermelho na ilustração*)

- A distensão estomacal e intestinal é transmitida

ao cérebro via nervos espinais e vagos

- Receptores de nutrientes no fígado também enviam sinais neurais que indicam que o alimento ingerido está sendo degradado
- Níveis circulantes de insulina, secretada do pâncreas, e glicose, derivada do alimento ingerido, refletem a situação alimentar e a energia imediatamente disponível.

- Colecistocinina (CCK) e PYY são peptídeos fabricados pelos intestinos e secretados na corrente sanguínea após a refeição



ENERGIA ARMAZENADA (*representada em amarelo na ilustração*)

- A leptina é produzida pelo tecido adiposo em quantidades proporcionais à gordura nele contido

- A proteína 4 transportadora de retinol (RBP4) também aumenta com os níveis de gordura e reduz a resposta de outros tecidos à insulina

- A adiponectina acentua as respostas celulares à glicose e à insulina, mas os níveis de adipocina caem na obesidade.

AJUDANTES FAMINTOS

O “ambiente” interno de uma pessoa pode influenciar quanto de uma refeição é transformado em gordura corporal. Trilhões de micro-organismos benignos se alojam no intestino, ajudando a decompor o alimento, mas a mistura de espécies residentes pode variar. Pesquisadores da Washington University demonstraram que nas pessoas obesas predominam as bactérias conhecidas como firmicutes, enquanto os bacteroidetes são mais comuns nas

peessoas magras. Além disso, o conjunto de micro-organismos “gordos” tem a capacidade de extrair mais nutrientes, portanto mais calorias, do alimento que o conjunto dos magros. Ainda não se determinou se a diferença na microbiota seria um contribuinte à obesidade, uma consequência da obesidade ou as duas coisas.

CÉLULAS AUTORREGULADORAS?

Na obesidade, células adiposas excretam mais leptina, sinal de estoques abundantes de energia, a que o cérebro responde com o corte do apetite. Mas as células adiposas também emitem pedidos de mais energia quando os estoques estão acabando? Uma pesquisa indica que outro hormônio gerado pelas células adiposas, a adiponectina, poderia fazer isso. Takashi Kadowaki e colegas da Universidade de Tóquio demonstraram que, em camundongos, o jejum eleva os níveis de adiponectina no fluido espinal, e a presença do hormônio no sistema nervoso central dispara a liberação cerebral do peptídeo estimulador do apetite NPY. Se for confirmado que a adiponectina é um sinal de fome, ao qual o cérebro responde com aumento de ingestão alimentar, então ela representaria a segunda molécula gerada por gordura envolvida na regulação dos estoques de gordura.

Scimat/Photo Researchers

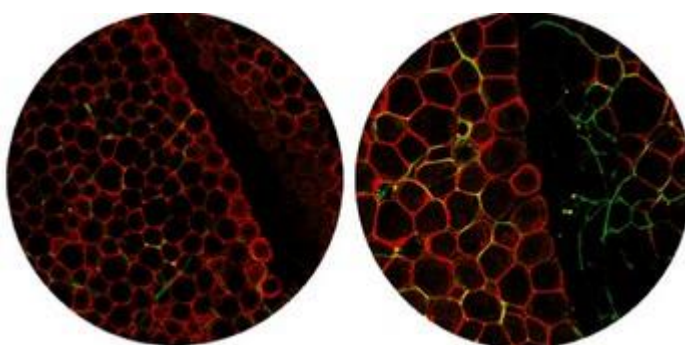


FIRMICUTES AMIGÁVEIS: *Lactobacillus fermentum*

Papel confuso da gordura na doença

Foi estabelecida uma nítida associação entre obesidade e várias enfermidades sérias, entre elas diabetes, hipertensão, doença cardiovascular e até câncer, embora muitos aspectos dessa relação não tenham sido explicados. Ainda assim, a definição médica mais comum de obesidade se baseia em evidências de efeitos adversos sobre a saúde em

Hyuek Jong Lee e Steve Shoelson



CÉLULAS ADIPOSAS em camundongos magros e obesos

peças acima do peso. O índice de massa corporal (IMC) é calculado como o peso em quilogramas de uma pessoa dividido pelo quadrado da altura em metros. Uma vez que uma maior mortalidade é encontrada em IMCs maiores que 30, esse número tornou-se o corte aceito para obesidade. Um IMC entre 25 e 30 é chamado sobrepeso, refletindo alguma conexão com efeitos adversos à saúde.

Essas relações epidemiológicas entre IMC e enfermidade, contudo, podem variar em diferentes subpopulações. E nenhum número preciso permite que os médicos determinem qual quantidade de gordura excedente causará doença. Algumas pessoas têm problemas de saúde com o IMC relativamente baixo de 25, enquanto outras permanecem saudáveis com IMCs maiores que 30.

Nem toda gordura parece ter efeitos iguais. O tecido adiposo se acumula sob a pele na maioria das áreas corporais, bem como dentro e ao redor dos órgãos internos, especialmente no abdômen. Muitos estudos sugerem que diabetes e doenças cardiovasculares em particular estão ligadas a essa gordura intra-abdominal, ou visceral.

Em alguns casos, é relativamente improvável que mesmo um excesso significativo de gordura nos quadris e coxas – que produz a forma de “pera” – cause essas doenças quando não estiver presente também a gordura abdominal em excesso. Esta gordura está associada a diabetes e outros desequilíbrios metabólicos, mesmo na ausência de gordura abundante na parte inferior do corpo, como no corpo em forma de “maçã”.

O fundamento para a influência da localização sobre os efeitos da gordura sobre a saúde não é inteiramente claro. Uma das teorias concentra-se no fato de que a gordura abdominal está bem posicionada para liberar ácidos graxos e outras substâncias e sinais para a veia portal que banha diretamente o fígado e, dessa forma, afetando o funcionamento desse órgão. Uma segunda teoria se baseia no fato de depósitos de gordura em diferentes partes de o corpo gerarem diferentes quantidades de sinais químicos, e os volumes relativos maiores que emanam da gordura visceral poderiam explicar seus efeitos mais adversos.

Digital Vision/Getty Images (esquerda);
Stockbyte/Getty Images (direita)



MAÇÃS NÃO SÃO SAUDÁVEIS quando a palavra se

Vários sinais específicos gerados refere ao formato do corpo. A gordura abdominal pela gordura também estão implicados extra indica gordura excessiva dentro e ao redor dos nos problemas de saúde relacionados à órgãos internos, uma situação intensamente ligada à obesidade. O tecido adiposo produz doença metabólica e cardiovascular. Em contraste, é gatilhos de inflamação, por exemplo, improvável que gordura acumulada principalmente que poderiam contribuir para o risco de nos quadris e coxas, que criam um formado de câncer, doença cardiovascular, diabetes “pera”, cause doença.

e outros transtornos imunológicos. O

hormônio adiponectina, em contraste,

tem ações desejáveis em vários tecidos por melhorar o processamento celular de glicose e lipídeos.

Contudo, já que os níveis circulantes de adiponectina caem na obesidade, a perda de seus efeitos benéficos está associada ao desenvolvimento de resistência à insulina, que contribui para o diabetes e a doença vascular. Um papel mais direto na resistência à insulina é atribuída à adipocina conhecida como proteína 4 transportadora de retinol (RBP4), que as células adiposas produzem em maiores quantidades na obesidade. Estudos em animais mostram que a RBP4 tornam as células hepáticas e outras células menos sensíveis à insulina. Um relato bem recente também confirmou que a gordura visceral gera maiores quantidades de RBP4 que o tecido adiposo subcutâneo de qualquer outro lugar do corpo.

Como ilustram esses poucos exemplos, muitas das mesmas moléculas e mecanismos em investigação por seu papel na regulação de energia do corpo também estão envolvidos em outros processos vitais para a saúde. Avanços no conhecimento da obesidade provavelmente levarão a novas ideias sobre as doenças relacionadas à obesidade e também a seu tratamento. —J. S. F. e E. M. -F.

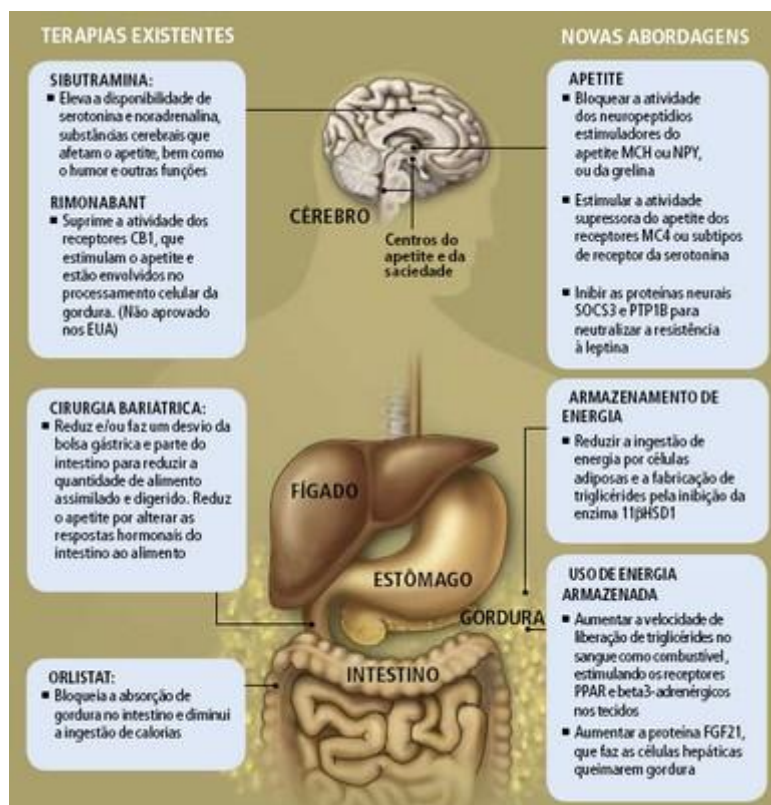
[ESTRATÉGIAS TERAPÊUTICAS] NEUTRALIZANDO A OBESIDADE

Jen Christiansen

À medida que os mecanismos que dão origem à obesidade se tornam mais claros também ficam mais evidentes os motivos pelos quais a perda da gordura corporal e a manutenção dessa perda somente por mudanças comportamentais podem ser difíceis para muitas pessoas.

As terapias são apenas modestamente efetivas, e o desenvolvimento de novos medicamentos seguros para uso prolongado tem sido difícil porque os sistemas de regulação energética estão entrelaçados com outros processos vitais no corpo e no cérebro, criando risco de efeitos colaterais sérios.

As abordagens terapêuticas atualmente em desenvolvimento tentam escolher como alvos mais precisos as moléculas e os mecanismos que controlam a quantidade de energia que o corpo assimila na forma de alimento ou a quantidade que ele armazena e queima.



TERAPIAS EXISTENTES

SIBUTRAMINA:

- Eleva a disponibilidade de serotonina e noradrenalina, substâncias cerebrais que afetam o apetite, bem como o humor e outras funções.

RIMONABANT

- Suprime a atividade dos receptores CB1, que estimulam o apetite e estão envolvidos no processamento celular da gordura. (Não aprovado nos EUA)

CIRURGIA BARIÁTRICA:

- Reduz e/ou faz um desvio da bolsa gástrica e parte do intestino para reduzir a quantidade de alimento assimilado e digerido. Reduz o apetite por alterar as respostas hormonais do intestino ao alimento

ORLISTAT:

- Bloqueia a absorção de gordura no intestino e diminui a ingestão de calorias

NOVAS ABORDAGENS

APETITE

- Bloquear a atividade dos neuropeptídeos estimuladores do apetite mch ou npy, ou da grelina
- Estimular a atividade supressora do apetite dos receptores MC4 ou subtipos de receptor da serotonina
- Inibir as proteínas neurais SOCS3 e PTP1B para neutralizar a resistência à leptina.

ARMAZENAMENTO DE ENERGIA

- Reduzir a ingestão de energia por células adiposas e a fabricação de triglicérides pela inibição da enzima 11bHSD1

USO DE ENERGIA ARMAZENADA

- Aumentar a velocidade de liberação de triglicérides no sangue como combustível, estimulando os receptores PPAR e beta3-adrenérgicos nos tecidos.
- Aumentar a proteína FGF21, que faz as células hepáticas queimarem gordura.

PARA SABER MAIS

An atlas of obesity and weight control. George A. Bray. Informa Healthcare, 2004. Expanding the scales: the multiple roles of MCH in regulating energy balance and other biological functions. Pavlos Pissios et al., em Endocrine Reviews, vol. 27, nº 6, págs. 606-620, publicado inicialmente on-line em 20 de junho de 2006.

The adipocyte as an active participant in energy balance and metabolism. Michael K. Badman e Jeffrey S. Flier, em Gastroenterology, vol. 132, nº 6, págs. 2103-2115, maio de 2007.

The two faces of fat. Kendall Powell, em Nature, vol. 447, págs. 525-527, 31 de maio de 2007.



Jeffrey S. Flier e Eleftheria Maratos-Flier São casados e cada um chefia um laboratório da divisão de Endocrinologia, Diabetes e Metabolismo do Centro Médico Beth Israel Deaconess, de Boston. Ambos são professores de medicina da Escola de Medicina de Harvard

2007_06: O problema está com os homens. Avôs indolentes, filhos que encurtam a vida da mãe e irmãos molestadores inatos – essas são apenas algumas das consequências reveladas pelos estudos da bióloga Virpi Lummaa sobre como as forças evolutivas moldam as gerações futuras por David Biello

Filhos homens não são fáceis para uma mãe. Seja o peso maior na hora do parto, o nível elevado de testosterona ou, simplesmente, as algazaras que as deixam de cabelo em pé – os meninos trazem um fardo extra à mulher que os deu à luz. Examinando registros de dois séculos de uma igreja finlandesa, Virpi Lummaa, da University of Sheffield, na Inglaterra, tem como provar: filhos homens reduzem a expectativa de vida da mãe, em média, em 34 semanas.

ESKO PETTAY



Com o auxílio de genealogistas, a bióloga evolucionária finlandesa de 33 anos vasculhou livros com séculos de idade (e décadas em microfichas) em busca de certidões de nascimento, casamento e óbito – e pistas sobre a influência da evolução na reprodução humana. Historiadores, economistas e mesmo sociólogos há muito usam táticas parecidas para explorar seus campos de estudo, mas Lummaa está entre os primeiros biólogos a estudar o *Homo sapiens* como animal cuja população pode ser acompanhada ao longo do tempo.

Afinal, os humanos são relativamente fáceis de rastrear e oferecem a notória vantagem de, em geral, manter registros detalhados. “Sempre quis trabalhar com primatas”, contou Lummaa. “Mas como coletar dados semelhantes sobre chimpanzés selvagens seria uma enorme dificuldade, decidi estudar uma outra espécie.” Mais recentemente, ela tem se dedicado às mães pré-modernas do povo Sami, da Finlândia, famoso pela criação de renas.

Ao estudar esse grupo, ela constatou que mães de meninos viveram menos que mães de meninas. Essa discrepância tem relação com o peso na hora do parto – bebês do sexo masculino em geral são maiores; isso sem contar a testosterona. “Esse hormônio pode afetar o sistema imunológico e comprometer nossa saúde”, afirma Lummaa. As mães que deram à luz meninos se revelaram particularmente suscetíveis a endemias infecciosas, como a tuberculose. “Criar meninos tem um custo um pouco maior” que criar meninas, pois eles consomem mais recursos físicos da mãe, acrescenta ela – isso já foi observado em outros mamíferos, como o cervo nobre. Filhos também são menos propensos que filhas a permanecer por perto e zelar pela mãe na velhice.

Mais recentemente, Lummaa e seus colegas vêm concentrando a pesquisa no fato de os homens representarem um fardo maior não só para a mãe, mas também para os irmãos e irmãs. As crianças nascidas após um filho homem tiveram famílias menores, eram mais franzinas e, geralmente, mais sujeitas a doenças infecciosas fatais. Os efeitos se comprovaram mesmo com a morte do irmão mais velho na infância, sugerindo que o resultado negativo não é fruto de algum tipo de interação fraterna, como a competição por comida, os espancamentos constantes ou a prática da primogenitura, quando o irmão mais velho herda tudo. “Irmãos mais velhos são prejudiciais”, explica a bióloga. “Se o quinto filho for um menino, então o sexto estará em desvantagem.”

Esse fenômeno é ainda mais evidente em casais de gêmeos. Dos 754 casos de gêmeos nascidos entre 1734 e 1888, em cinco cidades rurais da Finlândia, nos irmãos de sexo oposto, 15% a menos das mulheres se casaram e 25% tiveram um número menor de filhos – no mínimo dois a menos, se comparadas àquelas que tiveram uma irmã gêmea. Essa influência por parte do irmão se repetiu sem qualquer relação com a classe social ou outro fator cultural, e se confirmou mesmo quando o gêmeo morreu antes dos três meses de idade, permitindo à gêmea ser criada como filha única.

ESKO PETTAY



CERTIDÕES DE NASCIMENTO E ÓBITOS ANTIGAS, na Finlândia, conferem uma óptica evolucionária ao comportamento reprodutivo.

Lummaa especula que a exposição uterina à testosterona seja responsável pelo sofrimento da gêmea. A forte influência hormonal em outros animais, incluindo ratos de laboratório e vacas, já havia sido constatada por outros pesquisadores. Quando uma vaca dá cria à gêmeos de sexos diferentes, é comum a fêmea nascer estéril devido à influência da testosterona. Seja qual for a causa, o resultado é indiscutível: mães de gêmeos de sexo oposto acabam com 19% menos netos que aquelas que tiveram gêmeos do mesmo sexo. Ou seja, aparentemente, a evolução favorece o último caso. “Diferenças biológicas entre homem e mulher não são determinadas [apenas] pelo cromossomo herdado no nascimento”, afirma o antropólogo Christopher Kuzawa, da Northwestern University. O efeito da relação fraternal “causa impacto no sucesso reprodutivo e, portanto, tem relevância evolutiva”.

“Os resultados são intrigantes”, comenta Kenneth Weiss, biólogo, antropólogo e geneticista da Pennsylvania State University. Ele observa que “se a propensão a ter gêmeos for genética, certamente há uma tendência seletiva, visando garantir a raridade dos casos. No entanto, alguns animais têm gêmeos rotineiramente”. Sobre essa contradição, ele acrescenta, “ainda que a observação esteja correta, é arriscado superestimar os efeitos dessa característica”. Esse risco é especialmente grave quando se pretende aplicar esses resultados à atualidade. O acesso ao controle de natalidade, a fartura de alimentos e a baixa taxa de mortalidade infantil podem ofuscar a influência evolucionária identificada nos dados de tempos pré-industriais. “É um choque constatar que 100 ou 150 anos atrás, 40% dos bebês morriam antes de se tornarem adultos; ainda mais com a vida adulta começando aos 15 anos”, observa Lummaa.

Porém, grande parte da população mundial ainda vive sob condições semelhantes às daquelas enfrentadas pelos finlandeses pré-industriais. “Os que têm mais filhos, e os que transmitem mais genes continuam a determinar as gerações seguintes”, assegura Lummaa. “Não há motivo para o princípio da evolução não se efetivar.” Agora, sua intenção é colocar à prova as descobertas na Finlândia contra dados demográficos mais modernos, como uma coleção que está reunindo fichas médicas de famílias da Gâmbia, na costa oeste africana.

Lummaa e seus colegas também passaram a examinar os registros finlandeses para entender melhor a figura dos avós e as incógnitas evolucionárias que a cercam. A pesquisa anterior da equipe havia mostrado que as avós têm papel crucial na garantia da sobrevivência e da reprodução dos netos; no entanto, os registros revelaram ainda que o mesmo benefício não se aplicava a pais e avós. Embora a presença do pai possa ter contribuído para que os filhos se casassem mais cedo, ter um avô vivo não fez aumentar o número de netos. “Quando muito, o efeito é negativo”, conclui a bióloga. Isso talvez se deva à tradição cultural de servir refeições para os homens, principalmente os idosos. “Quando se tem um avô, é possível que ele venha a comer sua comida”, ela sugere.

Ou, talvez, a longevidade masculina seja apenas um subproduto da seleção pela longevidade feminina. É provável que, como os homens podem se reproduzir ao longo de toda a vida, não se responsabilizem por outros que não seus próprios filhos; Lummaa está investigando se os homens continuam a procriar na velhice, muito embora uma cultura monogâmica como a finlandesa se oponha a isso. “Homens acima dos 50 têm boa chance de encontrar alguém que os queira”, diferentemente de uma mulher que ultrapassa a idade fértil, explica ela. “Quais benefícios, se de fato há algum, os homens obtêm com a velhice?”

Lummaa e seus colegas também usaram as informações coletadas para explorar a questão das classes, mostrando que, no passado, os ricos tinham mais filhos que os pobres.

Populações das áreas mais ricas do mundo parecem ter revertido essa tendência tão antiga. “Talvez, sob as circunstâncias atuais, estejamos investindo em qualidade em vez de quantidade”, especula ela. “As respostas ainda não são satisfatórias.” Ainda assim, os efeitos perniciosos dos homens – e os benefícios das avós – sem dúvida se destacam. Isso não é muito encorajador para Lummaa, que deu à luz um menino, Eelis, em março. “Já pude constatar que ele está exigindo grande parte da minha energia, e, com certeza, está me deixando mais velha”, brinca. “É incrível como essas mulheres conseguiam ter um parto por ano.”

Apesar do custo alto, com certeza não haverá menos filhos homens. “Se você gerar um menino muito, muito bom, ele dará origem a muitos filhos”, acrescenta a bióloga – um resultado excelente do ponto de vista evolutivo. “Se por um lado perdemos gerando um filho, por outro, ganhamos muito mais.”

VIRPI LUMMA – A BIOLOGIA HISTÓRICA: Pesquisa registros de comunidades finlandesas pré-industriais para estudar o comportamento reprodutivo sob a óptica evolucionária.

MENINOS MAUS:

Conclui que filhos homens encurtam a vida da mãe e afetam a capacidade reprodutiva de irmãos mais novos; os avós também não contribuem para a sobrevivência das crianças.

SOBRE O ÂMBITO DA PESQUISA:

“É preciso ter dados bem antigos, abrangendo diversas gerações. Não há informações assim sobre muitas espécies animais.”

SCIAM-BR, 2008

2008_01: Use ou Perca: Por que a linguagem muda com o tempo? As palavras mais usadas são as que apresentam menor probabilidade de evoluir por Nikhil Swaminathan

As palavras mais usadas na linguagem cotidiana são as que evoluem no ritmo mais lento, dizem dois novos estudos publicados na Nature. Em um dos estudos, pesquisadores da Harvard University se concentraram na evolução das conjugações verbais da língua inglesa em um período de 1.200 anos. Em um estudo separado, uma equipe da University of Reading, na Inglaterra, analisou os cognatos (palavras com som semelhante em diferentes línguas para o mesmo objeto ou significado, como water, “água” em inglês, e a alemã wasser) para determinar como todas as línguas indo-européias progrediram a partir de uma ancestral comum que existiu entre 6 mil e 10 mil anos atrás.

“O que nosso efeito de frequência nos permite fazer é identificar (...) elementos linguísticos ultra conservados”, disse Mark Pagel, professor de biologia evolutiva em Reading, sobre sua pesquisa. “Em outras palavras, são as palavras que usamos o tempo todo.” Na pesquisa sobre cognatos, Pagel e sua equipe examinaram cerca de 200 palavras em 87 línguas indo-europeias, incluindo aquelas que significam water (água), two (dois), to die (morrer) e where (onde). O número de classes distintas de cognatos para cada palavra variou de um (indicando que todas as palavras soavam de forma semelhante) para conceitos usados com frequência, como números, até 46 sons básicos diferentes para descrever uma mesma entidade, como um pássaro, por exemplo. A palavra para o número três em todas as línguas indo-europeias, por exemplo, é semelhante à versão em inglês (three): de tres em espanhol e drei em alemão até theen em hindi. Em comparação, a palavra para bird (pássaro) apresenta vários sons diferentes associados a ela, como pajarero em espanhol e oiseau em francês.



EVOLUÇÃO CONSTANTE:
Dois novos estudos mostram que as palavras usadas com menor frequência estão sujeitas a mudar mais rapidamente com o tempo.

Os pesquisadores então estreitaram seu foco para a frequência de uso de cada uma das palavras em apenas quatro línguas indo-europeias—inglês, espanhol, grego e russo. Pagel disse que a equipe descobriu que elas eram usadas com frequência semelhante em todas as línguas, mesmo quando as palavras com mesmo significado não eram cognatas. “As palavras usadas com mais frequência em espanhol são as mesmas usadas com mais frequência em inglês”, ele disse. “Isso indicava que poderíamos chegar a uma frequência de uso indo-europeia.” Combinando seus dados, os pesquisadores determinaram que pudesse levar apenas 750 anos para a substituição de palavras menos usadas e até 10 mil anos para o surgimento de palavras para substituição das mais utilizadas.

Os pesquisadores de Harvard estudaram especificamente as raízes do inglês, traçando as conjugações verbais da língua da época de Beowulf, há 1.200 anos, passando por Shakespeare no século 16 e até sua forma atual. Ao longo dos anos, vários verbos no tempo passado desapareceram em inglês e agora somente uma forma persiste como regra: o acréscimo de “-ed” no final dos verbos. (Os verbos terminados em “-ed” quando conjugados no passado formam os “verbos regulares” no inglês moderno).

Os pesquisadores reviraram textos gramaticais que datavam da época do inglês antigo, catalogando todos os verbos irregulares que encontraram. Entre eles estavam: os ainda

irregulares sing / sang (cantar), go / went (ir) assim como o posteriormente regularizado smite (golpear, ferir, bater) que em inglês antigo era smote, mas se tornou smited, assim como slink (escapar), que agora é slinked, mas há 1.200 anos era slunk. Eles localizaram 177 verbos que eram irregulares em inglês antigo e 145 que ainda eram irregulares no inglês médio; atualmente, apenas 98 dos 177 verbos não foram “regularizados”.

Após calcular a frequência de uso de cada um dos 177 verbos irregulares do inglês antigo, os pesquisadores determinaram que as palavras que evoluíram mais rapidamente para formas regulares de conjugação eram as usadas significativamente com menor frequência do que aquelas que permaneceram inalteradas com o tempo. De fato, a análise estatística determinou que, dados dois verbos, se um fosse usado com uma frequência 100 vezes menor que o outro, ele evoluiria 10 vezes mais rápido do que o verbo empregado com maior frequência. Eles previram que o próximo verbo que entrará na linha será wed (casar), cujo passado será regularizado de wed para wedded.

“Por ser mais frequente, um verbo é mais estável”, disse o coautor do estudo, Erez Lieberman, estudante de pós-graduação em matemática aplicada na Harvard University. Ele acrescentou que os estudos tanto de Harvard quanto de Reading apresentavam uma versão da seleção natural que age na evolução linguística e reflete a evolução biológica. “Ambos os estudos ilustram este efeito profundo que a frequência exerce sobre a sobrevivência de uma palavra”.

Parth Niyogi, autor do livro *The Computational Nature of Language Learning and Evolution* e um professor de ciência da computação e estatística da University of Chicago, disse que esses resultados empíricos são consistentes com os modelos teóricos da evolução lexical. “As línguas estão mudando constantemente”, ele notou. “Na evolução biológica foi dada bastante atenção a este fato, mas isso está acontecendo nos idiomas o tempo todo. Darwin comentou (em “*A Descendência do Homem*”) que as línguas estavam evoluindo com o tempo, da mesma forma que a especiação”.

2008_02: Um cérebro maior graças ao cozimento dos alimentos. Nossa inteligência nos permitiu conquistar o mundo. O segredo para um cérebro maior, afirma o antropólogo biológico Richard Wrangham, é o cozimento dos alimentos, que tornou a digestão mais fácil e liberou mais calorias por Rachel Moeller Gorman.

Por volta de alguns milhões de anos atrás, nossos ancestrais hominídeos começaram a trocar sua aparência rústica por uma testa proeminente. O que desencadeou o desenvolvimento de um cérebro grande e ávido por calorias como o nosso foi o cozimento dos alimentos, afirma Richard W. Wrangham, professor da Cátedra Ruth B. Moore de

Antropologia Biológica no Peabody Museum of Archaeology and Ethnology da Harvard University. Ele defende sua teoria depois de décadas de estudo sobre nosso primo mais próximo, o chimpanzé, No artigo "Cozinhando cérebros maiores," da edição de fevereiro de 2008 da Scientific American Brasil, Rachel Moeller Gorman conversou com Wrangham sobre chimpanzés, alimentos, fogo, evolução humana e as evidências para sua teoria polêmica. Aqui você pode conferir a entrevista completa.

Você é diretor do Kibale Chimpanzee Project na Uganda ocidental desde 1987. Sempre teve grande interesse por chimpanzés?

Sempre me interessei pela natureza. Comecei como observador de pássaros e depois quis me aventurar em lugares selvagens. Houve um intervalo entre o colegial e a faculdade em que morei na Zâmbia, e isso despertou em mim um interesse pela ecologia comportamental – era assistente de um biólogo que trabalhava para o departamento de animais selvagens. Era um lugar incrível, com quilômetros e mais quilômetros de florestas com todos os tipos de animais.

KATHLEEN DOOHER



Richard Wrangham

Teve a oportunidade de estudar chimpanzés nessa época?

Não. Não estava concentrado nos primatas naquele momento. Mas então fui estudar na University of Oxford e no meu primeiro dia entrei para o clube de expedições, para ver se surgiria alguma oportunidade de trabalhar na África novamente. Quando saí da faculdade, já tinha bastante experiência no continente africano. Fiquei realmente interessado em estudar os animais como uma forma de entender a evolução dos sistemas sociais humanos: se há similaridades entre humanos e animais, então vamos descobrir de onde elas vêm. Escrevi uma carta para Jane Goodall em julho de 1970 [para pedir trabalho] e em novembro fui para Gombe.

O que a África tem que o instiga – a aventura? Que atração é essa que faz com que continue estudando esses animais?

Acho que a história natural é tremendamente emocionante e rica. Acho que, mesmo naquela época, tinha uma sensação de que o tempo estava acabando, de que as coisas estavam mudando. Sendo assim, eu achava que, sempre que possível, era necessário explorar todos esses animais e ecossistemas fascinantes. Mas, sem dúvida, a sensação de liberdade e aventura também era evidente.

Quando começou a trabalhar com Goodall, que tipo de pesquisa ela lhe confiou?

Ela me proporcionou a oportunidade de passar um ano acompanhando quatro casais de chimpanzés irmãos. Foi uma época maravilhosa, pois tinha a liberdade para desenvolver minhas próprias ideias e interesses sobre chimpanzés. De certa forma, é embaraçoso, mas os caminhos que trilhei na minha carreira depois dessa experiência foram influenciados pelas ideias que tive naquela época. Eu observava as maneiras como as pressões ecológicas afetavam a sociedade dos chimpanzés. A situação é bem óbvia com os chimpanzés, pois em diferentes estações do ano há distribuições diferentes de alimentos, e eles reagem de formas bem marcantes. É como uma janela que se abre em respostas para a pergunta principal sobre o relacionamento entre pressões ecológicas e sistemas sociais, e como essa relação se difere entre as espécies.

Deve ser emocionante estar entre os primeiros a realmente entenderem o comportamento social dos chimpanzés.

Sim, exatamente – é fantástico! É interessante com qualquer animal, pois toda espécie tem seu diferencial, mas esse é particularmente expressivo com os chimpanzés. Aliás, a razão que torna esse diferencial expressivo só se tornou aparente mais tarde, quando os dados genéticos demonstraram a proximidade de nosso parentesco com os chimpanzés. Nos anos 70, quando estávamos descobrindo que os chimpanzés tinham todas essas incríveis similaridades com os humanos, o que Jane descobriu foi que eles de fato comiam carne, usavam e fabricavam ferramentas, desenvolviam um relacionamento entre mãe e a prole que, de várias maneiras, é algo muito parecido com o que acontece entre humanos. Há de tudo – transmissão cultural de uma ampla gama de comportamentos. Isso proporciona uma noção geral de que a biologia está mais envolvida no comportamento humano do que acreditávamos anteriormente.

Sua teoria de que o cozimento de alimentos estimulou a evolução dos humanos modernos lhe ocorreu enquanto refletia sentado em frente à sua própria lareira?

Sim, há cerca de 10 anos, logo depois de começar o semestre acadêmico, pensava

sobre o que estimulou a evolução humana. O fogo me fez pensar em uma comparação com os chimpanzés, pois costumo imaginar a evolução humana pelo ponto de vista dos chimpanzés: O que seria necessário para transformar um ancestral chimpanzé em um humano? À medida que refletia sobre desde quando tínhamos o fogo, percebia que diferença incrivelmente grande faria o cozimento dos alimentos. Era uma ideia muito simples; qualquer um que tenha, algum dia, feito um curso de antropologia poderia ter tido essa ideia muito antes.

Como o cozimento faria alguma diferença? Qual o problema com os alimentos crus que os chimpanzés comem?

Conheço a alimentação dos chimpanzés intimamente, provei a maioria dos alimentos que os observei ingerindo e sei a grande diferença que há entre a dieta de um chimpanzé e a de um humano, pois cozinhamos. Foi isso que me fez pensar se os humanos conseguiriam ou não de fato sobreviver apenas com uma dieta de alimentos crus. Minha suposição instantânea foi que não, com base na minha experiência com a alimentação desses animais, que deixou claro para mim que não seria possível – a partir de então, surgiram todas essas questões evolucionárias fascinantes. Tive a experiência de presenciar um parente próximo meu consumindo esses alimentos e ver como eram desagradáveis, o que me fez perceber como seria difícil para os humanos sobreviverem com uma dieta desse tipo. Talvez as pessoas tenham a ilusão de que os lugares em que os primeiros humanos viviam teriam maçãs e bananas caindo das árvores, mas não é assim.

Qual o problema com esses alimentos?

A fruta típica é bastante desagradável, muito fibrosa e bem amarga; o resultado seria não desejar comer mais de duas ou três delas antes de correr atrás de um grande copo d'água dizendo, "Essa foi uma experiência terrível, espero não ficar enjoado". Não são nada gostosas. Não há muito açúcar nelas. Portanto, foram poucas as frutas que experimentei que consigo de fato imaginar ser possível um dia apreciá-las, pois a maioria é muito desagradável. Algumas fizeram meu estômago revirar. Mas se nós – ou os antigos humanos – estivéssemos acostumados com essas frutas, talvez fôssemos capazes de comê-las. Reconheço que meu paladar foi mal-acostumado pela comodidade, e é possível que, se eu estiver faminto no meio da floresta, talvez esteja preparado para comer um monte desses gêneros de sabores detestáveis. Mas trabalhei com pigmeus no leste do Congo em uma floresta onde sabia que um grande número dessas frutas era ingerido pelos

chimpanzés, e, ao questioná-los, eles afirmavam que eu não conseguiria comê-las de jeito nenhum. A dieta dos chimpanzés é formada, em média, por 60% de frutas. Os humanos não conseguiriam fazer o mesmo. Sendo assim, uma das coisas que me fascinava à medida que me aventurava nessas ideias era realmente saber mais sobre do que os caçadores e coletores se alimentavam – e a conclusão foi que não há registros de que a maior parte do consumo de alimentos das pessoas era de alimentos crus. Em todas as partes do mundo, todos esperam uma refeição cozida no final do dia.

E quanto à forma como nosso organismo está preparado para digerir os alimentos? Apesar do gosto ruim, somos capazes de digerir os alimentos que os chimpanzés consomem?

Acredito que provavelmente sejamos capazes de digeri-los – mas isso é especulação, pois não sabemos de fato. Mas a questão é que os alimentos estão cheios de fibras não digeríveis. Portanto, a dieta humana média, mesmo para os caçadores ou coletores que consomem alimentos mais fibrosos, é formada por, digamos de 5% a 10% de fibras indigestas. Em nossos estudos com chimpanzés, eles ingerem 32% de fibras não digeríveis. Portanto, o corpo humano não é projetado para lidar com essas fibras. Podemos afirmar isso com certeza, pois temos o intestino grosso e o estômago pequenos, adaptados para alimentos com alta densidade calórica. A alimentação dos chimpanzés é pobre em calorias.

Ao analisar as evidências arqueológicas, quais foram as pistas que indicavam que o fogo incentivou o desenvolvimento do *Homo erectus*?

A arqueologia do fogo é historicamente um campo de pesquisa confuso, pois as pessoas chegaram a conclusões precipitadas, na minha opinião. O que fizeram foi dizer que há muitas provas de que o fogo remonta a uma determinada época, e depois o número de evidências torna-se bem menor, então vamos partir do princípio de que o fogo começou a ser usado nesse momento de ruptura. Acredito que a forma como os indícios deveriam ser interpretados é que o fogo foi usado por algum tempo no passado, mas não é possível identificar um momento limite. Portanto, não é possível chegar a qualquer conclusão.

É possível determinar o período em que os humanos usaram o fogo pela primeira vez?

Algumas pessoas dizem que o uso do fogo começou há 40 mil anos, outras dizem 200 mil, algumas afirmam 300 mil, outras 400 mil, outras 500 mil – os indícios estão por toda a parte. Em algumas escavações de locais de 1,6 milhão de anos, os pesquisadores

responsáveis afirmam ter encontrado indícios de fogo daquela época. Mas não conseguiram convencer todo mundo até hoje. Portanto, para mim, a forma de encarar a arqueologia das evidências de fogo é simplesmente dizer que a arqueologia não lhe diz nada. Ao mesmo tempo, diz que é possível que o fogo tenha sido controlado há 1,6 milhão de anos.

Você acredita que o cozimento com fogo estimulou o desenvolvimento dos humanos modernos?

Eu costumo pensar no advento do cozimento como algo que teve um grande impacto na qualidade da dieta. Aliás, não consigo pensar em qualquer aumento na qualidade da alimentação na história da humanidade que seja maior. Encontramos repetidas vezes evidências na biologia de que essa maior qualidade afeta o organismo. O alimento se tornou mais macio, mais fácil de comer, com uma densidade mais elevada de calorias – e isso resultou em intestinos menores. E já que a comida fornecia mais energia, observamos mais evidências de energia sendo usada pelo organismo. Houve apenas um momento na história em que esses acontecimentos seriam possíveis; isto é, com a evolução do *Homo erectus* num período por volta de 1,6 a 1,8 milhões de anos atrás.

Por que exatamente o *Homo erectus* se enquadra melhor nesses critérios em relação aos ancestrais humanos anteriores ou posteriores?

O *Homo erectus* é a espécie que apresenta a maior redução no tamanho dos dentes na evolução humana, em relação à espécie anterior, que, nesse caso, era o *Homo habilis*. Não houve uma redução dessa proporção no tamanho dos dentes em nenhum momento posterior da evolução humana. Não temos dados precisos sobre os intestinos, mas o argumento comum é que se as costelas fossem reconstruídas, o resultado seria a redução de sua largura. Até esse momento, aparentemente as costelas tinham que envolver uma grande barriga, como no caso dos chimpanzés e dos gorilas, e depois, a partir de um determinado ponto [quando o *Homo erectus* passou a andar ereto] as costelas passaram a ser planas, o que significa que a barriga passou a ser mais lisa e, portanto, os intestinos se tornaram menores. Além disso, há mais energia sendo usada; as pessoas interpretam o esqueleto locomotor como sendo um indício de que as distâncias viajadas diariamente eram mais longas. E o cérebro apresenta o maior aumento em tamanho.

Então, intestinos menores e cérebro maior foi resultado das calorias a mais. Sendo assim, não seria possível que nossos ancestrais apenas encontrassem alimentos mais

nutritivos?

Há uma teoria de Leslie Aiello [presidente da Wenner-Gren Foundation for Anthropological Research] e de Peter Wheeler [da Liverpool John Moores University, na Inglaterra] que defende esse ponto de vista, afirmando que o cérebro maior tornou possível que os primatas tivessem intestinos menores. Anteriormente eles argumentavam que os intestinos estavam diminuindo de tamanho nesse período, mas, para eles, o motivo é o fato de estarem consumindo carne. Em vez disso, defendo que, o motivo, na verdade, é o cozimento dos alimentos, em parte porque não há outro momento que satisfaça as expectativas que teríamos para mudanças no organismo que seriam acompanhadas pelo cozimento.

Há pessoas que acreditam que apenas uma troca para carne provocaria essas mudanças, embora haja um intervalo de um milhão de anos entre a adoção do consumo de carne e a evolução do *Homo erectus*?

Sim, uma ou duas pessoas escreveram artigos dizendo que isso não faz o menor sentido! Há certa divergência de opiniões, e acredito que seja proveitoso que haja pessoas que digam que a explicação antiga é simples demais.

A maioria das pessoas adere à teoria da carne ou há outras teorias mais populares?

Na verdade, por incrível que pareça, faltam teorias sobre o assunto. Estamos falando das origens humanas, e há uma grande propensão em adotar uma ideia já estabelecida, mas ainda não muito bem ponderada. Uma das coisas que me impressionam é a dificuldade de consumir carne crua. A carne crua não é assim tão atraente, particularmente o tipo de carne oriunda de um animal que vive sob condições de estresse na savana africana: em grande parte, antílopes fortes, além de hipopótamos e rinocerontes. Eu tentei mastigar carne crua. Mas acho que não demoraria muito para que percebessem que a carne poderia ser moída. Ao moer a carne conseguiriam obter mais energia do alimento.

O cozimento da carne é melhor que moê-la para aumentar a digestibilidade?

Descobri alguns estudos que não foram interpretados da forma como venho fazendo, demonstrando que a digestibilidade da proteína animal aumenta quando é cozida. Isso porque ela perde suas qualidades naturais – a proteína é quebrada. Geralmente ela é sólida e compacta, com grupos hidrofóbicos por dentro e hidrofílicos por fora. A desnaturação é o processo de alteração ou destruição das proteínas. Quando as proteínas são partidas, as enzimas proteolíticas podem, então, começar a agir. O calor, como era esperado, provoca a desnaturação, então acho que um dos principais efeitos do cozimento seja a desnaturação das proteínas, abrindo-as até o ponto em que as enzimas proteolíticas facilitam o acesso.

Que outros estudos sustentariam sua teoria?

Seria muito interessante comparar os dados genéticos dos humanos com os do *Homo erectus* para ver quando certas características surgiram, como, por exemplo, quando os humanos desenvolveram defesas contra os produtos da reação de Maillard [reação química entre um aminoácido ou proteína e um carboidrato reduzido, dando resultando em produtos que dão sabor, odor e cor aos alimentos].

2008_03: 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 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 *por 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.

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.

ARTE GLOBO E TABELAS: PAULO
CESAR PEREIRA



IMAGENS © ISTOCKPHOTOS :
CHIMPANZÉ, FOTO DE JURIE MAREE;

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.).

GOLFINHO: FOTO DE GRAEME WHITTLE;
CRIANÇA: FOTO DE ROBERT CHURCHILL;
MENINA AFRICANA: FOTO DE PEETER
VIISIMAA

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.

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 estão agora firmemente estabelecidas 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 dessemelhanças dos dois conjuntos gênicos.

NASA



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.

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 dessemelhanças dos dois conjuntos gênicos.

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

Ninguém confunde, morfologicamente, um chimpanzé com um ser humano. E, no entanto, a diferença média entre as duas espécies em nível nucleotídeo – 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 mesma origem – dos dois genomas. Particularmente com relação aos cromossomos sexuais, enquanto o X apresenta bastante uniformidade, o Y mostra, ao contrário, muitas diferenças.

Um dos desenvolvimentos mais notáveis da genética molecular atual é poder estimar, a partir do grau de diferenciação existente entre duas espécies e de eventos independentes, datáveis, a época em que essas duas entidades se separaram no passado. E avaliações recentes calculam que as linhagens evolutivas que deram origem respectivamente aos seres humanos e aos chimpanzés devem ter se separado entre 7 milhões e 5 milhões antes do presente. Aparentemente o processo foi complexo, tendo havido após o início da separação eventos de hibridação entre as duas linhagens.

Desde a publicação da obra seminal de Charles Darwin (1809-1882) *A origem das espécies*, em 1859, sabe-se que o fator principal que condiciona esses eventos evolucionários é a seleção natural. 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 sequências 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.

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

© GARY WALES/iStockphoto



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.

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. Podem-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.

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

antissocial, amoral 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 partilhamos 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)

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

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 fenómeno 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.

SKOKLOSTERS SLOTT,
BALSTA, SUÉCIA.

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



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.

tem estudado a fundo esse problema, prefere concentrar sua atenção em “memplex”, 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.

© JAMES STEIDL/ISTOCKPHOTO



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

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-I.

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.

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

animais sejam capazes de acessar e utilizar uma série de conceitos abstratos apresentam limitações que os humanos não têm



REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA das relações entre as quatro principais famílias linguísticas de nativos da América do Sul, de acordo com três especialistas na área.

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), lingüista 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 linguistas – Estmír Loukotka, falecido em 1968, Joseph H. Greenberg (1915-2001) e Aryon 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 V.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.

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 partilhamos 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.

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 depois as religiões, com suas revelações, mistérios, tradições e textos sagrados. Calcula-se que tenham sido criadas, ao longo da história da humanidade, nada menos que 100 mil religiões.

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.

Devido à sua universalidade, é provável que o comportamento religioso seja um produto secundário de processos seletivos destinados a resolver problemas ecológicos não-relacionados. Rituais religiosos, aparentemente só presentes na espécie humana, podem, por exemplo, desencadear a formação de peptídeos opioides endógenos que diminuem a percepção da dor, aumenta a termo regulação e afetam a imunocompetência. Em termos de seleção, as religiões podem fortalecer a solidariedade grupal na competição interpopulacional – inclusive por meio da manutenção de controle social pelas elites –, contribuindo também para relações mais harmônicas entre os sexos. Os humanos são os únicos primatas com uniões monogâmicas nas quais há investimento paternal importante, que vivem em grupos grandes com grande quantidade de machos. As normas religiosas podem, neste caso, agir para evitar ou pelo menos diminuir as relações extramaritais. Promessas de vida extraterrena são também importantes para neutralizar inconformismos com relação ao *status quo*.

Perspectivas

É um fato conhecido que a quase totalidade das espécies que se formaram ao longo do processo evolutivo estão atualmente extintas. Seremos únicos também em questão de sobrevivência? Há dúvidas quanto a isso. O desenvolvimento alarmante de armas cada vez mais sofisticadas, a continuidade dos atos agressivos e violentos tanto em nível interindividual como entre grupos étnicos, nações ou grupos de nações, o crescimento do movimento anti-ciência em todo o mundo, com sua enorme dose de irracionalidade e intolerância, não são motivos para previsões otimistas. Mas, em consonância com os grandes utópicos do passado, não é difícil estabelecer um programa de ação que tenha como meta uma relação socialmente mais justa entre indivíduos e nações, com distribuição apropriada das riquezas proporcionalmente ao mérito de cada um, em um mundo livre da violência, das injustiças, das polícias, das penitenciárias, da corrupção e dos governos.

© KAREEM RAHEEM/REUTERS – Latinstock



CONCEITOS-CHAVE

- Embora o *Homo sapiens* seja único, não somos exceção. As outras espécies também são únicas. Algumas das características que definem os humanos são o desenvolvimento do pensamento mágico e a religiosidade.

- Uma expressão tipicamente humana é a noção de moralidade, no sentido de cooperação, de ajudar ou (não) ferir. A expressão cultural de outras espécies não se compara à cultura, que pode ser transmitida entre gerações.

- A linguagem, em sentido restrito, também seria um atributo exclusivamente humano, e sua principal propriedade é a recursão, capacidade de gerar um conjunto infinito de expressões a partir de um número limitado de elementos. – *Os editores*.

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.

PARA CONHECER MAIS

Public information: from nosy neighbors to cultural evolution. Étienne Danchin, Luc-Alain Giraldeau, Thomas J. Valone e Richard H. Wagner, em *Science*, vol. 305, págs. 487-491, 2004.

Primates and philosophers. How morality evolved. Frans de Waal. Princeton University Press, 2006.

Apenas mais uma espécie única: padrões da ecologia evolutiva humana. Robert Foley. Editora da Universidade de São Paulo, 1993.

The faculty of language: what is it, who has it, and how did it evolve? Marc D. Hauser, Noam Chomsky e W. Tecumseh Fitch, em *Science*, vol. 298, págs. 1569-1579, 2002.

The origin of speech. Constance Holden, em *Science*, vol. 303, págs. 1316- 1319, 2004.

DNA, e eu com isso? Francisco M. Salzano. Oficina de Textos, 2005.

© CLIFF PARNELL/iStockphoto



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.



Francisco M. Salzano é professor emérito da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e trabalha em seu departamento de genética. Possui larga experiência em estudos genético evolutivos, especialmente da espécie humana, e é membro da Academia Brasileira de Ciências (ABC) e de quatro outras, nacionais e regionais, incluindo a Academia Nacional de Ciências dos Estados Unidos.

2008_04: Metamorfose. O declínio mundial dos anfíbios é agravado pela desconexão entre o hábitat aquático dos girinos e o hábitat terrestre dos adultos, induzida pelas atividades humanas por Carlos Roberto Fonseca, Carlos Guilherme Becker, Célio Fernando Baptista Haddad e Paulo Inácio Prado.

O suor escorria pelas têmporas. Há vários dias Carlos Guilherme Becker percorria a pé aquela paisagem à procura de sítios adequados para seu estudo de anfíbios. Na imagem de satélite, que guardava dobrada no bolso de trás do jeans, tudo era muito simples. Era uma imagem típica da Mata Atlântica. Pequenas ilhas de floresta rodeadas de pastagens. Sob o sol a pino a paisagem parecia muito menos plana que no papel.

Não demorou muito tempo para perceber que a maioria dos fragmentos de floresta estava no cume dos morros enquanto os riachos corriam na planície. Como uma boa parte dos estudos de anfíbios é feita em locais com algum corpo d'água, por um momento lhe passou que talvez aquele não fosse um bom lugar para uma tese de mestrado. Alguns meses depois ficaria claro que aquela paisagem era de fato ideal para estudar o processo de desconexão de hábitat (*habitat split*, em inglês), um novo mecanismo que seria proposto na revista *Science* para explicar os misteriosos declínios mundiais dos anfíbios.

CÉLIO HADDAD; MONTAGEM SIMONE
OLIVEIRA VIEIRA.

Apesar de pouco divulgado, os anfíbios são os animais mais ameaçados entre os vertebrados. Mais de 100 espécies já desapareceram nos últimos séculos – de forma mais acentuada nos últimos 30 a 40 anos –, outras centenas estão em declínio populacional e quase um terço das 5.743 espécies são consideradas ameaçadas de extinção. Inúmeras hipóteses foram propostas para explicar esses declínios e duas das mais aceitas –

perda e fragmentação de hábitat – pareciam bastante adequadas no contexto da Mata Atlântica. Trata-se de uma típica situação de biogeografia de ilhas – teoria proposta em 1967 por dois eminentes ecólogos americanos, Robert MacArthur e Edward O. Wilson. Segundo essa teoria, grandes fragmentos florestais deveriam ter mais espécies que os pequenos devido às maiores taxas de colonização e menores de extinção. Está tudo nos livros texto.

Contudo, após uma visita em mais de 60 fragmentos de Mata Atlântica, em terras paulistas, a pesquisa identificou apenas três unidades de florestas cortadas por riachos. As demais eram “fragmentos secos”. Para sapos e pererecas esse não é um problema menor. A maioria dos anfíbios, por suas características, vive em dois mundos. Iniciam a vida como ovos e girinos em riachos, lagos ou outros corpos d'água, atravessam uma fase crucial quando se metamorfoseiam em jovens sapinhos, para finalmente mudar para um endereço em terra firme, onde crescem até a maturidade. Necessitam, obrigatoriamente, de um hábitat aquático e de outro terrestre para completar o ciclo de vida.



PERERECA-DA-FOLHAGEM (*Phasmahyla cochranae*), espécie endêmica da Mata Atlântica.

CÉLIO HADDAD; MONTAGEM SIMONE OLIVEIRA VIEIRA

Discussões com orientador e co-orientador definiram que o trabalho testaria possíveis diferenças na fauna de anfíbios entre fragmentos com e sem riacho. Estudaria, ainda, a fauna associada aos riachos que correm pela planície descampada e a fauna das pastagens que se localizam entre os fragmentos secos e os riachos. Com esse delineamento a tese se enquadraria no projeto maior do orientador, com o objetivo de compreender como diferentes históricos de uso da terra influenciam a biodiversidade. Após enterrar 120



PERERECA-VERDE

(*Aplastodiscus leucopygius*), que vive nas serras da Mantiqueira e do Mar, e é ameaçada pela fragmentação de seu hábitat

balde transformados em armadilhas para sapos, estender 1.350 metros de guias plásticas para direcionar esses animais para as armadilhas e construir outros 1.200 metros de cerca para evitar interferir no ambiente das vacas, a coleta de dados foi iniciada.

Logo no início da estação reprodutiva, que coincide com o início das chuvas, ficou evidente que os sapos adultos que ocupavam os fragmentos secos estavam se deslocando ladeira abaixo, em direção aos riachos da planície. No final da estação chuvosa esse padrão se invertia. Eram os jovens que haviam passado pela metamorfose recentemente que deixavam o riacho à procura de algum fragmento de floresta que ainda não haviam visitado. Ou seja, para completar o ciclo de vida os sapos estavam obrigados a fazer uma arriscada migração por áreas inóspitas. Para sobreviverem, os sapos devem ser verdadeiras “metamorfoses ambulantes”.

Desconexão Causada pelo Homem

Quando a Mata Atlântica ainda era imensa e contínua, esse tipo de ameaça não existia. Os jovens sapinhos recém-metamorfoseados deixavam os riachos e já estavam na floresta. Mas, agora, o homem rompeu essa unidade. De um lado está o hábitat dos girinos, de outro, o ambiente dos adultos. Havia ocorrido um *habitat split* – termo cunhado por Carlos Roberto Fonseca e definido formalmente como “uma desconexão induzida pelo homem entre os habitats utilizados por diferentes estágios de vida de uma espécie”.

Com base no conceito de *habitat split* – traduzido como desconexão de habitats – formulamos uma predição: o aumento da desconexão de habitats em uma paisagem levaria à diminuição da riqueza local de anfíbios. Se isso pudesse ser verificado, a desconexão de habitats seria uma forte candidata para explicar os misteriosos desaparecimentos de anfíbios em escala global. A hipótese deveria ser testada e para isso seria necessário um grande número de levantamentos de fauna, capazes de permitir uma avaliação da riqueza de espécies de anfíbios em diferentes locais. Imediatamente o nome do herpetólogo Célio Fernando Baptista Haddad foi considerado. Célio e sua equipe vêm trabalhando com anfíbios em diferentes biomas brasileiros ao longo dos últimos 20 anos, e seu laboratório possui dados qualitativos e quantitativos de anfíbios que poderiam ser utilizados para testar a hipótese. Ele imediatamente aceitou o convite e passou a integrar a equipe. Além disso, precisava-se da colaboração de algum especialista da área de geoprocessamento para gerar as métricas da paisagem. Contatamos, então, Rômulo Fernandes Batista, que havia trabalhado na Unicamp, na equipe de Paulo Prado.

Não acreditei quando fiz meu primeiro gráfico de regressão com apenas cinco pontos. O padrão observado era idêntico ao de sua predição. Conforme a desconexão de habitat aumentava, a riqueza de espécies de anfíbios diminuía. E os pontos estavam muito próximos da reta. Conforme os dados foram se acumulando, ficou cada vez mais claro que o padrão não mudaria. E algo inesperado... Uma análise estatística mais complexa demonstrou que a riqueza de espécies de anfíbios na paisagem era explicada pela desconexão de habitat, mas não diretamente pela perda de habitat e pela fragmentação conforme sugeriam os modelos existentes.

CARLOS GUILHERME BECKER



DOIS EXEMPLARES do sapo *Chaunus ornatus* cruzando a pastagem. Para completarem o ciclo de vida, esses anfíbios são obrigados a uma arriscada migração por áreas inóspitas.

Além disso, outra predição se confirmou. Como a metamorfose de algumas espécies ocorre diretamente do ovo para sapinho, sem passar pela fase de girino, esses anfíbios podem completar com sucesso o seu ciclo de vida, mesmo em fragmentos secos, sem a presença de

corpos d'água. A desconexão de hábitat não deveria ser um problema para essas espécies de desenvolvimento terrestre. E foi exatamente isso que observamos. A desconexão de hábitat afetou negativamente a riqueza de espécies de anfíbios com larva aquática (girinos), mas não afetou a riqueza de espécies e desenvolvimento terrestre. *Touché!*

Crise Mundial

A humanidade necessita de água tanto quanto os sapos e por isso prefere plantar, criar animais e construir casas nas planícies, próximo a rios e lagos. Esse padrão recorrente de ocupação humana acaba levando involuntariamente os remanescentes das vegetações naturais a se restringir ao topo e morros, com menor disponibilidade de água. Esse processo histórico de desmatamento, que produz desconexão de hábitats para os anfíbios, parece ser comum ao redor do mundo, especialmente nas regiões onde os anfíbios mais sofrem – como os Andes, América Central, leste australiano e Mata Atlântica. Isso pode ser facilmente constatado num simples passeio virtual pelo Google Earth.

Em alguns raros lugares, como a Amazônia central, ainda é possível vislumbrar extensas áreas de floresta relativamente intactas, onde igarapés e floresta estão integrados. No entanto, para os 34 lugares do mundo onde a biodiversidade se concentra, os chamados *hotspots* de biodiversidade, as taxas de desmatamento são bastante altas e a desconexão de hábitats parece ser mais regra que exceção. Nos *hotspots* de biodiversidade vivem pelo menos 5.743 espécies de anfíbios, a maioria com larvas aquáticas.

CARLOS GUILHERME BECKER



SAPO-DE-CHIFRE da Mata Atlântica (*Proceratophrys boiei*), espécie que também se ressentida da desconexão de hábitats.

A responsabilidade brasileira sobre a biodiversidade de anfíbios é enorme. De fato somos os campeões em sapos. No território brasileiro já foram registrados 817 espécies de anfíbios e a cada ano muitas novas espécies são acrescentadas à lista. Na Mata Atlântica, que já sofreu desmatamento de cerca de 93%, mais de 480 espécies de anfíbios já foram

registradas e cerca de 80% deles dependem de água para completar o ciclo de vida. No cerrado, um negligenciado bioma brasileiro que já perdeu mais de 70% de sua área original, mais de 250 espécies de anfíbios resistem às agressões humanas.

Como Enfrentar a Crise?

De longe, o pior tipo de desmatamento, do ponto de vista dos anfíbios, é aquele que destrói a mata ciliar – vegetação que margeia rios e lagos. Em uma paisagem, se toda a mata ciliar for removida, todos os fragmentos florestais estarão automaticamente desconectados dos corpos d'água e, com isso, os anfíbios padecem.

Ao menos teoricamente, pelo código florestal brasileiro (4.771/65), a mata ciliar deve estar preservada. Por lei, rios pequenos de até 10 metros de largura devem abranger pelo menos 30 metros de mata em suas margens. Conforme a dimensão do rio aumenta, o código prevê larguras de mata ciliar cada vez maiores, até os grandes rios da Amazônia, que devem ser protegidos por matas de pelo menos 500 metros de largura. Esse artigo do código florestal com certeza não foi feito especialmente para preservar anfíbios, mas, se estivesse sendo cumprido, estaria ajudando em muito a conservação de grande número de espécies.

Na prática, boa parte das matas ciliares da Mata Atlântica está comprometida. No estado de São Paulo, por exemplo, 76% das matas ciliares dos rios de médio e grande porte já foram destruídas. E a situação parece ainda mais agravada quando consideramos os pequenos riachos e córregos. Uma primeira lição a tirar disso é que não se pode permitir que esse padrão de ocupação humana continue se repetindo em regiões aonde ainda não chegou.

E quanto aos anfíbios da Mata Atlântica? Acreditamos que haja chance real para reversão da crise existente, e o decisivo, nesse caso, são projetos de restauração florestal. Há alguns anos a taxa de desmatamento vem caindo significativamente

FOTO: NILSON ALVES



PESQUISADOR CARLOS GUILHERME BECKER avalia espécime em campo na Mata Atlântica.

na Mata Atlântica. A conscientização ecológica aumentou a ponto de centenas de reservas públicas e privadas (RPPNs) terem sido criadas nas últimas décadas. A legislação que regula o reflorestamento foi modernizada em alguns estados, vetando o que a linguagem popular chama de “gato por lebre”, aqui espécies exóticas por nativas. Há uma conscientização por parte das empresas de que passivos ambientais não combinam com suas logomarcas. Todas essas mudanças apontam para um futuro mais promissor em que empresas e proprietários privados se deem conta da necessidade de melhorar as condições de manutenção da biodiversidade, com efeito direto na nossa própria sobrevivência.

Projetos de restauração de matas ciliares, no entanto, estão longe de serem empreendimentos altruístas. Essas matas prestam serviços essenciais, ao regular os fluxos hídricos que controlam as enchentes, inibir o assoreamento dos rios, garantir o recurso pesqueiro, manter condições adequadas à biota aquática responsável por decompor e reciclar os dejetos humanos e assegurar a potabilidade da água.

CONCEITOS-CHAVE

- Perda de hábitat, no caso da Mata Atlântica, é a percentagem de floresta que foi desmatada.

- Fragmentação de hábitat refere-se ao número, tamanho e distância dos fragmentos de floresta que persistem na paisagem.

- Desconexão de hábitat (em inglês, *habitat split*) é definida teoricamente como uma desconexão induzida pelo homem entre os habitats usados por diferentes estágios de vida de uma espécie. Para os sapos, refere-se à separação entre os fragmentos e os riachos existentes em uma paisagem.– Os editores

[OUTRAS AMEAÇAS] POLUIÇÃO E RADIAÇÃO COMPROMETEM O HÁBITAT; PERDA E FRAGMENTAÇÃO DE HÁBITAT

A perda e a fragmentação dos habitats naturais são frequentemente apontadas como as principais ameaças aos anfíbios. A perda de hábitat reduz diretamente a área e distribuição geográfica das espécies, reduzindo os seus tamanhos populacionais. A fragmentação dificulta o fluxo gênico entre as populações, levando a endocruzamento e perda de diversidade genética a longo prazo. Somente em 34 áreas prioritárias para conservação da biodiversidade mundial, os chamados hotspots de biodiversidade, mais de 2.800 espécies endêmicas sofrem com a perda da vegetação natural.

CARLOS GUILHERME BECKER

POLUENTES

Juntamente com a destruição da vegetação natural, o uso extensivo dos pesticidas e fertilizantes ameaça os anfíbios. Herbicidas como a Atrazina e o Roundup apresentam comprovados efeitos negativos nos anfíbios de larvas aquáticas, provocando feminização nas populações e diminuindo as taxas de sobrevivência dos indivíduos, principalmente no início do ciclo de vida. Agroquímicos aplicados localmente podem ser transportados pela atmosfera por grandes distâncias, e seus efeitos nos anfíbios podem ser sentidos até mesmo em regiões aparentemente livres de influência humana direta. Outra ameaça potencial aos anfíbios é a chuva ácida, uma vez que embriões e larvas são muito vulneráveis aos efeitos do baixo pH. Os contaminantes químicos também são apontados como principais responsáveis pelo aumento das taxas de deformidades em sapos, rãs e salamandras. Indivíduos com más-formações ocorrem principalmente em áreas agrícolas onde inseticidas e fertilizantes são aplicados extensivamente.



RIACHO EM ÁREA DESMATADA. O assoreamento e o uso de agrotóxicos comprometem a sobrevivência de larvas aquáticas.

DOENÇAS EMERGENTES

Mortalidades em massa observadas em populações de anfíbios em várias regiões do mundo são evidências de que as doenças desempenham um papel importante na viabilidade das populações dos sapos. Fungos, vermes trematódeos e vírus têm sido apontados como as principais ameaças. O patógeno mais ameaçador aos anfíbios é sem dúvida o fungo *Batrachochytrium dendrobatidis*, causador da quitridiomíose, doença emergente conhecida por dizimar populações inteiras de anfíbios, inclusive em regiões com vegetação intacta. Essa doença está associada a declínios populacionais drásticos em várias espécies de anfíbios principalmente nas Américas, Oceania e Europa.

INTRODUÇÃO DE ESPÉCIES EXÓTICAS

Muitas espécies vêm sendo introduzidas em locais onde não ocorriam originalmente. Livres de seus predadores, as espécies exóticas são consideradas a segunda maior causa mundial de extinção da diversidade biológica, atrás apenas da destruição dos habitats pelo homem. Uma série de evidências aponta para os efeitos nocivos das espécies exóticas para os anfíbios. Plantas invasoras modificam os ecossistemas terrestres e as margens dos

ecossistemas aquáticos, alterando a dinâmica da cadeia alimentar dos sapos. Anfíbios são predados em ambientes aquáticos por peixes introduzidos e até mesmo por outras espécies exóticas de anfíbios, como a rã-touro. Essa rã, de origem norte-americana, que vem se espalhando por toda a Mata Atlântica, tem se mostrado uma grande ameaça às populações nativas de sapos, rãs e pererecas.

RADIAÇÃO UV-B

A destruição da camada de ozônio principalmente pelo uso de clorofluorocarbonos (CFCs) tem aumentado significativamente a radiação UV-B (comprimento de onda 280-315 nm), especialmente em grandes latitudes. Nos anfíbios, o aumento da radiação UV-B pode retardar as taxas de crescimento, causar problemas no sistema imunológico e ainda uma série de ameaças não-letais, incluindo mudanças no comportamento dos animais e más-formações durante o período de desenvolvimento.

CARLOS GUILHERME BECKER



DRENAGENS DESFLORESTADAS.

A floresta remanescente permanece apenas no topo dos morros na Mata Atlântica. Município de São Luís do Paraitinga (SP).

MUDANÇAS CLIMÁTICAS

À medida que os efeitos catastróficos do aquecimento global vêm se tornando cada vez mais claros, muitas espécies vêm sendo forçadas a se retirar de cena para sempre. Mudanças nos padrões climáticos, como a altitude média do banco de nuvens, podem transformar uma região montanhosa originalmente úmida em uma região seca. No caso dos anfíbios, as alterações climáticas podem mudar até mesmo a dinâmica de muitas doenças que os infectam. Tomando um exemplo trágico, estima-se que quase 70% das 110 espécies de *Atelopus*, que são anfíbios endêmicos dos trópicos americanos, vêm sofrendo drásticos declínios populacionais associados a um surto de quitridiomicose promovido por mudanças climáticas na região estudada.

PARA CONHECER MAIS

Habitat split and the global decline of amphibians. Becker e colegas, em *Science*, vol. 318, págs. 1775-1777, 2007.

Endereço na internet do Global Amphibian Assessment, iniciativa que fornece informações sobre o status de conservação de todas as espécies de anfíbios associada à União Internacional para a Conservação da Natureza, Conservação Internacional e NatureServe: www.globalamphibians.org

The effects of amphibian population declines on the structure and function of Neotropical stream ecosystems. Whiles e colegas, em *Frontiers in Ecology and the Environment*, vol. 4, págs.27-34, 2006.

Emerging infectious disease and the loss of biodiversity in a Neotropical amphibian community. Lips e colegas, em *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 109, págs.3165-3170, 2006.

Status and trends of amphibian declines and extinctions worldwide. Stuart e colegas, em *Science*, vol. 306, págs.1783-1786, 2004.

OS AUTORES

Carlos Roberto Fonseca, Carlos Guilherme Becker, Célio Fernando Baptista Haddad e Paulo Inácio Prado têm em comum a passagem pela programa de pós-graduação em ecologia da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). Carlos Fonseca, doutor pela University of Oxford e mestre pela Unicamp, é um ecólogo assumidamente generalista, tendo trabalhado com uma variedade de temas que incluem interação animal-planta, evolução floral, macro ecologia, manejo florestal e conservação da biodiversidade. Atualmente é professor-adjunto da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Unisinos). Gui Becker é graduado pela Unisinos e mestre em ecologia pela Unicamp. Passou boa parte de sua infância capturando passarinhos na serra gaúcha, mas hoje trabalha pela conservação da biodiversidade. Célio Haddad é professor titular do departamento de zoologia da Universidade Estadual Paulista (UNESP, Rio Claro). Doutor em ecologia pela Unicamp é especialista em biologia, sistemática, ecologia e evolução dos anfíbios e tem trabalhado com a conservação desses animais. Paulo Inácio Prado, doutor pela Unicamp, pesquisa como a diversidade biológica se organiza em diferentes escalas no tempo e espaço, e como isso interage com a ação humana. Atualmente é professor do Departamento de Ecologia do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo (USP).

2008_05: 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 por 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.



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.

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.

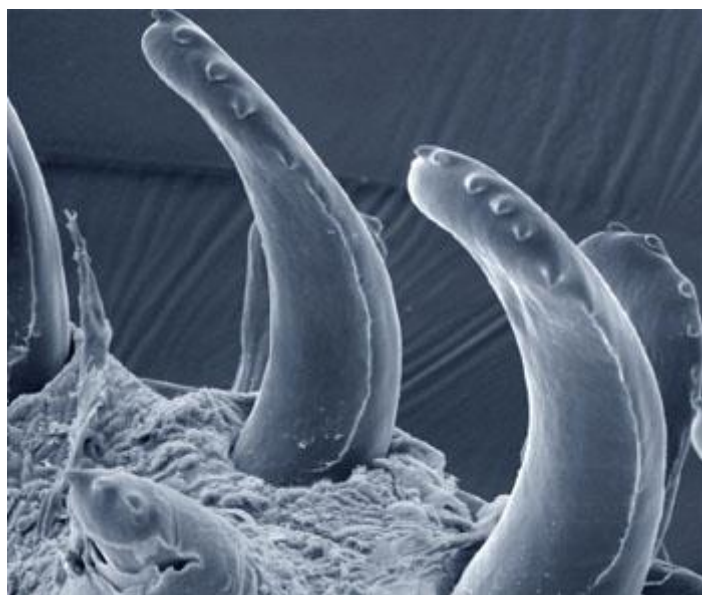
Os atuais vertebrados fossórios eram inicialmente tetrápodes e, ao longo do processo de colonização do mundo subterrâneo, perderam seus membros. Parte dos cientistas acreditam que essa tenha sido a origem das serpentes a partir dos lagartos, e que, posteriormente, voltaram a colonizar – já sem as patas – 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 fósseis 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 apoiam 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 Paleozoica, 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.

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,



DENTIÇÃO FETAL, em imagem que ajudou a decifrar enigma da cobra-cega

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 urodelos 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.

Em contraposição a essa distribuição, explica-se a exiguidade 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 semiaquáticos, os *Gymnophiona* são considerados anfíbios primariamente fossórios. São cegos, pelo menos para a formação de imagens, pois, apesar de apresentarem olhos diminutos e possivelmente pouco funcionais, possuem células que reconhecem luz.



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.

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. 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 é 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 *phallodeum*. 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, participou 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 anfíbio fauna brasileira. No século 19, Emílio 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 proteica, 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”. Rodolpho 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 frequentemente 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 (Cepec-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



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.

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.

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. 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



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.

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.

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 infraestrutura 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.

CONCEITOS-CHAVE

- Os animais vertebrados fossórios inicialmente eram tetrápodes. 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*

PARA CONHECER MAIS

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.

Carlos Jared é pesquisador do Laboratório de Biologia Celular do Instituto Butantan. Fez o doutorado em morfologia na Escola Paulista de Medicina (Unifesp) e o pós-doutorado em zoologia no Departamento de Zoologia da USP.

Marta Maria Antoniazzi é pesquisadora e diretora do Laboratório de Biologia Celular do Instituto Butantan. Doutorou-se em Biologia Celular no Departamento de Genética e Biologia Evolutiva da USP. Ambos estão envolvidos no estudo da pele e dos anexos cutâneos de anfíbios e répteis brasileiros. Uma das linhas de pesquisa que desenvolvem está relacionada às adaptações morfológicas à vida, em ambientes de difícil colonização. Nesse contexto procuram entender o modo como a evolução molda o corpo de animais, atingindo soluções semelhantes por diferentes meios.

SCIAM-BR, 2009

2009_01: 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 por
Ricardo Braga-Neto e Cassius V. Stevani**

A bioluminescência é um fenômeno natural bastante conhecido em alguns grupos de animais, como vaga-lumes, pirilampos, 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 Ruffin 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

IMAGENS CEDIDAS PELO AUTOR



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.

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*.

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 localiza-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

IMAGENS CEDIDAS PELO AUTOR



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.

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 micélios que emitem 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', 'fungo da noite enluarada' e 'fungo 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 *Armillariabioluminescentes*. 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 bioluminescentes. Todas essas espécies vivem livremente, sendo capazes de decompor madeira e serrapilheira, 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.

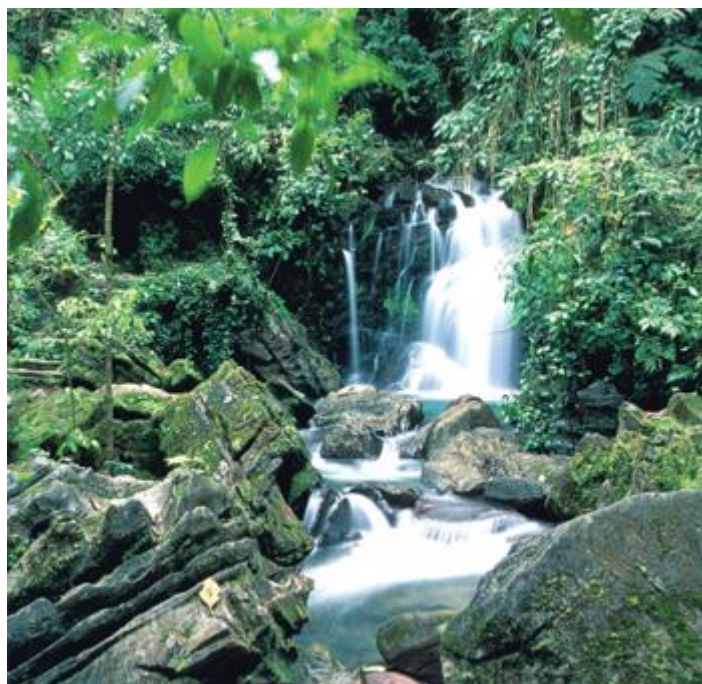
De qualquer maneira, as hipóteses não são mutuamente excludentes e é possível que a bioluminescência tenha surgido como subproduto desse processo metabólico e depois motivado a consolidação de processos ecológicos relacionados com a atração de animais, que podem estar associados com dispersão de esporos 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 eco toxicológicos, a biorremediação de solos contaminados e a biodegradação de resíduos industriais.

© JUCA MARTINS/OLHARIMAGEM

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



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.

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.

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, simbioses 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.

CONCEITOS-CHAVE

- 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*

[ESTRUTURA DOS FUNGOS]

CORPO VEGETATIVO

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.

[FUNGO MYCENA] ESPÉCIE RARA NA AMAZÔNIA

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 encontradas já está desmatado, não se sabe qual o efeito dessa alteração sobre o desenvolvimento da espécie.

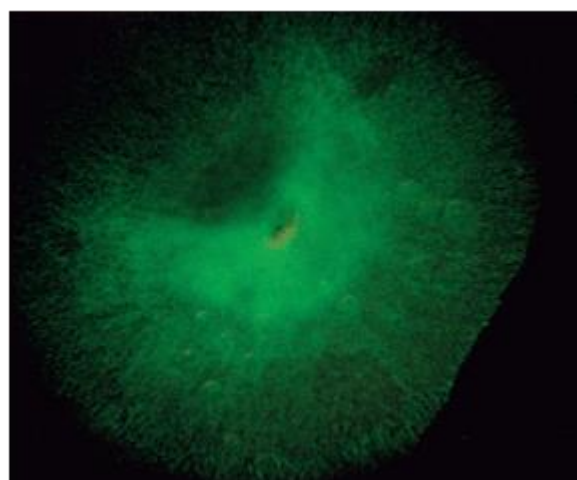
PARA CONHECER MAIS

Fungi bioluminescentes 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.

Laboratório de
bioluminescência de fungos (IQ-USP),
<http://www.iq.usp.br/>
www.docentes/stevani/



MYCENA CLARO/MYCENA ESCURO

Ricardo Braga-Neto e Cassius V. Stevani

Ricardo Braga-Neto (Saci) biólogo, formado pelo Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, tem mestrado em ecologia no Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Inpa). Interessado em diversidade e conservação de fungos tropicais, tem ajudado a difundir a ecologia na região amazônica.

Cassius V. Stevani químico pelo Instituto de Química da Universidade de São Paulo, atualmente é pesquisador e professor do Departamento de Química Fundamental. Tem se dedicado a estudar o mecanismo de funcionamento da bioluminescência em animais e fungos.

2009_02: Desvendando a Mente Estética. Já é possível observar diretamente como reage o cérebro diante de uma obra de arte. O prazer estético estimula áreas cerebrais que geram emoções de euforia e bem-estar. por Mauro Maldonato, Silvia Dell'Orco e Ilaria Anzoise

O que acontece quando temos uma experiência artística e, em sentido mais geral, uma experiência estética? Nos últimos 30 anos, as neurociências levaram suas explorações até o limiar que divide as ciências da Natureza das ciências da cultura, esclarecendo a natureza biológica e psíquica da experiência estética, uma das mais controversas e fascinantes das experiências humanas. Na realidade, já nos séculos passados escritores e filósofos – de Platão a Goethe, de Kant a Winckelmann – haviam tentado penetrar a essência do senso estético, da beleza.

Nenhum deles, no entanto, podia imaginar que um dia observaríamos in vivo as dinâmicas do cérebro diante de uma obra de arte. No entanto, o desenvolvimento dos novos métodos de brain imaging – que nos mostram a atividade do cérebro enquanto cumprimos uma ação, pensamos ou nos emocionamos – propicia avanços formidáveis no conhecimento da fisiologia cerebral. A ressonância magnética funcional, especialmente, nos permite estudar os padrões de ativação das diferentes áreas do cérebro, mostrando como toda estrutura cerebral é especializada em uma ou mais tarefas específicas, como a elaboração dos estímulos sensoriais (visuais, táteis, auditivos etc.), o planejamento e a execução de processos motores ou a percepção de determinados estímulos emotivos.

Evidências experimentais recentes esclarecem que, embora no plano das experiências estéticas – que implicam sentimentos, recordações, emoções e outras coisas mais – os seres humanos mostrem um forte caráter individual (porque ligados a componentes genéticas e culturais), diante de uma obra de arte eles compartilham as mesmas percepções elementares. Nesse sentido, perceber o mesmo objeto ou experimentar as mesmas emoções provocam a ativação das mesmas áreas cerebrais em todos os seres humanos. Essa disposição comum é fundamento da capacidade de comunicar até aquelas impressões e emoções profundas que não sabemos expressar com palavras. A pintura, a escultura, a poesia e a música permitem ao homem expressar em obras de elevadíssimo nível estético conceitos sutis, paixões, prazeres, tormentos e os mais íntimos movimentos da alma humana.

GALERIA TRETIAKOV, MOSCOU



O VISUAL FEÉRICO de Kandinski (em Composição VII): para ele, as cores produzem efeitos psíquicos intersensoriais que vão além da vista.

Há cerca de uma década, um grupo de pesquisadores ingleses elaborou um programa de pesquisa – definido como neuroestética – com o objetivo de esclarecer os mecanismos biológicos da experiência estética. Em diversos estudos, Semir Zeki e seus colaboradores identificaram algumas áreas cerebrais envolvidas na fenomenologia do amor (romântico ou materno), mostrando que esse sentimento – seja lá qual for seu significado – estimula as áreas cerebrais que geram sensações de prazer e recompensa. Segundo os pesquisadores ingleses, essas evidências explicariam por que o amor, assim como a arte, nos deixa eufóricos, provocando-nos sensações de bem-estar. Nas situações em que esse sentimento está em jogo, os estudiosos perceberam que, enquanto algumas áreas cerebrais são ativadas, outras se desativam: entre estas últimas, figuram os lobos frontais, especificamente envolvidos nas operações de julgamento das pessoas. Esse dado, muito relevante, poderia esclarecer por qual motivo as pessoas são quase sempre escassamente objetivas em seus juízos sobre as pessoas amadas, e, particularmente, as mães quase sempre tendem a ser pouco críticas em relação aos próprios filhos.

Embora pesquisas desse tipo ainda não tenham sido realizadas no âmbito artístico, não é infundado supor que eventos do mundo exterior – por exemplo, dinâmicas socioculturais – podem provocar uma inibição reversível dos lobos frontais, tornando menos imparciais nossos juízos estéticos. Nesse sentido, se o papel inibidor dos fatores socioculturais nos lobos frontais fosse demonstrado, talvez pudesse ser explicado por que uma obra não particularmente sugestiva, ainda que inserida em um contexto que nos é conhecido (quando, por exemplo, o artista em questão é universalmente consagrado), pode ser reavaliada do ponto de vista estético.

Em Busca de Essências

Uma das peculiaridades essenciais do cérebro é conhecer – entre fluxos de informações enormes e inconstantes – as regularidades e as invariâncias de objetos e situações. Para esse fim, o cérebro utiliza procedimentos que lhe possibilitam extrair as informações necessárias para o conhecimento das propriedades duráveis da realidade. Um exemplo pertinente a esse respeito é a visão da cor. A qualquer hora do dia um objeto permanece com a mesma cor. O que medeia esse mecanismo é um sistema de elaboração do cérebro geneticamente determinado, que age, por assim dizer, por graus, reconhecendo antes as cores e depois as formas.

Há mais um processo de extremo interesse: o fenômeno da abstração, mediante o qual o cérebro enfatiza o “geral” em detrimento do “particular”, ao qual se segue a formação dos conceitos, daquele da linha reta até o mais complexo de beleza. Trata-se de conceitos que os artistas procuram transfundir constantemente em suas obras. Assim como sabe a neurofisiologia das cores e do movimento, quando o cérebro determina a cor de uma

superfície, o faz de maneira abstrata, sem se “preocupar” com a forma precisa do objeto. Há, com efeito, células do córtex visual tão especializadas a ponto de reagir somente ao movimento em uma direção e não em outra.

Em geral, como busca dos princípios e das regularidades da percepção da obra de arte, a neuroestética articulou-se em dois níveis fundamentais: a) a indagação da visão como processo ativo mediante o qual o cérebro, construindo e reconstruindo o mundo, adquire conhecimento do ambiente; b) a indagação da experiência artística como função da relação entre o sujeito que percebe e o mundo percebido. As pesquisas sobre as diferentes áreas do córtex visual contribuíram de maneira determinante não somente para a elaboração de um modelo da visão como processo ativo, mas também para a definição das sequências mediante as quais o cérebro – filtrando e elaborando os impulsos nervosos provenientes da retina – representa para si o mundo exterior, por meio de uma verdadeira reconstrução fundamentada na interpretação do fluxo de informações provenientes do ambiente. Precisamente o estudo das dinâmicas de seleção, classificação e registro dos estímulos provenientes do ambiente exterior – do qual se origina a representação da realidade – ofereceu a deixa para uma reconsideração da relação entre essa atividade de filtro múltipla (por ser desenvolvida de maneira aparentemente independente das áreas V1, V2 e V3, V4 e V5 do córtex visual) e a elaboração do dado que o artista realiza em seu caminho de busca pelo que é essencial.

É preciso dizer que a seleção, eliminação, comparação e enfim identificação dos dados sensoriais – isto é, o processo mediante o qual o cérebro adquire conhecimento sobre o ambiente mostram uma forte analogia com os processos que estão na base da representação artística. Esta, de algum modo, constitui uma verdadeira extensão das atividades ordinárias do córtex visual, que são as de representar as características constantes, duradouras, essenciais e estáveis de objetos, superfícies, rostos, situações e assim por diante: isto é, todas aquelas

MOZART COMENDO,
ÓLEO SOBRE TELA, ERNEST
MEISSONIER, SÉCULO XIX,
COLEÇÃO PARTICULAR



AO COMPOR, Mozart
percebia cores que não estavam em
seu campo visual, num exemplo de
sinestesia.

operações que nos permitem adquirir conhecimento. Em sua contínua experimentação e, portanto, na busca de uma linguagem expressiva própria, o artista retomaria, de maneira mais ou menos consciente, o trabalho de seleção mediante o qual o cérebro chega ao que há de essencial no dado sensorial. Nesse sentido, a arte se mostra como a busca de regularidades e invariâncias estruturais por meio de um processo de seleção e derivação de sentido de uma grande quantidade de dados perceptivos: uma espécie de extensão da atividade fundamental do cérebro visual, que afinal é a de adquirir conhecimento do mundo identificando suas propriedades específicas e estáveis. Mas existe uma simetria adicional a ser considerada: aquela entre a necessidade de o cérebro isolar e avaliar as qualidades permanentes, essenciais e constantes dos objetos do mundo e o esforço contínuo da pesquisa artística para apreender e investigar a própria essência da realidade. É nesse sentido que a arte acresce nosso conhecimento do mundo exterior, mostrando-se suscetível à exploração científica de alguns aspectos da interação entre a elaboração e o desfrutar da obra de arte e a atividade de algumas áreas do córtex visual. Alguns estudos se aventuram precisamente nessa direção, delineando uma espécie de abordagem intuitiva dos artistas a algumas esferas da visão. Isto é, o artista seria uma espécie de neurologista inconsciente que – por meio da própria pesquisa, antes introspectiva e depois formal – de maneira mais ou menos seletiva manipula as diferentes áreas do córtex visual. A carga comunicativa do produto artístico (e suas implicações intersubjetivas) se deveria à especial sensibilidade com que o artista individualmente instaura um diálogo mais ou menos consciente com as bases biológicas das próprias funções do fenômeno da visão, conseguindo assim produzir alguma coisa capaz de solicitar faculdades, estruturas e dinâmicas comuns a todos os outros cérebros. Mas isso ainda pouco ou nada nos diz quanto à própria essência da experiência estética.

© KEN HOWARD/PAL/TOFPOTO/Keystone



OS SONS DE LOHENGRIN (na foto, em montagem de 2001 da Los Angeles Opera)

deleitaram Kandinski, que viu diante de si “todas as minhas cores”.

Quando o Som Fica Colorido

Todos aqueles que, por aguerrido) diversos motivos, tratam de neurociências, tiveram de responder, por vezes com certo constrangimento, a perguntas do tipo: mas se cada área do cérebro tem uma função específica, existe então uma área (ou mais) da criatividade? E, admitindo-se sua existência, seria talvez mais desenvolvida nas pessoas criativas?

Na verdade, apesar das extraordinárias oportunidades proporcionadas por novos métodos não invasivos e de parâmetros múltiplos de estudo do cérebro (fMRI, PET, MEG etc.), ainda não temos condições de explicar a maior parte dos fenômenos cerebrais. Assim, a despeito dos enormes esforços, a identificação de uma neurobiologia da criatividade, dos estados mentais e das emoções ainda está longe de se dar.

Entre os diversos fenômenos ainda envoltos em mistério, há um que está captando progressivamente o interesse dos pesquisadores e tem a ver com as questões essenciais que a neuroestética coloca: a sinestesia (do grego syn, “em

NATIONAL GALLERY, LONDRES (O



TURNER E SEU ÓLEO O aguerrido: experiências multissensoriais acrescentam emoção.

conjunto”, e aisthánestai, “perceber”), fenômeno em que esferas sensoriais diferentes se mesclam em combinações que dão lugar a percepções e representações inéditas. Uma forma de sinestesia muito conhecida é aquela entre cores e sons: uma pessoa, ouvindo sons e notas específicas, percebe uma cor sobreposta às imagens que está observando, mesmo que aquela cor esteja fora de seu campo visual. Como o famoso caso de Mozart, que, junto com o som, “via” a cor das notas. É preciso dizer que, embora não tenhamos total consciência disso, todos nós experimentamos entrelaçamentos entre visão e audição, às vezes inextricáveis. A maior recorrência é a combinação entre sons e imagens, como no caso da percepção de sons coloridos ou vice-versa. Nos sinestésicos, por exemplo, a observação de um quadro chama à mente uma música, precisamente como ouvir uma sinfonia chama uma imagem ou uma cor.

A sinestesia hoje estudada pelas neurociências é, essencialmente, a mesma que, no curso da história, incendiou a fantasia criadora de artistas, músicos, poetas e escritores como Rimbaud, Liszt, Nabokov e tantos outros. Na mente de Kandinski, por exemplo, as cores se transfiguram em um meio sonoro que “eco e vibra” na obra junto com as formas. O artista russo descobre o extraordinário poder expressivo das cores assistindo à representação do Lohengrin, de Wagner: “(...) parecia-me ter diante dos olhos – escreve – todas as minhas cores. Diante de mim formavam-se linhas desordenadas, quase absurdas. (...) O sol derrete Moscou inteira numa mancha que, como um trompete, impetuoso, faz a alma toda vibrar. Não, essa uniformidade vermelha não é a hora mais bonita! Esse é apenas o acorde final da sinfonia que doa a máxima vitalidade a cada cor, que faz com que toda a cidade ressoe como o fortíssimo de uma enorme orquestra”. Para Kandinski, a cor produz nos espíritos sensíveis efeitos psíquicos intersensoriais que vão além da vista: sabores azuis, sons amarelos, cores ásperas ou lisas.

A relação íntima entre sons e cores que Kandinski percebeu por meio da música wagneriana se cruza com as especulações teosófico-musicais de outro artista russo seu contemporâneo, o músico Aleksander Skriabin, com o qual Kandinski compartilhava a crença na função mística da arte. Em seu Prometeu as artes se unificam, os sons e as cores se fundem. E mais: toda a sinfonia cromática de Prometeu se alimenta da correspondência entre sons e cores. Todo som remete a uma cor, toda modulação harmônica chama uma modulação cromática. A música é indissociável das cores.

Sinestesia não é Criatividade

O cérebro se constitui de diversas áreas cerebrais separadas umas das outras, que permitem a percepção dos diferentes aspectos da cor, do movimento, dos vultos, dos sons e assim por diante. Do ponto de vista anatômico, entre a área V4 (que rege a visão das cores) e as áreas auditivas não há conexões diretas e, portanto, cores e sons percorrem caminhos perceptivos diferentes. Assim, se em condições normais a experiência cromática concerne à

área V4 e a auditiva ao córtex cerebral auditivo, nos sinestésicos a audição de sons que determina atividade em V4 provoca percepções cromáticas também na ausência de estímulos específicos.

Não sabemos ainda se no cérebro dos sinestésicos haveria peculiaridades anatômicas, estruturas neurais de contato entre áreas cerebrais distantes ou se, enfim, entre essas áreas faltaria uma inibição na comunicação neural. Sabemos, porém, que a sinestesia torna o conhecimento do mundo extraordinário e esteticamente sugestivo. Além disso, sua influência na criatividade de um artista – isto é, o efeito de sobreposição de objetos presentes no ambiente à percepção viva de cores, sons ou gostos – é formidável. Ver as cores de uma sinfonia ou sentir o gosto de uma forma intensificam o valor estético de uma obra. Mas, atenção! Embora ligados por uma origem comum, a sinestesia difere notadamente da criatividade. Com efeito, se a sinestesia gera uma experiência vinculada à percepção espontânea e explícita, a fantasia criativa tem por esfera eletiva a imaginação e, portanto, não tem a ver com sensorialidade.

Em razão dessa natureza abstrata, as ideias criativas podem ser transmitidas através das gerações e compartilhadas por civilizações diferentes, constituindo um valor na evolução cultural. Diversamente, as percepções originais e insólitas dos sinestésicos parecem experiências extraordinárias de poucos indivíduos. Apesar disso, a busca de nexos entre criatividade e sinestesia – que afinal é a busca de uma correlação entre a estrutura física do cérebro e a criatividade – é de extremo interesse científico. A própria criatividade, se pensada como um efeito extremo da sinestesia, envolve relações específicas entre áreas do cérebro e conexões peculiares, que conferem ao indivíduo a capacidade de apreender novas relações entre esferas psíquicas diferentes e os objetos do mundo. Já se sabe que a amígdala atribui valores emocionais a estímulos em si neutros mediante processos associativos ditados pela experiência individual. As evidências empíricas sugerem que o sentido do belo deriva de uma ativação simultânea de áreas corticais incumbidas da análise física do estímulo (e, portanto, dependentes de parâmetros intrínsecos da obra, que podem variar de obra para obra) e da ínsula, estrutura encarregada da percepção e da organização das emoções. Outros valores da obra de arte são, ao contrário, elaborados pelo observador segundo critérios subjetivos em geral ligados à experiência e ao gosto individual. Esse segundo tipo de beleza, que se pode definir como subjetiva, envolve a atividade da amígdala, a área que codifica o aspecto emocional das experiências pessoais.

Diferentemente do que se acreditou por muito tempo, a visão não depende da fixação de uma imagem na retina, que em seguida é transmitida ao cérebro e por ele interpretada. No olho não há nenhuma imagem no sentido tradicional. A retina é apenas o filtro e o canal dos sinais em direção ao cérebro, que depois constrói o mundo visual. Em outras palavras, a visão é um processo ativo. Matisse compreendeu isso intuitivamente quando, bem antes dos

cientistas, escreveu: “Ver já é um processo criativo, que requer muito esforço”. Essa ideia de criatividade envolve a existência de conexões a um só tempo suplementares e atípicas, isto é, estruturas nervosas que servem de ponte entre percepções e atividades psíquicas (conscientes ou inconscientes) presentes exclusivamente em algumas pessoas mais criativas.

A propensão à criatividade tem um valor formidável para artistas, cientistas, filósofos e, em geral, para todo indivíduo pensante. Não é necessário, porém, ser sinestésico para conquistar a inspiração e a emoção que impele a criar: bastaria aguçar a própria sensibilidade por meio do envolvimento dos sentidos em um original conjunto perceptivo. Por outro lado, hoje mais que ontem, a tecnologia permite ao artista pintar, esculpir ou escrever enquanto escuta

música. Ele pode até acrescentar às obras de arte elementos que evocam experiências multissensoriais que lhes incrementam o valor emocional. Pesquisas recentes, como as de Cytowic, mostram como percepções próximas às sinestésicas exaltam o julgamento estético e a harmonização de perfumes, cores e sons, devolvendo às obras um amálgama sensorial de intenso prazer. A atuar tal síntese entre dimensões sensoriais diferentes estão, particularmente, indivíduos capazes de otimizar os elementos figurativos da gramática perceptiva humana. O sentido da experiência estética não deveria ser buscado, portanto, na simples estimulação (ou hiper-estimulação) seletiva de determinadas áreas do córtex visual, mas nessa peculiar gramática utilizada pelos artistas na comunicação.

Rumo a uma Teoria Neural da Arte?

A teoria neural da arte ainda dá seus primeiros passos. É plausível acreditar que, graças também aos novos métodos de brain imaging, aspectos que hoje escapam a nosso conhecimento poderão ser logo desvelados em seus níveis mais profundos. Não podemos desconsiderar, por outro lado, que o receio de muitos – isto é, a ideia de que interpretando os objetos artísticos em termos neurobiológicos possamos tirar deles seu valor (destituindo-os de sua capacidade de nos causar prazer) – pesa bastante nesse âmbito de pesquisa. É evidente, todavia, que não é o conhecimento dos mecanismos e das funções neurais – que ainda assim

NATIONAL GALLERY, LONDRES



VELÁSQUEZ E A VÊNUS NO ESPELHO, lidando com poderosos símbolos.

nos fazem apreciar as pinturas de Caravaggio, Turner ou Velásquez – que os torna menos maravilhosos. Bem mais profícuo é discutir se a arte teria ou não uma função. E, admitindo-se que a tenha, se ela consistiria na necessidade de adquirir mais conhecimento do mundo circunstante ou, até mesmo, de simular a realidade, transcendendo-a ou deformando-a. A essa altura, é preciso perguntar-se se não seria necessário reconsiderar em novos termos a relação entre neurociências, arte e filosofia. Não somente a história da arte, mas também estudos de iconologia, antropologia e psicologia demonstram que a função da representação não pode ser identificada somente com um instrumento adicional de nosso conhecimento do mundo dos objetos.

Se, como já foi dito, o homem é um animal produtor de símbolos, a simbolização é um processo voltado a expressar alguma coisa. A possibilidade de interpretação do símbolo, todavia, não diz respeito a uma realidade exterior e material, mas a uma realidade interna e imaterial. Eis que, portanto, estamos no interior de um paradoxo perfeito: o símbolo dá corpo e essência àquilo que corpo e essência não têm. Através do símbolo, de fato, expressamos aqueles conteúdos indistintos que afloram à consciência e depois tomam parte, em formas diferentes, da esfera racional. É a consciência que restitui às coisas um sentido além da objetualidade. Em lugar de tratar diretamente com as coisas, o homem faz experiência delas, as capta, as decifra somente no diálogo constante consigo mesmo. Ele não se move em um mundo de objetos univocamente dados, de impulsos imediatos, mas sim vive, sente e reflete mergulhado numa densa atmosfera de emoções e imagens, de sentimentos e fantasias, de expectativas e esperanças. O homem é um animal simbólico, e o símbolo, como diz Jung, é corpo vivo e alma (a mais antiga e eficaz metáfora do símbolo). Para além de sua notória origem, o termo símbolo – que remete etimologicamente aos movimentos de separação e reunião – carrega em si uma polaridade aparentemente derivável e uma polaridade etimologicamente inderivável. Em Freud, ele se encarrega de ocultar a verdade (unindo o conteúdo manifesto de um comportamento, de um pensamento, etc., a seu sentido latente), ao passo que em Jung designa a natureza obscura do Espírito (a sombra) em suas expressões polimorfos, mantendo constantemente viva a tensão dos contrários que está na base de nossa vida psíquica. Para além de si próprio, o símbolo remete a um sentido inefável, obscura mente apresentado, que nenhuma palavra expressa completamente.

Além disso, o símbolo desempenha a função de substituição, que faz transitar na consciência, de forma dissimulada, os conteúdos que de outro modo não teriam acesso a ela. Não é um artifício conceitual, mas uma realidade que detém um poder real que – como se vê frequentemente em psicopatologia – em alguns casos até subverte a trama e a urdidura mentais (seria interessante, nesse sentido, um estudo entre arte e psicopatologia). A substituição implica também uma função mediadora que é uma verdadeira ponte entre os

opostos, entre a realidade e o sonho, entre a natureza e a cultura, entre o inconsciente e a consciência.

O símbolo constitui, portanto, um fator de equilíbrio que exerce uma eficácia prática no plano dos valores e dos sentimentos; o símbolo como força unificadora e fator de integração pessoal, mas também exposto a um grave risco de desdobramento da personalidade, da fragmentação do self, da falsificação do passado; o símbolo como cifra alegórica de um mistério, nunca desvelado de uma vez, mas sempre novamente a ser decifrado, como uma partitura musical, sempre com uma diferença entre sua linguagem metafórica e a coisa indicada, sempre como um além do pensamento. O símbolo é um conceito-esponja, um conceito-simbiose, com o perigo de que a repleta “irracionalidade” de seu discurso transforme o “regime noturno” em “regime diurno” e sua dupla sintaxe – precisamente como para os surrealistas – numa atividade que tudo permeia.

Se a indagação neuroestética não se detivesse na análise dos princípios e das regularidades da percepção e da fruição da obra; ou a esclarecer como e por que o artista se serve precisamente dos meios e da linguagem do cérebro visual, voltando-se, por assim dizer, no próprio ato expressivo, àquelas áreas altamente especializadas que evoluíram ao longo de um período milhões de anos mais longo do que aquele da linguagem; se a pesquisa neuroestética, ao contrário, se propusesse a apreender – mediante a linguagem do símbolo ou da tensão da metáfora – os elementos de compartilhamento de realidades psíquicas imateriais comuns a todos os homens; bem, então, talvez, pudéssemos colher e estabelecer não somente os códigos materiais compartilhados nas bases biológicas, mas poderíamos conhecer elementos e aspectos da realidade psíquica por uma nova perspectiva – a simbolização – que caracteriza tão profundamente o *Homo sapiens*.

Embora por mais de um século a psicologia e a psicanálise tenham indagado suas dinâmicas, o grandioso esforço de compreensão da simbolização parece agora desprovido de força vital. A neuroestética, em diálogo estreito com a neuropsicologia, se tornaria o instrumento privilegiado por estudos adicionais que poderiam entreabrir novos horizontes interpretativos para a investigação daqueles elementos do patrimônio simbólico comum que constituem o alfabeto das imagens por meio do qual nos relacionamos, conosco e entre nós, desde sempre.

Mauro Maldonato, Silvia Dell'Orco e Ilaria Anzoise

Mauro Maldonato é psiquiatra e professor de psicologia geral da Universidade de Basilicata. Foi professor visitante da PUC de São Paulo e da Duke University.

Silvia Dell'Orco é pós-graduada da Universidade de Estudos de Macerata e desenvolve pesquisas na área da neurociência cognitiva.

Ilaria Anzoise é graduada em letras modernas com uma tese sobre iconografia, e doutoranda em história pela Universidade de Basilicata.

2009_03: Pragas resistentes são sério problema para a agricultura no Brasil. O uso indiscriminado de inseticidas e acaricidas pode levar as pragas a desenvolverem resistência aos produtos químicos *por Mário Sato*

Um dos problemas associados ao uso de pesticidas é que as pragas acabam desenvolvendo resistência aos compostos químicos, tornando-se invulneráveis. Para alguns tipos de pragas essa resistência chega a milhares de vezes.

No caso de ácaro-rajado (*Tetranychus urticae*), que é praga séria de culturas de morango, crisântemo, rosa, pêssigo, algodão e mamão, observou-se resistência de aproximadamente 3 mil vezes para o acaricida fenpiroximato; de 350 vezes, para abamectina; e de 570 vezes, para clorfenapir, após algumas aplicações do acaricida.

Para fenpiroximato, a concentração necessária para se matar os ácaros resistentes a esse acaricida foi 200 vezes maior que a concentração recomendada para o controle do ácaro-rajado em morangueiro no Brasil. Nesse caso, um aumento na concentração do produto, mesmo que da ordem de dezenas vezes, não

©ISTOCKPHOTO.COM



seria suficiente para aumentar a eficiência do produto no campo, caso a população de ácaros se torne resistente.

Algumas populações desse ácaro-praga mostram-se resistentes a quase todos os produtos disponíveis no mercado, o que dificulta seu controle. Para algumas culturas, como a de morango, há poucos acaricidas registrados, e os agricultores não conseguem controlar o ácaro-praga nos meses finais da cultura, sendo forçados a eliminá-la antecipadamente, implicando em consideráveis prejuízos econômicos.

Uma consequência da evolução da resistência é o aumento do número de aplicações, devido à redução da eficiência dos produtos químicos. Esse uso intensificado de agrotóxicos favorece ainda mais a evolução da resistência. Além disso, provoca outros problemas como o desequilíbrio biológico, devido à eliminação de inimigos naturais; contaminação ambiental; risco de intoxicação dos agricultores; maior contaminação de alimentos e aumento do custo de produção.

Uma das principais estratégias de manejo da resistência de pragas a produtos químicos está relacionada à redução na frequência de aplicação de inseticidas e/ou acaricidas. A realização do monitoramento populacional de pragas pode ser uma ferramenta valiosa para o manejo da resistência. A utilização de produtos somente quando as densidades populacionais da praga estão acima do nível de dano econômico pode reduzir consideravelmente o número de aplicações contra as pragas, reduzindo assim a pressão de seleção com os agroquímicos.

Outra estratégia fundamental é a preservação de inimigos naturais nas áreas agrícolas. Os inimigos naturais podem manter a população da praga em baixas densidades por longos períodos no campo, não havendo necessidade de intervenções químicas durante esse período. Os inimigos naturais podem se alimentar tanto de insetos (ou ácaros) suscetíveis como dos resistentes, diminuindo assim o número de organismos resistentes no campo.

Em um estudo com ácaro-rajado em morangueiro, no Estado de São Paulo, o Instituto Biológico (IB-APTA), órgão da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, promoveu a liberação de ácaros predadores da espécie *Neoseiulus californicus* propiciando um bom controle da praga.

Isso permitiu que a população do ácaro-rajado se mantivesse em níveis baixos na cultura, não havendo a necessidade de aplicações de acaricidas após o estabelecimento dos predadores no campo. Dessa forma, foi possível evitar pelo menos dez aplicações de acaricidas, o que levou a uma diferença significativa na frequência de resistência a abamectina (e outros produtos), que foi significativamente menor na área de liberação dos predadores, na fase final da safra agrícola.

Quando o controle biológico é pouco viável, por falta de inimigos naturais eficientes, e são necessárias várias aplicações de inseticidas para o controle de uma praga, deve-se evitar aplicações repetidas de um mesmo produto ou com mesmo princípio ativo. Aplicações repetidas de um mesmo inseticida favorecem rápida evolução de resistência. Nesse caso, a alternância de produtos químicos pode ser uma boa alternativa para retardar a evolução da resistência.

Para minimizar o problema é necessário um esforço em conjunto, entre produtores rurais, instituições de pesquisa e extensão rural, para a criação e implantação de estratégias efetivas para o manejo da resistência a defensivos agrícolas.

* Mário Sato é pesquisador do Instituto Biológico (IB-APTA)

SCIAM-BR, 2010

2010_01: 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 por 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 “blacksmokers” (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.

Deborah S. Kelley, University of Washington
IFE URI-IAO NOAA

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 gigantesco 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-



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

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-americanas e africanas se afastam uma da outra, à razão de 25 mm por ano. Essa fragmentação expôs partes do manto terrestre no leito marinho, e seu soerguimento formou o maciço Atlantis.

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.

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 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.

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 prebiótica.

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 micro-organismos 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 micro-organismos 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 metanogenos 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 metanogenos 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 metanogenos 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 micro-organismos 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 microrganismos nesse tipo de ecossistema, antes desconhecido, fornece mais motivos adicionais para se esperar que, algum dia, cientistas encontrem indícios de vida fora da Terra.

2010_02: Dano na área do cérebro que toma decisões pode encorajar apostas arriscadas

Imagine que você perdeu o emprego. Mas tem algum dinheiro guardado e a chance de duplicá-lo com uma aposta. Mas, se perder a aposta, perde tudo. O que faria?

A maioria das pessoas não arriscaria suas economias, de acordo com Benedetto De Martino, do Instituto de Tecnologia da Califórnia, autor de um estudo publicado em 8 de fevereiro em Normas da Academia Nacional de Ciências. Pessoas tendem a preferir evitar perdas em vez de tentar ganhar – comportamento conhecido como aversão à perda.

Mas pessoas com danos na amígdala – parte do cérebro com forma de uma amêndoa, envolvida com emoções e tomada de decisões – são mais propícias a encarar grandes riscos, mesmo com pequenos potenciais de ganhos, segundo descobriu o estudo de De Martino. Duas mulheres com danos bilaterais na amígdala mostraram redução dramática na aversão à perda quando comparadas com um grupo da mesma idade em uma série de apostas experimentais, apesar de entenderem totalmente valores e riscos envolvidos.

De Martino já suspeitava que a amígdala fosse crucial para a aversão à perda, baseado em estudos anteriores com imagens de ressonância magnética funcional (fMRI – Functional Magnetic Resonance Imaging). Mas esses dois casos raros com danos na estrutura em questão permitiram a De Martino testar diretamente sua hipótese. “Nas imagens da ressonância magnética funcional, você nunca sabe se a resposta está refletindo alguma outra coisa. Com a lesão na amígdala, você tem uma resposta direta”, diz De Martino.

ISTOCKPHOTO



Apostas arriscadas: tema da neuroeconômica

Enquanto sujeitos equilibrados que ganhassem US\$ 20, mas perdessem US\$ 15, apresentam menos tendência a apostar do que se ganhassem US\$ 50, mas perdessem US\$ 10, as duas pacientes com danos na amígdala se afetavam muito menos por grandes diferenças entre potenciais de ganhos e perdas. Em alguns casos, elas optam por apostar mesmo quando o potencial de perdas supera o potencial de ganhos.

O conceito de aversão à perda pode ser aplicado a muitas coisas. Considere, por exemplo, alguém avaliando se submeter a uma cirurgia eletiva. Quanto mais sérias as possíveis complicações – não importando a probabilidade – é menos provável que a pessoa aceite fazê-la. Mas De Martino é especialmente interessado em determinar como a aversão à perda se aplica ao dinheiro. “Meu sonho seria formular uma teoria econômica que pudesse capturar as complexidades do comportamento humano, baseada em pessoas reais e cérebros reais em vez de suposições”, explica. O campo de estudos de De Martino é adequadamente nomeada neuroeconomia. “É uma visão mais biológica das ciências sociais”, diz ele. “Muitos teóricos da economia pensam nos humanos como máquinas e esquecem-se do processo emocional.”

Em trabalho anterior, De Martino mostrou que danos na amígdala fazem as pessoas se comportarem mais como essas máquinas teóricas. “É estranho, mas pessoas com dano no sistema emocional são, paradoxalmente, mais racionais ao tomar certos tipos de decisões. Não levam em consideração nenhum processo emocional.”

De forma interessante, a mais velha das duas mulheres não só não manifestou aversão à perda, como estava até com perda de procura. Essa diferença entre as duas mulheres foi espelhada pelas diferenças entre os grupos de mesma idade. “Conforme você fica mais velho, tem menos aversão à perda”, diz De Martino, explicando que mesmo os sujeitos do grupo de controle mais velhos receavam menos a perda. “Sua perspectiva de vida muda, porque você tem menos anos para viver.” Esse efeito poderia ser consequência das reduções no volume da amígdala relacionadas ao envelhecimento – conforme a idade, nosso cérebro diminui. De Martino diz que, somados à idade, outros fatores como renda e educação também estão em jogo.

O dano na amígdala não pareceu afetar a aversão ao risco – comportamento similar com uma importante diferença. Pessoas com aversão ao risco têm menos probabilidade de arriscar, mesmo quando não há nada a perder.

Considerando que aversão à perda pode soar abstrata para um economista, segundo De Martino isso provavelmente reflete um mecanismo muito antigo no cérebro. “Pense em um animal. Ele precisa obter comida, mas ao mesmo tempo tem de se proteger dos predadores. Seria muito sábio para um animal avaliar ganhos e perdas em uma perspectiva de evolução.”

Embora tenha se passado um longo tempo desde que humanos tinham que se preocupar com predadores, o bem-estar financeiro ainda é necessário para sobrevivência no mundo moderno, ainda que de forma mais abstrata. O estudo de De Martino sugere que a amígdala – conhecida por estar envolvida em processar o medo – pode nos deixar com medo do risco de perder dinheiro. “Pode ser que a amígdala controle um mecanismo biológico muito geral para inibição do comportamento arriscado quando resultados são potencialmente negativos”, sugere De Martino.

2010_03: Darwin psicólogo, o lado desconhecido do gênio Autor da teoria da evolução também fez experiências com psicologia por Jabr Ferris.

Charles Darwin é famoso pela prolífica obra sobre biologia. Além de publicar sua teoria da evolução, escreveu livros sobre recifes de coral, minhocas e plantas carnívoras. Mas o eminente naturalista fez importantes contribuições além das ciências da vida: também foi um psicólogo experimental.

Darwin conduziu um dos primeiros estudos sobre como as pessoas reconhecem a emoção nos rostos, de acordo com pesquisa de Peter Snyder, neurocientista da Brown University. Snyder se baseou em documentos biográficos inéditos, agora divulgados na edição de maio do *Journal of the History of the Neurosciences*.

Lendo cartas de Darwin na University of Cambridge, na Inglaterra, Snyder observou várias referências a uma pequena experiência sobre emoções que o cientista realizara em sua casa. Com a ajuda de bibliotecários, Snyder descobriu notas com caligrafia ilegível das mãos idosas de Darwin e com a letra de sua esposa, Emma. Embora o fascínio de Darwin com a expressão emocional seja bem documentado, ninguém tinha reunido os detalhes de sua experiência caseira. Agora, surge uma narrativa completa.

Wikimedia Commons

"Darwin aplicou um método experimental que, na época, era muito raro na Inglaterra vitoriana", disse Snyder. "Ele avançou nas fronteiras de todos os tipos de ciências biológicas, mas suas contribuições para a psicologia são pouco conhecidas."

Em 1872, Darwin publicou o texto "A expressão das emoções no homem e nos animais", no qual argumentava que todos os seres humanos e até mesmo outros animais expressavam emoções por meio de comportamentos notavelmente similares. Para Darwin, a emoção tinha uma história evolutiva que poderia ser rastreada através de culturas e espécies. Hoje, muitos psicólogos concordam que certas emoções são universais para todos os seres humanos, independentemente da cultura: raiva, medo, surpresa, nojo, alegria e tristeza.



Imagem de Duchenne sobre reações emocionais

Ao escrever o livro, Darwin correspondeu-se com vários pesquisadores, incluindo o médico francês Guillaume-Benjamin-Amand Duchenne, para quem os rostos humanos poderiam expressar pelo menos 60 emoções distintas, dependendo do grupo específico de músculos faciais. Em contraste, Darwin acreditava que as musculaturas faciais trabalhavam juntas para criar um conjunto de apenas algumas emoções.

Duchenne estudou a emoção através da aplicação de uma corrente elétrica nos rostos. Ao estimular a combinação correta de músculos faciais, Duchenne imitou expressões emocionais genuínas. Ele produziu mais de 60 fotos de suas cobaias humanas, demonstrando o que acreditava ser emoções distintas.

Mas Darwin discordou. "Comecei a olhar para o álbum dos fotogramas que Darwin tinha recebido de Duchenne", disse Snyder. "E Darwin escreveu essas notas críticas nele, dizendo: 'Eu não acredito nisso. Isso não é verdade'".

Segundo Darwin, apenas alguns slides de Duchenne representariam emoções humanas universais. Para testar essa ideia, ele realizou um estudo duplo-cego em sua casa no condado de Kent, Inglaterra. Darwin escolheu 11 de slides de Duchenne, colocou-os em uma ordem aleatória e apresentou-os um de cada vez para mais de 20 dos seus convidados, sem quaisquer sugestões ou questões de liderança. Então pediu aos amigos que adivinhassem qual

emoção cada slide representava. “Esse tipo de controle experimental seria considerado rudimentar atualmente, mas foi avançado no tempo de Darwin”, ressalta Snyder.

De acordo com as notas nos manuscritos e nas tabelas de dados estudados por Snyder, os convidados de Darwin concordaram quase unanimemente sobre a felicidade, tristeza, medo e surpresa, mas discordaram sobre outras emoções. Para Darwin, apenas os slides fotográficos de emoções básicas eram relevantes.

Darwin utilizou os resultados de seu experimento do século 19 para melhorar a própria compreensão da emoção e da expressão. Mas seus métodos pioneiros continuam a ser relevantes para psicólogos atuais.

"Hoje usamos quase a mesma técnica, e até mesmo os estímulos, para avaliar o reconhecimento emocional de uma variedade de doenças psiquiátricas, como o autismo e a esquizofrenia", disse Snyder. "Os métodos de abordagem de Darwin não estão presos no tempo."

2010_04: As Cabeceiras de um Rio que ainda não Morreu. Considerado morto dentro dos limites da cidade de São Paulo, o rio Tietê abriga a menos de 80 km do centro da capital espécies de peixes não descritas pela ciência *por Alexandre P. Marceniuk e Alexandre W. S. Hilsdorf.*

A bacia de cabeceiras do Tietê é uma sub-região do alto rio, que forma a bacia hidrográfica do alto rio Paraná. A região de cabeceiras, porção superior próxima à nascente, ocupa uma área de 1.889 km², entre a nascente do rio e o município de Itaquaquecetuba, incluindo os municípios de Biritiba-Mirim, Ferraz de Vasconcelos, Guararema, Itaquaquecetuba, Mogi das Cruzes, Poá, Salesópolis e Suzano. Os principais afluentes do Tietê, que formam a bacia de cabeceiras, são os rios Claro, Paraitinga, Biritiba-Mirim, Jundiaí e Taiaçupeba-Mirim.

Historicamente o Tietê tem grande importância na exploração e desenvolvimento do estado de São Paulo. O rio que nasce na serra do Mar, a menos de 22 km do oceano Atlântico, flui para interior do estado e percorre 1.150 km até encontrar o Paraná na divisa com o Mato Grosso do Sul. No passado, foi uma importante via de acesso de jesuítas e bandeirantes ao interior do estado de São Paulo na exploração e colonização do interior do Brasil. Mas, agora, tem cerca de 40% de seu volume formado por esgoto industrial e residencial, com índice zero de oxigênio e reconhecido como morto dentro dos limites da cidade de São Paulo. Essa

situação resulta de políticas públicas sistematicamente direcionadas a interesses privados e restritos, em prejuízo de necessidades e interesses sociais mais amplos.

A região das cabeceiras do Tietê também sofreu forte impacto com a ocupação humana, em especial pela redução de áreas de vegetação nativa, substituída por pastagens e culturas agrícolas diversas. No passado, a bacia de cabeceiras do Tietê foi ocupada por vegetação da Mata Atlântica, com mata ciliar e áreas de várzea ao longo do seu curso. A partir do século 17, a exploração da cana-de-açúcar deu início ao primeiro ciclo de desmatamento das margens do rio e seus afluentes, com os primeiros registros de alterações na qualidade das águas, consequência da exploração de ouro e ferro no estado de São Paulo. Mais recentemente, a necessidade de produção de alimentos para população da área metropolitana de São Paulo e o cultivo de eucalipto (*Eucalyptus* spp.) pela indústria de papel e celulose são os principais fatores de forte pressão sobre o meio ambiente da região, incluindo os recursos hídricos.

Os municípios localizados na bacia de cabeceiras do Tietê estão em áreas de mananciais, com características geográficas favoráveis à formação de reservatórios, projetados para o abastecimento público e controle de enchentes na Grande São Paulo. Cinco reservatórios de porte estão localizados na região: Ponte Nova, formado pelo barramento do rio Tietê a 35 km da nascente; Biritiba-Mirim, de Jundiaí; Paraitinga e Taiaçupeba. Em conjunto, inundam uma área de 80.52 km². Outros dois reservatórios de menor porte são encontrados na região de Ribeirão do Carmo e Salesópolis.

Biodiversidade nas Águas

A ictiofauna de água doce da América do Sul é reconhecida como a mais diversificada do planeta. Estimativas recentes apontam número superior a 2.800 espécies descritas, incluídas em centenas de gêneros, de cerca de 60 famílias de peixes. Nas últimas décadas, diversas publicações descrevendo novas espécies e revisando grupos taxonômicos de peixes, produziram uma significativa quantidade de informação técnica e científica, com avanço no conhecimento da ictiofauna brasileira. Mas, apesar da riqueza de espécies conhecida para o Brasil, a ictiofauna de cabeceiras das bacias hidrográficas é ainda pouco conhecida em relação à diversidade de espécies e biologia em geral.

As regiões de cabeceiras são habitadas principalmente por espécies de pequeno porte, com menos de 15 cm de comprimento e bastante dependentes da vegetação ciliar para alimentação, abrigo e reprodução. Essas espécies geralmente são caracterizadas por alto grau de endemismo e distribuição geográfica restrita. Por serem muito dependentes do material orgânico originário da vegetação encontrada nas margens dos rios, ou mata ciliar, estão fortemente ameaçadas por mudanças provocadas pela ação antrópica no ambiente natural, como eliminação de matas ciliares e o uso excessivo de fertilizantes e praguicidas nas

atividades agrícolas. Pesquisadores reconhecem que o conhecimento da diversidade, evolução e biologia das espécies de peixes das cabeceiras é o maior desafio da ictiologia brasileira no início deste século.

A ictiofauna das cabeceiras do Tietê é bastante diferenciada da encontrada em outras regiões do alto rio Paraná, resultado de possível colonização por espécies de rios litorâneos, como consequência de conexão entre os rios no passado. Apesar da proximidade com a capital, e importantes centros de pesquisa do estado de São Paulo, o conhecimento da fauna de peixes da região é resultado de estudos realizados por naturalistas do século 19, como Carl Eigenmann, Marion Durbin Ellis e Rodolpho vonIhering, com base em exemplares coletados pelo ictiólogo americano John D. Hasemann para o Carnegie Museum nos Estados Unidos. Praticamente uma exceção à abordagem restrita a estrangeiros é o estudo realizado por Francisco Langeani, atualmente coordenador do laboratório de ictiologia da UNESP de São José do Rio Preto, que defendeu dissertação de mestrado na Universidade de São Paulo (USP) sobre a ictiofauna do alto Tietê.

Esforços recentes de levantamento das espécies de peixes das cabeceiras do Tietê realizado pelos pesquisadores do Núcleo Integrado de Biotecnologia da Universidade de Mogi das Cruzes (NIB) revelam novos dados em relação ao conhecimento da fauna da região. Com base em coletas nos rios da região e informação disponível na literatura científica, cinco ordens de peixes são reconhecidas; a mais diversificada é a ordem dos Characiformes (ou lambaris), com 22 espécies representando 44% do número total de espécies de peixe, seguida pela ordem dos Siluriformes (ou bagres), representada por 17 espécies ou 34% do total; a ordem dos Perciformes (os carás) reúne sete espécies, seguida pelas ordens dos Gymnotiformes (as tuiuiús) com 3 espécies e os Cyprinodontiformes (os guarus) com uma única. Em conjunto elas representam 22 % do número total de espécies encontradas nas cabeceiras do Tietê. Das 50 espécies encontradas, pelos menos quatro são novas e ainda não descritas. Bastante conhecido dos habitantes das cabeceiras do rio Tietê e comum em rios, córregos e lagoas artificiais da região, o “cará-verde” é uma dessas espécies.

Geralmente capturado junto à vegetação próxima da margem, tem hábitos territorialistas e cuidado com a prole, assim como a maioria dos Cichlidae. Em levantamentos anteriores de fauna, o cará-verde foi identificado como *Cichlasoma facetum* (Jenyns, 1842), espécie atualmente reconhecida como restrita ao sul do Brasil, Argentina e Uruguai. A nova espécie que possivelmente apresenta distribuição restrita ao alto rio Tietê na verdade pertence ao gênero *Australoheros* (Rican&Kullander, 2006) e pode ser diferenciada das demais espécies por meio de dados morfológicos e moleculares. Outra espécie nova, também bastante comum nos rios da região, é popularmente conhecida como “lambari-do-rabo vermelho” ou “lambari-peva”. O “lambari-peva” é muito pescado pelos moradores da região e apreciado na

alimentação. A espécie é bastante similar ao outro “lambari-do-rabo- vermelho” encontrado nas cabeceiras, o “lambari guaçu” ou *Astyanax fasciatus* (Cuvier, 1819).

Análises de DNA

As duas espécies podem ser diferenciadas pelo comprimento e número de raios da nadadeira anal, além de diferenças no padrão de coloração. Adicionalmente, dados obtidos a partir das comparações de sequência de DNA mitocondrial atestam a condição de espécie nova para o “lambari- peva”. As outras duas espécies novas são menos comuns e desconhecidas dos habitantes da região. A primeira pertence ao gênero *Characidium* (Reinhardt, 1867) com representantes em toda América do Sul e diversidade ainda pouco conhecida. A espécie é encontrada exclusivamente no rio Paraitinga, em localidades com águas claras de correnteza moderada a forte, podendo ser diferenciada pela coloração típica e a presença de escamas na porção ventral do corpo, próxima à cabeça. A segunda espécie, também coletada no rio Paraitinga, é um bagrinho pertencente ao gênero *Hisonotus* (Eigenmann&Eigenmann, 1889), que, como a maioria dos bagres, vive próximo ao leito dos rios, em ambientes de água corrente. As espécies do gênero são comumente conhecidas como limpa-vidros por aquaristas.

O levantamento também encontrou pelo menos três espécies conhecidas da ciência, mas sem registro para a região de cabeceiras do rio Tietê na literatura científica. A primeira é *Hopliasintermedius* (Günther, 1864), predador de grande porte, conhecido popularmente como “trairão”. Diversos exemplares da espécie foram coletados na represa de Ponte Nova. Apesar disso, não foi possível determinar se pertence à fauna da região ou foi introduzida. A espécie era conhecida anteriormente para bacia do rio São Francisco, bacia do rio Doce e bacia do médio rio Paraná. A segunda é *Apareiodon piracicabae* (Eigenmann 1907), de pequeno porte, que vive próxima ao fundo e alimenta-se de matéria orgânica obtida pela raspagem do substrato rochoso ou lodoso e citada anteriormente apenas para o médio e alto rio Paraná e alto rio São Francisco.

A terceira espécie é *Scleromystax barbatus* (Quoy & Gaimard, 1824), uma espécie bastante conhecida dos aquaristas, com registros anteriores somente para rios litorâneos da região Sudeste do Brasil. As novas descobertas mostram a importância de conhecer e preservar a beleza ambiental e riqueza biológica relativamente preservada nas cabeceiras do Tietê, permitindo que gerações futuras conheçam nossos peixes e sua história. Muitas dessas espécies, mesmo antes de serem descritas, apresentam graus diversos de ameaça de extinção em consequência do processo de urbanização e industrialização, que ao longo dos anos tem alterado as condições naturais do ambiente onde os peixes vivem. O Livro brasileiro da fauna ameaçada de extinção do Brasil, publicado para servir de subsídio a políticas de conservação de espécies ameaçadas, ou em risco de extinção, inclui sete espécies de peixes da região de

cabeceiras do Tietê em alguma das categorias de ameaça. Entre elas a *Spintherobolus papilliferus* (Eigenmann, 1911), *Heptapterus multiradiatus* (Ihering, 1907) e *Trichomycteru spaolence* (Eigenmann, 1917) não foram capturadas no levantamento recente das espécies da região.

Um bom exemplo da importância de conservação da fauna e o ambiente natural é a “tabarana”, ou dourado-branco, espécie-símbolo da região de cabeceiras do rio Tietê. A tabarana é um parente do grande dourado e uma das poucas espécies de médio a grande porte encontradas nas cabeceiras do Tietê. Em livro publicado em 1929, o ictiólogo Rodolfo Von Ihering relata a piracema da tabarana no rio Tamanduateí próximo à estação Ipiranga (ver Por que os peixes migram, em Scientific American Brasil nº 79, dezembro de 2008), sendo provável que muitos habitantes de São Paulo, no início do século 20, tenham pescado a tabarana no Tietê, dentro dos limites da cidade de São Paulo. A espécie, encontrada em outros rios do alto Paraná e tributários do rio São Francisco, desapareceu em vários trechos do Tietê, mas a população residente nas cabeceiras desse rio sobreviveu como remanescente das populações que o habitavam no início de século passado.

acervo autores



Os resultados demonstram que o rio Tietê, considerado morto e com ausência absoluta de peixes dentro dos limites da cidade de São Paulo, sustenta uma rica ictiofauna na porção das cabeceiras. A região é caracterizada por uma fauna de peixes única, representada por

espécies endêmicas e outras encontradas somente em rios litorâneos do Sudeste, riqueza que pode ser ainda maior, caso espécies provisoriamente designadas com nomes disponíveis na literatura científica, sejam identificados como espécies novas em estudos futuros. É importante termos consciência de que, mesmo não sendo possível para um não especialista observar nossos peixes, a presença e diversidade deles representa a saúde e equilíbrio de nossos rios.

Alexandre P. Marceniuk e Alexandre W. S. Hilsdorf Alexandre P. Marceniuk é biólogo, especialista em sistemática e taxonomia de peixes, com mestrado e doutorado pelo Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo (USP). Desenvolve projetos de pós-doutorado no Museu de Zoologia da USP e na Universidade de Mogi das Cruzes.

Alexandre W. S. Hilsdorf, zootecnista, é mestre em aquicultura pela University of Stirling (Escócia) e doutor pela Unicamp. Atualmente é responsável pelo Laboratório de Genética de Organismos Aquáticos e Aquicultura da Universidade de Mogi das Cruzes.

2010_05: Sequenciado o genoma do piolho do corpo humano. Informações ajudarão a desenvolver métodos para controle de pragas por Katherine Harmon

Há milhões de anos o piolho é uma praga para seres humanos. Cientistas analisaram o genoma do piolho do corpo humano (*Pediculus humanus*), revelando uma profunda dependência evolutiva em relação a nós, segundo estudo publicado em 21 de junho no *Proceedings of National Academy of Sciences*.

"A ecologia dos piolhos é muito, muito simples", diz o entomologista Barry Pittendrigh da University of Illinois, e coautor do estudo. "Ele vive em seu cabelo e tem um único tipo de refeição, o sangue". Comparando-os com os parentes mais próximos, o piolho do corpo tem uma gama muito mais limitada, tanto biológica quanto genética. Seu genoma contém apenas 108 milhões de pares de bases, em comparação com os mais de 3 bilhões de pares de bases do genoma humano.

"A maioria dos genes é responsável pela detecção de sangue", explica Pittendrigh. Os pesquisadores especularam que, baseando-se apenas em um tipo de hospedeiro (homem) e um tipo de refeição (sangue), os piolhos podem contentar-se com muito pouco de estímulos ambientais. Além disso, os piolhos têm menos genes responsáveis pela desintoxicação, talvez devido ao seu pouco contato com outros ambientes não-humanos.

"O genoma também deve ajudar-nos a desenvolver métodos de controle de pragas mais eficientes", disse Pittendrigh. Ao longo da história, o piolho do corpo tem sido responsável pela disseminação do tifo, da febre das trincheiras, entre outras doenças, e continua a afligir muitas pessoas que vivem em péssimas condições sanitárias.

"Além de sua importância no contexto da saúde humana, o genoma desse piolho é de grande importância para compreender a evolução dos insetos", disse May Berenbaum, chefe do departamento de entomologia da University of Illinois e coautor do estudo.

Esses novos resultados apoiam a teoria de que o piolho humano divergiu do piolho do chimpanzé há 7 milhões de anos atrás. O piolho do corpo humano deve ter evoluído a partir do piolho de cabeça apenas depois que os humanos começaram a usar roupas (onde os piolhos depositam seus ovos).

"O genoma do piolho do corpo pode proporcionar uma base para a compreensão de como a metamorfose ocorre, uma chave para a dominação dos insetos no planeta".

Cortesia / Frank Collins



Piolho no corpo humano:
ecologia muito simples

2010_06: Por que não vivemos para sempre? Ao envelhecer, as células começam a nos trair. Desvendando os segredos do envelhecimento, cientistas podem tornar a vida mais longa e saudável por Thomas Kirkwood

SE VOCÊ PUDESSE PLANEJAR como sua vida terminará – suas últimas semanas, dias, horas e minutos –, o que escolheria? Iria, por exemplo, ficar em boa forma até o último momento, para então ir rapidamente? Muitas pessoas dizem que escolheriam essa opção, mas vejo um detalhe importante. Se você se sente bem em um momento, a última coisa que deseja é cair morto na sequência. E para sua família e seus amigos, que sofreriam a perda, sua morte seria um golpe cruel. Mas lidar com uma doença terminal longa e arrastada também não é muito bom, assim como o pesadelo de perder um ente querido na escuridão da demência.

Preferimos evitar pensar sobre o fim da vida. Mesmo assim, é saudável fazer essas perguntas, ao menos de vez em quando, e definir corretamente os objetivos da política e

pesquisa médicas. Também é importante perguntar até onde a ciência pode ajudar os esforços para enganar a morte.

Costuma-se dizer que nossos ancestrais lidavam melhor com a morte, ao menos porque a viam com muito mais frequência. Há 100 anos, a expectativa de vida no Ocidente era 25 anos mais curta que hoje, resultado de muitas crianças e jovens adultos morrerem prematuramente por várias causas. Um quarto das crianças morria de infecções antes do quinto aniversário; mulheres jovens sucumbiam às complicações do parto; e mesmo um jovem jardineiro, ferindo a mão em um espinho, poderia ser vítima de envenenamento.

Durante o último século, o saneamento e a medicina reduziram as taxas de mortalidade nos primeiros anos da vida tão drasticamente que a maior parte das pessoas está morrendo muito mais tarde, e a população como um todo é mais velha que antes. A expectativa de vida está aumentando em todo o mundo. Nos países mais ricos, cresce cinco horas ou mais por dia e, em muitos países em desenvolvimento que estão se livrando do atraso, aumenta ainda mais. A principal causa de morte hoje é o processo de envelhecimento e os vários desastres que ele provoca: o câncer, que leva as células a proliferar fora de controle, ou a doença de Alzheimer, no polo oposto, pela morte prematura dos neurônios.

Até a década de 90, demógrafos previam com confiança que a tendência histórica de aumento da expectativa de vida logo cessaria. Muitos pesquisadores acreditavam que o envelhecimento era prefixado – um processo programado em nossa biologia que resultava em um momento predeterminado para morrer.

Ninguém previu a continuidade do aumento da expectativa de vida. Essa conquista pegou políticos e planejadores de surpresa. Os cientistas ainda estão se acostumando com a noção de que o envelhecimento não é fixo, que ainda não chegamos ao limite do prazo de vida. Ele muda e continua a mudar, prolongado por razões que ainda não compreendemos bem. O declínio das taxas de mortalidade dos muito velhos está levando a expectativa de vida das pessoas a um território inexplorado. Se as certezas prevalentes sobre o envelhecimento humano desabaram, o que sobra? O que a ciência sabe mesmo sobre esse processo?

Nem sempre é fácil aceitar essas novas ideias, porque os cientistas são humanos, e crescemos com concepções rígidas sobre o envelhecimento do corpo. Há alguns anos, enquanto dirigia com minha família pela África, uma cabra pega sob as rodas do nosso veículo morreu na hora. Quando expliquei à minha filha de 6 anos o que acabara de acontecer, ela perguntou: “A cabra era jovem ou velha?”. Fiquei curioso sobre a razão daquela dúvida. “Se ela estava velha, não é triste, porque não teria mais muito tempo para viver, de qualquer jeito”, foi a resposta. Fiquei impressionado. Se atitudes tão sofisticadas quanto à morte se formam tão

cedo, não surpreende que a ciência lute para aceitar a realidade de que a maior parte do que sabíamos sobre o envelhecimento está errado.

Para explorar o pensamento atual sobre o que controla o envelhecimento, vamos começar imaginando um corpo no final da vida. O último suspiro é dado, a morte chega e a vida acaba. Nesse momento, a maioria das células está viva. Sem saber o que acaba de acontecer, elas conduzem, tão bem quanto possível, os processos metabólicos que suportam a vida – usando o oxigênio e os nutrientes à sua volta para gerar a energia necessária à síntese de proteínas e outros componentes celulares e ao suporte a suas atividades (a principal atividade das células).

Em pouco tempo, privadas de oxigênio, as células morrem e, com isso, algo imensamente antigo chega a seu fim silencioso. Cada célula do corpo que acaba de morrer poderia, se houvesse registros, traçar sua ancestralidade por uma cadeia ininterrupta de divisões celulares iniciada há 4 bilhões de anos com as primeiras formas de vida celular neste planeta.

A morte é certa. Mas pelo menos algumas de nossas células têm uma propriedade espantosa: são dotadas de algo tão próximo da imortalidade quanto pode ser alcançado na Terra. Quando você morre, apenas um pequeno número de suas células continuará essa linhagem imortal rumo ao futuro – e só se você tiver filhos. Apenas uma célula do seu corpo escapa à extinção – um espermatozoide ou um óvulo – por filho. Os bebês nascem, crescem, amadurecem e se reproduzem, continuando o ciclo.

O cenário que acabamos de imaginar revela não apenas o destino de nosso corpo mortal, ou “soma”, constituído de todas as células não reprodutivas, mas também a quase milagrosa imortalidade da linhagem celular a que pertencemos. A questão principal da ciência do envelhecimento, que dá origem a todas as outras, é: por que a maioria das criaturas tem um corpo mortal? Por que a evolução não levou nossas células a aproveitar a aparente imortalidade da linhagem genética representada pelo espermatozoide e o óvulo? Essa questão foi levantada pela primeira vez pelo naturalista alemão do século 19, August Weismann, e uma solução me ocorreu durante o banho, em uma noite de inverno no início de 1977. Acredito que a resposta, hoje chamada de teoria do soma dispensável, explica muito sobre por que o envelhecimento das diferentes espécies acontece como vemos.

POR QUE ENVELHECEMOS ASSIM

A teoria é mais bem compreendida considerando os desafios que as células dos organismos complexos enfrentam enquanto tentam sobreviver. Elas são danificadas o tempo todo – o DNA tem mutações, as proteínas sofrem danos, moléculas altamente reativas chamadas radicais livres rompem as membranas e a lista segue. A vida depende da cópia e tradução constante dos dados genéticos, e sabemos que o maquinário celular que lida com todas essas coisas, por melhor que seja, não é perfeito. Considerando todos esses desafios, a imortalidade da linhagem genética impressiona.

As células vivas funcionam sob constante ameaça de quebra, e a linhagem não fica imune. A razão por que ela não se extingue em uma catástrofe de erros tem a ver, por um lado, com seus mecanismos altamente sofisticados de manutenção e reparos e, por outro, com sua capacidade de se livrar dos erros mais sérios por meio de rodadas contínuas de competição. Os espermatozoides são produzidos em quantidades excessivas; normalmente, apenas um deles consegue fertilizar o óvulo. As células que originam os óvulos são produzidas em números muito maiores do que podem ser liberadas; um rigoroso controle de qualidade elimina aquelas que não forem boas o bastante. E, final mente, se erros passarem por todos esses testes, a seleção natural dá a última palavra sobre quais indivíduos são mais aptos a transmitir seus genes às gerações futuras.

Após o feito aparentemente milagroso de gerar um corpo inteiro a partir de uma única célula – o óvulo fertilizado –, deveria ser relativamente simples sua manutenção indefinida, como o evolucionista americano George Williams apontou. Realmente, para alguns organismos pluricelulares, a ausência de envelhecimento parece ser a regra. A hidra de água doce, por exemplo, mostra um poder de sobrevivência impressionante. Aparentemente não envelhece, já que não mostra aumento de mortalidade ou decréscimo de fertilidade ao longo do tempo,



QUANTO A EXPECTATIVA DE VIDA PODE AUMENTAR? A longevidade média humana vem aumentando há mais de um século no mundo todo (gráfico). Evidências sugerem, no entanto, que amarras biológicas impedem a maioria das espécies de ultrapassar limites de idade específicos (abaixo). Pesquisadores esperam que intervenções para o afrouxamento dessas amarras aumentem a idade máxima a que se pode chegar ou, ao menos, ajudem as pessoas a permanecer saudáveis por mais tempo.

assim como parece capaz de regenerar todo um corpo novo a partir de um pequeno fragmento se for cortada em pedaços. O segredo de sua juventude eterna é o fato de seu corpo ser permeado de células germinativas. Se elas estão em toda parte, não surpreende que um indivíduo possa sobreviver indefinidamente se não for vítima de danos ou predadores.

Na maioria dos animais multicelulares, no entanto, a linhagem genética é encontrada apenas no tecido das gônadas, onde espermatozoides e óvulos são formados. Esse arranjo tem muitas vantagens. Durante a longa história da evolução, permitiu que outros tipos de células se especializassem – células nervosas, musculares, hepáticas, entre outras necessárias para o desenvolvimento de qualquer organismo complexo, um Triceratops ou um humano.

A divisão de trabalho teve consequências duradouras sobre o envelhecimento e a expectativa de vida dos organismos. Assim que as células especializadas deixaram o papel de continuar a espécie, também abandonaram qualquer necessidade de imortalidade; elas poderiam morrer depois que o corpo passasse seu legado genético para a próxima geração.

Então, por quanto tempo essas células especializadas podem viver? Em outras palavras, por quanto tempo nós e outros organismos complexos podemos viver? A resposta para qualquer espécie tem relação com as ameaças ambientais enfrentadas por seus antecessores enquanto evoluíam e com os custos energéticos da manutenção do corpo em boas condições de operação.

A grande maioria dos organismos morre relativamente jovem por causa de acidentes, predação, infecção ou fome. Ratos selvagens, por exemplo, estão à mercê de um ambiente muito perigoso. Eles são mortos rapidamente – é raro chegarem ao primeiro aniversário. Os morcegos, por outro lado, estão mais seguros porque podem voar.

Enquanto isso, a manutenção do corpo é custosa e os recursos costumam ser limitados. De todo o consumo de energia, uma parte pode ir para o crescimento, outra para os trabalhos físicos e para o movimento e outra para a reprodução. Um pouco dessa energia, no entanto, pode ser armazenada sob a forma de gordura para proteção contra a fome, mas boa parte dela é consumida apenas para reparar os inúmeros danos que surgem a cada segundo de vida do organismo. Outra parte desses escassos recursos vai para a conferência do código genético envolvido na síntese contínua de novas proteínas e moléculas essenciais. E outra ainda movimenta os mecanismos de eliminação de dejetos celulares, ávidos por energia.

EVOLUÇÃO POR ADAPTAÇÃO é aqui que a teoria do soma dispensável entra: ela afirma que, assim como o fabricante humano de qualquer produto – um carro ou um casaco, por exemplo – espécies que evoluem têm de fazer adaptações. Não compensa investir na possibilidade de sobreviver indefinidamente se o ambiente talvez traga a morte em um intervalo

de tempo previsível. Para que a espécie sobreviva, seu genoma deve basicamente manter um organismo em boa forma e permitir-lhe se reproduzir com sucesso nesse intervalo de tempo.

Em todas as fases da vida, até o seu fim, o corpo faz o máximo para se manter vivo – em outras palavras, não é programado para o envelhecimento e a morte, mas para a sobrevivência. Mas, sob a intensa pressão da seleção natural, as espécies acabam priorizando o investimento em crescimento e reprodução – a perpetuação da espécie – em vez da construção de um corpo que possa durar para sempre. Então o envelhecimento é provocado pelo acúmulo gradual durante a vida de diversas formas de danos celulares e moleculares não reparados.

Nenhum programa biológico, então, define precisamente a hora de morrer, mas há cada vez mais evidências sugerindo que, apesar disso, alguns genes possam influenciar o quanto vivemos. Tom Johnson e Michael Klass, trabalhando com vermes nematoides, descobriram um gene com esse efeito sobre a longevidade nos anos 80. A mutação de um gene que os pesquisadores denominaram *age-1* produziu um aumento de 40% no tempo de vida. Desde então, pesquisadores de muitos laboratórios encontraram vários outros genes capazes de aumentar o tempo de vida dos nematoides, e mutações similares apareceram em outros animais, das moscas-das-frutas até os ratos.

Esses genes costumam alterar o metabolismo de um organismo, a forma como ele usa a energia para suas funções corporais. É comum os pesquisadores descobrirem como os genes desempenham funções nos caminhos de sinalização da insulina, essenciais à regulação metabólica. As cascatas de interações moleculares que constituem esses caminhos mudam os níveis gerais de atividade de literalmente centenas de outros genes responsáveis pelo controle de todos os intrincados processos responsáveis pela manutenção e o reparo das células. De fato, parece que o alongamento do tempo de vida requer a mudança exatamente desses processos que protegem o corpo contra o acúmulo de danos.

A quantidade de comida disponível também interfere no metabolismo. Já na década de 30, pesquisadores descobriram que ratos de laboratório que comiam menos viviam mais. Mais uma vez, a modulação do metabolismo parece ter efeito sobre a taxa de acúmulo de danos, porque os ratos sujeitos a restrição diária aumentam a atividade de uma gama de sistemas de manutenção e reparos. À primeira vista, pode parecer estranho que um animal com pouca alimentação gaste mais, e não menos, energia na manutenção corporal. Um período de fome é, no entanto, um momento ruim para a reprodução e evidências apontam que nesses períodos alguns animais “desligam” sua fertilidade, liberando uma grande fração de sua energia para a manutenção células.

SOBRE RATOS E HOMENS ESSA NOÇÃO de restrição calórica – e a aparente capacidade que ela tem de aumentar a longevidade – chamou a atenção de pessoas que desejam viver mais. Humanos que passam fome na esperança de uma vida mais longa deveriam notar, porém, que nosso metabolismo lento é bem diferente daquele de organismos em que essa estratégia foi testada.

Um grande aumento da longevidade realmente foi conseguido em vermes, moscas e ratos. Esses animais, com suas vidas curtas e rápidas, têm necessidade urgente de gerenciar seu metabolismo de modo a adaptá-lo rapidamente às circunstâncias diferentes. Nos vermes nematoides, por exemplo, a maior parte dos efeitos mais espetaculares sobre o tempo de vida resultou de mutações que evoluíram para permitir-lhes mudar seu desenvolvimento de uma forma resistente ao estresse quando se encontrassem em um ambiente hostil e provavelmente precisassem viajar muito para encontrar melhores condições de vida. Nós humanos, em todo caso, podemos não ter a mesma flexibilidade na alteração de nosso controle metabólico. Efeitos imediatos, é claro, ocorrem em humanos que passam por restrições nutricionais voluntárias, mas só o tempo – e muitos anos de fome – dirão se elas têm algum impacto benéfico sobre o processo de envelhecimento e, em particular, sobre a longevidade.

O objetivo da pesquisa gerontológica em humanos, no entanto, é sempre melhorar a saúde no final da vida, e não permitir seu prolongamento indefinido. Outro fato também está evidenciado: animais que tiveram suas vidas prolongadas também passaram pelo processo de



PODEMOS RETARDAR O PROCESSO DE ENVELHECER? Ninguém sabe ainda como desacelerar o envelhecimento. Mas a pesquisa básica do processo pode render drogas para a longevidade. Alguns compostos podem mexer com o metabolismo celular (uso de energia) para imitar os benefícios vistos em animais; outros podem mudar a forma como as células danificadas se comportam. **EM FORMA E COM VIDA LONGA:** Certas terapias poderiam redirecionar o metabolismo celular, fazendo a balança pender para o lado das funções de manutenção e reparo em vez de reprodução, mantendo assim os órgãos saudáveis por mais tempo. A restrição calórica aumenta a longevidade média das moscas, vermes e ratos quando comparados a animais submetidos a uma dieta normal (gráfico). Ainda não está claro se isso funcionaria em humanos.

envelhecimento. Ele ocorre porque os danos ainda se acumulam e, com o tempo, levam ao colapso das funções do corpo. Por isso, se quisermos que nosso fim seja realmente melhor, precisamos procurar em outro lugar. Em particular, precisamos focar em descobrir como limitar ou reverter com segurança o acúmulo de danos que leva à fragilidade, à deficiência e às doenças ligadas à idade. Esse objetivo representa um grande desafio e demanda pesquisas interdisciplinares rigorosas.

SEM RESPOSTAS SIMPLES ENVELHECER É COMPLICADO.

Afeta o corpo em todos os níveis, das moléculas às células e órgãos. Também envolve vários tipos de danos. E, apesar de ser verdade que, em geral, eles se acumulam com a idade e ocorrem mais devagar em alguns tipos de células que em outros (dependendo da eficiência dos sistemas de reparos), ocorrem aleatoriamente e a extensão pode variar mesmo em duas células do mesmo tipo no mesmo indivíduo. Assim, todos envelhecem e morrem, mas o processo varia consideravelmente – confirmando novamente que o envelhecimento não deriva de um programa genético que especifica a rapidez com que nos tornamos frágeis e morremos. Para entender o envelhecimento de maneira detalhada o bastante para intervir de modo preciso que suspenda ou retarde a morte de determinados tipos de células, precisamos saber a natureza dos defeitos moleculares que conduzem o processo em escala celular. Quantas dessas falhas devem ocorrer para que a célula deixe de funcionar? Quantas células defeituosas devem se acumular em dado órgão antes que ele dê sinais de doença? E se concordarmos que é mais importante mirar em alguns órgãos que em outros, como teremos a precisão necessária?

Pode ser possível combater o envelhecimento alterando mecanismos importantes que as células usam para reverter o acúmulo de danos. Uma forma como a célula responde a muitos problemas é simplesmente se matando. Em algum momento, os cientistas viram esse processo de suicídio celular, chamado apoptose, como prova de que o envelhecimento obedece a um programa genético. Em tecidos envelhecidos, a frequência com que isso acontece aumenta, e esse processo realmente contribui. Mas agora sabemos que ele age principalmente como um mecanismo de sobrevivência que protege o organismo contra células que poderiam causar danos, notavelmente algumas que se transformaram em malignas.

A apoptose ocorre mais em órgãos velhos porque suas células sofreram mais danos. Devemos lembrar, no entanto, que, na Natureza, é raro os animais chegarem à velhice. A apoptose evoluiu para lidar com as células danificadas nos órgãos mais jovens, quando muito menos delas teriam de ser eliminadas. Se muitas células morrem, o órgão começa a falhar ou se debilita. Então, ela é boa, quando exclui células potencialmente perigosas, e ruim, quando elimina muitas delas. A Natureza se importa mais com a sobrevivência dos mais jovens que

com o declínio na velhice, então nem toda apoptose pode ser necessária no fim da vida. Em algumas doenças, como no derrame, os pesquisadores esperam que, suprimindo a apoptose no tecido menos danificado, a perda de células resultante possa ser reduzida, ajudando assim na recuperação.

Em vez de morrer, as células danificadas, que normalmente conseguem se reproduzir, podem tomar uma atitude menos drástica e simplesmente parar de se dividir, destino conhecido como senescência celular. Há 50 anos, Leonard Hayflick, hoje na University of California em São Francisco, descobriu que as células tendem a se dividir um número definido de vezes – chamado limite de Hayflick – e depois param. Trabalhos posteriores mostraram que elas param quando os telômeros, que protegem as extremidades dos cromossomos, ficam desgastados demais, mas outros detalhes desse processo continuam obscuros.

Recentemente, meus colegas e eu fizemos uma descoberta emocionante: cada célula tem um circuito molecular bastante sofisticado que monitora o nível dos danos em seu DNA e nas estruturas formadoras de energia chamadas mitocôndrias. Quando a quantidade de danos supera determinado ponto, a célula “trava” em um estado em que ainda consegue desempenhar funções úteis no corpo, mas não pode mais se dividir. Assim como com a apoptose, a inclinação da Natureza em favor da sobrevivência dos mais jovens provavelmente significa que nem todos os travamentos são estritamente necessários. Mas para destravá-las, devolvendo-lhes a capacidade de se dividir, sem desencadear a ameaça de um câncer, precisamos compreender os detalhes do funcionamento da senescência celular.

A ciência complexa necessária para essa descoberta demandou uma equipe multidisciplinar, incluindo biólogos moleculares, bioquímicos, matemáticos e cientistas da computação, assim como instrumentos de ponta que fornecem as imagens dos danos nas células vivas. Ainda não sabemos aonde essas descobertas podem levar, mas é por meio de estudos desse tipo que podemos esperar encontrar novas drogas capazes de combater as doenças relacionadas à idade de formas completamente diferentes e, assim, encurtar o período de doenças crônicas experimentado no final da vida. Por causa do grau de dificuldade desse tipo de pesquisa básica, muitos anos, talvez décadas, podem passar até que essas drogas cheguem ao mercado.

Usar a ciência do envelhecimento para melhorar o fim da vida é um desafio, talvez o maior ainda a ser encarado pela ciência médica. As soluções não virão facilmente, apesar dos argumentos usados pelos mercadores da imortalidade, para quem a restrição calórica ou os suplementos alimentares como o resveratrol podem permitir viver mais. A mais alta engenhosidade humana será necessária para superar esse desafio. Acredito que podemos e iremos desenvolver tratamentos para facilitar nossos últimos anos. Mas, quando o fim chegar,

cada um de nós, sozinho, terá de se entender com nossa mortalidade. Ainda mais razão para se concentrar em viver – em aproveitar ao máximo o tempo que vivemos, porque nenhum elixir mágico nos salvará.

Thomas Kirkwood. Thomas Kirkwood é professor de medicina e diretor do Institute for Ageing and Healthcare da Newcastle University da Inglaterra. Seus livros incluem o premiado *Time of our lives: the Science of human aging*, escrito para o público em geral, e *Chance, development and aging* (com Caleb E. Finch), que mapeia como o acaso, assim como os genes e o ambiente, moldam a forma como o corpo cresce, se desenvolve e envelhece.

SCIAM-BR, 2011

2011_01: Evolução alternativa de dinossauros. E se, por algum acaso da história evolutiva, os dinossauros não tivessem sido extintos?

Num instante geológico, o evento de extinção KT de cerca de 65 milhões de anos atrás deixou os céus da Terra sem pterossauros, extirpou os mosassauros e as suas presas ammonite dos mares e, claro, desnudou a terra de dinossauros não aviários. Mas e se, por algum acaso da história evolutiva, nunca essa catástrofe acontecesse? Como se pareceria a vida no planeta hoje?

The New Dinosaurs por
Dougal Dixon



Pensamentos sobre os dinossauros nos tempos modernos são materiais muito utilizados em romances de ficção científica e filmes de ilhas inexploradas e planaltos de selva repleta de vestígios de vida pré-histórica, mas o geólogo escocês Dougal Dixon apresentou suas próprias respostas para essas perguntas em *A New Dinosaurs: An Alternative Evolution*. As criaturas especulativas em suas páginas possuem nomes extravagantes como "Lank", "Zwim", "Madeira" e "Tubb", adaptações imaginativas do Cretáceo com formas de vida modificadas para sobreviver em um mundo moderno desprovido de seres humanos. Afinal, se a diversidade de dinossauros não tivesse rapidamente perdido seu espaço devido à extinção, os mamíferos poderiam nunca ter conseguido alcançar a dominância ecológica que têm hoje, e nossa própria evolução poderia ter sido prejudicada.

Embora se tratasse de especulações quando foi publicado, em 1998, *The New Dinosaurs* foi muito influenciado pelo estado da ciência da época. Ao final dos anos 1980 a mudança cultural na paleontologia, comemorada como a "Dinosaur Renaissance", estava em pleno andamento. Imagens de lentos, estúpidos e monótonos dinossauros foram rapidamente substituídas por visões de animais ativos, ágeis e com cores vivas, que eram muito mais parecidos com as aves do que se imaginava.

Cresceram até mesmo as evidências de que as aves eram descendentes diretas dos dinossauros, e Dixon partiu dessas tendências paleontológicas para criar uma coleção de dinossauros coloridos, com comportamentos complexos, diferentes de qualquer outro visto antes.

Surpreendentemente, em alguns aspectos Dixon estava no caminho certo. Nas duas décadas desde que o livro foi publicado, pesquisadores descobriram fósseis com evidências de dinossauros que em seus aspectos biológicos e comportamentais são incrivelmente próximos do que Dixon imaginou. Dinossauros não precisaram de 65 milhões de anos extras para adquirir algumas das formas do corpo estranho, das adaptações e comportamentos que Dixon imaginou.

2011_02: A Fascinante evolução do olho. Cientistas já têm uma visão clara de como surgiram nossos olhos tão complexos por Trevor D. Lamb

O olho humano é um órgão extremamente complexo; atua como uma câmera, coletando, focando luz e convertendo a luz em um sinal elétrico traduzido em imagens pelo cérebro. Mas, em vez de um filme fotográfico, o que existe aqui é uma retina altamente especializada que detecta e processa os sinais usando dezenas de tipos de neurônios. O olho humano é tão complexo que sua origem provoca discussão entre criacionistas e defensores do desenho inteligente, que o têm como exemplo básico do que chamam de complexidade irreduzível: um sistema que não funciona na ausência de quaisquer de seus componentes e, portanto, não poderia ter evoluído naturalmente de uma forma mais primitiva. Mesmo Charles Darwin admitiu em *A origem das espécies*, de 1859 – que detalha a teoria da evolução pela seleção natural –, que pode parecer absurdo pensar que a estrutura ocular se desenvolveu por seleção natural. No entanto, apesar da falta de evidências de formas intermediárias naquele momento, Darwin acreditava que o olho evoluía dessa maneira.

Não foi fácil encontrar uma evidência direta para essa teoria. Embora pesquisadores que estudam a evolução do esqueleto possam documentar facilmente a metamorfose em registros fósseis, estruturas de tecidos moles raramente fossilizam. E mesmo quando isso

ocorre, os fósseis não preservam detalhes suficientes para determinar como as estruturas evoluíram. Ainda assim, recentemente biólogos fizeram avanços significativos no estudo da origem do olho, observando a formação em embriões em desenvolvimento e comparando a estrutura e os genes de várias espécies para determinar quando surgem os caracteres essenciais. Os resultados indicam que o tipo de olho comum entre os vertebrados se formou há menos de 100 milhões de anos, evoluindo de um simples sensor de luz para ritmos circadianos e sazonais, há cerca de 600 milhões de anos, até chegar ao órgão sofisticado de hoje, em termos ópticos e neurológicos, há 500 milhões de anos. Mais de 150 anos após Darwin ter publicado sua teoria revolucionária, essas descobertas sepultam a tese da complexidade irreduzível e apoiam a teoria da evolução. Explicam ainda porque o olho, longe de ser uma peça de maquinaria criada à perfeição, exhibe falhas evidentes – “cicatrices” da evolução. A seleção natural não leva à perfeição; ela lida com o material disponível, às vezes, com efeitos estranhos.

Para entender a origem do olho humano é preciso conhecer eventos ocorridos há muito tempo. Nós, seres humanos, temos uma linha ininterrupta de ancestrais que remonta a quase 4 bilhões de anos até o início da vida na Terra. Cerca de 1 bilhão de anos atrás, animais multicelulares simples se separaram em dois grupos: um com estrutura de simetria radial (parte superior e inferior, mas não anterior e posterior), e outro de simetria bilateral, com os lados direito e esquerdo espelhando imagens do outro lado, terminando em uma cabeça. Após cerca de 600 milhões de anos, os bilaterais se dividiram em dois grupos importantes: um deu origem à grande maioria dos animais sem coluna vertebral, os invertebrados; e outro, cujos descendentes incluem nossa própria linhagem de vertebrados. Logo após essas duas linhagens se separarem, ocorreu uma incrível diversidade de estruturas animais: a explosão cambriana que deixou sua famosa marca nos registros fósseis de 540 a 490 milhões de anos atrás. Essa explosão evolutiva lançou a base para a origem de nossos tão complexos olhos.

COMPOSTO VERSUS CÂMERA

O registro fóssil revela que durante a explosão cambriana surgiram basicamente dois tipos diferentes de olhos. O primeiro parece ter sido composto da versão observada atualmente em quase todos artrópodes (insetos, crustáceos e aracnídeos). Nesse tipo de olho, uma série de unidades idênticas de geração de imagens – cada uma constitui uma lente ou um refletor – irradia luz para alguns elementos sensíveis a ela, denominados fotorreceptores. Os olhos compostos são muito eficazes para animais de pequeno porte, pois oferecem um amplo ângulo de visão e resolução espacial moderada em volume pequeno. No Cambriano, essa acuidade visual pode ter dado aos trilobitas e a outros artrópodes primitivos uma vantagem de sobrevivência sobre seus contemporâneos. No entanto, olhos compostos são impraticáveis em animais maiores, pois o olho teria de ser enorme para proporcionar visão em alta resolução.

Assim, com o aumento do tamanho do corpo, também aumentaram as pressões seletivas favorecendo a evolução do olho tipo câmera.

Nos olhos tipo câmera, todos os fotorreceptores compartilham uma única lente que foca a luz e estão dispostos como uma lâmina (a retina) que reveste a superfície interna da parede ocular. Moluscos têm olhos tipo câmera que lembram os nossos, mas seus fotorreceptores são idênticos ao encontrado em insetos. Os vertebrados apresentam um tipo diferente de fotorreceptores, que nos mandibulados (inclusive nós) ocorrem em duas modalidades: cones para a visão diurna e bastonetes para a visão noturna.

Há muitos anos, Edward N. Pugh Jr., na época na University of Pennsylvania, e Shaun P. Collin, então na University of Queensland, Austrália, e eu formamos uma equipe para tentar descobrir como os diversos tipos de fotorreceptores poderiam ter evoluído. O que constatamos foi além da resposta a essa questão, fornecendo um cenário convincente para a origem do olho dos vertebrados.

Como outros biólogos antes de nós, Pugh, Collin e eu observamos que muitas características marcantes do olho dos vertebrados também ocorrem em todos os representantes atuais de um ramo principal da árvore dos vertebrados: a dos vertebrados mandibulados. Esse padrão sugere que os vertebrados com mandíbulas herdaram os caracteres de um ancestral comum e que nosso olho já evoluíra por volta de 420 milhões de anos quando os primeiros vertebrados mandibulados (que provavelmente se assemelhavam aos modernos peixes cartilaginosos, como os tubarões) patrulhavam os mares. Concluímos então que nosso olho tipo câmera e seus fotorreceptores devem ter raízes ainda mais profundas e voltamos a atenção para os vertebrados sem mandíbulas, com quem compartilhamos um ancestral comum há cerca de 500 milhões de anos.

Queríamos examinar a anatomia desse animal em detalhe e assim decidimos observar um dos poucos animais modernos desse grupo: a lampreia, peixe semelhante à enguia, com boca em forma de funil estruturada para sugar em vez de morder. Acontece que esse peixe também tem um olho tipo câmera completo, com cristalino, íris e músculos oculares. A retina da lampreia chega a ter uma estrutura em três camadas como a nossa e suas células fotorreceptoras se assemelham bastante aos nossos cones, embora não pareçam ter desenvolvido bastonetes mais sensíveis. Além disso, os genes que regulam muitos aspectos da detecção da luz, do processamento neural e do desenvolvimento do olho são os mesmos que comandam esses processos em vertebrados com mandíbulas.

Essas semelhanças surpreendentes com o olho de vertebrados mandibulados são numerosas demais para terem surgido de forma independente. Um olho essencialmente idêntico ao nosso deve ter existido no ancestral comum dos vertebrados com ou sem

mandíbulas há 500 milhões de anos. Nesse ponto, meus colegas e eu não conseguimos deixar de questionar se poderíamos rastrear a origem do olho e de seus fotorreceptores ainda mais longe. Infelizmente, na próxima faixa a ser estudada pela lógica, não há representantes vivos das linhagens que se separaram da nossa nos últimos 50 milhões de anos, mas encontramos indícios no olho de um animal enigmático conhecido popularmente como peixe-bruxa.

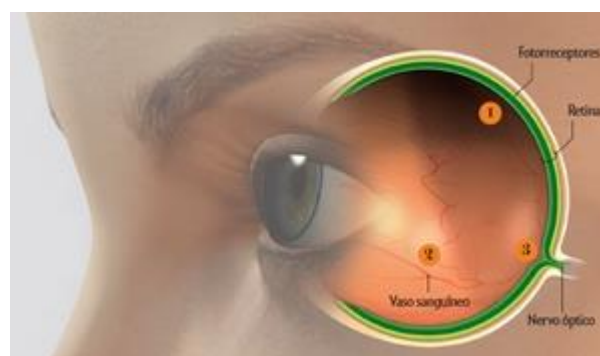
Como a lampreia, seu parente próximo, ele tem a forma de uma enguia, sem mandíbulas. Costuma viver no leito oceânico, onde se alimenta de crustáceos e de carcaças de outros animais marinhos. Quando ameaçado, libera um muco extremamente viscoso. Embora esse peixe seja um vertebrado, o olho é bem diferente do modelo comum: não apresenta córnea, íris, cristalino nem todos os músculos de apoio. A retina tem apenas duas camadas de células em vez de três. Além disso, os olhos ficam encaixados profundamente sob uma área de pele translúcida. Observações no comportamento do peixe-bruxa sugerem que seja praticamente cego, localizando o alimento pelo olfato aguçado.

Esses animais compartilham um ancestral com as lampreias, que talvez tenham tido um olho tipo câmera. Assim, o olho do peixe-bruxa deve ter se degenerado dessa forma mais avançada; é isso que a existência desse estado mais precário revela. Tomando o exemplo dos peixes cegos em cavernas, sabemos que os olhos podem sofrer degeneração significativa e até mesmo podem ser perdidos completamente em menos de dez mil anos. Mas o olho desse peixe manteve-se igual por centenas de milhões de anos. A persistência sugere que embora o animal não use o olho para enxergar nas profundezas do oceano escuro, o órgão é essencial para a sobrevivência. A descoberta gera outras implicações. O olho do peixe-bruxa pode ter permanecido nesse estado rudimentar devido a uma falha no desenvolvimento; assim, sua estrutura atual representaria a arquitetura de um estágio evolutivo anterior.

Ao observar melhor a retina do animal podem surgir suposições sobre o papel do olho. Na retina normal, de três camadas dos vertebrados, as células da camada média, conhecidas como bipolares, processam informações dos fotorreceptores e transmitem os resultados para os neurônios de saída, cujos sinais viajam até o cérebro para interpretação. Mas a retina de duas camadas do peixe-bruxa carece de células bipolares intermediárias, ou seja, os fotorreceptores conectam-se diretamente com os neurônios de saída. Nesse sentido, o sistema nervoso da retina do peixe-bruxa assemelha-se ao da glândula pineal – pequeno corpo secretor de hormônios do cérebro de vertebrados. A glândula pineal modula o ritmo circadiano e, nos vertebrados não mamíferos, contém células fotorreceptoras que se conectam diretamente com os neurônios de saída, sem células intermediárias; em mamíferos, essas células perderam a capacidade de detectar luz.

Em 2007, parcialmente fundamentados por esse paralelo com a glândula pineal, meus colaboradores e eu propusemos que o olho do peixe-bruxa não está envolvido na visão, mas fornece informações à parte do cérebro do animal que regula o essencial ritmo circadiano, além de atividades sazonais como alimentação e reprodução. Assim, talvez, o olho ancestral dos protovertebrados que viveram entre 550 milhões ou 500 milhões de anos, primeiro serviu como um órgão não visual, e só mais tarde o poder de processamento neural e os componentes ópticos e motores necessários para a visão espacial evoluíram.

Estudos de desenvolvimento embriológico do olho dos vertebrados apoiam essa hipótese. Quando a lampreia está na fase larval, vive em leito de riachos e é cega. Nesse estágio de vida, o olho assemelha-se ao do peixe-bruxa, com estrutura simples, sob a pele. Quando a larva sofre metamorfose, o olho rudimentar cresce substancialmente, desenvolve uma retina de três camadas, cristalino, córnea e músculos de apoio. Depois, o órgão emerge na superfície como o olho tipo câmera dos vertebrados mandibulados. Muitos aspectos do desenvolvimento de um indivíduo espelham eventos que ocorreram durante a evolução de seus antepassados, assim podemos, com cautela, usar o desenvolvimento do olho da lampreia para relatar a nossa reconstrução de como o olho evoluiu.



Cicatrizes da Evolução - O olho dos vertebrados, longe de ser concebido de forma inteligente, contém inúmeros defeitos que atestam a sua origem evolutiva. Entre os defeitos que degradam a qualidade da imagem, estão uma retina invertida, que força a luz a atravessar corpos celulares e fibras nervosas antes de atingir os fotorreceptores 1 ; vasos sanguíneos que se espalham pela superfície interna da retina, provocando sombras indesejadas 2 ; fibras nervosas

O sistema ocular dos mamíferos também apresenta indícios intrigantes de sua origem evolutiva durante o desenvolvimento embrionário. Benjamin E. Reese e seus colaboradores da University of California em Santa Barbara constataram que os circuitos da retina de mamíferos começam um pouco como o dos peixes-bruxa, com os fotorreceptores conectando-se diretamente com os neurônios de saída. Então, em um período de semanas, as células bipolares amadurecem e se inserem entre os fotorreceptores e os neurônios de saída. Essa sequência é exatamente o padrão de desenvolvimento esperado para confirmar se a retina de vertebrados evoluiu de um órgão de duas camadas, acrescentando poder de processamento e componentes de formação de imagens. Portanto, parece perfeitamente plausível que esse estágio inicial e simples de desenvolvimento representa o resquício de um período de evolução anterior à criação do circuito de células bipolares na retina e antes do surgimento do cristalino, córnea e músculos .

ASCENSÃO DOS RECEPTORES

Enquanto estudávamos o desenvolvimento das três camadas da retina, surgiu outra questão relativa à evolução do olho. As células fotorreceptoras em todo o reino animal se distribuem em duas categorias distintas: rabdoméricas e ciliares. Até recentemente, muitos cientistas acreditavam que os invertebrados usavam as rabdoméricas, enquanto vertebrados usavam as ciliares, mas, na verdade, a questão é mais complexa. Na grande maioria dos organismos, os fotorreceptores ciliares são responsáveis pela detecção de luz para fins não visuais, como regular o ritmo circadiano, por exemplo. Em contraste, os receptores rabdoméricos detectam a luz com o propósito explícito de permitir a visão. Tanto os olhos compostos dos artrópodes quanto os olhos tipo câmera dos moluscos – como os do polvo, que evoluíram de forma independente dos olhos tipo câmera dos vertebrados – usam fotorreceptores rabdoméricos. Mas o olho dos vertebrados usa fotorreceptores ciliares para detectar a luz para a visão.

Em 2003, Detlev Arendt, do Laboratório Europeu de Biologia Molecular em Heidelberg, na Alemanha, relatou evidências de que o nosso olho ainda retém descendentes dos fotorreceptores rabdoméricos, que foram modificados para formar os neurônios de saída que enviam informações da retina para o cérebro. Essa descoberta indica que a nossa retina contém os descendentes das duas classes de fotorreceptores: as ciliares, originalmente fotorreceptoras, e as rabdoméricas, transformadas em neurônios de saída. A evolução funciona exatamente assim, pressionando uma estrutura existente para um novo propósito; a descoberta de que os fotorreceptoras ciliares e rabdoméricos desempenham papéis diferentes

em nosso olho em comparação com os olhos de invertebrados acrescenta ainda mais peso à evidência de que o olho dos vertebrados foi construído num processo natural.

Para tentar entender por que os fotorreceptores ciliares triunfaram como sensores de luz na retina de vertebrados, enquanto a classe rabdomérica evoluiu para neurônios de projeção, analisei as propriedades de seus respectivos pigmentos sensíveis à luz, as rodopsinas, assim denominadas devido à molécula da proteína opsina que contêm. Em 2004, Yoshinori Shichida e seus colegas da Universidade de Kyoto, no Japão, mostraram que bem no início da evolução dos pigmentos visuais de vertebrados, ocorreu uma mudança que tornou a forma do pigmento ativada pela luz mais estável e, portanto, mais ativa. Postulei que essa mudança também bloqueou a rota de reconversão da rodopsina ativada de volta à sua forma inativa, que no caso de rodopsinas rabdoméricas requer a absorção de um segundo fóton de luz; basicamente, uma via bioquímica foi necessária para recolocar a molécula em alerta para o sinal de luz. Assim que esses dois elementos foram colocados na devida proporção, eu supus que os fotorreceptores ciliares tiveram uma vantagem distinta sobre os fotorreceptores rabdoméricos em ambientes como o oceano profundo, onde os níveis de luz são muito baixos. Então, alguns cordados primitivos (ancestrais dos vertebrados) podem ter conseguido colonizar nichos ecológicos inacessíveis a animais que dependiam de fotorreceptores rabdoméricos – não porque a opsina ciliar melhorada garantia mais visão, mas por propiciar um modo melhorado de sentir a luz, permitindo que os relógios sazonais e circadianos tenham noção de tempo.

Para esses cordados primitivos, habitantes de reinos mais escuros, os fotorreceptores rabdoméricos menos sensíveis e que dispunham, junto com os ciliares, teriam sido virtualmente inúteis e assim estariam livres para assumir um novo papel: de neurônios transmissores de sinais ao cérebro. (Nesse ponto, eles não precisavam mais de opsinas, e a seleção natural as teria eliminado dessas células).

NASCE UM OLHO

Agora que os meus colegas e eu tínhamos ideia de como os componentes da retina dos vertebrados se originaram, quisemos entender como, há cerca de 500 milhões de anos, o olho evoluiu de um órgão sensor de luz não visual para esse que forma imagens. Novamente encontramos indícios em embriões em desenvolvimento. No início do desenvolvimento, a estrutura neural que dá origem ao olho se projeta em um dos lados formando dois sacos ou vesículas. Depois, as vesículas se dobram, formando uma retina em forma de C que reveste o interior do olho. Provavelmente a evolução prosseguiu de forma bem semelhante. Nossa hipótese é que um proto-olho deste tipo – com uma retina em forma de C, de duas camadas, composta de fotorreceptores ciliares no exterior e neurônios de saída oriundos de fotorreceptores rabdoméricos no interior – evoluiu em um ancestral de vertebrados entre 550 e

500 milhões de anos. Ele serviu como propulsor de um relógio interno, e talvez para ajudá-lo a detectar sombras orientar o organismo de modo apropriado.

Na etapa seguinte do desenvolvimento embrionário, enquanto a retina dobra-se para o interior, forma-se o cristalino, oriundo de um espessamento da superfície externa do embrião, ou ectoderma, que protrai no espaço curvo vazio formado pela retina em forma de C. Por fim, essa protrusão se separa do resto do ectoderma, tornando-se um elemento de livre flutuação. Parece provável que uma sequência de transformações muito semelhantes ocorreu durante a evolução. Não sabemos exatamente quando aconteceu, mas em 1994, cientistas da Universidade de Lund, na Suécia, mostraram que os componentes ópticos do olho podem ter evoluído facilmente em 1 milhão de anos.

Com o surgimento do cristalino para captar a luz e focar imagens, a capacidade de o olho coletar informações melhorou muito. Esse progresso teria criado pressões seletivas favorecendo o surgimento de processamento de sinal melhorado na retina além do que a simples ligação de fotorreceptores para neurônios de saída oferecia. A evolução satisfaz essa necessidade, modificando o processo de maturação das células para que algumas células em desenvolvimento em vez de formar fotorreceptores ciliares se tornassem células bipolares da retina que se inserem entre a camada de fotorreceptores e a de neurônios de saída. É por isso que as células bipolares da retina são tão semelhantes aos bastonetes e cones, embora não tenham rodopsina e recebam a entrada não da luz, mas da substância química liberada pelos fotorreceptores.

Embora os olhos tipo câmera proporcionem um amplo campo de visão (basicamente em torno de 180 graus), na prática nosso cérebro consegue processar apenas uma fração da informação disponível a qualquer momento devido ao número limitado de fibras nervosas que ligam o olho ao cérebro. Sem dúvida, os olhos tipo câmera primitivos enfrentaram uma limitação ainda mais séria, pois se supõe que tivessem ainda menos fibras nervosas. Assim, houve pressão seletiva considerável para a evolução dos músculos para movimentarem os olhos. Esses músculos deviam existir há 500 milhões de anos, porque a estrutura deles na lampreia, cuja linhagem remonta a essa época, é quase idêntica à dos vertebrados mandibulados, inclusive nós, seres humanos. Para todos os aspectos engenhosos da evolução ocorridas dentro do olho dos vertebrados, há vários caracteres decididamente deselegantes.

Por exemplo, a retina está invertida, então a luz tem de passar por toda a sua espessura, através das fibras nervosas intermediárias e corpos celulares que dispersam a luz e degradam a qualidade da imagem, antes de atingir os fotorreceptores sensíveis à luz. Os vasos sanguíneos também cobrem a superfície interna da retina e lançam sombras indesejáveis na camada de fotorreceptores. A retina tem um ponto cego onde fibras nervosas que passam por toda a sua superfície se reúnem antes de canalizar pela retina e surgir por trás dela como nervo óptico. E a lista vai longe.

Trevor D. Lamb Trevor D. Lamb é pesquisador do departamento de neurociência da John Curtin School of Medical Research e do ARC Center of Excellence in Vision Science da Australian National University, em Canberra, Austrália. Sua pesquisa se concentra nos fotorreceptores bastonetes e cones da retina de vertebrados.

2011_03: A evolução dos avós. Idosos podem ter sido o segredo do sucesso da nossa espécie por Rachel Caspari

Durante o verão de 1963, quando eu tinha 6 anos, minha família viajou de nossa casa na Filadélfia para Los Angeles em visita a meus parentes maternos. Eu conhecia bem minha avó: ela ajudou minha mãe a cuidar de mim e de meus irmãos gêmeos, apenas 18 meses mais novos que eu. Quando não estava conosco, ela morava com a mãe dela, que conheci naquele verão. Venho de uma família longeva. Minha avó nasceu em 1895; a mãe dela, na década de 1860, e as duas quase chegaram aos 100 anos.

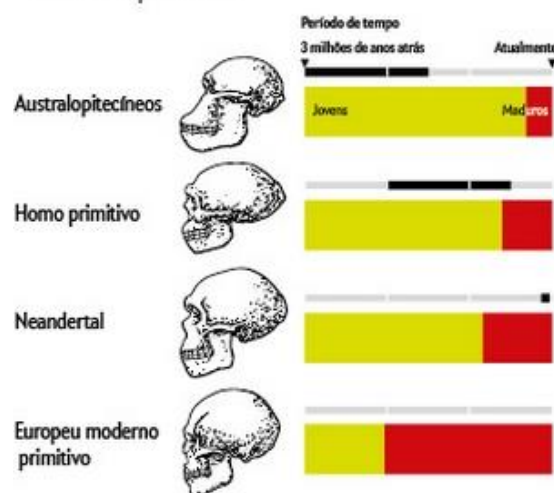
Ficamos com as duas matriarcas por varias semanas. Foi com suas historias que aprendi sobre minhas raízes e meu lugar numa rede social que abrangia quatro gerações.

Pessoalmente, essas lembranças me ligaram a vida no final da guerra civil e, na era da reconstrução, aos desafios enfrentados por meus antepassados e ao modo como eles enfrentaram as dificuldades.

Minha historia não e única. Os velhos desempenham papeis essenciais nas sociedades humanas do mundo todo, transmitindo sabedoria e apoio social e econômico para as famílias de seus filhos e grupos mais amplos de parentes. Em geral, na era moderna, as pessoas vivem tempo suficiente para serem avos; mas nem sempre foi assim. Quando os avos prevaleceram e a presença deles afetou a evolução humana?

Ficando Mais Velho

Análises de dentes fossilizados de centenas de indivíduos, abrangendo 3 milhões de anos, indicam que viver tempo suficiente para ser avô tornou-se comum relativamente tarde na evolução humana. A autora e sua colega avaliaram a proporção de adultos mais maduros (com idade de avós) em relação a adultos mais jovens em quatro grupos de ancestrais humanos: os australopithecíneos, os membros primitivos do gênero *Homo*, os neandertais e os europeus modernos primitivos – e descobriram que a proporção aumentou apenas ligeiramente durante a evolução humana até cerca de 30 mil anos atrás, quando se elevou rapidamente.



O estudo conduzido por mim e meus colegas indica que pessoas com idade de avos se tornaram comuns há pouco tempo na pré-história humana, e essa transformação coincidiu com mudanças culturais em relação a comportamentos distintos, inclusive dependência da comunicação baseada em símbolos sofisticados, como os que sustentam a arte e a linguagem. Essas descobertas sugerem que viver até uma idade mais avançada exerce efeitos profundos no tamanho das populações, nas interações sociais e na genética dos primeiros grupos humanos modernos. Além disso, pode explicar por que eles foram mais bem-sucedidos que os humanos arcaicos.

Viva rapidamente, morra jovem.

O primeiro passo para saber quando os avos se tornaram presença constante na sociedade seria avaliar a composição etária típica de populações do passado: a porcentagem de crianças, adultos em idade fértil e os pais desses jovens. Mas a reconstrução da demografia de populações antigas é bem complicada. Por um lado, populações inteiras nunca são preservadas no registro fóssil; os paleontólogos tendem a recuperar fragmentos de indivíduos. Em contraposição, os seres humanos primitivos não necessariamente amadureceram na mesma proporção que os homens modernos. Na verdade, os índices de maturação diferem, mesmo entre as populações contemporâneas. Mas alguns sítios guardaram fosséis humanos nas mesmas camadas de sedimentos, e assim cientistas podem avaliar com confiança a idade desses restos na hora da morte. Isso é essencial para entender a composição de um grupo pré-histórico.

Um abrigo na rocha, localizado na cidade de Krapina, na Croácia, cerca de 40 km a noroeste da cidade de Zagreb, é um desses lugares. Há mais de um século, o paleontólogo croata Dragutin Gorjanović-Kramberger escavou o local e descreveu os fragmentos de, talvez, até 70 neandertais, a maioria numa camada datada de cerca de 130 mil anos. O grande número de fosséis encontrados próximos entre si, o acúmulo aparentemente rápido dos sedimentos no sítio e o fato de alguns restos compartilharem determinadas características indicam que os ossos de Krapina abrangem os restos de uma única população de neandertais. Como costuma acontecer no registro fóssil, os remanescentes mais bem preservados em Krapina são os dentes, devido ao alto teor mineral que os protege da degradação. Eles também são um dos melhores elementos para determinar a idade da morte pela análise de desgaste de sua superfície e mudanças relacionadas à idade na estrutura interna.

Em 1979, antes de começar a minha pesquisa sobre a evolução dos avos, Milford H. Wolpoff, da University of Michigan, em Ann Arbor, publicou um artigo baseado em restos dentários, avaliando a idade dos neandertais de Krapina ao morrer. Os dentes molares irrompem em sequência. Usando como guia um dos esquemas de erupção mais rápida

observada no homem moderno, Wolpoff estimou que o primeiro, segundo e terceiro molares do homem de Neandertal surgiram em idades que se aproximavam dos 6, 12 e 15 anos, respectivamente. O desgaste pela mastigação se acumula em ritmo constante ao longo da vida e por isso, quando surge o segundo molar, o primeiro já tem 6 anos de desgaste e, ao nascer o terceiro, o segundo tem três anos de desgaste.

Fazendo o caminho inverso, pode-se inferir que um primeiro molar, com 15 anos de desgaste, pertencia a um neandertal de 21 anos, um segundo molar com 15 anos de desgaste, a um indivíduo de 27 anos, e um terceiro molar com 15 anos de desgaste, a alguém com 30 anos. (Essas estimativas tem margem de erro de mais ou menos um ano.) Esse método de seriação baseado no desgaste para determinar a idade da morte, adaptado de uma técnica desenvolvida pelo pesquisador A. E. W. Miles, em 1963, funciona melhor em amostras com grande numero de jovens, que Krapina tem em abundancia. O método perde exatidão quando aplicado a dentes de idosos, cujas coroas dentarias também podem estar desgastadas em excesso para a avaliação confiável e, em alguns casos, estar totalmente corroídas.

O trabalho de Wolpoff indicou que os neandertais de Krapina morreram jovens. Em 2005, poucos anos apos eu ter começado a pesquisar a evolução da longevidade, decidi dar outra olhada nessa amostra usando uma nova abordagem. Queria ter certeza de que não estávamos perdendo indivíduos mais velhos, devido as limitações inerentes de seriação baseada em desgaste. Trabalhando com Jakov Radovčić do Museu de Historia Natural da Croácia, em Zagreb, Steven A. Goldstein, Jeffrey A. Meganck e Dana L. Begun, todos de Michigan e estudantes de graduação da Central Michigan University, desenvolvi um novo método não destrutivo, usando tomografia tridimensional micro computadorizada de alta resolução (μ CT) para reavaliar a idade dos indivíduos de Krapina, ao morrer. Analisamos o grau de desenvolvimento de um tipo de tecido do interior do dente, a dentina secundaria. O volume de dentina secundaria aumenta com a idade e fornece uma pista para avaliar a idade de um individuo a morte, quando a coroa do dente esta desgastada demais para ser um bom indicador.

Nossas descobertas iniciais, complementadas por imagens fornecidas pelo Instituto Max Planck de Antropologia Evolucionaria, em Leipzig, corroboram os resultados de Wolpoff e validam o método de seriação baseado em desgaste: os neandertais de Krapina tinham taxas de mortalidade extremamente elevadas; ninguém ultrapassou os 30 anos. Mas isso não significa que os neandertais não ultrapassassem essa idade.

Pelos padrões atuais, a media de longevidade de Krapina e inimaginável. Afinal, para a maioria, 30 anos e o auge da vida, e os caçadores-coletores ultrapassaram os 30 anos em passado recente. Os neandertais de Krapina, no entanto, não são os únicos entre os seres

humanos primitivos. Outras poucas localidades com fosseis humanos com grande numero de indivíduos preservados, como o sitio Sima de los Huesos, em Atapuerca, na Espanha, com cerca de 600 mil anos de idade, mostram padrões semelhantes. O povo de Sima de los Huesos tinha altos níveis de mortalidade infanto-juvenil, ninguém ultrapassava os 35 anos, e pouquíssimos chegavam a essa idade. E possível que, de alguma forma, catástrofes ou condições especiais em que os restos se fossilizaram tenham selecionado a não preservação de indivíduos mais velhos nesses sítios. Mas as extensas pesquisas no registro fóssil humano que realizamos, inclusive do material desses sítios extremamente ricos, além de outros que continham menos indivíduos, indicam que morrer jovem era a regra, não a exceção. Parafraseando as palavras atribuídas ao filósofo britânico Thomas Hobbes, a vida pré-histórica realmente era desagradável, brutal e curta.

Ascensão dos avós

Esta nova abordagem com a μ ct tem o potencial de fornecer uma imagem de alta resolução das idades dos indivíduos mais velhos em outros fosseis de populações humanas. Mas, alguns anos atrás, antes de chegarmos a essa técnica, Sang-Hee Lee, da University of California em Riverside, e eu estávamos prontas para começar a busca por evidencias de mudanças na longevidade ao longo da evolução humana. Lançamos mão da melhor abordagem disponível naquele momento: a seriação baseada em desgaste. Mas enfrentamos um grande desafio. A maioria dos fosseis humanos não é originaria de sítios como o Krapina, que preservam tantos indivíduos que os restos podem ser considerados reflexo de populações maiores. E quanto menor o numero de indivíduos contemporâneos encontrados em um sitio, mais difícil estimar com segurança a idade dos membros ao morrer, devido às incertezas estatísticas associadas a amostras pequenas.

Mas percebemos que poderíamos abordar de outra maneira a questão de quando os avos começaram a se tornar mais comuns. Em vez de perguntar quanto tempo os indivíduos viveram, questionamos quantos deles chegaram a velhice. Ou seja, em vez de nos concentrar em idades absolutas, calculamos idades relativas e perguntamos qual proporção de adultos sobreviveu até a idade em que poderia se tornar um avo. Nosso objetivo foi avaliar as mudanças ao longo do tempo evolutivo na proporção de adultos mais maduros e adultos jovens. Entre os primatas e até bem pouco tempo entre os humanos, o terceiro molar irrompe aproximadamente na mesma época em que um indivíduo se torna adulto e atinge a idade reprodutiva. Baseadas em informações sobre os neandertais e as populações contemporâneas de caçadores-coletores, inferimos que os fosseis de seres humanos tinham os terceiros molares e o primeiro filho por volta dos 15 anos. Consideramos o dobro dessa idade para marcar o inicio da idade de serem avos – assim como algumas mulheres hoje podem dar a luz

aos 15 anos e se tornarem avos quando seus próprios filhos atingirem os 15 anos e se reproduzirem.

Para nosso objetivo, qualquer indivíduo arcaico com 30 anos ou mais era qualificado como adulto mais maduro – com idade para ser avo. Mas a beleza da abordagem sobre essa proporção é que, independentemente de a maturidade ocorrer aos 10, 15 ou 20 anos, a proporção de indivíduos mais maduros e mais jovens numa amostragem não seria afetada, pois o início da idade adulta mais madura mudaria na mesma escala. Como estávamos tentando classificar os fosseis nessas duas categorias extensas, poderíamos incluir várias amostras pequenas deles em nossa análise sem nos preocupar com as incertezas de idades absolutas.

Calculamos as proporções entre adultos maduros e jovens em quatro grandes agrupamentos de amostras de fosseis, totalizando 768 indivíduos que abrangiam um período de 3 milhões de anos. Um agrupamento compreendeu os australopitecineos mais recentes – parentes primitivos de “Lucy”, que viveu na África Oriental e África do Sul entre 3 milhões e 1,5 milhão de anos atrás. Outro agrupamento consistia nos primeiros membros do gênero *Homo*, do mundo todo, que viveram entre 2 milhões e 500 mil anos atrás. O terceiro grupo era do neandertal europeu de 130 e 30 mil anos atrás. E o último abrangia os europeus modernos do período Paleolítico Superior inicial, que viveram entre cerca de 30 mil e 20 mil anos atrás e deixaram vestígios culturais sofisticados.

Embora esperássemos encontrar aumentos na longevidade no decorrer do tempo, não estávamos preparados para os resultados surpreendentes. Observamos uma pequena tendência de aumento da longevidade ao longo do tempo em todas as amostras, mas a diferença entre os seres humanos primitivos e os homens modernos do Paleolítico Superior foi um aumento substancial de cinco vezes na proporção de adultos maduros e jovens. Assim, para cada dez neandertais adultos jovens que morreram entre 15-30 anos, havia apenas quatro adultos mais maduros que ultrapassaram os 30 anos; em contraste, para cada dez adultos jovens na distribuição de mortos do Paleolítico Superior europeu, havia 20 potenciais avos. Questionamos se o maior número de corpos sepultados em locais do Paleolítico Superior poderia explicar o elevado número de adultos maduros naquela amostra, e novamente analisamos nossa amostra do Paleolítico Superior, usando apenas os restos que não haviam sido enterrados. Mas obtivemos resultados semelhantes. A conclusão foi inevitável: a sobrevivência de adultos aumentou muito tarde na evolução humana.

Biologia ou Cultura?

Agora que Sang e eu estabelecemos que o número de avós em potencial aumentou em algum momento na evolução dos seres humanos anatomicamente modernos, tínhamos outra questão: o que provocou essa mudança? Havia duas possibilidades. Ou a longevidade foi um agrupamento de características geneticamente controladas que distinguia biologicamente os homens anatomicamente modernos de seus antecessores, ou não veio com a aparição da anatomia moderna e foi resultado de uma mudança posterior, de comportamento.

Os homens anatomicamente modernos não explodiram no cenário evolutivo fazendo a arte e os armamentos avançados que definem a cultura do Paleolítico Superior. Eles surgiram muito antes desses europeus do Paleolítico Superior, há mais de 100 mil anos, e na maior parte desse tempo eles e seus contemporâneos anatomicamente arcaicos, os neandertais, usaram a mesma tecnologia mais simples do Paleolítico Médio. (Membros dos dois grupos parecem ter se interessado em fazer arte e armas sofisticadas antes do Paleolítico Superior, mas essas tradições foram efêmeras comparadas às onipresentes e duradouras que caracterizam esse período posterior.) Apesar de nosso estudo indicar que um grande aumento de avós era singular nos homens anatomicamente modernos, isso, por si, não faz a distinção entre a explicação biológica e a cultural, pois o homem moderno para quem olhávamos era moderno em termos anatômicos e comportamentais. Poderíamos buscar a longevidade nos homens modernos anatomicamente primitivos e que ainda não eram modernos em termos de comportamento?

Para resolver esta questão, Sang e eu analisamos seres humanos do Paleolítico Médio de sítios na Ásia ocidental, datados entre cerca de 110 mil e 40 mil anos atrás. Nossa amostra incluía tanto o neandertal quanto o homem moderno, todos associados aos mesmos artefatos relativamente simples. Essa abordagem nos permitiu comparar as proporções de adultos maduros e jovens de dois grupos biologicamente distintos (que muitos estudiosos consideram como espécies distintas) que viviam na mesma região e exibiam a mesma complexidade cultural. Descobrimos que o neandertal e o homem moderno da Ásia ocidental mostravam proporções de adultos maduros e jovens estatisticamente idênticas, descartando a possibilidade de uma mudança biológica ter sido responsável pelo aumento de sobrevivência de adultos observado nos europeus do Paleolítico Superior. Os dois grupos da Ásia ocidental basicamente tinham proporções semelhantes de adultos maduros e jovens, e os índices ficaram entre as do neandertal e a do homem moderno primitivo da Europa.

Comparados aos neandertais europeus uma proporção muito maior de neandertais da Ásia ocidental (e de homens modernos) viveu até se tornar avó/avo. Isso não é surpresa: o ambiente mais temperado da Ásia ocidental teria sido muito mais propício à sobrevivência que as condições ecológicas adversas da Era do Gelo europeu. Mas, se o ambiente mais temperado da Ásia ocidental for responsável pela sobrevivência elevada de adultos observada

nas populações do Paleolítico Médio de lá, a longevidade dos europeus do Paleolítico Superior e ainda mais impressionante. Apesar de viver em condições muito mais difíceis, o europeu do Paleolítico Superior mostrou uma proporção duas vezes maior de adultos maduros e jovens que os homens modernos do Paleolítico Médio.

Momentos de maturidade

Não sabemos exatamente o que esses europeus do Paleolítico Superior fizeram culturalmente que permitiu que tantos vivessem muito mais. Mas não há dúvida de que esse aumento de sobrevivência de adultos em si exerceu efeitos de longo alcance. Como Kristen Hawkes, da University of Utah, Hillard Kaplan, da University of New Mexico, e outros mostraram em seus estudos sobre diversos grupos modernos de caçadores-coletores, os avós geralmente contribuem com recursos econômicos e sociais com os parentes, aumentando tanto o número de descendentes que seus filhos podem ter quanto a sobrevivência de seus netos. Os avós também reforçam conexões sociais complexas – como a minha avó fez, ao contar histórias dos antepassados que me ligaram a outros parentes da minha geração. Essas informações são o alicerce sobre o qual se constrói a organização social humana.

Os mais velhos também transmitem outros tipos de conhecimento cultural, desde o ambiental (por exemplo: que tipos de plantas são venenosas, ou onde encontrar água durante as secas), ao tecnológico (como tecer um cesto ou talvez fazer uma faca de pedra). Estudos liderados por Pontus Strimling, da Universidade de Estocolmo, mostraram que a repetição é um fator crítico na transmissão de normas e tradições da cultura. As famílias com várias gerações têm mais membros para martelar essas lições relevantes. Assim, presume-se que a longevidade promoveu o acúmulo e a transferência de informações entre as gerações que incentivaram a formação de sistemas de parentesco intrincados e outras redes sociais e que nos permitem ajudar e sermos ajudados quando as coisas se complicam.

Natural History Museum, Londres.

O aumento na longevidade também se traduziu em aumento da população, adicionando um grupo de idade ausente no passado e que ainda era fértil. E as grandes populações são os principais engenhos de novos comportamentos. Em 2009, Adam Powell, da University College London, e seus colegas publicaram um artigo na Science mostrando que a densidade populacional é importante na manutenção da complexidade cultural. Eles e vários outros cientistas argumentam que as populações maiores promoveram o desenvolvimento de extensas redes de comércio, sistemas complexos de cooperação e expressões materiais de identidade individual e grupal (joias, pintura corporal, etc.). Visto sob essa luz, as características marcantes do Paleolítico Superior: o aumento explosivo do uso de símbolos, por exemplo, ou a incorporação de materiais exóticos na fabricação de ferramentas – parecem muito bem ter resultado do tamanho crescente da população.

Essa dimensão populacional crescente também teria afetado nossos ancestrais de outra forma: acelerando o ritmo da evolução. Como John Hawks, da University of Wisconsin-Madison, enfatizou, mais pessoas significam mais mutações e oportunidades de mutações vantajosas se disseminarem pelas populações conforme os seus membros se reproduzem. Esta tendência pode ter tido um efeito ainda mais marcante em seres humanos mais recentes que os do Paleolítico Superior, compondo o crescimento enorme da população que acompanhou a domesticação de plantas há 10 mil anos. No livro de 2009, *The 10,000 year explosion*, Gregory Cochran e Henry Harpending, ambos da University of Utah, descrevem variantes de gene múltiplo, desde os que influenciam a cor da pele aos que determinam a tolerância ao leite de vaca – que surgiram e se propagaram rapidamente nos últimos 10 mil anos, graças ao número cada vez maior de criadores.

A relação entre a sobrevivência de adultos e o aparecimento de tradições culturais novas e sofisticadas, começando com as do Paleolítico Superior, era quase certamente um processo de feedback positivo. A longevidade, inicialmente um subproduto de algum tipo de mudança cultural, tornou-se um pré-requisito para comportamentos singulares e complexos

Cultura Vem com a Idade

Um aumento marcante na sobrevivência de adultos, que se iniciou por volta de 30 mil anos na Europa, pode ser responsável pela súbita mudança cultural que se seguiu por lá, conforme a comparativamente simples tecnologia do Paleolítico Médio deu lugar às armas e à arte sofisticada do Paleolítico Superior. Artefatos representativos das duas tradições culturais são mostrados aqui.



que sinalizam a modernidade. Além disso, essas inovações promoveram a importância e a sobrevivência de adultos mais velhos, levando as expansões populacionais que exerceram efeitos culturais e genéticos profundos sobre os nossos antepassados. Realmente, quanto mais velho, mais sábio.

Rachel Caspari Rachel Caspari é professora de antropologia da Central Michigan University. Sua pesquisa concentra-se nos neandertais, na origem dos homens modernos e na evolução da longevidade.

2011_04: AULA ABERTA - Como solucionar a crise da obesidade

A obesidade é uma crise de saúde em várias partes do mundo. Nos Estados Unidos, se as tendências atuais continuarem, em breve será o fator mais importante de morte precoce, redução da qualidade de vida e de gastos com cuidados de saúde, ultrapassando o tabagismo.

De acordo com o Centro de Controle e Prevenção de Doenças de Atlanta (CDC/USA), um terço dos adultos é obeso, outro terço está com sobrepeso e, a cada ano, os americanos engordam mais. Um estudo publicado no periódico *Journal of the American Medical Association* indicou que a obesidade é responsável por mais de 160 mil “excessos” de mortes por ano no país. Segundo pesquisadores da George Washington University, uma pessoa obesa custa mais de US\$ 7 mil por ano para a sociedade, devido à perda de produtividade e custos adicionais com tratamentos médicos. Os gastos com cuidados de saúde ao longo da vida de uma pessoa com excesso de peso de 30 quilos ou mais somam US\$ 30 mil, dependendo da etnia e do sexo.

Tudo isso confere urgência a essa questão: por que é tão difícil emagrecer e se manter no peso ideal? A resposta não parece difícil. A fórmula básica para a perda de peso é simples e bem conhecida: consumir menos calorias do que se gasta. Mas se realmente fosse fácil, a obesidade não seria o principal problema de saúde relacionado ao estilo de vida. Para uma espécie que evoluiu para consumir alimentos altamente energéticos – em um ambiente onde a fome era uma ameaça constante – perder peso e permanecer magro em meio à abundância, alimentado por mensagens de marketing e por calorias vazias e baratas, realmente é difícil. A maior parte das pessoas que tenta fazer um regime parece falhar a longo prazo – uma revisão de 31 estudos sobre dietas de redução de peso, feita pela *American Psychological Association*, em 2007, identificou que, após dois anos, cerca de dois terços das pessoas

acabam pesando mais que antes do início do regime.

A ciência tem aperfeiçoado suas armas nessas batalhas. A agência americana National Institutes of Health (NIH) gasta cerca de US\$ 800 milhões por ano em estudos sobre os fatores metabólicos, genéticos e neurológicos da obesidade. Em seu orçamento para pesquisas em obesidade de 2011, o NIH indicou os caminhos mais promissores, nesta ordem: uso de modelos animais para a determinação das funções de proteínas em tecidos específicos; estudo das vias de sinalização complexas no cérebro e entre o cérebro e outros órgãos; identificação de variações genéticas relacionadas à obesidade e dos mecanismos epigenéticos que regulam o metabolismo.

As pesquisas têm trazido informações importantes sobre como as proteínas interagem no organismo para extrair e distribuir a energia dos alimentos e produzir e armazenar gordura; como o cérebro indica que estamos com fome; por que alguns de nós parecem ter nascido com maior probabilidade de ser obesos e se a exposição a determinados alimentos e a substâncias tóxicas pode modificar ou mitigar alguns desses fatores. Os estudos também têm sugerido à indústria farmacêutica diversos alvos potenciais para o desenvolvimento de medicamentos. Mas, ainda assim, sem sucesso.

Talvez um dia a biologia desenvolva uma solução que gerencie o metabolismo para queimar mais calorias ou modifique desejos e assim passemos a preferir, por exemplo, brócolis a bifes. Mas, até lá, a melhor estratégia podem ser métodos comportamentais-psicológicos desenvolvidos ao longo dos últimos 50 anos. Centenas de estudo comprovaram sua eficiência.

Como Chegamos Aqui

O desespero das pessoas obesas e com sobrepeso está refletido no fluxo constante de conselhos despejados por fontes tão diferentes quanto revistas científicas, best-sellers, jornais ou blogs. Nosso apetite por qualquer tipo de dieta de emagrecimento ou artifício que traga a promessa da perda rápida de peso parece tão insaciável quanto o desejo por alimentos que engordam. Gostamos de acreditar em soluções engenhosas indicadas pelos meios de comunicação, destacando novas descobertas científicas, em manchetes sucessivas, como se fossem soluções. Mas isso não adianta, pois, com frequência, elas parecem estar em conflito.

Um estudo publicado na *Adereçam Journal of Clinical Nutrition*, por exemplo, constatou uma associação entre maior consumo de laticínios e perda de peso. Mas uma análise posterior, que saiu na edição de maio de 2008, da *Nutrition Reviews* não confirmou essa associação. Um artigo publicado na *Journal of Occupational and Environmental Medicine* de janeiro de 2010 sugere a associação entre estresse no trabalho e obesidade. Mas, de acordo com outro artigo, publicado na *Obesity* de outubro de 2010, essa relação também não existe.

Parte das dificuldades nessa área de saúde pública é que os pesquisadores parecem os cegos da parábola onde se tenta conhecer um elefante tateando diferentes partes do corpo do animal. O fato é que as conclusões de pesquisas individuais são apenas peças de um quebra-cabeça. Quando as pesquisas são analisadas em conjunto, fica claro que a solução para o problema da obesidade não pode ser obtida com a indicação de consumir esse ou aquele tipo de alimento, ou pela adoção de outra ação simples.

Muitos fatores contribuem para esse problema: o excesso de peso está relacionado, em parte, ao ambiente (hábitos alimentares de amigos, tipo de alimento mais disponível em casa e lojas locais, oportunidade para se movimentar no trabalho). O complemento disso pode estar na biologia (algumas pessoas podem ter predisposição genética para armazenamento maior de gordura, limites de saciedade maiores e paladar mais sensível). E, em parte ainda, por aspectos econômicos (alimentos com alto teor calórico mas níveis reduzidos de nutrientes são mais baratos que produtos frescos). E isso é também obra do marketing – as empresas de alimentos são mestres em explorar a natureza social humana e de nossa “programação” evolutiva, produzindo alimentação não saudável, mas rentável. É por tudo isso que soluções simplistas falham.

ESFORÇO E RECOMPENSA

Em dietas de emagrecimento e exercícios físicos, contamos com a força de vontade para superar impulsos de comer em excesso. Assim, desfrutamos da recompensa de ficarmos esbeltos e atraentes para nos manter no caminho. É gratificante perder peso, mas infelizmente o tempo trabalha contra nós. À medida que o peso diminui temos mais fome, com desejos mais intensos, e também exaustão com os exercícios físicos. Enquanto isso, a perda de peso inevitavelmente desacelera porque o metabolismo tenta compensar a privação, tornando-se mais parcimonioso com as calorias. Nessas condições, a punição por seguirmos com a dieta de perda de peso se torna cada vez mais dura e constante, afastando a recompensa esperada para o futuro. “Essa lacuna entre o reforço para se alimentar mais, e talvez perder peso meses mais tarde, é um desafio enorme”, avalia Sungwoo Kahng, pesquisador da área de neurocomportamento da faculdade de medicina da Johns Hopkins University e do Instituto Kennedy Krieger, nos Estados Unidos.

Até o momento, a forma mais bem-sucedida de perder peso, pelo menos uma quantidade moderada dele, é manter essa perda, com uma dieta equilibrada e prática de exercícios físicos, combinada com programas de mudanças de comportamento. A abordagem comportamental envolve pequenos ajustes nos hábitos alimentares e na prática de exercícios físicos, com o incentivo de pessoas próximas e do ambiente.

As pesquisas defendendo abordagem behaviorista foram iniciadas há mais de meio

século, época do desenvolvimento da análise comportamental proposta pelo psicólogo B. F. Skinner, da Harvard University. Esse campo é baseado na ideia de que os cientistas não podem saber o que está acontecendo no cérebro de uma pessoa, e, mesmo a ressonância magnética funcional (o estado da arte para essa exploração) é insuficiente para isso. Mas os pesquisadores podem observar e medir, de forma objetiva e reproduzível, o comportamento físico e o ambiente em que ele ocorre, e isso permite identificar as relações entre o ambiente e o comportamento.

A eficácia das intervenções comportamentais tem sido amplamente demonstrada para uma grande variedade de doenças e problemas de comportamento. Uma análise publicada na *Journal of Clinical Child & Adolescent Psychology* em 2009 concluiu que “a intervenção comportamental precoce e intensiva deve ser a intervenção de escolha para crianças com autismo”. Uma revisão sistemática, patrocinada pelo painel independente de especialistas U.S. Preventive Services Task Force, observou que até mesmo um aconselhamento comportamental breve é capaz de reduzir entre 13% e 34% o número de bebidas ingeridas por dependentes por quatro anos. Revisões da literatura têm encontrado resultados similares sugerindo o sucesso do uso de intervenções comportamentais em desafios tão diversos como a redução da gagueira, aumento do desempenho atlético e melhora da produtividade no trabalho.

Para combater a obesidade, os analistas comportamentais examinam as influências ambientais relacionadas ao problema: que fatores externos levam as pessoas a comer demais ou consumir alimentos apenas calóricos e quais encorajam uma alimentação saudável? Em que situações os comportamentos e os comentários dos demais afetam a alimentação não saudável? O que parece efetivamente encorajar uma alimentação saudável em longo prazo? O que pode reforçar a prática de exercícios físicos?

Desde a década de 60, os estudos focados em aspectos comportamentais sobre a obesidade e dietas de redução de peso reconheceram algumas condições básicas que parecem relacionadas a uma maior chance de perder peso e manter o emagrecimento: mensurar e registrar de forma rigorosa as calorias consumidas, praticar exercícios físicos; adotar mudanças pequenas e graduais, evitando alterações drásticas; consumir uma dieta equilibrada, com pouca gordura e açúcar; definir objetivos claros e modestos, focando mudanças de hábitos de vida em vez de dietas de emagrecimento de curto prazo e, especialmente, participar de um grupo de apoio para receber incentivo e reconhecimento do esforço despendido.

Se essas estratégias soam como conselhos antigos e bem conhecidos é porque têm sido popularizadas por quase meio século pelos Vigilantes do Peso. Fundado em 1963 como forma de apoio a pessoas que fazem dietas de redução de peso, esse grupo adicionou em suas práticas outras abordagens e conselhos de acordo com dados de estudos

comportamentais e desenvolveu-se como um “programa de mudança de comportamento”. “Quaisquer que sejam os detalhes de como perder peso, a base é sempre a mudança de comportamento”, resume a pesquisadora da área de nutrição e chefe científico dos Vigilantes do Peso, Karen Miller-Kovach, para quem “isso é uma habilidade aprendida”.

Estudos recentes voltaram a utilizar a abordagem comportamental para a perda de peso. Uma revisão da literatura de 2003, solicitada pelo U.S. Department of Health and Human Services, concluiu que “o aconselhamento e as intervenções comportamentais proporcionaram graus moderados de perda de peso, sustentáveis por pelo menos um ano” – e um ano é uma eternidade no mundo do emagrecimento.

Uma análise de oito programas populares de redução de peso, publicada em 2005 pelos *Annals of Internal Medicine*, descobriu que o programa Vigilantes do Peso (na época, em sua revisão pré-2010) é o único eficaz, possibilitando perda de peso de 3% mantida durante os dois anos do estudo. Neste ínterim, um estudo publicado na *Journal of the American Medical Association* (Jama), em 2005, verificou que os Vigilantes do Peso – junto com a dieta Zone, que também recomenda uma alimentação balanceada com proteínas, carboidratos e gorduras – obtiveram o maior percentual (65%) de adesão durante um ano, em relação a outras dietas. Os autores da pesquisa destacaram que “o nível de adesão foi o fator determinante dos benefícios clínicos, mais que o tipo de dieta”.

Um estudo de 2010 publicado na *Journal of Pediatrics* constatou que, após um ano, crianças que passaram por terapia comportamental mantiveram índice de massa corporal (IMC) 1,9 a 3,3 vezes inferior ao de crianças que não fizeram a terapia (índice de massa corporal é a relação numérica entre o peso e a altura; IMC igual ou menor que 18,5 indica que a pessoa está com peso abaixo do normal, enquanto um valor superior a 25 é considerado peso acima do normal).

Algumas evidências sugerem que “essas melhorias podem ser mantidas ao longo dos 12 meses após o término do tratamento”. Um estudo publicado na *Obesity* em 2010 observou que os participantes do Take Off Pounds Sensibly (TOPS) – organização, sem fins lucrativos, que utiliza a mudança comportamental para a perda de peso – mantiveram uma redução entre 5% e 7% do seu peso corporal durante os três anos da investigação. Em 2010, a organização britânica Medical Research Council divulgou uma pesquisa de longo prazo demonstrando que os programas baseados em princípios comportamentais têm mais possibilidades de ajudar as pessoas a perder e manter o peso que outras abordagens (esse estudo foi financiado pelo Vigilantes do Peso, mas sem a participação dessa organização).

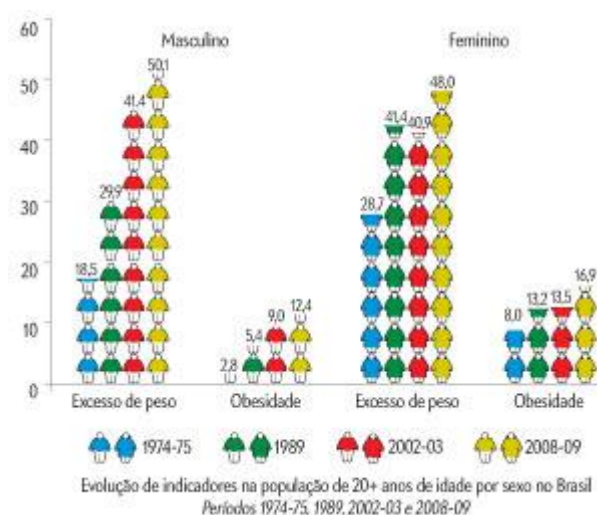
Nos últimos anos, alguns pesquisadores voltaram a atenção para o aprimoramento, ampliação e adequação das técnicas comportamentais, obtendo resultados encorajadores. Michael Cameron, chefe do departamento de pós-graduação em análise do comportamento da Simmons College e membro do corpo docente da Harvard Medical School, por exemplo, está

concentrando suas pesquisas nas técnicas comportamentais. Há um ano Cameron desenvolve um estudo com quatro pessoas – em geral analistas comportamentais utilizam grupos pequenos ou mesmo uma única pessoa, para adaptar uma intervenção de forma mais detalhada e observar efeitos individuais – que se reúnem com ele por videoconferências para reforço, avaliação de peso (com a transmissão dos dados por redes sem fio) e terem suas dietas otimizadas. Neste último caso, tanto para reduzir a densidade calórica como para atender a preferências alimentares individuais. Alimentos favoritos são usados como recompensa para a prática do exercício físico. Até agora, as pessoas perderam entre 8% e 20% do peso corporal.

Matt Normand, analista do comportamento da University of the Pacific, está pesquisando estratégias para seguir com mais precisão a ingestão e o gasto calórico das pessoas. Entre elas se incluem a coleta de recibos de compra de alimentos, fornecimento de listas de alimentos para ser anotado o que se está consumindo, uso de vários tipos de pedômetros, contadores de passos em caminhadas e outros dispositivos para medir a atividade física. Informações diárias detalhadas sobre fluxo de calorias são oferecidas aos participantes. Segundo um estudo publicado por Normand, três dos quatro voluntários para a pesquisa reduziram a ingestão de calorias para níveis recomendados.

Richard Fleming, pesquisador do Shriver Center da University of Massachusetts Medical School's, avalia formas de incentivar pais a orientar seus filhos para escolhas mais saudáveis. Uma das técnicas consideradas úteis pela pesquisa é mostrar para os pais a porção adequada dos diferentes alimentos. Outro truque de sucesso: deixar as crianças escolherem uma recompensa em uma pequena loja de alimentos, enquanto caminham por ela. “As crianças podem realmente responder a essa recompensa por serem ativas”, garante ele.

Por que as intervenções comportamentais são efetivas? Segundo Laurette Dubé, que realiza pesquisas na área de marketing e sobre os aspectos psicológicos do estilo de vida na McGill University's Faculty of Management, em nosso meio ambiente, esforços de marketing, sofisticados e onipresentes, alimentam-se da necessidade natural de gratificação sensorial e vulnerabilidade à desinformação. Além disso, a má alimentação e a pouca prática de exercícios físicos observadas em amigos, familiares e colegas servem como exemplo. Essencialmente, as intervenções comportamentais buscam



transformar esse ambiente para uma situação em que as necessidades de informações, gratificação e estímulo social encorajem o consumo de alimentos saudáveis e a adoção de exercício físico. “Quando recebemos as mensagens corretas, de forma adequada, temos melhor chance de resistir ao desejo de comer mais que precisamos”, avalia Dubé.

Mudança na política Os Vigilantes do Peso, de longe o programa mais popular, conta com apenas 600 mil membros em suas fileiras nos Estados Unidos. Isso significa que menos de um em cada 100 obesos americanos e cerca de uma em cada 200 pessoas com sobrepeso participam de um programa de modificação comportamental formal. Mas a política pública pode estar mudando. O U.S. Surgeon General's Office e o Centers of Disease Control and Prevention (CDC) têm afirmado que as abordagens comportamentais são a principal arma na cruzada contra a obesidade. A campanha contra a obesidade infantil Let's Move, lançada pela primeira-dama americana Michelle Obama, é composta quase inteiramente por recomendações sobre comportamentos que levam à perda de peso, ou seja, estimula a busca por formas de incentivar as crianças a comer alimentos menos calóricos e a se tornarem mais ativas, de forma prazerosa.

A recente proposta de proibição da entrega de brinquedos junto com o McLanche Feliz da rede McDonald's, em São Francisco, sugere que as autoridades podem estar se preparando para pressionar a indústria de alimentos contra a contaminação do ambiente com táticas de marketing que colaboram para a obesidade. Para facilitar e tornar mais tentadora a compra de alimentos mais saudáveis, nas áreas mais pobres dos Estados Unidos, as comunidades com maior excesso de peso, a Casa Branca propôs subsidiar os preços de frutas e legumes. O prefeito de Nova York, Michael Bloomberg, está entre os que defendem a modificação dos programas assistenciais, restringindo a compra de bebidas com alto teor de açúcar. Em 2010, foi promulgada a taxação de 6% de impostos sobre as bebidas açucaradas em Washington, DC. A cidade de Nova York também tem oferecido cupons para compra de produtos em mercados de fazendeiros (feiras) para famílias de baixa renda e incentivos às lojas para oferecerem alimentação mais saudável.

Especialistas estão tentando pressionar o governo a reescrever os códigos de zoneamento e de construção para garantir que bairros e edifícios favoreçam os pedestres, ciclistas e usuários de escada. Um estudo realizado em 2009, por pesquisadores da Louisiana State University Medical School, identificou que se uma pessoa aumentar em apenas 2,8% o uso de escadas, pode evitar o adicional de uma libra (0.45 kg) de peso por ano. A correlação entre níveis de atividade física e peso saudável é um dos pressupostos mais bem estabelecidos na pesquisa sobre a obesidade, de acordo com William M. Hartman, psicólogo e

diretor do programa comportamental Weight Management Program do California Pacific Medical Center, de São Francisco.

Aumentar o acesso à terapia comportamental é também um recurso. Muitas pessoas com sobrepeso podem precisar apenas de ferramentas on-line para o monitoramento, suporte e compartilhamento do progresso, que se revelaram moderadamente efetivas em estudos. Outras podem necessitar de intervenções mais intensivas e personalizadas, como as que Cameron desenvolve. O tratamento com a terapia comportamental seria necessário apenas por um ou dois anos para estabelecer novos hábitos alimentares e de exercícios físicos permanentes, e a economia trazida por essa mudança de comportamento pode continuar por toda a vida.

Ao menos nos Estados Unidos ainda é cedo para dizer se a população aceitará os esforços do governo para empurrá-la para escolhas mais saudáveis. Em São Francisco, o plano para proibir o McLanche Feliz provocou reações iradas em uma comunidade conhecida por ser especialmente favorável às iniciativas de saúde pública, e, por isso, o então prefeito, Gavin Newsom, vetou o projeto. Os esforços da campanha Let's Move para a introdução de alimentos mais saudáveis nas cantinas escolares têm sido intensamente criticados como uma grande intrusão. Mesmo com a eventual implementação completa dessas estratégias em todo o país, não há como prever se vão reduzir significativamente a obesidade. A atual taxa de obesidade americana está muito além do que já havia ocorrido no planeta, portanto, uma solução em larga escala será um experimento de mudança de comportamento em massa.



David H. Freedman David H. Freedman escreve sobre ciência, economia e tecnologia há 30 anos. Seu livro mais recente, *Wrong*, explora as razões que levam os cientistas e outros especialistas a iludir a sociedade.

