

Revista da Biologia

Volume 2
Junho de 2009



Universidade de
São Paulo



Instituto de
Biotecnologia



Centro Acadêmico
da Biologia

Sumário

Volume 2
Junho de 2009

- 1** Ensaio:
A ciência vale a pena?
Arnaldo Cheixas-Dias
- 8** Uma visão holística sobre os ecossistemas fluviais
Aline Sueli de Lima Rodrigues
- 12** Revisão:
Fisiologia da música: uma abordagem comparativa
Felipe Viegas Rodrigues
- 18** Artigo:
As características da cobertura vegetal do distrito de Pinheiros em São Paulo no início do século XXI
Julia Camara de Assis



Universidade de
São Paulo



Instituto de
Biociências



Centro Acadêmico
da Biologia

Expediente

Editor Executivo:

Wellington Braz Carvalho Delitti

Coordenação:

Pedro Leite Ribeiro e Rodrigo Pavão

Secretaria Executiva: CABio USP

Gustavo Busanelli e Juliano Zequini Polidoro

Comissão Científica: Docentes IB USP

Editor Botânica: Déborah Yara Alves Cursino dos Santos

Editor Ecologia: Marcelo Luiz Martins Pompêo

Editor Fisiologia: Gilberto Fernando Xavier

Editor Genética e Biologia Evolutiva: Carlos Ribeiro Vilela

Editor Zoologia: Sônia Godoy Bueno Carvalho Lopes

Consultores desse volume:

Anary Priscila Monteiro Egydio

André Haruo Kanamura

Cristina Aparicio

Guilherme Renzo Rocha Brito

Leonardo Henrique Ribeiro Graciani de Lima

Maria Fernanda Laranjeira da Silva

Pedro Leite Ribeiro

Renata Brandt Nunes

Renata Moretti

Renato Chimaso dos Santos Yoshikawa

A CIÊNCIA VALE A PENA?

Arnaldo Cheixas-Dias

*Departamento de Fisiologia, Instituto de Biociências, USP – São Paulo, SP, Brasil
Recebido 18set08 / Aceito 29jan09 / Publicação on-line 06fev09 / Publicação 31jun09
cheixas@usp.br*

Resumo. O desenvolvimento da ciência e do pensamento lógico promoveu avanços robustos ao longo da história, permitindo ao homem viver mais e melhor. Ao mesmo tempo, os avanços tecnológicos e na comunicação de massa estimularam as pessoas a viver com soluções prontas, o que as afastou demasiadamente do pensamento científico. A vida em regime democrático depende crucialmente de uma cultura científica, que potencializa as liberdades individuais e coletivas. Nesse texto, a cultura científica é discutida em seus aspectos históricos e, em contraposição às pseudociências, que oferecem falsas soluções para as demandas sociais, é defendida como instrumento de desenvolvimento social.

Palavras-chave. Ciência, educação para a ciência, história da ciência.

DOES SCIENCE PAY OFF?

Abstract. Development of science and logical thinking has promoted robust advances throughout history, allowing humans to live longer and better. At the same time, technological advances and the mass communication has encouraged people to live with ready solutions and not with planned solutions. Life in democracy depends crucially on a scientific culture, which fosters the individual and collective freedoms. In this text, the scientific culture is discussed in its historical aspects and, in contrast to pseudoscience (false solutions to people's demands), is defended as an instrument of social development.

Keywords. science, education for science, history of science.



"Crê no Senhor, toma um analgésico para a dor e o espasmo muscular, um antidepressivo para reduzir a tensão nervosa e atira para longe as tuas muletas!"

Extraído de Harris, 2007 (p. 33)

• Um garoto observa o céu noturno e vê uma luz cintilante deslocar-se lentamente. Sabe que não é um avião, porque não há luzes piscando. Sabe que não é uma estrela, porque esta deveria parecer estática. Naquele dia não havia nenhum comentário no noticiário anunciando a passagem de um cometa. Conclusão: "Trata-se de um disco voador, bolas!"

• Um transeunte atravessa a frente de um cinema de filmes para adultos e, repentinamente, despenca no chão tomado de uma violenta convulsão. Quem vê aquela cena supõe que se trata de uma "possessão" ou até de um castigo, já que ele estava olhando para o cartaz do

cinema, que expunha as formas de uma bela atriz.

• Uma família ribeirinha no norte do Brasil tem sua casa arrastada pela cheia do rio, fica sem nada e, pior, vê o caçula de apenas 2 anos perder a vida. Os pais lembram que, dias antes, o filho mais velho brincara com um boto rosa na margem do rio. Toda a comunidade ribeirinha sabe que interagir ou mesmo olhar para um boto rosa "dá azar". A culpa pela morte da criança, portanto, foi do filho mais velho.

• Um menino que nasceu e cresceu numa tribo no meio da floresta entra no jipe de um antropólogo e sai da floresta em direção à universidade, na cidade. O jipe segue por uma estrada no meio do cerrado; na linha do horizonte, é possível ver uma manada. O menino, assim como a maioria dos indivíduos de sua tribo da floresta, nunca tinha visto animais a uma distância tão grande - na floresta tudo está, no máximo, a algumas dezenas de metros de distância. Assim, a impressão que ele tem é de que se trata de um grupo de bois e vacas em miniatura, do tamanho de insetos. Acontece que, conforme o carro segue na direção da manada, os animais vão ficando cada vez maiores. Ele pula assustado para o banco traseiro e grita: "Bruxaria!"

• Me lembro dum caipira, encontrado na minha infância, numa fazenda lá para as bandas de Araraquara, me contando que nas suas viagens enormes, "de pé-a-pé" pelas estradas, quando se sentia exausto e alterado de calor, tomava a própria urina e logo se sentia descansado e pronto para o novo estirão. (Andrade, 1937: p. 88)

O que há em comum entre os protagonistas de cada um desses exemplos? Trata-se de um processo que, em ciência, representa um tipo de erro de análise de dados. No campo científico, isso acontece quando hipóteses alternativas são desprezadas. Embora a elaboração de hipóteses faça parte da rotina científica, olhar para situações cotidianas a partir dessa ótica ajuda muito a compreendê-las melhor. Vejamos. A luz cintilante no céu noturno pode ser um satélite se deslocando pela órbita da Terra. A convulsão do transeunte, de acordo com todos os casos de convulsão registrados e estudados, provavelmente é manifestação epiléptica ou devida a uma causa natural (como febre, substância química etc). O infortúnio da família ribeirinha certamente foi infligido a outras famílias da região durante a cheia, de modo que o que parece ser a causa da tragédia é mesmo a cheia na região e não o comportamento dos habitantes dali, certamente equiparável ao de habitantes de outras regiões. A bruxaria dos bois e vacas que “cresciam” repentinamente nada mais era do que um produto da inexperiência do garoto com objetos à distância e deslocamento em alta velocidade, novidades para o cérebro do tribal. Já o efeito revigorante da ingestão da urina pelo caipira se deve ao bem descrito efeito placebo, em que temos a sensação de melhora ou mesmo uma melhora efetiva de algum sintoma pela crença de que certo tratamento será eficaz e não pelo tratamento em si.

Em ciência, desprezar hipóteses alternativas que possam explicar determinado conjunto de dados de observação ou experimentação pode ter conseqüências desastrosas na construção do conhecimento e, conseqüentemente, em sua aplicação. Bons cientistas patrulham constantemente sua própria conduta a fim de evitar erros de observação e análise. Outro instrumento importante de que a ciência dispõe para evitar erros é a análise por pares. Cientistas avaliam projetos de colegas antes da execução, emitindo pareceres a respeito do método proposto, da justificativa para execução do projeto e também dos aspectos éticos envolvidos nele. Após sua execução, os resultados também são discutidos entre os pares e, antes que sejam publicados como artigo científico, são analisados por cientistas independentes, que darão ou não o seu aval para a publicação do trabalho.

Por que esses procedimentos são importantes? Por que a ciência funciona assim? Será que a ciência é a melhor forma de olhar para a realidade? A ciência será capaz de explicar todos os fenômenos naturais de forma inequívoca? O homem pode sobreviver sem ela? Para responder a essas questões, não se pode ignorar seu desenvolvimento histórico.

“Ciência” é palavra de origem latina (*scire* significa saber e *scientia* seria algo como

sapiência, sabedoria; Timo-laria e Rasia-Filho, 2004) e abrangia “o conhecimento como um todo, independente de sua natureza, que é precisamente o que os antigos gregos chamavam *filosofia*” (*ibidem*, p. 24). O conhecimento foi tratado dessa forma até o século XVII, quando se passou a separar a ciência da filosofia (Descartes, 1637). Essa cisão fez com que a construção do conhecimento científico se baseasse cada vez mais na experimentação. Por um lado, tornou mais rápidos muitos avanços tecnológicos. Por outro, tornou muitos pesquisadores de certo modo ignorantes para relações entre eventos naturais, diminuindo assim a compreensão do significado de seus próprios trabalhos quando inseridos em um contexto mais abrangente. Talvez essa dificuldade de compreensão seja uma das razões para a dificuldade que muitas vezes existe na comunicação entre os cientistas e a sociedade.

Voltemos ainda mais no tempo. Embora haja exemplos pré-aristotélicos de sociedades organizadas, a sistematização do pensamento lógico surge no século IV a.C. com os trabalhos de Aristóteles na Grécia (Andery *et al.*, 1988; Chalmers, 1993; Timo-laria e Rasia-Filho: 2004). Ele é um dos filósofos mais influentes da história ocidental. Seus trabalhos abrangem diversas áreas do conhecimento, passando pela física, astronomia, biologia e ética. Os escritos de Aristóteles parecem ser os mais antigos documentos a abordar as funções do organismo humano de maneira comparativa, o que incluiu a observação sistemática do comportamento de várias espécies.

Platão, de quem Aristóteles foi discípulo, concebia dois mundos distintos, um acessível ao homem pelos sentidos (concreto) e o outro pelas idéias (abstrato). Aristóteles, diferentemente, propôs a idéia de que há um único mundo, real, do qual fazemos parte. Essa noção é importantíssima no desenvolvimento das ciências naturais, permitindo que fenômenos encobertos (como o pensamento, o magnetismo etc) sejam abordados como naturais, como que “forçando” as ciências a buscar meios de observar e medir tais fenômenos.

A ciência não é a mesma em todos os momentos históricos. Dependendo da estrutura do pensamento científico em determinado momento, o conhecimento gerado e acumulado segue determinada direção. Para refutar a tese de Aristarco de Samos de que a Terra se movia, era comum o argumento baseado num experimento bastante simples: subia-se no alto de uma torre e soltava-se uma pedra do terraço a uma certa distância da torre. Media-se em seguida a distância do ponto de impacto da pedra no chão em relação à torre novamente. Como a posição de chegada da pedra em relação à torre era a mesma de partida, exceto pela altura, concluía-se que a Terra não se movia. Um

experimento convincente se desprezarmos conhecimentos de astronomia elucidados por Copérnico quase dois mil anos mais tarde. O que esse exemplo nos mostra é que as verdades científicas são provisórias. Se, por um lado, isso traz certo desconforto por imaginarmos que tudo em que acreditamos pode não ser verdade, por outro traz dinamicidade no acúmulo de conhecimento e no desenvolvimento de tecnologia. A verdade científica depende do paradigma vigente naquele contexto histórico, o que Thomas Kuhn chamou de ciência normal (1962). Assim, parece claro que a ciência é incapaz de explicar todos os fenômenos naturais de forma inequívoca; pelo simples fato de que as verdades são necessariamente provisórias.

Essa dinâmica de desenvolvimento fez com que a ciência acumulasse diversos equívocos ao longo da história, e certamente continuará acumulando. William Thomson (*Lord Kelvin*) lamentava em 1900 pelos jovens físicos de então, pois não teriam coisas interessantes para pesquisar, já que ele acreditava que todas as teorias elementares já estavam muito bem delineadas. Anos mais tarde, a física promove uma revolução com o estabelecimento das teorias da relatividade e da mecânica quântica (Martins, 2007), deixando bastante claro o quanto Thomson estava enganado e o quanto está enganada qualquer pessoa que ache que uma teoria abranja toda a realidade.

Outro exemplo interessante vem de Galileu Galilei, que defendia a tese segundo a qual todos os corpos celestes perfazem uma trajetória circular no espaço e não elíptica, como propunha Kepler, e tampouco aceitava qualquer outro tipo de trajetória que não fosse circular. Por essa razão, Galileu negou veementemente a idéia de que os cometas são corpos celestes, de modo que nunca abriu mão de sua proposição de circularidade para a trajetória dos astros. Hoje aceita-se como corpo celeste qualquer astro que orbite no espaço sideral. Obviamente, esse erro de Galileu não impediu que ele propusesse os fundamentos da física experimental, válidos para todas as ciências naturais, segundo os quais a pesquisa deve estar baseada na observação (com registro de dados precisos), na experimentação (com controle rigoroso de variáveis) e na análise matemática (Timo-laria e Rasia-Filho, 2004).

Isaac Newton acreditava que a matéria possui forças ocultas, de base alquímica (Martins, 2007). Embora haja inúmeras pesquisas em que se tentou registrar tais forças, sua existência nunca foi provada.

Às vezes, a ciência reproduz equívocos oriundos de credences populares. O renomado escritor Mário de Andrade dedicou parte de seu tempo na década de 1930 para estudar o que ele chamou de medicina dos excretos, descrevendo como parte dos médicos usava terapêuticas

inócuas (e às vezes perigosas) a partir de fezes e urina para cuidar de diversas moléstias (Andrade, 1937). Essa prática existe até hoje, tanto em países desenvolvidos quanto naqueles em desenvolvimento e abrange diversas classes sociais. Sobre os hábitos regionais populares de uso de excrementos no Brasil ele diz que:

Novamente a bosta de vaca, por informação de Edmundo Krug, é ótimo sabão contra espinhas em São Paulo... (...) Aqui mesmo no Estado (freguesia de Escada) bom para "furar inchaço" é bosta preta de galinha de qualquer côr. Na zona da Mata, em Pernambuco, é cocô ralo de pinta que ainda não bota, o remédio contra espinhas, me informa uma colaboradora de lá. (...) Já em Alagoas, contra "espinhas brabas" prefere-se as fezes humanas, ainda quentes, aplicadas no lugar. (...) Em Pernambuco o específico é urina podre de gente, me contou Samuel Campelo, ao passo que mais pormenorizadamente em Alagoas, "se for do sexo masculino o doente, o pai urinará na região, se do sexo feminino, a mãe". (...) Em Alagoas de novo, é a sarna que se cura com fricções de estêrco de gado. (p. 78-79).

Mário de Andrade defende o povo:

Quero observar desde logo que se o povo emprega quase sistematicamente a medicina dos excretos, por dois lados há que justificá-lo de semelhante superstição: não apenas, como superstição, os excretos conseguiram o beneplácito da medicina erudita, como realmente eles possuem alguns empregos utilitários muito justificáveis. (p. 64)

Os empregos utilitários a que se refere Andrade (*ibidem*) são quase sempre relacionados à prática da agricultura. O que lhe parece é que as pessoas, cultas ou não, individual ou coletivamente, associam essa capacidade vivificante de alguns excrementos na terra a uma capacidade, agora fantasiosa, de curar doenças. O fato é que tais credences não resistem a argumentos, mesmo superficiais, e menos ainda à experimentação. O convite que o poeta faz é para abrir mão dessas crenças. Inclusive, ele termina de forma bem humorada seu texto: "E nunca mais porei a mão nestes assuntos, arre!" (*ibidem*: p. 124).

Há, ainda, erros de conduta dos cientistas. O físico húngaro Edward Teller defendeu o uso da energia nuclear para fins bélicos (Teller e Latter, 1958). Ele defende que as guerras sempre fizeram parte da vida humana no planeta e que não é porque existe energia atômica que as guerras vão acontecer. Com base nesse argumento, Teller defende que, se há possibilidade de conflitos entre nações (e há), "nós devemos estar preparados para esses

conflitos com unidades efetivas e móveis, e isso requer o uso de força nuclear” (p. 170).

Teller prejudicou bastante a imagem da ciência por, ele próprio, cientista, defender o uso militar de um tipo de energia bastante estudado por ele e por tantos outros e que possui um gigantesco poder destruidor. Por outro lado, esse fato explicita uma questão bastante importante. O uso do conhecimento gerado pela ciência é de domínio público e as aplicações tecnológicas podem ser muitas, e cada uma delas pode ou não prejudicar alguém. Deveríamos parar de fabricar facas porque elas podem ser usadas para agredir alguém? O que esse questionamento mostra? Que o apoio de Teller ao uso bélico da energia nuclear é sua posição pessoal. Sua posição é condenável, tivesse ele qualquer profissão. De qualquer maneira, o cientista não pode se eximir de sua responsabilidade como possuidor de conhecimento. Mas o mau uso do conhecimento é realidade tanto quanto o mau uso de tudo quanto seja produzido pela humanidade. Essa ambigüidade é própria do ser humano. As religiões nos ensinam que não devemos agredir outras pessoas. Ao mesmo tempo, quanto sangue não se derrama em nome dessas mesmas religiões (Sagan, 2006)?

O fato é que toda a atividade humana sempre envolve algum grau de dolo e a vida em sociedade potencializa ainda mais esse aspecto. A saída encontrada pela civilização foi o estabelecimento de regras que devem ser seguidas pelos indivíduos. Tais regras se pautam por determinado conjunto de preceitos éticos que variam de sociedade para sociedade. Em algumas culturas, pune-se a violência sexual praticada por homens com a amputação de seus membros sexuais; em outras, com a reclusão do agressor. As leis servem para regular as relações entre os indivíduos. Não é possível garantir que todos os indivíduos se comportarão de acordo com elas, mas há sanções àqueles que cometerem infrações. É uma forma de organização.

Em certos grupos de pessoas (entidades, tribos, sociedades, nações...), a determinação do que é certo e do que é errado é feita por um conjunto reduzido de membros a quem é concedido poder sobre os demais. Na maioria das sociedades ocidentais prevalece outro tipo de organização da ética e das leis: a democracia. Esse sistema de organização social certamente é o que mais se aproxima da ciência, com seus mecanismos auto-reguladores. Esses mecanismos servem para dar a direção da história científica. Mencionei a avaliação por pares, que facilita a explicitação dos equívocos gerados pela ciência. Mas digamos que o trabalho de um cientista possua erros de interpretação que não foram detectados por avaliadores e seja publicado numa revista científica. Significa que a humanidade está

condenada a viver com aquele erro? Certamente não. Outros cientistas que trabalhem com as mesmas questões desse trabalho publicado tentarão replicar os resultados obtidos. Qualquer dado desonesto ou equivocado do primeiro trabalho poderá ser explicitado nessa replicação por outros cientistas.

Contrariamente ao caso de Teller, há exemplos de quem muito lamentou ao ver as aplicações danosas de suas descobertas ou inventos. Alberto Santos Dumont explicitou sua tristeza ao ver aviões utilizados na primeira grande guerra como bombardeiros. Esse fato, inclusive, pode ter influenciado sua decisão de pôr fim à própria vida. Será que podemos condenar Santos Dumont por ter se dedicado ao estudo do vôo e por ter montado aeronaves cujos projetos serviram de base para os aviões de guerra?

Como podemos ver, a ciência é repleta de ambigüidades, equívocos e má conduta, da mesma forma que acontece em outros campos da sociedade. Mas se não há certeza de correspondência com a realidade, se as verdades são sempre provisórias, se o uso do conhecimento gerado pode ser danoso e se a humanidade sobreviveu por muitas gerações sem a ciência, por que ela vale a pena?

Não há como negar que, embora haja uma série de problemas que só passaram a existir por conta do desenvolvimento de alguns conhecimentos, os benefícios decorrentes do desenvolvimento científico são, para toda a humanidade, gigantescos. A expectativa de vida já aumentou em décadas e, ainda que em aceleração menor, continua crescendo. E não falta às pessoas coisas para fazer com todo esse tempo a mais de vida. O deslocamento é mais fácil, confortável e rápido. A comunicação rompeu fronteiras limitantes do desenvolvimento. A capacidade de produção de alimentos é cada vez melhor e maior. Doenças que antes matavam hoje são evitadas ou tratadas com facilidade. Nada disso seria conseguido sem a ciência (Sagan, 2006).

Temos a questão da deterioração do meio ambiente, da fome em diversas regiões do globo, de doenças ainda desafiadoras etc. Abrir mão da ciência não vai eliminar esses desafios. É necessário fazer com que os benefícios do conhecimento gerado pela ciência cheguem a todos. Para isso, a formação científica das pessoas é essencial.

Um estudo recente (Figura 1) comparando respostas de brasileiros a perguntas de cunho científico com respostas de estadunidenses e europeus mostrou que há proximidade entre essas populações (Fapesp, 2004). Na verdade, a proporção de acertos não é muito elevada em nenhuma dessas amostras. Embora haja um viés na pesquisa brasileira (os dados foram coletados em entrevistas com moradores de Campinas,

Afirmação	Pesquisa		
	Pesquisa em SP (% respostas)	NSF (% respostas)	Eurobarômetro (% respostas)
A. Os antibióticos matam tanto os vírus quanto as bactérias (Falsa)	41,8	51,0	39,7
B. Os continentes têm mudado sua posição no decorrer dos milênios (Verdadeira)	78,1	79,0	81,8
C. O homem atual originou-se a partir de uma espécie animal anterior (Verdadeira)	56,4	53,0	68,6
D. Os elétrons são menores que os átomos (Verdadeira)	53,6	48,0	41,3
E. Os primeiros homens viveram no mesmo período que os dinossauros (Falsa)	61,2	48,0	59,4

Figura 1 - Comparação de respostas de brasileiros, norte-americanos e europeus a perguntas relacionadas à ciência (Fapesp, 2004: p. 12-19).

Ribeirão Preto e São Paulo, cidades onde há forte presença acadêmica), os resultados apontam para uma necessidade de maior formação científica da população em geral nesses países, o que é corroborado por Sagan (2006) no caso específico dos Estados Unidos da América, onde há uma inundação de pseudociências, facilmente vendidas na mídia. São xaropes, comprimidos revolucionários, técnicas psíquicas e por aí vai. Como a formação científica da população ianque é fraca, há uma enorme aceitação dessas promessas revolucionárias pelas quais as pessoas pagam sem muito questionamento nem desconfiança (*ibidem*). No Brasil, há exemplos cada vez mais comuns do mesmo fenômeno. Esses produtos e métodos pseudocientíficos são os equivalentes modernos da “medicina dos excretos” relatada por Mário de Andrade, só que agora são pagos.

O Ministério da Ciência e Tecnologia conduziu um estudo bem mais abrangente, incluindo todos os níveis econômicos, etários, de instrução e distribuição geográfica por meio de 2004 entrevistas realizadas em todas as regiões do país. A percepção pública sobre ciência no Brasil é, de certo modo, ambígua. Os brasileiros têm interesse por meio ambiente, saúde, artes e religião mais que por ciência e tecnologia. Não estabelecem relação entre a ciência e os avanços tecnológicos nas outras áreas pelas quais se interessam (Brasil, 2008).

A pesquisa também evidenciou que os brasileiros confiam, como fonte segura de informação para si e para a sociedade, mais em médicos e jornalistas que em cientistas, que aparecem tecnicamente empatados com os religiosos (Figura 2). Essa preferência parece indicar uma predileção por informações prontas, que é o que acontece muitas vezes nos consultórios médicos e na própria mídia. É exatamente essa postura que precisa mudar. As pessoas devem ser estimuladas a questionar, a construir suas próprias escolhas. Isso talvez não seja muito atraente na ciência, já que ela é extremamente “humilde” diante da realidade (lembre-se que as verdades são sempre provisórias, o que pode “dar preguiça”). Como

vimos, embora o modo científico de olhar para a realidade seja limitado, garante passos importantes para o desenvolvimento da humanidade.

Na pesquisa do governo brasileiro (*ibidem*), os principais motivos relatados para não buscarem informações e para o desinteresse a respeito de ciência foram a incompreensibilidade da ciência e a falta de tempo. Parece claro que a falta de compreensão não se trata de incapacidade dos brasileiros, mas sim de uma dificuldade de comunicação entre as pessoas que fazem ciência e a sociedade como um todo. As pessoas têm dificuldade em estabelecer relações entre o que é feito no meio acadêmico e o seu próprio cotidiano.



Figura 2 - Respostas de 2004 brasileiros a respeito da credibilidade de diferentes profissionais como fonte de informação (Brasil, 2008: p. 43)

O desafio maior do Brasil de hoje é estabelecer mudanças profundas na educação, para as quais a ciência é imprescindível. E para que a ciência faça valer seu papel, vimos, é preciso que haja diálogo entre os cientistas e a sociedade. É muito nítida a correlação entre a qualidade da ciência e o grau de desenvolvimento de uma nação. Nesse sentido, inclusive, podemos especular sobre a lentidão do desenvolvimento da ciência no Brasil até meados do século XX a

partir de uma observação de nossas raízes lusitanas. Após o áureo período das grandes descobertas marítimas, Portugal acomodou-se por conta da conveniência da atividade extrativista em suas colônias (dependente de trabalho escravo), o que promoveu uma sistemática estagnação científica, cultural e mesmo de idéias sobre a estrutura da sociedade. Pedro Calmon, em uma biografia publicada em 1943 de D. João, o rei de Portugal que transferiu a sede da coroa de Lisboa para o Rio de Janeiro em 1808, descreve bem o atraso de Portugal do século XVIII e início do século XIX:

Por escrúpulos religiosos, a Ciência e a Medicina eram atrasadas ou praticamente desconhecidas. D. José, herdeiro do trono e irmão mais velho do príncipe regente, D. João, havia morrido de varíola porque sua mãe, D. Maria I, tinha proibido os médicos de lhe aplicar vacina. O motivo? Religioso. A rainha achava que a decisão entre a vida e a morte estava nas mãos de Deus e que não cabia à ciência interferir nesse processo. (Gomes, 2007: p. 58)

A ciência não é um mal necessário. Embora o cientista trabalhe duro e muitas vezes obtenha resultados frustrantes em vários experimentos, viver a ciência é estimulante e ao mesmo tempo lúdico. Assim, a ciência é uma opção. Há diversas experiências que apontam para essa mobilização da sociedade. A neurocientista Suzana Herculano-Houzel, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, por exemplo, tem dedicado parte de seu trabalho à divulgação científica, tanto por meio de livros sobre curiosidades a respeito do cérebro quanto de participação em programas televisivos. O governo brasileiro tem promovido feiras científicas com regularidade, possibilitando a indivíduos de várias idades e perfis sócio-econômicos a compreensão de vários conceitos científicos bem como da forma de funcionamento da ciência. Durante o ano de 2008, o livro de Laurentino Gomes sobre a vinda da família real portuguesa para o Brasil (Gomes, 2007) esteve constantemente na lista de mais vendidos. Um livro de história entre os mais vendidos! Claro que não é um texto com profundidade acadêmica, mas essa grande procura por ele no comércio mostra certo amadurecimento da sociedade, interessada num período de sua própria história. Esse livro é, portanto, um ótimo exemplo de popularização da ciência, nesse caso a história.

Sobre a arduidade às vezes presente na construção científica do conhecimento, um exemplo interessante vem do anatomista inglês William Harvey, nascido no final do século XVI. Nessa época, os anatomistas acreditavam que o coração servia para conter o espírito. Assim, sua pulsação, bem como a das artérias, tinha a função de refrigerar o corpo. Acreditavam que os vasos transportavam sangue, ar e espírito.

Harvey defendia que, para se conhecer bem o funcionamento do coração e dos vasos, era preciso observar e manipular por experimentação. Ele se comprometeu com o levantamento de evidências para confirmar ou refutar explicações até então vigentes, muitas delas sem base experimentalmente demonstrável.

Harvey (1628) inicia sua obra compartilhando com o leitor o sentimento de desânimo diante da tão complicada tarefa:

Quando, pela primeira vez, me entreguei à prática de múltiplas vivissecções, a fim de observar e averiguar por meio de autópsia, e não através de livros e escritos de outros, o movimento, a função e a utilidade do coração nos animais, considerei que a tarefa era tão árdua e tão cheia de dificuldades, que quase cheguei a pensar, como Fracastoro, que o movimento do coração poderia somente ser conhecido por Deus, pois não podia distinguir nem de que modo e nem quando ocorria a sistole e a diástole; nem quando e onde ocorriam a contração e a dilatação, porque em muitos animais o movimento se oferecia aos sentidos com a rapidez de um piscar de olhos ou quase como um relâmpago (...). Com isso meu ânimo flutuava sem saber nem o que estabelecer por mim mesmo, nem o que poderia acreditar dos demais (...). (p23)

Depois de muito trabalho, experimentação e vários fracassos em vivissecções, ele pôde afirmar com convicção que pelos vasos corre unicamente sangue e que sua pulsação não depende de uma propriedade pulsátil dos próprios vasos, mas sim da pulsação do músculo cardíaco, determinando as fases de sistole (contração) e diástole (distensão) das veias e artérias. Ao final de tanto trabalho comprometido com os fatos observados, fica nítida a convicção do anatomista ao tornar públicas suas observações:

Mas, refletindo melhor e tendo mais cuidado e maior diligência, observando repetidamente diferentes animais vivos e cotejando muitas observações, cheguei a compreender muitas coisas, a escapar de um labirinto tão intrincado e a considerar que havia chegado a compreender tanto o movimento quanto a função do coração e das artérias, coisa que tanto desejava. Desde então, não tive receio em propor minhas opiniões sobre isto, não somente em particular, aos meus amigos, mas também publicamente através de minhas aulas de anatomia, segundo o costume acadêmico. (ibdem)

As observações de Harvey revolucionaram a concepção que se tinha até então sobre a função do coração. Apesar de algumas correções em suas proposições obtidas a partir

de experimentos posteriores a ele, as conclusões a que ele chegou no século XVII são válidas até hoje e sem elas quase nenhuma intervenção cardiológica seria possível hoje. Além do mais, Harvey acabou por estabelecer, a partir de seu trabalho pioneiro, uma nova postura na biologia, baseada na observação e na experimentação.

A ciência não pertence aos cientistas, pertence a todos! Então, para que a sociedade possa usufruir de forma mais justa de seus benefícios, é importante que os indivíduos participem da dinâmica da ciência. É importante que compreendam a função da experimentação com animais na construção do conhecimento, o modo como células-tronco poderiam ou não ajudar no tratamento de patologias, como um estudo sociológico pode ser essencial na compreensão da construção de valores num dado grupo etc. A sociedade não deve esperar receitas prontas dos cientistas. É interessante que todos se habituem a questionar, a considerar hipóteses possíveis para explicar fenômenos cotidianos ou entender um problema, a assumir ativamente a direção de suas decisões. Como vimos, existe um interesse crescente pela ciência. Assim, é interessante que os cientistas estejam sensíveis a essa demanda, mas também é importante que as pessoas busquem participar do desenvolvimento da ciência. Um último argumento a favor desse engajamento é que cada pessoa que abre mão de compreender minimamente a ciência está deixando-a nas mãos de outros, que podem utilizar o conhecimento como quiserem. É o que acontece, por exemplo, quando se vende milhares de unidades de remédios “milagrosos” para curar doenças. Compra quem não tem informação e acredita sem questionar no que é anunciado na propaganda. Embora esse texto defenda explicitamente a ciência como instrumento imprescindível no desenvolvimento da sociedade, o objetivo aqui foi estimular a reflexão com alguns elementos históricos e alguns dados sobre o mundo científico. Daí o título em forma de pergunta, justamente como um convite para que o leitor a responda por si próprio. Para mim, sim... a ciência vale a pena!

Agradecimentos. Agradeço a Renata Brandt Nunes e a Moira Versolato Galvão de França pelos comentários e sugestões.



“A tabela periódica.”
Extraído de Harris, 2007 (p. 81)

Bibliografia

- Andery, M. A., N. Micheletto, et al. Para compreender a ciência: uma perspectiva histórica. Rio de Janeiro; São Paulo: Espaço e Tempo; EDUC. 1988. 446 p.
- Andrade, M. D. Namoros com a medicina (1937). São Paulo; Belo Horizonte: Martins; Itatiaia. 1980. 130 p.
- Brasil. Percepção pública de ciência e tecnologia: Ministério da Ciência e Tecnologia: 69 p. Disponível em <http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/50875.html>. Acesso em setembro / 2008.
- Chalmers, A. F. O que é ciência afinal? São Paulo: Brasiliense. 1993. 225 p.
- Descartes, R. Discurso do método (1637). Porto Alegre: L&PM. 2007. 123 p.
- Fapesp. Percepção pública de ciência: uma revisão metodológica e resultados para São Paulo. In: Fapesp (Ed.). Indicadores de ciência, tecnologia e inovação em São Paulo. São Paulo: Fapesp, 2004.
- Gomes, L. 1808: como uma rainha louca, um príncipe medroso e uma corte corrupta enganaram Napoleão e mudaram a história de Portugal e do Brasil. São Paulo: Editora Planeta do Brasil, 2007.
- Harris, S. A ciência ri: o melhor de Sidney Harris. São Paulo: Editora Unesp. 2007. 245 p.
- Harvey, W. Estudo anatômico sobre o movimento do coração e do sangue nos animais (1628). São Paulo: Departamento de Filosofia – FFLCH-USP. Rebollo, R. A. (trad.) 1999. 92 p.
- Kuhn, T. S. A estrutura das revoluções científicas (1962). São Paulo: Perspectiva. 2007. 260 p.
- Martins, R. D. A. A torre de Babel científica. Scientific American História. Brasil: Duetto, p. 6-13, 2007.
- Sagan, C. O mundo assombrado pelos demônios: a ciência vista como uma vela no escuro. São Paulo: Companhia das Letras. 2006. 442 p.
- Teller, E. e A. L. Latter. Our nuclear future... facts, dangers and opportunities. New York: Criterion Books. 1958. 184 p.
- Timo-laria, C. e A. A. Rasia-Filho. Notas Culturais. Ribeirão Preto: Funpec. 2004. 223 p.

UMA VISÃO HOLÍSTICA SOBRE OS ECOSISTEMAS FLUVIAIS

Aline Sueli de Lima Rodrigues

*Programa de Pós-Graduação em Evolução Crustal e Recursos Naturais
Departamento de Geologia, Universidade Federal de Ouro Preto – Ouro Preto MG, Brasil
Recebido 14mar09 / Aceito 22jun09 / Publicação 31jun09
aline@degeo.ufop.br*

Resumo. O ecossistema fluvial é caracterizado por uma grande variabilidade e complexidade de parâmetros bióticos e abióticos, essencialmente dinâmicos, os quais possuem um papel fundamental na manutenção da qualidade de vida. Neste contexto, o presente trabalho trata de alguns aspectos relacionados com os ecossistemas fluviais, ressaltando a importância da adoção de uma visão holística como critério complementar na avaliação da “saúde” dos rios. A avaliação dos rios com um enfoque holístico, aliada aos critérios clássicos de avaliação (como os parâmetros físico-químicos – pH, temperatura, turbidez, etc. – e biológicos), fornecem informações que refletem o verdadeiro estado dos recursos fluviais.

Palavras-chave. Palavras-chave: ecossistemas fluviais; rios; visão holística; avaliação.

AN HOLISTIC VIEW TO RIVER ECOSYSTEMS

Abstract. The river ecosystem is characterized by great variability and complexity of biotic and abiotic parameters, essentially dynamic, which have a key role in maintaining the quality of life. In this context, this paper deals with some aspects of river ecosystems, emphasizing the importance of adopting a holistic approach as a complementary criterion in assessing the river's "health". The assessment of rivers with a holistic approach, coupled to classical evaluation criteria (such as physical and chemical parameters - pH, temperature, turbidity, etc.. - and biological parameters), provide information reflecting the true state of river resources.

Keywords. Keywords: river ecosystems, rivers, holistic view, assessment.

Introdução

Os ecossistemas aquáticos são integrados por componentes e processos bem mais amplos do que uma análise focada apenas no componente água permite contemplar. A compreensão de todos esses componentes e processos, bem como da qualidade global do sistema, só é possível a partir de uma análise que integre todos os fatores inter-atuantes envolvidos, ou seja, uma análise de caráter holístico. Esta análise deve englobar, além das características intrínsecas à determinação da qualidade da água, também aquelas que determinam a qualidade do meio, bem como a relação entre estas características.

Ao longo dos séculos a ação humana tem provocado uma série de perturbações nos recursos aquáticos e o uso das águas foi realizado durante muito tempo sem levar em consideração princípios de conservação (Barrella e col., 2001). A partir do século XVII e durante o século XVIII observou-se o desenvolvimento da hidrologia¹ e da engenharia hidráulica², tendo como consequência direta o aumento dos impactos deletérios sobre os cursos d'água. No

final do século XVIII a forte intervenção da engenharia fluvial na paisagem foi observada em grandes proporções e, em meados do século XIX a maioria dos rios europeus, por exemplo, já tinha sido canalizada ou retificada (Silva e col., 2007). Nesta mesma época iniciaram-se os estudos sobre águas interiores, contudo, estes estudos se concentravam apenas nos lagos.

Em meados do século XX, os estudos passaram a ter como foco os rios, porém com uma abordagem basicamente hidrológica com fins econômicos, destacando a construção de barragens para a obtenção de energia elétrica, construção de eclusas e retificação de cursos para a navegação e estudos sobre saneamento em regiões criticamente poluídas. Já os estudos de abordagem ecológica surgiram logo após este período, entretanto ainda são poucas as pesquisas que adotam uma abordagem mais abrangente na avaliação das bacias hidrográficas (Schwarzbold, 2000). Esta abordagem mais abrangente é justamente entendida como uma visão holística sobre o ambiente, a qual busca entender o meio através da interação de todos os seus componentes, em detrimento de uma avaliação focada somente em aspectos isolados.

De acordo com Zalewski e Robarts (2003), uma avaliação dotada de um caráter isolado não contempla de maneira global a real situação do meio. É necessário que abordagens multidisciplinares/holísticas, como as que englobam aspectos geomórficos, sedimentológicos, ecológicos, físicos e químicos e biológicos das águas, sejam adotadas a fim de

¹ Hidrologia é, em um sentido amplo, a ciência que se relaciona com a água. O termo é comumente usado para denotar o estudo do ciclo da água ou ciclo hidrológico na Terra, enquanto que outros termos como hidrografia e hidrometria são usados para denotar o estudo da água na superfície ou sua medição (Ward, 1967)

² A engenharia hidráulica é o ramo da engenharia civil que trata da exploração e do uso da água, dos projetos e das obras hidráulicas fluviais ou marítimas e dos projetos e das obras de engenharia sanitária.

que cada um destes se retroalimente disponibilizando diagnósticos mais completos sobre a qualidade dos recursos hídricos (Rodrigues, 2008). Neste contexto, insere-se o conceito de ecomorfologia fluvial, que considera os processos geomorfológicos e sedimentológicos como condicionantes básicos da estrutura e funcionamento dos ambientes fluviais que em interação com a abordagem físico-química e biológica contribuem para avaliar a integridade ambiental dos sistemas fluviais (Landesumweltamt, 1998).

Existe um importante conjunto de variáveis que deve ser considerado no estudo da “saúde” do rio ou da integridade dos ecossistemas fluviais (Figura 1). Estas variáveis englobam as condições do corpo d’água e do seu entorno, possibilitando que a avaliação do mesmo forneça informações mais holísticas que reflitam o verdadeiro estado global do meio. É importante que as avaliações que visam detectar possíveis impactos se utilizem de critérios sistêmicos, englobando também as condições físicas e morfológicas dos rios, uma vez que, alterações nestes quesitos além de afetarem o regime de vazão dos rios, reduzem o corredor fluvial e degradam a zona ripária com conseqüentes perdas na biodiversidade e na integridade ecológica desses ambientes. Isso implica que os estudos de avaliação dos recursos fluviais devem se alicerçar na compreensão da complexidade física dos sistemas para então agregar o conjunto de respostas mais complexas do sistema biológico e de suas relações com os fatores físico-químicos.

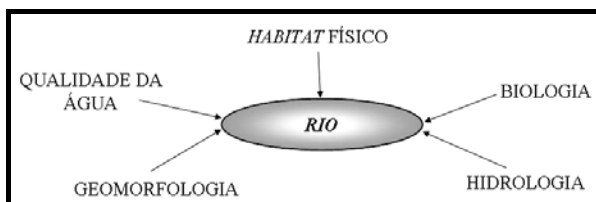


Figura 1. Variáveis atuantes no funcionamento de um rio.

Além da importância da adoção de critérios abrangentes (holísticos) na avaliação dos recursos fluviais, outra questão que deve ser considerada é a escala espaço-temporal na qual tais critérios são avaliados. De acordo com Silveira (2004), a grande heterogeneidade ambiental encontrada nos sistemas lóticos é proporcionada pela variabilidade temporal das condições físicas do rio, as quais influenciam o estabelecimento e perda das comunidades, assim como a recolonização das mesmas em qualquer época do ano. Frissell e col. (1986) propuseram o conceito de organização hierárquica dos sistemas fluviais, criada para estabelecer as relações entre o fluxo d’água e a bacia hidrográfica em uma escala espaço-temporal. De acordo com o autor, cinco níveis

hierárquicos podem ser estabelecidos: sistema curso d’água, sistema segmento, sistema trecho, sistema poços/corredeiras e sistema microhabitats (Figura 2).

Cada sistema possui características particulares na escala espaço-temporal, sendo que os sistemas de escala menor se desenvolvem condicionados pelos processos que ocorrem nos sistemas de escala maior, dos quais fazem parte (Frissell e col., 1986). As escalas espaço-temporais associadas a cada sistema subsequente traduzem um conjunto de fatores físicos definidos que podem ser usados para identificar os limites hierárquicos de cada sistema dentro de uma bacia de drenagem (Parsons e col., 2002), conforme apresentado na Figura 2.

Desta forma, os diferentes sistemas componentes da bacia hidrográfica apresentam tanto graus de sensibilidade a distúrbios quanto tempos de restabelecimento de suas condições naturais distintos. É possível observar, por exemplo, que os sistemas definidos por uma escala espaço-temporal menor, como o microhabitat, apresentam sensibilidade alta e um tempo de restabelecimento curto em relação à bacia de drenagem. Neste caso, estes sistemas são condicionados por fatores como o tipo de substrato, velocidade e profundidade do curso d’água, reforçando a importância de avaliações que não incluam apenas a qualidade físico-química da água dentre os fatores a serem analisados.

A preocupação em caracterizar os atributos físicos dos rios emergiu em meados da década de 1980, em programas de monitoramento dos recursos hídricos, a exemplo do Environmental Monitoring and Assessment Program (EMAP) da Agência Ambiental dos Estados Unidos (Environmental Protection Agency – EPA) e o National Water-Quality Assessment Program (NAWQA) do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS). Estes programas incorporaram a medição de várias características da corrente, do canal e da morfologia das margens com a finalidade de caracterizar a estrutura física dos segmentos de rio e de sua planície de inundação. As agências ambientais dos Estados Unidos, Grã-Bretanha, Alemanha e Austrália adotam, por exemplo, uma avaliação visual mais rápida e qualitativa para caracterizar a qualidade física global dos ecossistemas fluviais, através da utilização de protocolos que incorporam a avaliação de parâmetros geomórficos, sedimentológicos, ecológicos, físico-químicos e biológicos dos cursos d’água. Conforme podem ser observados com mais detalhe nos trabalhos de Callisto e col. (2002), Upgren (2004), Minatti-Ferreira e Beaumord (2006) e Rodrigues e Castro (2008) (todos desenvolvidos no Brasil), os protocolos de avaliação rápida são instrumentos que visam avaliar a estrutura e o funcionamento dos ecossistemas aquáticos, visto que podem ser

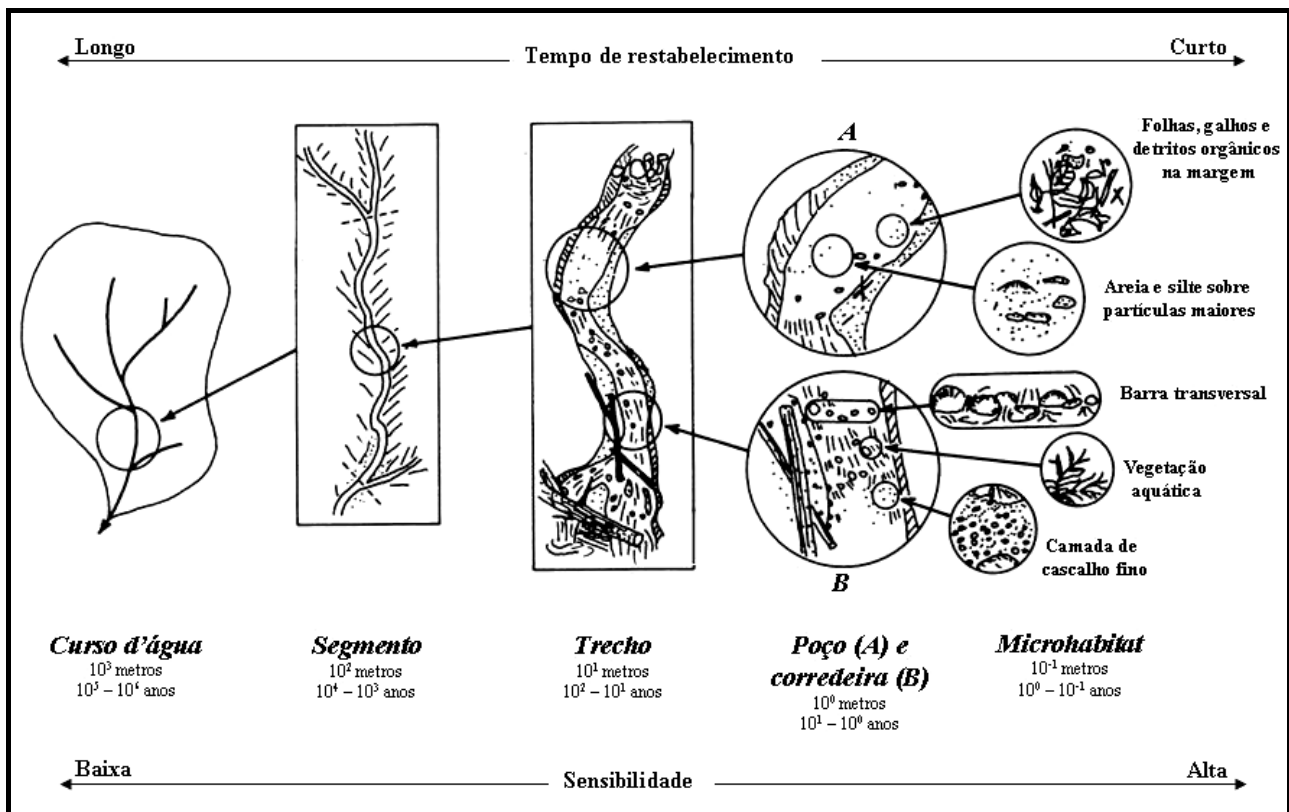


Figura 2. Organização hierárquica dos sistemas fluviais, extraída de Frissell e col. (2002).

utilizados em programas de manejo e conservação destes ambientes, baseando-se em parâmetros de fácil entendimento e utilização simplificada. Os resultados obtidos através da aplicação dos protocolos, por exemplo, aliados aos resultados das tradicionais análises de qualidade da água dão à avaliação um caráter holístico. No Brasil, os monitoramentos realizados pelas agências ambientais responsáveis ainda não possuem este caráter, estando os programas de monitoramento ambiental fortemente focados no aspecto água.

É necessário, portanto, assumir que a manutenção da qualidade ambiental dos rios está diretamente relacionada ao conhecimento das variáveis que interferem em sua dinâmica, sejam elas resultantes das ações do homem sobre o ambiente ou de suas transformações naturais. O grande desafio é criar indicadores que caracterizem efetivamente o estado dos ecossistemas fluviais, que sejam sensíveis o suficiente para captar aspectos da condição ambiental e fornecer informações científicas úteis à gestão e conservação destes recursos, de forma cada vez mais realista.

Por fim, conforme destacado por Rodrigues e Castro (2008), ainda que no Brasil, alguns trabalhos foram desenvolvidos, adotando uma visão holística sobre os ecossistemas fluviais, é necessário muito esforço para a disseminação desta idéia entre os órgãos ambientais e as instituições de pesquisa que desenvolvem e utilizam métodos de monitoramento destes

recursos. A adoção de métodos de avaliação que englobam aspectos de integridade ambiental dos recursos hídricos e o conhecimento das variáveis físicas dos sistemas aquáticos, por exemplo, são de grande importância para a obtenção de um diagnóstico holístico sobre os ecossistemas fluviais, a qual não deve ser desconsiderada.

Bibliografia

- Barrella, W., Junior, M. P. L., Smith, W. S. e Montag, L. F. (2001). *Matas Ciliares. Conservação e Recuperação*. São Paulo: Edusp. Fapesp.
- Callisto M., Ferreira W., Moreno P., Goulart M. D. C, Petrucio M. (2002). Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em atividades de ensino e pesquisa (MG-RJ). *Acta Limnologica Brasiliensia*, 14(1), 91-98.
- Frissell, C.A., Liss, W.J., Warren, C.E. e Hurley, M.D. (1986). A hierarchical framework for stream habitat classification: viewing streams in a watershed context. *Environmental Management*, 10, 199-214.
- Landesumweltamt (LUA). (1998). *Merkblätter nr.14. Germany: Gewässerstrukturgüte in Nordrhein-Westfalen Kartieranleitung (GNWK)*.
- Minatti-Ferreira D. D. e Beaumord A. C. (2006). Adequação de um protocolo de avaliação rápida de integridade ambiental para ecossistemas de rios e riachos: Aspectos físicos. *Revista Saúde & Ambiente*, 7(1), 39-47
- Parsons, M., Thoms, M. e Norris, R. (2002). *Australian River Assessment System: AusRivAS Physical Assessment Protocol*. Canberra: Commonwealth of Australia and University of Canberra.
- Rodrigues, A. S. L. (2008). Adequação de um protocolo de avaliação rápida para o monitoramento e avaliação ambiental de cursos d'água inseridos em campos rupestres. 2008. 146 f. Universidade Federal de Ouro Preto, Dissertação de Mestrado.

- Rodrigues, A. S. L. e Castro, P. T. A. (2008). Protocolos de avaliação rápida: instrumentos complementares no monitoramento dos recursos hídricos. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 13(1), 161-170.
- Schwarzbold, A. (2000). O que é um rio? *Ciência & Ambiente*, 21, 57-68.
- Silva, M. e col. (2007). Futuro Sustentável. Diagnóstico de Ambiente do Grande Porto. Disponível em: <http://www.futurosustentavel.org>. Acessado em 10 de abril de 2007
- Silveira, M. P. (2004). Aplicação do biomonitoramento para Avaliação da Qualidade da Água em Rios. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente.
- Upgren, A. (2004). The Development of an Integrated Ecological Assessment of the Headwaters of the Araguaia River, Goiás, Brazil. University of Duke, Dissertação de Mestrado.
- Ward, R.C. (1967). Principles of Hydrology. New York: Graw-Hill Publishing.
- Zalewski, M. e Robarts, R. (2003). Ecohydrology – A New Paradigm for Integrated Water Resource Management. *Sil News*, 40, 1-5.

FISIOLOGIA DA MÚSICA: UMA ABORDAGEM COMPARATIVA

Felipe V. Rodrigues

Lab. de Neurociência e Comportamento, Fisiologia, IB-USP – São Paulo, SP, Brasil

Financiamento: Fapesp

Recebido 15ago08 / Aceito 10mar09 / Publicação on-line 16mar09 / Publicação 31jun09

rodrigues.fv@gmail.com

Resumo. Por todo o mundo, nas mais diferentes culturas, é possível encontrar pessoas produzindo ou apreciando música. Ainda assim, não conseguimos explicar consensualmente se há na música vantagens adaptativas e por que ela está irrestritamente distribuída pelo globo. Estava Darwin certo ao sugerir que a música vem desde tempos remotos, ainda com nossos ancestrais? Mas e quanto às outras espécies? Podem elas produzir ou apreciar música? Se sim, por prazer/arte, como parece ser ao homem, ou como um simples instinto? Os indícios que permitem responder essas questões começam a ser encontrados. Faremos aqui uma revisão dos mecanismos neurofisiológicos que possibilitam a existência de música no homem e de que formas ela se manifesta em outras espécies.

Palavras-chave. Música, neurociências, fisiologia comparativa.

PHYSIOLOGY OF MUSIC: A COMPARATIVE APPROACH

Abstract. Around the world in many different cultures, you can find people producing or enjoying music. Still, we cannot tell consensually if there is any adaptive advantages in music and why it is distributed around the globe unrestrictedly. Was Darwin right in suggesting that music comes from ancient times, with our ancestors? But what about other species? Can they produce or enjoy music? If yes, for pleasure/art, as appears to be for man, or as simple instinct? The evidences for answering these questions begin to be found. We here review the neurophysiological mechanisms that allow the existence of music for man and in what ways it manifests itself in other species.

Keywords: Music, neuroscience, comparative physiology

Introdução

A música é uma forma de arte e expressão humana presente mundialmente (Hauser E Mcdermott, 2003; Gray e colaboradores, 2001; Tramo, 2001), irrestrito a gênero, classe social, língua ou idade. Frequentemente tratada apenas como uma manifestação cultural, um alvo de pesquisa “não-essencial” (Zatorre, 2003), essa distribuição global gera indícios de que a música é mais do que isso. Ainda assim, não há uma explicação clara e consensual de suas vantagens adaptativas (Pinker, 1998).

A física por trás da música

A grande maioria dos sons encontrados na natureza, senão todos, assim como notas musicais, são complexos, formados pela composição espectral de ondas senoidais (isto é, por mais de uma frequência – Figura 1). A composição de várias ondas produz um som muito específico, que carrega uma “assinatura sônica” do corpo que a produz. É o seu timbre.

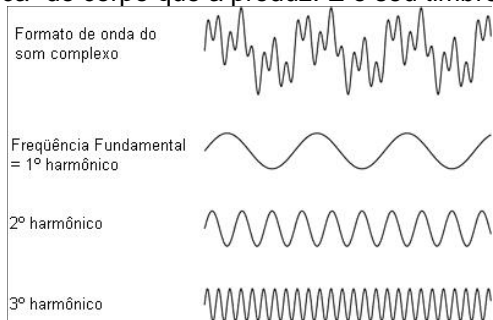


Figura 1 – Representação do formato de onda de um som complexo e decomposição dos harmônicos que o constitui.

Se tal som tem período definido (chamado som musical) ele possuirá uma frequência fundamental, igual à frequência da senoidal de menor comprimento de onda na composição espectral. As outras ondas envolvidas naquela composição são chamados de harmônicos e são múltiplos da frequência fundamental. É justamente a composição espectral de seus harmônicos que dá a cada som seu timbre. A uma composição qualquer é dado o nome Série Harmônica.

Notas musicais são uma classificação subjetiva de frequências sonoras ao longo do nosso espectro de audição. Elas estão baseadas em uma tonalidade, a qual é um atributo perceptual do som, o que se contrapõe à frequência, que é um atributo físico (Bendor e Wang, 2006). É por isso que nem todos os povos utilizam o mesmo Sistema de Afinação para compor suas notas musicais (ver Porres, 2007), isto é, diferentes culturas utilizam em suas músicas diferentes instrumentos musicais com diferentes conjuntos de notas musicais.

Apesar das diferenças interculturais, há algumas particularidades nos sistemas de afinação; uma característica sempre presente, independente do sistema de afinação utilizado é a repetição de notas ao longo do espectro de audição, isto é, por mais que escutemos sons distintos, um mais grave e outro mais agudo, eles ainda soam muito semelhantes (e são considerados a mesma nota musical). Portanto, ao longo do espectro de audição, temos um

determinado conjunto de notas (definido de acordo com o sistema de afinação utilizado) se repetindo em intervalos regulares. A esse fenômeno dá-se o nome oitavas musicais¹. É possível explicar neurofisiologicamente esse fenômeno.

Base dos mecanismos neurais da música em humanos

A cóclea é a região do sistema auditivo onde os estímulos sonoros externos são transformados em impulsos nervosos. Dentro dela, uma membrana chamada Membrana Basilar tem a singular capacidade de vibrar em ressonância com estímulos sonoros entre 20 e 20.000 Hz. Sua constituição envolve fibras transversais de diferentes tamanhos, à semelhança de cordas de piano, que permitem esse padrão ressonante (Figura 2).

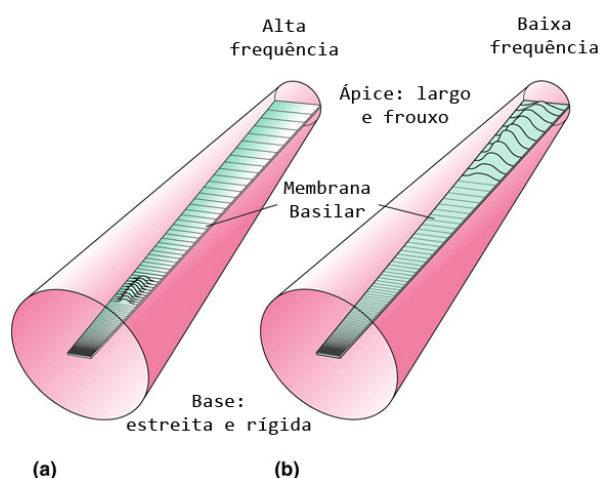


Figura 2 – Representação esquemática da Membrana Basilar dentro da Cóclea. (a) Estimulação por sons agudos, causando a vibração de porções iniciais da cóclea. (b) Estimulação por sons graves, causando vibração de porções finais da cóclea. Modificado de Bear e colaboradores. (1996).

O arranjo entre a membrana basilar e o Córtex Auditivo Primário (A1) é tonotópico, isto é, temos um arranjo de 1:1 entre entrada sensorial e representação cortical: cada região da membrana basilar estimulada acaba por excitar uma determinada população de neurônios em A1.

Paralelamente a isso, temos populações de neurônios específicas para a percepção de frequências fundamentais. Bendor e Wang (2005), estudando o córtex de sagüis, encontraram em A1 neurônios capazes de disparar potenciais de ação não apenas para um único som complexo, mas também para seus múltiplos. Exemplificando: a mesma população de

neurônios que dispara para sons com frequência fundamental de 440 Hz, dispara também para sons com fundamental em 110, 220, 880, 1.760, 3.520 Hz e etc. Uma dada população pode disparar inclusive na ausência da frequência fundamental, quando apenas os outros harmônicos da composição espectral daquele som estão presentes.

Essa descoberta colabora para o entendimento de como o sistema nervoso processa informações para a percepção de timbre, conceito, que apesar da extrema relevância (bebês recém-nascidos são capazes de reconhecer o timbre da voz de suas mães - Trehub e Hannon, 2006), ainda não tinha o mecanismo fisiológico que o descrevia completamente compreendido. É o disparo dessas populações de neurônios que permite que nós associemos vozes diferentes (devido ao espectro de frequências específico das cordas vocais de cada pessoa) como semelhantes, quando a fundamental envolvida é a mesma: tais neurônios disparam para sinalizar essa fundamental.

Estes mecanismos perceptuais nos mostram dois fatos importantes: (1) a percepção de tons musicais está na base do mecanismo fisiológico que propicia a audição em humanos (e, provavelmente, também em outros organismos); (2) fazemos a classificação de notas musicais de acordo com aquilo que nosso cérebro está apto a perceber e não por pura subjetividade. Convencionamos chamar todo som com frequência fundamental de 440 Hz de “Lá”. Mas também assim chamamos seus múltiplos (as oitavas) porque temos uma mesma população de neurônios disparando potenciais de ação para todos eles, em última instância, fornecendo ao ouvinte a percepção de tais sons são iguais em alturas² diferentes.

Música para quê?

Os mecanismos anteriormente descritos, no entanto, não justificam por si só a existência de música globalmente. Enfim, para que existe música? Há vantagens evolutivas nela? Diversos autores já tentaram responder a essa pergunta (Gess, 2007; Masataka, 2007; Hauser e McDermott, 2003; Benítez-Bribiesca, 2001; Gray e colaboradores, 2001; Tramo, 2001; Wright e colaboradores, 2000; Pinker, 1998; Clark, 1879, Darwin, 1874; para citar alguns) e não há consenso nas respostas.

O autor Steven Pinker estabelece uma proposta bem abrangente, baseada em seis pontos principais, para tentar responder à questão. Ele ousa dizer: “Eu suspeito que a música seja um ‘bolo de queijo’ auditivo, uma confecção rara artesanalmente construída para

¹ O conceito “oitava” é aplicado ao espectro de frequências audíveis de forma geral. A cada vez que se dobra uma frequência em particular, diz-se estar uma oitava acima. Dividindo uma frequência por dois, descemos uma oitava. Quando se refere a notas musicais, portanto, utiliza-se oitava musical.

² Altura é a propriedade do som que define se um som é mais grave ou mais agudo.

agradar os pontos sensíveis de pelo menos seis de nossas faculdades mentais” (Pinker, 1998 - pág. 534). O primeiro aspecto levantado por Pinker é a própria fala. O autor defende que a letra presente nas músicas faz com que ela ative circuitos neurais “emprestados”, em particular, da prosódia. Achados mais recentes relacionando música e linguagem serão apresentados mais adiante neste texto.

O segundo aspecto refere-se ao circuito neural relacionado à análise auditiva do ambiente. Pinker compara a audição à visão, dizendo que assim como recebemos uma série de estímulos luminosos que precisam ser diferenciados e separados (uma pessoa de um fundo de árvores, por exemplo), precisamos distinguir os diversos estímulos sonoros que nos são apresentados, por exemplo, separar um solista de uma orquestra, uma voz em um ambiente cheio de ruídos, uma vocalização animal em meio a uma floresta cheia de ruídos. O autor defende que nosso ouvido detecta cada frequência e envia cada uma delas ao sistema nervoso, que as associa, percebendo-as como um tom complexo. “Presumivelmente o cérebro as associa para construir nossa percepção da realidade do som” – pág. 535. Isto é, a interpretação em tons complexos provavelmente se dá pelo fato de que sons naturais não ocorrem em frequências puras, mas como tons complexos; logo, o sistema nervoso associa novamente as diferentes frequências que constituem um som oriundo de um mesmo ponto no espaço e ao mesmo tempo porque são, em verdade, uma mesma fonte sonora. Nesse sentido, “melodias são agradáveis ao ouvido pela mesma razão que linhas simétricas, regulares, paralelas ou repetitivas são agradáveis aos olhos”. O sistema nervoso, então, se utiliza desse circuito neural para fazer a interpretação das melodias e harmonias presentes na música.

O terceiro aspecto defendido por Pinker é a emoção trazida pela música. Baseando-se na sugestão de Darwin de que a música surgiu no homem devido às chamadas de acasalamento de nossos ancestrais, o autor defende que uma série de “chamadas emocionais” (como murmurar, chorar, rir, resmungar, gritar) tem um apelo acústico próprio; “é provável que melodias evoquem fortes emoções porque sua estrutura assemelha-se a chamadas emocionais de nossa espécie”. A música, então, traria diversos sentimentos à tona semelhantemente a essas expressões emocionais. É interessante notar que, segundo tal proposta de Darwin, a música poderia ser até anterior à fala.

Outro aspecto apontado por Pinker é a seleção de habitat. Fazendo mais uma comparação entre o campo visual e auditivo, o autor ressalta que prestamos atenção a uma série de características visuais que sinalizam segurança, insegurança ou mudança de habitat, como vistas distantes, paisagens verdejantes,

nuvens (que trazem chuva) ou pôr-do-sol. Ele então escreve:

“Talvez nós também prestemos atenção a características do mundo auditivo que sinalizem segurança, insegurança ou mudança de habitat. Trovões, ventos, água correndo, pássaros cantando, rosnados, passos, corações e galhos batendo, todos têm efeitos emocionais, presumivelmente porque eles revelam eventos dignos de atenção no mundo” - pág. 537.

A música também interferiria com tais circuitos neurais, de tal forma que ela altera nossas emoções e nossa noção de segurança ou insegurança.

O quinto aspecto ressaltado por Pinker é o controle motor. O ritmo é um componente universal da música e até mesmo único em algumas culturas. Tal ritmicidade que nos faz dançar, bater palmas, balançar, e acompanhar a música, certamente estimula nosso sistema motor.

O último aspecto defendido pelo autor é um “algo a mais” sem explicação conhecida e que ele coloca como sendo, possivelmente, desde um acidente do funcionamento conjunto de diversos circuitos neurais até uma ressonância entre disparos neuronais e ondas sonoras.

As sobreposições entre música e linguagem vão muito além do relatado por Pinker (1998) em seu livro. Patel (2003a) faz uma revisão da sobreposição existente no processamento da sintaxe. Música também possui sintaxe e circuitos neurais que fazem o processamento dessa característica musical parecem ser os mesmos utilizados para a fala. A evidência vem de ambos os processos gerarem um potencial evocado P600, significativamente indistinto em amplitude e distribuição no escalpo, após a apresentação de sentenças verbais ou seqüências de acordes musicais com incongruências de sintaxe (baseadas em regras de estrutura verbal para os estímulos verbais e regras harmônicas para os estímulos sonoros). O processamento sintático ocorre em regiões do lobo frontal anterior.

Koelsch e colaboradores (2004) testaram a capacidade da música para representar significados. Eles apresentaram palavras aleatórias aos voluntários após eles terem ouvido ou uma frase ou um trecho musical (apenas instrumental). Um eletroencefalograma com registro de potenciais evocados mostrou a expressão de um componente N400 para a apresentação de palavras não relacionadas ao estímulo inicial, independente deste ser uma frase ou um trecho musical, o qual não variou em latência, distribuição no escalpo, fontes neurais e amplitude. O componente N400 já havia sido descrito em experimentos de semântica, aparecendo após a apresentação de palavras não relacionadas com o contexto prévio. Diante dos

resultados, os autores concluíram que “a música pode não apenas influenciar o processamento de palavras, mas ela pode também pré-ativar representações de conceitos, sejam eles abstratos ou concretos, independente do conteúdo emocional desses conceitos”; em outras palavras, assim como a linguagem, a música pode facilitar a compreensão de significados (em palavras e, provavelmente, também contextos).

Há ainda mais: paralelos entre a rítmica da linguagem e a da música (Patel, 2003b). A análise do ritmo da linguagem e da música em sub-componentes e a comparação entre os domínios revelam que o agrupamento rítmico é semelhante na linguagem e na música, mas não sua estrutura periódica (que é mais organizada na música). Novas evidências ainda sugerem que a rítmica de linguagem de uma cultura deixa impressões na sua rítmica musical. Isto é, diferenças na rítmica da linguagem refletem-se na rítmica musical nas diferentes culturas. Esses achados reforçam a noção de que a música possui tanto sintaxe quanto semântica e seja, possivelmente, como a linguagem, relativamente inerente ao homem e não um simples produto da cultura. Novos estudos transculturais permitirão afirmar se essas evidências se confirmam.

Fica claro, portanto, que a música tem estreitas e importantes relações com o funcionamento de diversos circuitos neurais. Estes não foram selecionados por vantagens adaptativas trazidas pela música, mas permitem, em última instância, sua criação e percepção. A própria capacidade de discriminação de timbres seguramente não é produto da necessidade de reconhecimento de diferentes instrumentos musicais. O reconhecimento de sons complexos com frequência fundamental definida é importante também para diferenciar diferentes vocalizações de animais na natureza, além da própria comunicação entre indivíduos; eles seriam uma boa indicação para distinguir as vocalizações de ruídos de fundo (Zatorre, 2005). As tonalidades e o timbre certamente serviriam também à identificação de vozes (lembrem-se dos bebês reconhecendo a voz da mãe). A percepção de sons complexos evoluiu ao ponto de tornar a percepção de dois sons muito consonantes³ como iguais, não só em humanos (Wright e colaboradores, 2000). Essa percepção, provavelmente deu vantagem adaptativa aos seus possuidores. Qual ou quais vantagens é algo ainda incerto. (Pinker, 1998).

Origens da musicalidade

Se de fato a música tem envolvimento com tantos circuitos neurais, essa propriedade não pode ser uma exclusividade apenas da espécie

³ Para maiores informações sobre a quantidade de consonância entre dois tons diferentes, ver Sethares.

humana, mas deve estar presente no cérebro de outros animais também. A capacidade para interpretar música, de uma forma diferente de outros sons quaisquer (também chamados sons não musicais) ou, até mesmo, produzi-la, deve estar presente pelo menos em outras espécies de mamíferos.

O primeiro grupo lembrado quando se fala de música em animais, no entanto, são os pássaros. Desde o século retrasado (Clark, 1879) tal grupo é investigado. As razões são óbvias, percebidas por qualquer pessoa que já tenha entrado em contato com a natureza (e escutado o som dos pássaros). Estudos recentes sobre o assunto (Baptista e Keister, 2000) apontam semelhanças entre a melodia do canto dos pássaros e as melodias produzidas pelo homem. Segundo os autores, os pássaros “frequentemente usam as mesmas variações rítmicas, relações tonais, permutações e combinações de notas que os compositores humanos”. Detalhes presentes nas músicas produzidas pelo homem são também notadas nas melodias usadas pelos pássaros, como inversões de intervalo, relações harmônicas simples e retenção de uma determinada melodia com a troca de registro (tonalidade) usado. O caso mais atípico e impressionante, talvez, seja da espécie *Probosciger aterrimus*, a Cacatua-Negra, uma espécie de papagaio do extremo norte da Austrália e Nova Guiné, que molda gravetos para que se assemelhem a baquetas (de bateria) e batucam em diversos troncos até que achem um com ressonância agradável e, então, o utilizam para produzir sons como parte de seu ritual de acasalamento.

Mas voltando aos mamíferos, Wright e colaboradores (2000), trabalhando com macacos-rhesus, mostraram que os mesmos são capazes de reconhecer como semelhantes melodias idênticas tocadas em oitavas diferentes, mas não em tons diferentes. Ainda, tal reconhecimento positivo aconteceu para melodias tonais, mas não para melodias atonais. Estes resultados são consistentes com o achado de Bendor e Wang (2005), já descrito. O experimento de Wright e colaboradores (idem), porém, pode ter sido afetado pela exposição prévia dos animais a música. Frequentemente tais animais ficam em ambientes com televisões ligadas para os mesmos (Hauser e McDermott, 2003), portanto, expostos a música e melodias diversas.

É provável que o caso mais conhecido e consistente de musicalidade nos mamíferos esteja nas baleias-jubarte (*Megaptera novaeangliae*). Há décadas que se conhece o “canto” dessas baleias e estudos recentes (Payne, 2000) também apontam para semelhanças estreitas com as regras de construção musical utilizadas pelo homem. A despeito de poderem produzir sons sem ritmicidade ou tonalidade, as baleias optam por

produzir sons rítmicos, de forma semelhante a composições humanas e com tonalidade definida. Mais do que isso:

- O canto produzido por elas é composto de fraseados de tamanho semelhante às frases na música composta por homens e, assim como nós, elas exploram diversos fraseados dentro de um mesmo tema antes de partir para um tema diferente. Da mesma forma, são freqüentes composições que exploram um tema, partem para uma seção mais elaborada e, depois, retornam ao tema inicial (semelhante ao nosso formato de composição: estrofe – refrão – estrofe);

- O tamanho total de um canto (uma música?) assemelha-se ao tamanho médio de músicas produzidas pelo homem, possivelmente pelo fato de que o tamanho de seu córtex permite uma capacidade atencional semelhante à nossa;

- Ainda que elas tenham uma extensão tonal que alcança sete oitavas musicais, as baleias preferem compor músicas com intervalo entre notas também semelhantes às nossas composições (que raramente explora toda essa extensão em uma única composição);

- Elementos percussivos são incorporados à música e intercalados com tons puros numa taxa semelhante àquela encontrada em composições humanas;

- Algumas repetições encontradas são semelhantes a rimas, indicando que as baleias possam usar desse artefato tanto quanto os humanos usam: um recurso mnemônico para lembrar-se de composições complexas.

Tantos elementos comuns entre os sons musicais produzidos por essas diferentes espécies apontam para o fato de que a música não possa ser apenas um produto cultural humano. Nas palavras de Gray e colaboradores (2001):

“O fato de que a música das baleias e dos homens tem tanto em comum, mesmo com nossos caminhos evolucionários não tendo se cruzado em 60 milhões de anos, sugere que a música deve ‘predar’ os humanos, ao invés de sermos os inventores dela. Nós somos adeptos tardios do ambiente musical.” – pág. 53.

Tais indícios de produção musical em outras espécies animais reforçam a idéia de que as raízes da musicalidade devem residir em outros fatores que não a cultura humana. Talvez uma consequência natural da interação entre as freqüências sonoras, que causa sons mais ou menos desagradáveis ao encéfalo dependendo das freqüências envolvidas. De fato, as notas utilizadas no sistema de afinação da música ocidental, e em grande parte do mundo, são derivadas da Série Harmônica (ver Suits para maiores detalhes), com as escalas musicais sendo construídas com base nas interações entre notas de maior consonância. Sons musicais

chamados de dissonantes causam um fenômeno chamado batimento, relatado como desagradável pela grande maioria das pessoas e que são freqüentemente utilizados na música para gerar sensações de suspense e tensão. Ainda, sons dissonantes apresentados a bebês de apenas quatro meses causam afastamento da fonte sonora, expressões faciais fechadas e até choro, enquanto que sons consonantes os fazem virar-se para a fonte sonora e freqüentemente sorrirem (Trainor e Heinmiller, 1998). Dado que recém-nascidos não tem conhecimento algum de escalas musicais, é improvável que tais respostas emocionais à música acontecem nestes da mesma forma que elas acontecem nos adultos. É então plausível que a própria física da interação de freqüências induza a percepção daquilo que é agradável ou desagradável e permita a produção ou reconhecimento de sons musicais mesmo em espécies que não o homem.

Apesar de tantas evidências, a falta de consenso entre pesquisadores sobre a musicalidade em outras espécies animais permanece. As críticas são frequentemente embasadas no fato dos cantos serem essencialmente produzidos por machos, como parte do ritual de acasalamento. Ainda assim, tal uso não invalida que elas sejam capazes de produzir sons musicais e que a estrutura das “músicas” produzidas seja semelhante à humana. Muito pelo contrário, a organização musical semelhante entre diferentes espécies nos mostra que ela não é um acidente, mas uma propriedade específica do sistema nervoso central, que caminha em estreitas relações com a comunicação intra-específica e a seleção sexual.

É possível que a origem da musicalidade de humanos resida nestes mesmos mecanismos (de seleção sexual), como apontado por Darwin. Mais provável ainda que sua existência se apóie em diversos fatores e não apenas em um deles, uma propriedade emergente da interação de diversos sistemas, como apontado por Pinker (1998). Independente dos motivos pelos quais a música se originou no homem, seguramente os motivos pelos quais ela permanece são outros (a não ser que ela já tenha se originado por esses outros motivos, claro – improvável quando se compara com outros grupos). Na espécie humana, a música adquire outros significados muito mais fortes como promover a coesão de grupo e a interação social (podendo até possuir a mesma capacidade de abstração e atribuição de significados que a linguagem, como apontado por Koelsch e colaboradores, 2004). Se há algo de exclusivo entre homem e música, isso parece ser a produção e a apreciação da mesma por puro prazer.

Bibliografia

Baptista, L.F.; Keister, R. Why Bird Song Is Sometimes Like Music, BioMusic Symposium, AAAS ANNUAL MEETING, 2000. *apud* GRAY e colaboradores - The

- Music of Nature and the Nature of Music. *Science*, v.291, n.5501, p.52-54, jan. 2001.
- Bendor, D.; Wang, X. - Cortical representations of pitch in monkeys and humans. *Curr Opin Neurobiol.* 16(4):391-9. 2006.
- Bendor, D.; Wang, X. - The neuronal representation of pitch in primate auditory cortex. *Nature*, v. 436, n.25, p.1161-1165, ago. 2005.
- Benítez-Bribiesca, L. The Biology of Music. *Science*. v.292, n.5526, p.2432-2433, Jun. 2001.
- Clark, X. Animal music, its nature and origin. *The American Naturalist*, v.13, n.4, p.209-223, abr. 1879
- Darwin, C. The descent of man, and selection in relation to sex. 2.ed. New York: Hurst & Company. 1874. *apud* PINKER, S. How the mind works. 1.ed. London: Penguin Books, 1998. 660p.
- Gess, A. Birds like music, too. *Science*, v.317, n.5864, p.1864, set. 2007
- Gray, P.M.; Krause, B.; Atema, J.; Payne, R.; Krumhansl, C.; Baptista, L. The Music of Nature and the Nature of Music. *Science*, v.291, n.5501, p.52-54, jan. 2001.
- Hauser, M. D.; McDermott, J. The evolution of the music faculty: a comparative perspective. *Nat Neurosci.* v.6, n.7, p.663-668, jul. 2003.
- Koelsch, S.; Kasper, E.; Sammler, D.; Schulze, K.; Gunter, T.; Friederici, A.D. Music, language and meaning: Brain signatures of semantic processing. *Nat Neurosci*, v.7, n.3, p.302-307, mar. 2004.
- Masataka, N. Music, evolution and language. *Developmental Science*, v.10, n.1, p.35-39, jan. 2007.
- Meyer, R. B. *Emotion and meaning in music*. 1956. Chicago: University of Chicago Press *apud* TRAINOR, L.J.; HEINMILLER, B.M. Infants prefer to listen to consonance over dissonance. *Inf. Behav. Dev.* 1998 21, 77-88.
- Patel, A.D. Language, music, syntax and the brain. *Nat Neurosci*, v.6, n.7, p.674-681, jul. 2003a.
- Patel, A.D. Rhythm in language and music: parallels and differences. *Ann NY Acad Sci*, v.999, p.140-143. dez. 2003b.
- Payne, R. Whale Songs: Musicality or Mantra? *BioMusic Symposium, AAAS Annual Meeting, 2000. apud* GRAY e colaboradores - The Music of Nature and the Nature of Music. *Science*, v.291, n.5501, p.52-54, jan. 2001.
- Pinker, S. *How the mind works*. 1.ed. London: Penguin Books, 1998. 660p.
- Porres, A. T. *Processos de Composição Microtonal por meio do Modelo de Dissonância Sensorial*. 2007. 189 p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Artes, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- Samson, S. Neuropsychological studies of musical timbre. *Ann NY Acad Sci*, v.999, p.144-151, dez. 2003.
- Sethares, W.A. Relating tuning and timbre. Disponível em: <http://eceserv0.ece.wisc.edu/~sethahares/consesemi.html>. Acesso em: 13/03/2009.
- Suits, B.H. Physics of music – notes. Disponível em: <http://www.phy.mtu.edu/~suits/overtone.html>. Acesso em: 13/03/2009.
- Trainor, L.J.; Heinmiller, B.M. Infants prefer to listen to consonance over dissonance. *Inf. Behav. Dev.* 1998 21, 77-88.
- Tramo, M.J. Music of the Hemispheres. *Science*, v.291, n.5501, p.54-56, jan. 2001.
- Trehub, S.E.; Hannon, E.E. Infant music perception: domain-general or domain-specific mechanisms? *Cognition*, v.100, n.1, p.73-99, mai. 2006
- Wright, A.A.; Rivera, J.J.; Hulse, S.H.; Shyan, M.; Neiwirth, J.J. Music perception and octave generalization in rhesus monkeys. *J Exp Psychol Gen.* v.129, n.3, p.291-307, set. 2000.
- Zatorre, R.J. Finding the missing fundamental. *Nature*, v.436, n.25, p.1093-1094, Ago. 2005.
- Zatorre, R.J. Music and the Brain. *Annals N Y A Scien*, v.999, p.4-14, dez. 2003.

AS CARACTERÍSTICAS DA COBERTURA VEGETAL DO DISTRITO DE PINHEIROS EM SÃO PAULO NO INÍCIO DO SÉCULO XXI

Julia Camara de Assis

Instituto de Biociências, USP – São Paulo, SP, Brasil
Recebido 12set08 / Aceito 30mai09 / Publicação 31jun09
julia.assis@usp.br

Resumo. A cobertura vegetal é um elemento importante no ambiente urbano, pois agrega melhorias ambientais e qualidade de vida aos cidadãos. No distrito de Pinheiros em São Paulo, o mapeamento de imagens de satélite em escala de detalhe da cobertura vegetal, evidencia distribuição heterogênea da vegetação, mais concentrada em manchas ao norte e sul do distrito, correspondendo a 15% da área. A região central apresenta grande escassez de cobertura vegetal e deveria ser considerada como alvo prioritário de planejamento de melhorias ambientais. O arranjo da vegetação onde está presente é agrupado, porém não-contínuo e também poderia ser melhorado com adensamento vegetacional.

Palavras-chave. cobertura vegetal, conectividade, ambiente urbano.

TREE CANOPY CHARACTERISTICS IN THE DISTRICT OF PINHEIROS IN SAO PAULO IN THE BEGINNING OF THE XXI CENTURY

Abstract. Tree canopy is an important component in the urban environment because it improves people's quality of life by enhancing environmental situation. In the district of Pinheiros in Sao Paulo, the mapping based on satellite images in a detailed scale points out that vegetation is heterogeneously distributed, thus being more concentrated in patches in the north and south portions of the district, corresponding to 15% of its total area. The central portion of the district has much less vegetation and should be considered a main focus for environmental improvement planning. The vegetation arrangement, where it exists, is clumped, however not continuous and could also be improved with vegetation intensification.

Keywords: tree canopy, connectivity, urban environment.

Introdução

A expansão da urbanização nas grandes metrópoles sem o devido planejamento e o adensamento populacional associado ao processo de verticalização causaram considerável diminuição da vegetação urbana das grandes cidades. Na última década do século XX, São Paulo perdeu mais de cinco mil hectares de cobertura vegetal (Lopez, 2003). A substituição de vegetação por espaços construídos, em São Paulo, é uma prática não controlada que modifica intensamente a qualidade de vida da população e a qualidade do ambiente. São muitos os benefícios que a cobertura vegetal pode proporcionar para o bem-estar da população e para o próprio ambiente, entre eles, segundo Furlan, 2004: estabilização do relevo; proteção da capacidade de reservação de água; redução de poluentes no ar; efeitos positivos na umidade relativa do ar; suporte para a vida silvestre; obstáculo contra ventos e redução de ruídos.

O estudo das características da cobertura vegetal existente pode orientar o planejamento de melhorias ambientais e nortear as decisões relativas à criação de um sistema de áreas verdes que interligue os remanescentes vegetais, o que permitiria a constituição de uma unidade equilibrada em termos ecológicos e

estéticos (Eckbo, 1977; Bruck, 1982 apud Rocha, 2000). Para o estudo das características da cobertura vegetal, é importante considerar como mínimo ideal a cobertura de 30% do ambiente urbano (Oke, 1973 apud: Nucci & Cavalheiro, 1998), e avaliar se o arranjo da vegetação existente apresenta conectividade e contigüidade, conforme propôs Jim em um estudo realizado em 1989 sobre a cobertura vegetal de Hong Kong.

Objetivos

O objetivo deste estudo é avaliar as características da cobertura vegetal do distrito de Pinheiros na cidade de São Paulo, verificando se a quantidade e o arranjo desta são satisfatórios para o bem-estar e a qualidade de vida nesta região.

Métodos

A área de estudo foi limitada a um distrito devido à disponibilidade de recursos para a realização deste estudo. O distrito de Pinheiros foi escolhido por ser uma região com elevada urbanização, porém com considerável presença de vegetação, como pode ser visualmente constatado no Mapa Temático de Cobertura Vegetal do Atlas Ambiental do Município de São Paulo (Figura 1).

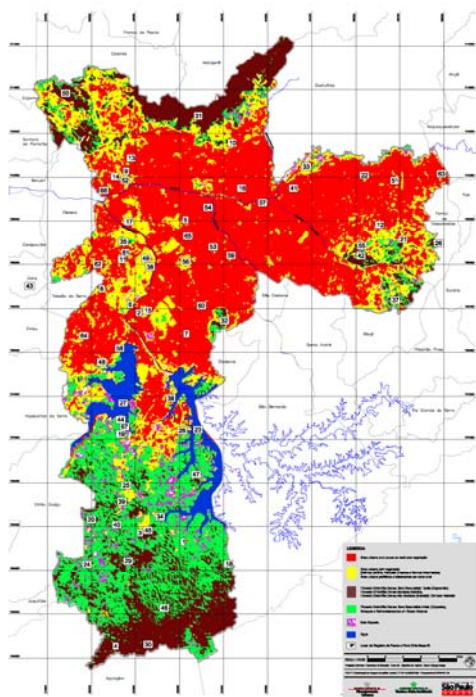


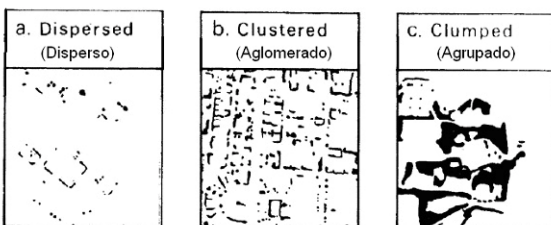
Figura 1 - Cobertura vegetal de São Paulo, em "Atlas Ambiental do Município de São Paulo". (Fonte: <http://atlasambiental.prefeitura.sp.gov.br/mapas/111.pdf>)

A quantificação e a caracterização do arranjo da cobertura vegetal foram feitos a partir do mapeamento da cobertura vegetal em escala de detalhe (1:3.000) de imagens de satélite IKONOS/2000 com resolução espacial de 1m. As imagens foram processadas no software ArcGIS versão 9.1, e com recursos deste software foi calculada a área total de cobertura vegetal do distrito e de suas porções norte, centro e sul separadamente.

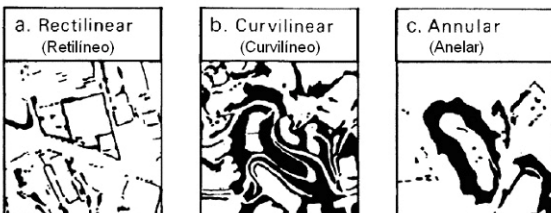
A caracterização do arranjo da cobertura vegetal foi feita com a classificação de quadrantes de 500x500m projetados sobre o mapeamento, seguindo a proposta de Jim, 1989. Esta classificação inclui três tipos principais subdivididos em três subtipos cada um (Nucci & Cavalheiro, 1998)(Figura 2):

- Isolado: dominante em locais edificados, com ruas e superfícies impermeáveis que formam uma matriz circundando as pequenas unidades de vegetação:
 - disperso: pequenas unidades com dimensões semelhantes;
 - aglomerado: árvores em pequenos grupos misturadas com componentes das edificações;
 - agrupado: agregação de árvores em grandes unidades.
- Linear: justaposição de árvores em uma direção dominante:
 - retilinear: estreito alinhamento ao longo das calçadas e periferia de lotes;
 - curvilíneo: cinturões largos e meandros;
 - anelar: as árvores formam um anel contínuo ao redor de pequenos morros e topos elevados por movimentação de terra.
- Conectado: ampla cobertura vegetal e o mais alto grau de conectividade e contiguidade:
 - reticulado: rede alongada com meandros atravessando estreitos interstícios de vertentes não urbanizadas entre construções agrupadas;
 - ramificado: apresenta mais de 50% da área com cobertura vegetal;
 - contínuo: mais de 75% da área apresenta cobertura vegetal.

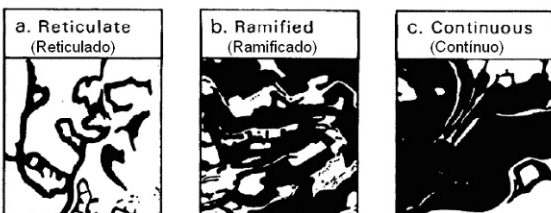
1. ISOLATED (ISOLADO)



2. LINEAR (LINEAR)



3. CONNECTED (CONECTADO)



■ Cobertura vegetal

Figura 2 - Esquema de classificação para cobertura vegetal urbana, Jim (1989).

Resultados

O Distrito de Pinheiros tem uma área total de aproximadamente 8,54km², sendo que destes apenas 1,24km², ou 15% do total, é coberto por vegetação de acordo com o mapeamento realizado (Figura 3). Estes 15% equivalem apenas à metade dos 30% que podem ser considerados como desejáveis em um ambiente urbanizado como São Paulo.

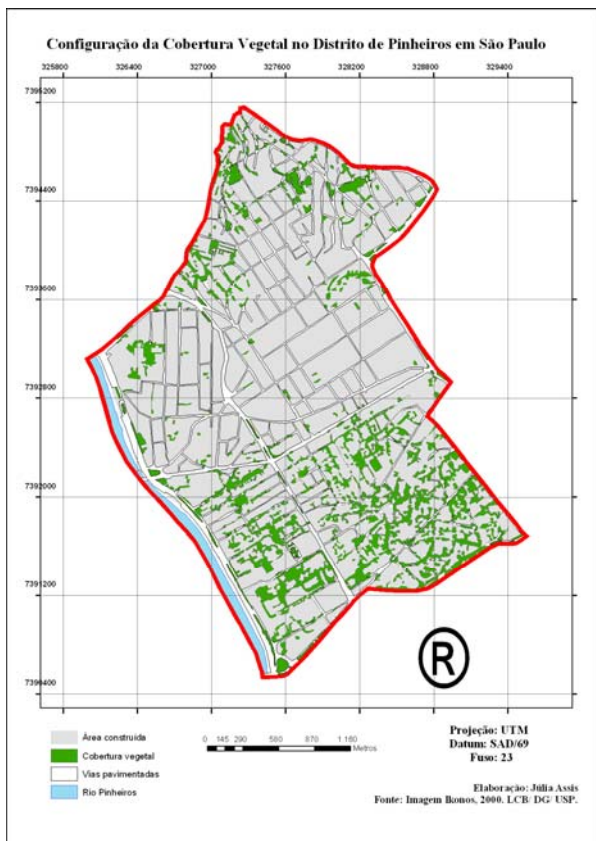


Figura 3 - Mapeamento da cobertura vegetal do Distrito de Pinheiros.

No entanto, o cálculo da porcentagem de área coberta por vegetação nas porções norte, centro e sul (delineadas por avenidas que cortam o distrito com a finalidade de comparação) mostrou um contraste acentuado entre a quantidade de vegetação nestas regiões do distrito (Figura 4). A porção Sul apresenta 24,7% de sua área coberta por vegetação e se aproxima mais dos recomendados 30%, enquanto o Centro se distancia muito com apenas 3,9% de cobertura vegetal. E a porção Norte, com 11,7%, mantém um valor próximo ao calculado para todo o distrito (15%).

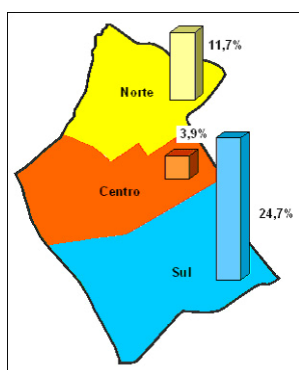


Figura 4 - Área de estudo dividida em três regiões: Norte, Centro e Sul. Com coluna ilustrando a porcentagem existente de cobertura vegetal em cada região.

Quanto ao arranjo da cobertura vegetal, foram classificados 29 quadrantes, incluídos os que continham mais de 75% de área de estudo (Figura 5), dos quais aproximadamente 17% não apresentam cobertura vegetal ou esta é inferior a 5%. Também 17% do total de quadrantes apresentam cobertura vegetal uniformemente distribuída em sua área, principalmente os situados nas porções norte e sul do distrito.

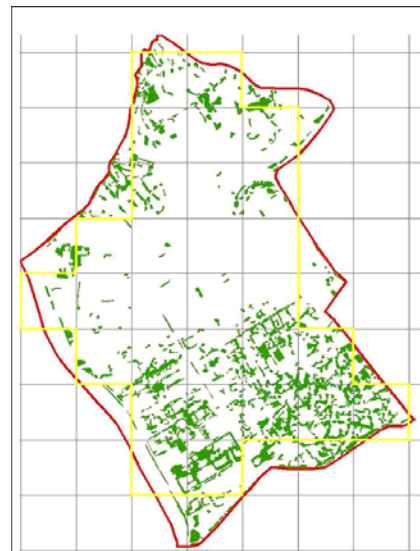


Figura 5 – Quadrantes selecionados para classificação (todos dentro do limite amarelo).

Os resultados da classificação do tipo de arranjo da vegetação (Tabela 1) evidenciam a predominância do tipo Isolado agrupado, presente em 55% do total de quadrantes, o que caracteriza pouca vegetação agrupada, porém com pouca conectividade e contiguidade.

Tabela 1: Classificação quanto ao arranjo da cobertura vegetal dos 29 quadrantes selecionados.

Classificação	Porcentagem de Quadrantes	Número de Quadrantes
<i>Isolado agrupado</i>	55%	16
<i>Isolado disperso</i>	17%	5
<i>Isolado aglomerado</i>	7%	2
<i>Linear retilinear</i>	3%	1
<i>Sem Cobertura Vegetal suficiente</i>	17%	5

Discussão

A quantidade de cobertura vegetal de Pinheiros corresponde a 15% do total de sua área e não atinge os 30% que seria o valor desejável. Tendo em vista os benefícios que a cobertura vegetal confere à qualidade de vida, não apenas esteticamente, mas influenciando diretamente o micro-clima, a qualidade e a umidade do ar, espera-se que a quantidade de vegetação seja a maior possível.

Analisando a porção central do distrito, que possui apenas 3,9% de sua área cobertos

por vegetação e onde se localizavam os cinco quadrantes nos quais não havia quantidade suficiente de vegetação para que pudessem ser classificados, podemos inferir que se trata de um local do distrito pouco privilegiado em cobertura de vegetação. Possíveis explicações para tão pouca vegetação poderiam ser a atividade comercial predominante nesta região associada à busca por visibilidade; o aumento da densidade populacional local; e o descaso com questões ambientais.

Em contrapartida, o fato de apresentarem as áreas norte e sul, cobertura vegetal mais adensada, e serem predominantemente residenciais de alto padrão, nos possibilita associar a quantidade de cobertura vegetal ao tipo de uso predominante no local.

Iniciativas de adensamento vegetal e planejamento ambiental tanto nas regiões com processo de urbanização antigo como Pinheiros, como nos locais mais periféricos da cidade que crescem e avançam em direção à zona rural invadindo indiscriminadamente os remanescentes florestais que circundam a metrópole de São Paulo, podem ser consideradas fundamentais para garantir que este grande centro urbano não se torne um local inóspito, ou no mínimo insatisfatório em termos ambientais.

Pela análise do arranjo da cobertura vegetal, verificamos a completa inexistência do tipo classificado como Conectado, o que demonstra a ausência de conectividade entre a vegetação distribuída principalmente na região norte e sul do Distrito. No entanto, mais da metade dos quadrantes analisados (16 quadrantes) apresenta a predominância de cobertura vegetal isolada, porém agrupada. Isto significa que a cobertura existente neste distrito não é meramente composta por verde de acompanhamento viário, ou indivíduos arbóreos dispersos, mas também não possui porções amplamente conectadas.

A criação de corredores que conectassem os agrupamentos de vegetação e um planejamento para a criação de áreas verdes, ou mesmo a implantação de verde viário na porção central do distrito, seriam medidas fundamentais para aumentar a qualidade ambiental da região, melhorando as condições de vida no local.

De forma geral, os resultados obtidos contrapõem-se parcialmente à idéia que se faz de Pinheiros como sendo um local bem arborizado e com boas condições ambientais para se viver. Isso dependerá da região à qual se faz referência, uma vez que se trata de um distrito com distribuição bastante heterogênea de sua cobertura vegetal.

Conclusões

O distrito de Pinheiros apresenta ao sul e norte áreas com mais cobertura vegetal do que o centro do distrito; esta distribuição heterogênea concentra manchas agrupadas, porém desconectadas, ao norte e sul do distrito; a implantação de parques, praças, corredores verdes e a arborização de vias, principalmente nas áreas mais centrais do distrito, seriam algumas medidas para promover a conectividade da cobertura vegetal ao norte e sul e a melhoria da qualidade ambiental na região central.

Agradecimentos. Agradeço à minha orientadora de Iniciação Científica Professora Dra. Sueli Angelo Furlan e ao Laboratório de Cartografia e Biogeografia (FFLCH/USP) pelas imagens cedidas.

Bibliografia

- Furlan, S. A. "Paisagens sustentáveis: São Paulo e sua cobertura vegetal" In: CARLOS, A. F. A. & OLIVEIRA, A. "Geografias de São Paulo: a metrópole do século XXI". São Paulo: Contexto, 2004.
- Jim, C. Y. "Tree-canopy characteristics and urban development in Hong Kong" *The Geographical Review* V. 79 No. 2 (p. 210) American Geographical Society: Lawrence, 1989.
- Lopez, M. "34 Ibirapueras perdidos em uma década". Folha de São Paulo, set/2003.
- Nucci, J. C. & Cavalheiro, F. "Cobertura vegetal em áreas urbanas – Conceito e Método" *Revista GEOUSP – Tempo e espaço*, No. 6 (p. 29). São Paulo: Departamento de Geografia, 1998.
- Rocha, Y. T. "Parques Urbanos: um recorte de São Paulo e suas potencialidades para o turismo" *Revista GEOUSP – Tempo e Espaço*, No. 9 (p. 79). São Paulo: Departamento de Geografia, 2000.