

FENÔMENOS COMPLEXOS: CIENTISTAS TAMBÉM USAM SEU OUVIDO MUSICAL !

Petraglia, M. S. ¹

Instituto de Biociências, UNESP, Botucatu – SP. <marcelo@ouvirativo.com.br>

Guerrini, I. A. ²

Instituto de Biociências, UNESP, Botucatu – SP. <guerrini@ibb.unesp.br>

RESUMO: Na busca de uma compreensão sempre mais ampla e profunda dos fenômenos da natureza, o ser humano tem empenhado todo o seu poder de observação, concentração e reflexão. Sabe-se que o processo cognitivo se dá pela união da experiência sensorial com o pensar conceitual. Este opera sobre a experiência e sobre si mesmo buscando extrair a lei e a ordem dos fenômenos (Steiner, 1986). Neste sentido a qualidade e abrangência da observação, bem como o arsenal conceitual do investigador, são de fundamental importância para a formação de hipóteses frutíferas que possam tornar-se, mesmo que temporariamente, verdades operantes da realidade. Neste artigo chamamos a atenção para diversos trabalhos que, de áreas tão distintas do conhecimento como o estudo das seqüências de DNA e proteínas, as emissões de radiação cósmica, os movimentos celulares e os registros sismográficos, que uma vez transpostos para a linguagem musical, podem ser altamente reveladores e fornecer acesso de forma única a fenômenos do macro e do microcosmo natural. Vemos que a audição tem uma enorme capacidade de lidar com informações complexas, de um modo que evidencia sutilezas e padrões de forma mais direta à percepção humana. Tomados em conjunto, os trabalhos mencionados, apontam para uma nova maneira de investigar os fenômenos que ocorrem a nossa volta, especialmente aqueles que se estabelecem na zona dos fenômenos complexos, entre os periódicos previsíveis e os que estão no caos total (Ditto, 2007). Se o ato de conhecer deve no futuro alcançar uma superação da dualidade sujeito-objeto, como propõe a Nova Ciência, entendemos que ouvir a natureza pode ser um bom caminho para este fim, uma verdadeira síntese entre nossa razão científica e nosso sentimento artístico.

Palavras-chave: Cognição. Música. Ciências Naturais. Transdisciplinaridade. Padrões.

INTRODUÇÃO E OBJETIVOS: Na busca de uma compreensão sempre mais ampla e profunda dos fenômenos da natureza, o ser humano tem empenhado todo o seu poder de observação, concentração e reflexão. Sabe-se que o processo cognitivo se dá pela união da experiência sensória com o pensar conceitual. Este opera sobre a experiência e sobre si mesmo buscando extrair a lei e a ordem dos fenômenos (Steiner, 1986). Neste sentido, a qualidade e abrangência da observação, bem como o arsenal conceitual do investigador, são de fundamental importância para a formação de hipóteses frutíferas que possam tornar-se, mesmo que temporariamente, verdades operantes da realidade.

No âmbito da pesquisa científica, grande valor tem sido dado às informações que chegam através da visão. Diante da luneta de Galileu, do microscópio eletrônico e mais todos os métodos de diagnóstico por imagem, nos sentimos bastante confiantes com a “prova visual”. Devemos ressaltar, no entanto, que cada órgão de sentido tem suas peculiaridades e nos fornece informações distintas e parciais sobre os fenômenos naturais e nós mesmos. A visão, por exemplo, capta somente o reflexo de luz de uma superfície. Já o tato percebe diferenças de pressão no encontro do nosso corpo com um outro corpo. O olfato nos põe em contato com as substâncias químicas em estado gasoso. E assim cada sentido tem um “talento” especial que, em muitos casos, se combina com outros para nos fornecer uma percepção mais abrangente do nosso objeto de observação. Seres humanos também são diferenciados quanto à habilidade em utilizar os diversos sentidos. Sabemos que existem pessoas mais visuais, outras mais auditivas ou sinestésicas, que usam de maneira mais eficiente um canal específico para perceber o mundo (Robbins, 1987).

A audição, em especial, tem a capacidade de nos contar sobre o que está oculto por baixo de uma superfície. Ela pode nos revelar o que está dentro e inacessível para os olhos ou as mãos. O velho exame médico com o estetoscópio é uma prova disso. O médico ao auscultar o paciente está colhendo informações preciosas do seu interior. Em uma mata cerrada, onde a visão tem pouco alcance, são os sons que podem nos guiar ou revelar eventuais perigos que se aproximam. Para os índios Kamayurá, tanto na mata como na pesca, ouvir também é, substancialmente, não ser cego (Bastos, 1999).

Um segundo aspecto que devemos mencionar é o de que a audição se processa numa dimensão essencialmente temporal. Na música, assim como na fala, o sentido e a sintaxe se dão quando, somos capazes de estabelecer relações coordenadas entre elementos que estão apartados temporalmente. Esta percepção do fluxo dos processos pode operar também em diversas camadas simultaneamente, como quando ouvimos uma orquestra tocar, revelando a complexidade do fenômeno. Somos capazes de perceber a linha e sentido temporal de cada voz individualmente e também as relações de simultaneidade entre as vozes. O espaço aqui se torna vivenciável, tanto como distribuição geográfica, quanto como distâncias freqüenciais e temporais entre os tons.

Neste artigo gostaríamos de chamar a atenção para diversos trabalhos que, partindo de uma abordagem complexa e transdisciplinar, têm demonstrado como a escuta pode ser altamente reveladora e, em muitos casos, pode fornecer acesso de forma única a fenômenos do macro e do microcosmo natural.

DESENVOLVIMENTO: Um dos campos onde isto se mostra com maior abundância é no estudo das moléculas de DNA e proteínas.

Ohno & Ohno (1986), cuja pesquisa explora a origem da vida, propõem que o significado de proteínas e da música tem uma origem similar: a repetição e a elaboração de seqüências temáticas. Esses autores salientam: *“O princípio ubíquo da repetição e recorrência governa não somente a construção codificada de seqüências, mas também o impulso humano da composição musical (p. 72.)”*. Ohno & Ohno (1986) discutem a evidencia de que variações de duas pequenas seqüências primordiais AAGGCTGCTG (= o peptídeo KAA) e uma derivação AAGCTG (= KL) são reiteradas sempre de novo como temas primários na seqüência de genes onde elas se alternam com temas secundários compostos de outras seqüências. Para tornar esta “repetição recorrente” mais vivenciável, Ohno & Ohno (1986) desenvolveram um sistema de regras baseado no peso molecular das quatro bases de DNA, que converte as bases em uma escala de oito tons (diatônica). O sistema foi usado para produzir uma peça para violino: *Human X-linked phosphoglycerate kinase*.

Em um trabalho posterior, Ohno (1993) explora um outro tipo de estrutura comum à música e a seqüência de proteínas: o palíndromo (algo que pode ser lido tanto no sentido direto, como no reverso). Nesse trabalho, Ohno descreve a

estrutura da Histoina H1 do rato na qual ele encontrou seqüências palindrômicas de peptídeos, umas se sobrepondo às outras, ocupando 115 dos 212 aminoácidos da proteína. A maior destas seqüências continha 14 resíduos KAVKPKAAKPKVAK. Usando a seqüência funcional da proteína e a sua transcrição da fita complementar de DNA, Ohno converteu a seqüência da Histoína H1 em uma peça musical que podia ser executada tanto no piano com em um dueto instrumental.

O biólogo Ross King e o músico Colin Angus (King & Angus, 1996) produziram uma peça musical “*S2 Translation*” baseados na transcrição da proteína S2 (um receptor de membrana para o neurotransmissor serotonina). Nesta peça, tanto a seqüência de DNA quanto a proteína codificada foram convertidas em tons. Para as quatro bases do DNA foram associados os tons Dó, Lá, Sol e Mi para citosina, adenina, guanina e timina (em notação anglo-saxônica C, A, G e E, uma pequena ironia relacionada com o nome do compositor John CAGE que afirmava que música poderia ser extraída de tudo ao nosso redor). Sob esta melodia, foi estruturada a linha do baixo de modo a refletir as características dos aminoácidos codificados, incluindo hidrossolubilidade, carga e tamanho. Superestruturas da proteína foram indicadas como mudanças de tonalidade.

Transposições de DNA e proteínas são interessantes não apenas como música, mas como um modo alternativo de estudar as seqüências genéticas. Clark (2007) da Texas Wesleyan University salienta:

“Pode-se argumentar que o padrão de dobras de uma proteína (estrutura terciária), é o mais conservado elemento dos organismos vivos. Os genes, a estrutura protéica primária, que sustentam as dobras das proteínas e a diversidade de espécies que as abrigam parecem ter bastante liberdade de variação, desde que a proteína continue a manter suas dobras de maneira que possa cumprir suas funções. As dobras das proteínas dependem da interação dos aminoácidos e da proteína mesma com seu ambiente. Com algumas exceções, a identidade específica dos aminoácidos parece ser menos importante do que a preservação correta das relações internas da proteína. Eu acredito que música é uma maneira de representar estas relações, em uma cadeia informacional com a qual o ouvido humano esta altamente sintonizado.”

Clark prossegue:

“Por muitos anos eu fui perseguida pela idéia (e procurei encontrar músicos que pudessem me ajudar nesta tarefa) de converter uma seqüência protéica em uma seqüência musical.

Eu estava convencida que isso valeria a pena ser feito: que as seqüências de aminoácidos teriam o equilíbrio certo de complexidade e padronização para gerar uma combinação musical que seria ao mesmo tempo esteticamente interessante e biologicamente informativa. Existem 20 aminoácidos, o suficiente para quase três oitavas de escala diatônica. Eles não estão organizados ao acaso, assim como as notas musicais também não estão ao acaso em uma peça musical. Tanto música quanto proteínas tem um sentido. O sentido de uma proteína é sua função no organismo e certas seqüências emergiram como marcas características de funções específicas. Por exemplo: a hemoglobina tem a função de se ligar com o oxigênio. Algumas características da melodia da hemoglobina podem ser notadas examinando-se a proteína em diferentes espécies, que “tocam” esta melodia como variações sobre um tema.”

Ao escutar estas “melodias protéicas” cientistas e estudantes podem ouvir a estrutura de uma proteína. E quando melodias da mesma proteína de diferentes espécies são tocadas juntas, as diferenças e similaridades aparecem aos ouvidos. *“É uma ilustração transposta para um meio que as pessoas sentem como mais acessível do que somente textos. Se você só olha para a seqüência de letras de um banco de dados é difícil ter a percepção dos padrões”* comenta Clark (2005).

A melodia de uma mesma proteína pode soar diferente dependendo de como os tons são associados a cada aminoácido e do conjunto de regras que regulam esta transcrição. Clark, por exemplo, tende a fazer suas composições baseada na solubilidade da proteína. Já Ross King, da University of Wales, escreveu um programa chamado “Protein Music” que associa um tom a cada códon que vai codificar um aminoácido e um tom para cada uma de suas várias características (solubilidade, carga, etc.), isso produz um acorde para cada aminoácido.

Por serem as proteínas, assim como a música, uma mescla interessante entre repetição e novidade (poderíamos também dizer redundância e informação), as transcrições também soam interessantes. Mudando-se as regras de como os aminoácidos são associados aos tons, os compositores podem criar variações em suas melodias. Entretanto, como todas as proteínas têm uma estrutura básica, toda “música protéica” tem igualmente uma mesma estrutura. Clark (2005) continua:

“uma das coisas mais interessantes que a música pode revelar são as diferenças e similaridades entre uma mesma proteína em várias espécies. Ao compararmos a melodia da beta-globulina humana com a da Tuatara (um lagarto ancestral de três olhos) podemos ouvir o processo de evolução, as

variações de um tema que estava presente antes dos mamíferos se separarem dos répteis por volta de 200 milhões de anos atrás. Podemos ouvir as partes que permaneceram constantes e as partes que mudaram.”

Mas a transcrição para o âmbito sonoro de fenômenos naturais não se restringe ao universo micro das moléculas de proteína e DNA. Astrônomos, e em especial rádio-astrônomos, já há algum tempo transpõem para a faixa audível os registros de rádio-freqüência captados por rádio-telescópios. Especialmente estrelas de nêutrons e buracos negros podem ser apreciados literalmente como uma “sinfonia cósmica”.

White (2004) publicou um trabalho que, nesse sentido, muda substancialmente nossa concepção do início do universo. O seu artigo intitulado “Universe started with hiss, not bang” (O universo começou com um sibilar, não com um bang), conta como a partir de um grave e leve murmúrio que crescendo em um rugido e finalmente em um ensurdecedor chiado sibilante, deu origem às primeiras estrelas. Whittle reconstruiu uma cacofonia cósmica dos primórdios do universo a partir de dados de radiação cósmica de fundo, obtidos ao longo dos últimos anos pelo WMAP (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe) da NASA. A transcrição do espectro de freqüências observadas diretamente para som gera tons muito abaixo da faixa audível do ser humano, em torno de 50 oitavas abaixo de um Lá central de um piano. Mas se transpusermos estas freqüências, todas estas oitavas acima, poderemos ouvi-las. Quanto às intensidades, as variações são de aproximadamente 110 dB, algo como um concerto de Rock. Foram usados os melhores modelos cosmológicos disponíveis para mapear os caminhos que as ondas percorreram no espaço, mostrando como os “acordes” do início do universo foram evoluindo no tempo nos primeiros milhões de anos. Ao tocar sua “trilha sonora” no encontro da American Astronomical Society em Denver, conta Wittle (2004).

“Todos puderam ouvir que, ao contrário do seu nome, o Big Bang começou em absoluto silêncio, evoluindo para um rugido e em seguida desembocando em um “majestoso” acorde de terça maior que gradativamente se transformou em uma terça menor. Todos ficaram fascinados. ”

“Esta nova reconstrução sonora do universo não envolve nenhuma novidade científica, mas, como um bom diagrama de visualização 3D, ela pode ajudar os astrônomos a ensinar idéias complexas e talvez entender com mais clareza suas observações.”

Voltando ao campo da biologia, encontramos o trabalho de James Gimzewski e Andrew Pelling que, em 2002 no departamento de Química da UCLA, usando um Microscópio de Força Atômica, descobriram os “sons celulares”. Eles observavam certas oscilações em frequências audíveis em nano-escala na membrana de células de “*Saccharomyces cerevisiae*” e batizaram o estudo dos sons gerados por diversas células de “Sonocitologia”.

Um Microscópio de Força Atômica (AFM) pode ter seu funcionamento descrito de forma análoga a um antigo toca-disco. Uma pequena alavanca em forma de agulha se move sobre uma superfície registrando todas as suas irregularidades. Por ser um instrumento altamente sensível, pode trazer informações em nano escala de células e mesmo moléculas. Todavia, o sensor do aparelho também pode simplesmente repousar sobre uma superfície e assim captar seus movimentos. Ao deixarem o sensor de um AFM repousar sobre certos tipos de células, os autores observaram movimentos oscilatórios de menos do que 5 nm. Descobriram que estas oscilações se situavam dentro da faixa auditiva humana que vai em média de 20 a 20.000 Hz. Notaram que, quando expunham as células a substâncias tóxicas, o movimento cessava. Notaram também que algumas células não apresentavam qualquer tipo de movimento oscilatório regular passível de ser reconhecido como uma frequência. Inspirados por esta descoberta, os autores desenvolveram um método de transformar os movimentos celulares em som audível de modo a poder ouvir as células.

O processo de transformar o sinal vibratório do AFM em som é bastante simples, bastando que ele seja convertido em um sinal digital para ser amplificado por um software de áudio convencional e tocado através de alto-falantes.

Este processo permite que se escute a célula em tempo real sem afetar seu padrão vibratório. Observando a célula em diferentes condições, por exemplo, sob algum tipo de stress, nota-se que seu som se altera. Na verdade o estado da célula, se ela é saudável ou doente, pode ser percebido através do seu som. Sonocitologia é, portanto, um método de diagnóstico semelhante ao escutar o batimento de um coração. O médico pode diagnosticar as condições do coração de uma pessoa, comparando seu som como som de um coração saudável. Relatam os autores:

“Descobrimos que células cancerosas apresentam um movimento bastante “ruidoso”, sem uma frequência ordenada, o que resulta em um som como um ruído. No futuro esperamos

desenvolver nossa pesquisa até o ponto de incluí-la em disciplinas como a da pesquisa do câncer. Ouvir as células nos permitirá um diagnóstico mais rápido, sem o uso de drogas ou cirurgia. Sonocitologia poderá eventualmente detectar o padrão vibratório do câncer mesmo antes deste se manifestar sob forma de tumor e para isso apenas uma única célula será necessária.”

Para finalizar, gostaríamos de mencionar um trabalho onde os movimentos sísmicos ganham o status de música para ajudar os cientistas a prever erupções de vulcões.

Através dos projetos Europeus “Enabling Grids for E-sciencE in Europe” (EGEE), e “E-infrastructure shared between Europe and Latin America” (EELA), o Dr. Vicinanza e uma equipe de cientistas liderada pelo Prof. Roberto Barbera da Universidade da Catânia, estudam a sonorização do vulcão do Monte Etna na Sicília e iniciaram uma colaboração internacional para estudar o vulcão Tungurahua no Equador.

Este projeto de investigação recolhe e armazena, em formato digital, informação geofísica dos movimentos sísmicos terrestres, que posteriormente é traduzida em registros de ondas sonoras. Graças a essa abordagem, é possível considerar o vulcão como um enorme instrumento musical, capaz de produzir um som não detectado pela audição humana, por ser de baixíssima frequência. Para possibilitar que esses sons sejam ouvidos, é necessário transpô-los, várias oitavas acima. Em outras palavras: as frequências infrasônicas são mapeadas para frequências que o ouvido humano consegue ouvir. Estas “melodias” são analisadas em busca de padrões comportamentais que podem identificar semelhanças na dinâmica das erupções vulcânicas e prever futuras atividades. Espera-se que, estudando uma grande quantidade desses sons (que podem ser facilmente coletados, categorizados, armazenados e recuperados), será possível saber mais sobre a fase anterior à erupção. Potencialmente, também será possível caracterizar de forma completa as erupções a partir de um ponto de vista totalmente sônico.

“A sonificação de dados científicos está se tornando uma das mais promissoras ferramentas de análise, já que os sons podem resumir quantidades significativas de informações, além de poderem ser caracterizados, armazenados e estudados de uma forma mais simples e fácil do que imagens,”

afirmou Dr. Domenico Vicinanza, (Vicinanza, 2006) do Departamento de Matemática e Informática da Universidade de Salerno e INFN, que desenvolveu o programa que permite a sonificação do Etna. Ele complementa:

“A sonorização pode ser considerada como o reverso acústico da visualização gráfica dos dados e é a chave para expandir o nosso conhecimento relativamente aos padrões sísmicos vulcânicos, de forma a ganhar um conhecimento mais profundo da atividade, especialmente quando esta atividade precede fenômenos de erupção vulcânica”.

CONCLUSÃO: Tomadas em conjunto, as citações acima apontam para uma nova maneira de investigar os fenômenos que ocorrem a nossa volta, especialmente aqueles que se estabelecem na zona dos fenômenos complexos, entre os periódicos previsíveis e os que estão no caos total (Ditto, 2007). Transformar processos biológicos, astronômicos ou geológicos em som e música, tem nos dado a possibilidade de captar aspectos de sua natureza até então ocultos. Por se tratarem exatamente de “processos”, podemos dizer que a audição e a música, nos colocam em contato com o elemento vivo que permeia a natureza ou, como sugere Arthur Schopenhauer, nos permite captar a “vontade impulsionadora” do mundo, seus movimentos, sua força e sua ordem (Schopenhauer, 2005)

Deste ponto de vista, uma apreciação qualitativa dos fenômenos se torna evidente, pois ao ouvirmos “musicalmente” um certo processo complexo, somos inevitavelmente levados a sentir as suas harmonias e desarmonias, suas consonâncias e dissonâncias. Se o ato de conhecer deve no futuro alcançar uma superação da dualidade sujeito-objeto, como propõe a Nova Ciência, entendemos que ouvir os padrões complexos da natureza pode ser um bom caminho para este fim, uma verdadeira síntese entre nossa razão científica e nosso sentimento artístico.

REFERÊNCIAS

- Barbera, R.; Vicinanza, D. Você já ouviu o canto de um vulcão? **Boletim DeCLARA** ano 2, n.7 p.13-15, mai. 2006. Disponível em:
<http://www.redclara.net/doc/DeCLARA/DeCLARA_po_07.pdf > Acesso em: 14 set. 2007.
- Bastos, R. M. **A musicológica kamayurá**. p.103, Ed. da UFSC, 1999.
- Chandler, D. L.; Whittle, M. Universe started with hiss, not bang. **New Scientist**. 2451, 12 jun. 2004.
- Clarck, M. A.; Roach, J. Your DNA is a song: scientists use music to code proteins, National Geographic News, out. 2005. Disponível em
<http://news.nationalgeographic.com/news/2005/10/1021_051021_protein_music.html> Acesso em: 18 set. 2007
- Clarck, M. A. Genetic Music: An Annotated Source List. Disponível em:
<<http://whozoo.org/mac/Music/Sources.htm>> Acesso em: 14 set. 2007
- Ditto, W. From chaos to turbulence. **Science & Spirit**. v.18 n.3 p.28-30 jul. 2007.
- King, R.; Angus, C. PM - Protein music. **Computer applications in the Biosciences**. v.12, p.251-252. 1996.
- Ohno, S.; Ohno, M. The all pervasive principle of repetitious recurrence governs not only coding sequence construction but also human endeavor in musical composition. **Immunogenetics** 24: p.71-78. 1986.
- Ohno, S. A song in praise of peptide palindromes. **Leukemia** 7, sup. 2, p.157-159, ago. 1993.
- Pelling, A. E. et al.. Time dependence of the frequency and amplitude of the local nanomechanical motion of yeast. *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine*. v.1, n.2, p. 178-183, jun. 2005.
- Pelling, A. E.; Gimzewski, J. **The Singing Cell**. Disponível em:
<<http://users.design.ucla.edu/~aniemetz/darksideofcell/bg.html>> Acesso em: 10 set. 2007.
- Robbins, A. **Poder sem limites**. p.130-135, Best Seller, São Paulo, 1987.
- Schopenhauer, A. **O mundo como vontade e como representação**, p.336-350, Ed. UNESP, São Paulo, 2005.
- Steiner, R. **Linhas básicas para uma teoria do conhecimento na cosmovisão de Goethe**. p.32-35. Ed. Antroposófica, São Paulo 1986.