SOBRE O CRESCIMENTO E FORMA DE SERES VIVOS

Valdemar W. Setzer
www.ime.usp.br/~vwsetzer
Esta versão: 16/3/25

1. Introdução

Em 13/2/25, em visita ao CARDE – Museu do automóvel, de Campos do Jordão (interessantíssimo, muito bem organizado por épocas), fotografei no jardim as seguintes plantas:

Fiquei extasiado com a forma esférica assumida por essas plantas, especialmente a do plano anterior à esquerda. São talvez centenas de folhas estreitas em forma de agulha, moldando com suas pontas uma configuração razoavelmente esférica. Note-se que, se a planta está isolada, isto é, seu crescimento não é impedido por quaisquer obstáculos, essa forma esférica não depende de fatores como insolação e, até certo ponto, o vento. Inicialmente, procurando na internet por plantas semelhas, achei que se tratava da espécie *Nolina nelsonii* [ver referências]. Júlia Monte chamou minha atenção para a espécie *Yuka rostrata* [v. ref.], mas fiquei em dúvida.

2. Crescimento dos seres vivos

O crescimento de seres vivos se dá por divisão celular. Duas novas células são formadas na divisão de uma delas (mitose), eventualmente substituindo células que morreram (apoptose).

Note-se a maravilha da vida: esse crescimento se dá do interior para o exterior, ao contrário dos minerais, que crescem por deposição externa, em geral seguindo forças moleculares, como no caso dos cristais. Essa é uma das distinções fundamentais entre minerais e seres vivos.

Ao se subdividir, uma célula pode sofrer influência de suas vizinhas, mas não faz sentido em se supor que a divisão de uma célula dependa de células distantes. No caso da planta da figura, não se pode imaginar que as células de folhas diversas se comunicam, por exemplo uma "dizendo" a outra em outra folha: "Eu subdividi, trate

de subdividir também pois senão quebraremos a forma esférica.". Imagine-se então com a divisão ocorrendo ao mesmo tempo em milhares, talvez milhões de células. Portanto, na planta da figura acima, as células de uma das folhas se subdividiram independentemente das células de outra folha. Então, como elas contribuíram para organizar a forma esférica exterior, formada pelas suas pontas?

Foi tratado apenas o crescimento de seres vivos, mas o mesmo se aplica à regeneração de tecidos, mantendo a forma original.

3. A forma pode ser devida aos genes?

Ocorre que as células são fisicamente muito imprecisas. Se a divisão celular fosse controlada apenas pelos genes da célula, o resultado não seria tão geometricamente perfeito. Obviamente, os genes participam do processo, pois já foi demonstrado que modificando o código genético a forma de uma planta pode mudar.

4. Hipóteses fundamentais

Suponhamos que uma célula esteja em um estado inicial $\mathbf{E_0}$, contendo todas as configurações da célula.

Hipótese $\mathbf{H_1}$. A primeira hipótese é que examinando fisicamente uma célula e seu ambiente, é impossível prever-se quando haverá uma divisão celular ou o começo da morte da célula, isto é, se ela está em um determinado estado em termos de divisão celular, não é possível prever qual das três seguintes transições de estado será tomada:

$\mathbf{T_1}$. No "momento" seguinte, a célula vai permanecer como está, isto é, em termos de divisão celular há uma "transição" do estado $\mathbf{E_0}$ em que ela estava para o mesmo estado $\mathbf{E_0}$, isto é, houve uma "transição" $\mathbf{E_0 \rightarrow E_0}$. Não houve modificações em sua configuração em termos de divisão celular. (O/a leitor/a pode estranhar essa denominação "transição", já que não houve alteração quanto à divisão celular; essa denominação foi emprestada da teoria dos autômatos formais.)

$\mathbf{T_2}$. No "momento" seguinte, a célula vai começar a se dividir, isto é, há uma transição de $\mathbf{E_0}$ para um estado **D** em que começa a ocorrer uma divisão, no processo de mitose. No caso, a transição é $\mathbf{E_0 \rightarrow D}$.

$\mathbf{T_3}$. No "momento" seguinte, a célula vai começar a morrer, isto é, há uma transição de $\mathbf{E_0}$ para um estado **M** em que começa a ocorrer a morte de célula, no processo de apoptose. No caso, a transição é $\mathbf{E_0 \rightarrow M}$.

Pela hipótese $\mathbf{H_1}$, há um *não-determinismo físico* relacionado com as três transições possíveis.

Hipótese $\mathbf{H_2}$. A segunda hipótese fundamental que vou formular aqui é que existe um *Modelo individual* subjacente a cada planta. (Esses Modelos estão anotados com inicial maiúscula para distinguir do uso comum dessa palavra). O Modelo individual de cada planta é que controla qual das três transições será tomada por cada célula em cada momento. Assim, ele é que controla a divisão celular, dentro de possibilidades físicas de cada planta. Dependendo do estado físico do ser vivo, a interação pode ser diferente, o que explica diferentes formas durante o crescimento.

5. Natureza do modelo

No caso da planta da figura acima, o Modelo individual impõe aproximadamente uma esfera, além de impor a forma alongada e pontiaguda de cada folha, bem como a distância entre as folhas, a forma do tronco e outros detalhes.

Como reconhecemos a esfera? Com nosso pensamento! Com ele podemos imaginar uma esfera ideal, isto é, cujos pontos na sua periferia são equidistantes de um mesmo ponto, seu centro, e associar essa imagem mental ao que se observa aproximadamente na planta.

Note-se que jamais uma pessoa viu uma esfera física geometricamente perfeita. Mesmo se for de metal, fabricada com muita precisão, observando-se a superfície com um microscópio ver-se-á inúmeras irregularidades. Uma esfera geometricamente perfeita existe apenas no *mundo platônico das ideias*, que não é físico. Como mostrei no meu artigo "Conceitos, ideias, sensações, sentimentos e a cognição" [v. ref.], as ideias não podem estar armazenadas no cérebro, são atingidas ou observadas com nosso pensamento, e as expressamos em forma de conceitos (palavras ou símbolos). Ao se observar a planta da figura, usando-se o pensamento, logo se pode associar sua forma externa a uma esfera, isto é, reconhecemos essa forma como sendo aproximadamente uma esfera.

Portanto, o Modelo individual de cada planta, que controla a divisão celular impondo a forma esférica das pontas das folhas, não está fisicamente dentro dela. Atua nela "de fora", como foi dito, impondo as transições de estado descritas, de modo a preservar as formas das folhas e a esfera formada por suas pontas.

Hipótese $\mathbf{H_3}$. Cada espécie de ser vivo tem um único *Modelo da espécie*, que interage com o Modelo individual de cada planta da espécie impondo nele, na medida das possibilidades, a forma ideal do Modelo da espécie.

O Modelo da espécie é que é reconhecido nas formas assumidas por cada planta.

Como foi visto, os Modelos que impõem formas nas plantas (e em todos os seres vivos) estão no mundo platônico das ideias. Ocorre que esse mundo não é físico – assim como toda a matemática não é física. Mas se o modelo de um ser vivo não é físico, como ele pode atuar fisicamente, interagir com o corpo físico de um ser vivo, impondo a forma do ser?

6. Uma teoria de como algo não físico pode atuar fisicamente

O crescimento de seres vivos por divisão celular permite a formulação de uma teoria de como um modelo não-físico pode influenciar algo físico.

No item 4 foi formulada a hipótese de que, em termos de divisão celular, não se pode afirmar qual das transições $\mathbf{T_1}$, $\mathbf{T_2}$ ou $\mathbf{T_3}$ será tomada em seguida. No entanto, claramente houve escolhas de quais transições deveriam ser tomadas por quais células. Aqui vem mais uma hipótese fundamental.

Hipótese $\mathbf{H_4}$. Em termos de divisão de uma célula que está em certo estado, a *escolha* de qual das três transições possíveis deve ser tomada em seguida *não requer energia*. Talvez uma transição como a divisão celular (mitose) requeira energia, e a morte de uma célula (apoptose) até produza energia. Mas a *escolha* de qual transição tomar entre as três possíveis não requer energia. Justamente aí algo não-físico pode atuar no corpo físico, sem violar as "leis" e condições físicas.

Uma extensão dessa hipótese é que existe na natureza uma infinidade de transições de estado fisicamente não-deterministas, que não tratam de divisão celular. Por exemplo, para onde vai se mover uma molécula de água num rio ou numa nuvem? Será que ela vai evaporar?

Note-se que pode até haver um determinismo estocástico (isto é, estatístico), podendo-se prever grosso modo o que vai acontecer com um grande conjunto de seres ou matéria de mesma espécie, em mesmas condições de contorno (entorno). Mas um processo estocástico não pode ser aplicado a uma única célula ou a uma molécula. Por exemplo, pode-se prever que na planta da figura haverá um crescimento aproximadamente esférico, mas isso não diz nada sobre que células vão sofrer mitose em seguida.

7. Outros modelos

Essa teoria pode ser aplicada para se compreender, até certo ponto, a forma de seres vivos. Por que as folhas e flores de uma determinada planta têm todas aproximadamente a mesma forma, a ponto de se reconhecer a espécie da planta pela forma de suas folhas e/ou flores? Por que as plantas de mesma espécie de certa região florescem quase ao mesmo tempo? Como ocorrem grandes simetrias em certos seres vivos? Observem-se a extraordinária simetria das formas de três borboletas (as duas primeiras são fotos minhas, tiradas em Ubatuba, SP e Campos do Jordão, SP, respectivamente; a segunda borboleta está sobre um lírio):

Hamadryas arete

Synargis phillone

Como é possível que essas borboletas criaram formas tão simétricas em suas asas, com correspondência de formas e de cores? É impossível supor que as divisões celulares e modificações químicas (estas, responsáveis pelas cores) que ocorriam em uma asa durante o crescimento fossem transmitidas à outra asa para que na segunda se passasse o mesmo como na primeira, para não quebrar a simetria. Também é impossível que os genes tivessem controlado os processos de crescimento em tecidos independentes pois, como já foi afirmado, as células vivas são muito imprecisas. Pior ainda, o crescimento das borboletas deu-se nos casulos, quando elas estavam com as asas enroladas!

As formas são muito semelhantes em borboletas de mesma espécie (procurem-se na internet exemplares das mostradas nas figuras, usando seus nomes científicos). Novamente, pode-se supor que há um Modelo associado a cada espécie, associado ao Modelo individual que controla o crescimento e as modificações químicas de um indivíduo da espécie. Reconhecemos a espécie porque nosso pensamento é da mesma natureza que esses modelos!

8. Simetrias nos seres humanos

Proponho ao/à leitor/a que observe suas mãos, sobrepondo uma sobre a outra, palma com palma. Note que elas são muito simétricas, a menos de acidentes que podem ter modificado sua forma. Quando o/a leitor/a adulto/a nasceu, as mãos tinham talvez a metade do tamanho atual. Como foi possível que durante o crescimento elas preservassem continuamente a grande simetria entre elas? Note-se que as mãos cresceram uma independente da outra, sendo que uma foi provavelmente muito mais usada do que a outra!

A teoria dos Modelos pode novamente ajudar a compreender o processo. Deve haver um Modelo que impõe as formas simétricas, controlando a divisão celular levando ao crescimento e à regeneração de tecidos. Isso é conseguido, pois esses Modelos controlam quais células irão fazer as transições $\mathbf{T_1}$, $\mathbf{T_2}$ e $\mathbf{T_3}$ descritas no item 4 acima.

Como foi visto, no caso da planta o Modelo da espécie impõe o Modelo individual de cada indivíduo. Esse último é que controla a divisão celular em todas as folhas. Do mesmo modo, um Modelo da espécie estaria associado ao Modelo de cada borboleta, que por sua vez controlaria as divisões celulares nas duas asas da borboleta. A lateralidade poderia ser devida ao entorno das células, ou mesmo aos genes com os quais o modelo interage.

No caso das mãos, há mais uma peculiaridade (que, aliás, também se aplica ao crescimento de plantas e animais): os Modelos individuais devem ser dinâmicos, isto é, devem variar, por exemplo conforme o crescimento das mãos. Afinal, as mãozinhas de crianças bem pequenas são gorduchinhas, e as de pessoas idosas são em geral mais ressecadas. Durante todo o crescimento de uma borboleta, a simetria é certamente preservada.

A dinamicidade dos modelos que impõem as divisões celulares mostra que não se pode usar, para o mundo não-físico das ideias, nosso pensamento comum, que é baseado essencialmente no mundo físico (mais a modelagem matemática). Estamos acostumados com modelos estáticos, por exemplo a planta de uma casa, o projeto de um aparelho etc.

9. Uma explicação evolucionista

Uma pessoa, ao ler um pequeno texto sobre a questão do modelo no caso da planta descrita no item 1 acima, saiu-se com uma observação tipicamente evolucionista darwiniana: "Será que essa forma não foi devida à proteção da planta contra animais predadores?".

Em primeiro lugar, ninguém investigou o desenvolvimento da planta em milhares, milhões de anos, até chegar à sua forma atual. Portanto, trata-se de mera especulação. Aliás, isso se aplica a casos atuais, de pássaros que migraram de uma ilha para outra e se modificaram devido ao ambiente diferente, ou ao conhecido caso de bactérias desenvolvendo resistência a antibióticos. Em segundo lugar, nesses casos e na planta, ninguém acompanhou as mudanças genéticas e suas causas e, no caso dos pássaros, os acasalamentos levando à seleção natural. Em terceiro lugar, deve-se perguntar: "Por que outras plantas não desenvolveram a mesma forma pretensamente protetora? Se isso fosse uma vantagem evolutiva, haveria milhares de espécies de plantas com formas parecidas, mas de espécies diferentes.". Por exemplo, as nossas araucárias (*Araucaria brasiliensis* ou *angustifolia*, v. ref.) têm uma característica deveras estranha: as suas folhas formam tufos que ficam na ponta

de galhos que podem atingir 8 m de comprimento; em geral esses ramos ficam perto do topo da árvore. Imagine-se a força (momento, do ponto de vista da física) que esses tufos exercem sobre os galhos, especialmente no início deles. Se há uma vantagem evolutiva em araucárias terem a forma de candelabro da figura abaixo (aproveite-se para notar a verticalidade do tronco, o que não é muito comum em árvores), por que outras plantas na vizinhança não têm essa forma?

10. Outras propriedades do Modelo

A hipótese da existência de um Modelo não físico interagindo com a manifestação física de um ser vivo poderia esclarecer várias propriedades de seres vivos. Não sendo físicos, Modelos de seres diferentes poderiam entrar em contato (não-físico) entre si, influenciando esses seres. Por exemplo, em seu excelente livro *Revolução das plantas*, o grande cientista Stefano Mancuso [v. ref.] trata do mimetismo de certas plantas trepadeiras, que têm a propriedade de imitar a forma de plantas em que se hospedam. No seu cap. 3 "A sublime arte da mimese", ele descreve em detalhe como isso ocorre com a *Boquila trifoliata*, uma trepadeira que pode mimetizar várias plantas por onde ela se apoia (isso é mencionado no artigo da Wikipedia, v. ref.), na forma das folhas, tamanho e cores, assumindo até mesmo serrilhados em suas folhas, se a hospedeira tem esse tipo de folhas. Isso poderia ocorrer se o contato entre os Modelos da *Boquila* e sua hospedeira produzisse uma alteração na atuação física do Modelo da primeira. Ou, quem sabe, o Modelo dessa planta é excepcionalmente variável?

No cap. 1, "Memória sem cérebro", Mancuso chama a atenção para uma diferença fundamental entre plantas e animais: as primeiras não têm órgãos únicos, ao contrário dos segundos; elas constituem um sistema decentralizado. E se pergunta: "Como as plantas lembram o momento exato em que devem florescer? Seu sucesso reprodutivo e a capacidade de gerar descendentes são baseados, antes de mais nada, na capacidade de florescer no momento certo. ... Muitas plantas esperam certo número de dias para florescer a partir da exposição ao frio do inverno. Portanto, são

capazes de lembrar quanto tempo se passou.". Não se sabe onde a planta guarda essa informação. Essa "lembrança" poderia ser uma propriedade dos Modelos.

E por falar em uma pretensa memória das plantas, vale a pena citar o *best seller* de Peter Wohlleben *A vida secreta das árvores* [v. ref.]: "[...] se as árvores são capazes de aprender (e basta observá-las para saber que são), surge a seguinte questão: onde e como armazenam o conhecimento adquirido? Afinal, elas não têm um cérebro para guardar informações e gerenciar seus processos." [p. 48].

A propósito, não se pode dizer que o cérebro de animais e seres humanos guardam informações, pois não se sabe em detalhes como isso se passa. Essa questão dessa "memória" individual, mas comum a plantas de uma mesma região (que, p.ex., florescem quase ao mesmo tempo, em climas temperados começam a formar novos brotos nos galhos ao mesmo tempo etc.,) o que é consequência da hipótese $\mathbf{H_3}$.

O Modelo individual é que guardaria informações necessárias para o Modelo da espécie impor certas propriedades, como a necessidade de florescer ou criar brotos. A forma genérica de uma planta seria uma imposição do Modelo da espécie. A forma particular devido ao ambiente seria produzida pelo Modelo individual da planta.

Wohlleben trata de vários processos das árvores que são misteriosos para a ciência. Por exemplo, como a seiva de uma árvore de vários metros de altura, às vezes dezenas de metros, sobe até o topo delas. Ele cita três possíveis fatores: capilaridade (mas aí subiria no máximo 1 m), transpiração das folhas (as moléculas puxam umas às outras, mas o efeito vai diminuído com a distância), e osmose (mas ela atua apenas nas folhas e raízes), porém nenhum deles ou o conjunto é suficiente para explicar a subida da água e da seiva. Quem sabe a interação do Modelo com a planta poderia esclarecer esse assunto?

Devido a várias reações que as árvores apresentam, ele considera que elas têm sensações e sentimentos. O subtítulo da capa da edição brasileira traz "O que elas sentem e como se comunicam – as descobertas de um mundo oculto"; conferi o original alemão, que também contém essas frases. Isso é um erro. Para haver sensações e sentimentos, é necessário ter um sistema nervoso, e são devidos a um membro não físico ainda mais "sutil" do que o Modelo aqui considerado. Animais e seres humanos têm esse membro, mas as plantas não têm. Note-se que sensações e sentimentos são um grande mistério científico; esse desconhecimento permite que se faça a hipótese de que o processo não é físico tendo, no entanto, consequências físicas, como atividade dos nervos. Justamente a teoria do Modelo, aqui exposta, poderia esclarecer a aparente ocorrência de sensações e sentimentos nas plantas considerando, como foi exposto, que, não sendo físico, o Modelo poderia interagir com modelos de outras plantas e de outros seres vivos. Em particular, diz-se popularmente que se uma pessoa ama suas plantas, elas vicejam muito mais. Novamente, não se trata de uma planta sentir o amor da pessoa por ela, mas um efeito do contato suprassensorial do Modelo da pessoa com o da planta.

Se a própria Terra tivesse um Modelo, isso poderia esclarecer um grande mistério: como certos pássaros fazem uma migração de milhares de quilômetros. Segundo o National Geographic [v. ref.] as andorinhas-do-mar-árticas migram de polo a polo perfazendo 97 mil km. Como novos pássaros fazem a migração sem nunca terem feito o percurso? Como eles vão sempre para as mesmas regiões? Como pássaros, como as cegonhas, fazem ninhos, migram e depois voltam para os mesmos ninhos? Os pombos-correio conseguem voltar ao seu lugar de origem com impressionante

precisão. A explicação de que os pássaros têm uma "bussola" interna detectando o campo magnético da Terra não é convincente.

11. Outros estudos sobre formas de seres vivos.

Vários estudos foram feitos sobre as formas de seres vivos. Esses estudos tiveram um grande impulso com o monumental livro do biólogo e matemático D'Arcy Thompson (1860-1948) *On Growth and Form*, que em sua primeira edição de 1917 tinha 793 páginas, e a segunda, aumentada, de 1942, tinha 1.116 páginas. Nele, D'Arcy Thompson trata de formas em muitos elementos da flora e da fauna. A forma reduzida do livro é a mais conhecida [v. ref.]. O livro contém variações nas formas de seres vivos obtidas por transformações geométricas. Outro livro que não pode deixar de ser citado é o de Theodore Andrea Cook (1867-1928), *The Curves of Life* [v ref.], cuja versão original data de 1914 e tem nada menos do que 415 ilustrações de seres vivos, arquitetura etc. Ele aborda vários exemplos de formas, como plantas que se enrolam com regularidade em outras, formando espirais, e também no ser humano.

A disposição de folhas nos ramos de uma árvore ou planta é denominada de *filotaxia* (*phyllotaxis*, do grego antigo *phýllon* φύλλον, 'folha', *e táxis* τάξις – de fato, tázis –, 'disposição'). Na literatura encontra-se essa denominação também para a disposição dos galhos de uma árvore, dos florícolos em uma flor composta (como a margarida), de sementes (como o girassol) e dos espinhos em um ramo.

Há inúmeros trabalhos sobre filotaxia. Supõe-se que os antigos egípcios, que eram grandes admiradores das flores e observadores minuciosos, como atestam os textos dos túmulos dos faraós, provavelmente conheciam mais sobre números e filotaxia do que foi relatado posteriormente, por exemplo, pelo grego Teofrasto (*Theophrastus*, 370-285 a.C.), considerado o pai da botânica, sucessor de Aristóteles em sua escola, e pelo escritor e naturalista romano Plínio (*Gaius Plinius Secundus*, 23-79 d.C.), autor do livro enciclopédico *Naturalis Historia*, que se tornou um modelo para as enciclopédias. Plínio morreu ao tentar salvar um amigo e sua família da erupção do Vesúvio, que já tinha destruído as cidades de Pompeia e Herculano. O artigo de Adler, Barabé e Jean [v. ref.] é uma excelente referência sobre filotaxia.

O cap. 4 do livro de Przemyslaw Prusinkiewicz e Aristid Lindenmayer [v. ref.; disponível na internet] é dedicado exclusivamente à filotaxia, e traz inúmeras fotos coloridas de plantas. O astrofísico Mario Livio, em seu interessantíssimo livro *The golden ratio – the story of Phi, the most astonishing number* [v.ref.], aborda inúmeros assuntos relacionados com a razão áurea, com relativamente pouca matemática e muitos dados históricos, e traz um capítulo sobre filotaxia. Peter S. Stevens, em seu livro *Patterns in nature* traz dois números usados em filotaxia, fazendo uma relação entre o número voltas que galhos aparecem em torno de um tronco (ou dos galhos, ou dos caules), e o número de folhas (ou galhos, ou espinhos) que aparecem em cada um. Ele exemplifica para várias árvores. O trabalho de conclusão de curso de Giorgio Wilberstaedt, *As formas e os números da natureza*, traz inúmeros exemplos e considerações sobre filotaxia, além da razão áurea, espirais e um capítulo sobre colmeias. O interessante livro de György Doczi (1909-1995) *O poder dos limites – Harmonias e proporções na natureza, arte & arquitetura* [v. ref.] discorre largamente sobre formas geométricas em plantas e animais, com especial menção à ocorrência da razão áurea.

O meu livro *A matemática pode ser interessante... e linda!* Discorre extensamente sobre a sequência de Fibonacci, espirais logarítmicas e a quase-logarítmica de Fibonacci, mostrando como os números da sequência de Fibonacci e a razão áurea ocorrem na natureza.

Vários estudos foram feitos tentando explicar por que certas plantas têm certas formas. Por exemplo, no caso de plantas e frutos que assumem distribuições com uma regularidade geométrica, Mário Lívio, no livro citado, no capítulo "Son of good nature" cita vários desses estudos, que se resumem a mostrar, por exemplo que a distribuição de flolículos numa margarida, ou de sementes em uma flor de girassol, ou de gomos na casca de um abacaxi, todos esses formando espirais, são devidos ou à maximização do espaço ocupado, ou minimização da energia gasta para assumirem as suas formas. No caso de algumas árvores e arbustos, a distribuição rotativa regular dos galhos e das folhas seria devida à maior possibilidade de coletar luz.

Em primeiro lugar, essas teorias pressupõem objetivos. Por exemplo, a otimização do espaço ocupado, para caber o maior número de folículos ou sementes, deve necessariamente levar em conta o aspecto global, e não de cada elemento. Além disso, deve-se levar em conta a observação feita no fim do item 3, de que as células são muito imprecisas. Sem um controle externo, fora do corpo físico, feito pelo que foi aqui denominado de Modelo não-físico, a enorme regularidade daqueles elementos não seria atingida. O Modelo pode conter um objetivo global, que obviamente não pode estar presente em cada elemento. Tome-se, por exemplo, um mamão que, se cortado na transversal, mostra às vezes um fantástico pentágono ou pentagrama, como se pode ver na figura seguinte (minha foto; a tigela de cerâmica também foi feita por mim):

Por que essas formas geométricas no mamão? Será que uma circunferência aproximada ou outro polígono, ou outras formas mais complexas, não seriam adequados para a formação das sementes, como é o caso de outros frutos? As teorias de minimização ou maximização físicas não são completas, isto é, não explicam definitivamente o porquê de formas tão regulares, pois não mostram o que, fisicamente, impõe a divisão celular para o crescimento. Para isso, é necessário deixar-se de pensar apenas fisicamente, como ocorreu com a introdução da noção do Modelo não-físico neste artigo.

12. Epílogo

Para se compreender as formas de seres vivos, é necessário usar um tipo de pensamento que não é o comum baseado em processos físicos. Tenho uma conjectura forte de que a ciência, com seu atual paradigma reducionista materialista, baseado exclusivamente no mundo físico, jamais conseguirá explicar como se passa o crescimento de seres vivos levando às formas características de cada espécie.

A escolaridade corrente e o mundo físico impõem que crianças e jovens usem pensamentos baseados exclusivamente nesse mundo, isto é, pensamentos materialistas. Os sucessos da ciência e da tecnologia induzem uma confiança praticamente cega, uma fé em ambas e nos cientistas (cientificismo). Como a ciência corrente é materialista, isso induz uma mentalidade materialista, que usa pensamentos baseados exclusivamente no mundo físico, mais abstrações, modelos matemáticos usados para prever medidas, resultados de experimentos feitos com aparelhos, isto é, constituem uma grande alteração da realidade natural. Fiz um versinho sobre isso:

A medida do espaço
Não é o espaço.
A medida do tempo
Não é o tempo
A medida da massa
Não é a massa.
A medida do movimento
Não é o movimento.
Assim vamos medindo,
Medindo, medindo,
E sobre a realidade mentindo
Mentindo, mentindo.

Note-se que já é uma grande coisa observar-se plantas como a da primeira figura acima, reconhecendo-se nelas a tendência à forma esférica. ou outras geométricas em outras plantas. Por exemplo, como foi visto na figura acima, vários mamões, cortados na transversal, mostram um pentágono quase regular, e perto das suas pontas um pentagrama, o que sempre me extasia. Mas um passo absolutamente essencial na direção de se ampliar o materialismo com uma espiritualidade é reconhecer que aquela forma esférica da primeira figura, o pentágono do mamão e as simetrias das borboletas e das mãos, são devidas a algo que não é físico, e que foi aqui denominado Modelo.

Quando no item 5 foi falado em um mudo platônico das ideias, não-físico, certamente muitas/os leitoras/es devem ter estranhado pois, devido à sua educação escolar, e provavelmente à sua cultura, bem como sua profissão, são obrigadas/os a descartar qualquer pensamento que não seja baseado no mundo físico. Talvez estejam até acostumadas/os a ler ou ouvir ridicularizações de qualquer coisa que se assemelhe a uma espiritualidade e, mesmo, ridicularizar elas/eles próprios qualquer manifestação espiritualista, transcendente ao mundo físico ou, pelo menos, não a levar a sério.

Note-se que não mencionei pensamentos baseados em religiões, pois elas também se tornaram materialistas. Para elas, entidades não físicas, como Deus e o Cristo, viraram meras abstrações. Um dos sintomas de seu materialismo é acreditarem cegamente nas imagens bíblicas como se fossem fatos físicos, como por exemplo os

sete "dias" da criação. Que esses não são nossos dias de 24 horas fica claro no 4º "dia", no qual são criados o Sol e a Lua, isto é, antes disso não poderia haver nossos "dias" [Gen 1:16]. Na época bíblica, as pessoas em geral não tinham a nossa capacidade mental e não conseguiam conceituar, como até crianças fazem hoje em dia e, por isso, criaram as imagens dos mitos que, no fundo, revelam grandes realidades não-físicas que podiam observar. Aliás, por falar em criação do universo físico, note-se que a origem da matéria e da energia no universo não faz sentido físico, como também as fronteiras do universo devidas à teoria do *big-bang*: o que há além dessas fronteiras, o nada? E até onde vai o nada?

Para os que gostariam de pensar espiritualmente, mostrei que é possível observar um ser vivo e pensar que sua forma e ação são devidos a um Modelo que não é físico, mas tem realidade no mundo platônico das ideias, ao qual podemos ascender com nosso pensamento. É o que se faz ao deparar com um objeto qualquer, e reconhecer a ideia subjacente a ele. Por exemplo, pensar "esta é uma tela de um computador, tablet ou celular", isto é, "esse objeto que estou vendo tem as características essenciais de todas as telas desses aparelhos". O objeto é uma manifestação física de uma ideia não-física subjacente a ele. Reconhecer isso talvez seja um primeiro passo para o abandono do materialismo, isto é, no caso deste artigo admitir, por hipótese de trabalho, que os seres vivos não são apenas matéria e energia físicas, e que nem todos os seus processos são devidos a fenômenos puramente físicos.

Por que é importante abandonar o materialismo? Uma consequência inevitável do materialismo é considerar o ser humano como uma máquina física, e isso significa acabar com a compaixão, a empatia e a solidariedade, atitudes essenciais para se tratar o ser humano humanamente. Por exemplo, seria uma aberração psicológica ter dó de desligar um computador. Note-se atualmente o incremento brutal da desumanidade e da ausência de empatia e de compaixão, bem como o aumento do egoísmo, com as consequentes horríveis guerras.

Aproveitando, a expressão "ser humano" não é correta, pois ele incorpora todas as suas vivências. Por exemplo, o leitor que teve coragem de chegar até aqui não é o mesmo que era quando começou esta leitura. Assim, o ser humano está em permanente transformação, evolução ou involução. Mais correto seria denominá-lo "devir humano".

Tentei mostrar aqui que é possível pensar "espiritualmente", sem se abdicar da racionalidade, da observação objetiva da natureza, sem dogmas ou crenças, mas baseando-se em hipóteses de trabalho sempre sujeitas a revisão e aperfeiçoamento. Já existe uma cosmovisão espiritualista nesses moldes, cujos fundamentos inspiraram este artigo, a antroposofia [v. ref.] introduzida por Rudolf Steiner (1861-1925) no início do séc. XX, com um enfoque espiritualista conceitual, sem dogmas e com aplicações práticas de sucesso. A aplicação mais conhecida é a Pedagogia Waldorf, que conta com mais de 1.200 escolas e 1.500 jardins de infância no mundo todo, quase 300 no Brasil. No entanto, não vou entrar em detalhes aqui para não dar a impressão de fazer proselitismo, e por isso não empreguei a terminologia antroposófica nos aspectos não-físicos. A propósito, Steiner não fala de "modelo". Espero que alguém, lendo este artigo, sinta a curiosidade ou um chamado interior na busca de uma espiritualidade transmitida conceitualmente para a compreensão, sem crenças ou dogmas, que preserva a consciência e a liberdade, não contradiz fatos científicos (mas pode contradizer julgamentos científicos), com várias aplicações práticas sociais de sucesso. Alguns de meus artigos em meu *site* podem dar mais

detalhes, bem como o *site* da Sociedade Antroposófica no Brasil [v. ref.]. Hoje em dia, com o farto material disponível na internet, quem chegou em seu desenvolvimento ao ponto de ficar insatisfeita/o com o materialismo, e de buscar uma espiritualidade que não é mística, pois se dirige primordialmente à compreensão e não aos sentimentos, certamente achará o seu caminho.

Referências

Adler, I., Barabé, D., e Jean, R. V. A history of the study of phyllotaxis. *Annals of Botany,* v. 80, p. 231-244, 1997. Acesso em 15/3/25: http://nicorg.pbworks.com/w/file/fetch/57061116/adler%20barabe%20jean%20history.pdf

Antroposofia. Ver o *site* da Sociedade Antroposófica no Brasil (acesso em 4/3/25): https://www.sab.org.br/ e a seção de meu *site* https://www.ime.usp.br/~vwsetzer/#ANT

Araucaria brasiliensis (*angustifolia*). Acessos em 4/3/25: https://pt.wikipedia.org/wiki/Arauc%C3%A1ria https://br.pinterest.com/pin/246079567128385357/

Boquila trifoliata. Acesso em 4/3/25: https://pt.wikipedia.org/wiki/Boquila

Cook, T. A. *The Curves of Life*. New York: Dover Publications, 1979. Acesso em 15/3/25 (edição original): https://ia801305.us.archive.org/3/items/cu31924028937179/cu31924028937179.pdf

Doczi, G. *O) O poder dos limites – Harmonias e proporções na natureza, arte & arquitetura*. Trad. Tricca, M.H.O. e Bartolomei, J.B. São Paulo: Mercuryo/Novo Tempo, 2012.

Livio, M. *The golden ratio – the story of Phi, the world's most astonishing number.* New York: Broadway Books, 2002.

Mancuso, S. *Revolução das plantas: um novo modelo para o futuro.* Trad. R. Silva. São Paulo: Ubu 2019.

National Geographic: migração dos pássaros. Acesso em 4/3/25: https://www.nationalgeographicbrasil.com/animais/2021/05/migracao-das-aves-e-uma-das-grandes-maravilhas-da-natureza-entenda-esse-fenomeno

Nolina nelsonii. Acessos em 19/2/25: https://www.jardimcor.com/catalogo-de-especies/nolina-nelsonii/ https://www.youtube.com/watch?v=4Lc31rJVv0E https://spacegarden.es/pt/cactus-y-suculentas/157-Nolina-nelsonii.html

Prusinkiewicz, P., e Lindenmayer, A. *The algorithmic beauty of plants*. New York: Springer, original de 1996 e ed. eletrônica de 2004. Acesso do cap. 4 em 15/3/25: http://algorithmicbotany.org/papers/abop/abop-ch4.pdf . Todo o livro (idem): http://algorithmicbotany.org/papers/#abop

Setzer, V.W. Conceitos, ideias, sensações, sentimentos e a cognição. Acesso em 19/2/25: https://www.ime.usp.br/~vwsetzer/conceito-cerebro.pdf

Stevens, P. S. *Patterns in Nature*. Middlesex: Penguin Books, 1977. Acesso em 18/4/20: www.youtube.com/watch?v=sQx-aEQ0egk

Wilberstaedt, G. *As formas e os números da natureza*. Trabalho de Conclusão de Curso de Licenciatura em Matemática. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2004. Acesso em 15/3/25: https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/97052/Giorgio.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Wohlleben, P. *A vida secreta das plantas. O que elas sentem e como se comunicam. As descobertas de um mundo oculto.* Trad. P. Rissati. Rio de Janeiro: Sextante, 2017.

Yuka rostrata. Acesso em 4/3/25:
https://www.picturethisai.com/pt/wiki/Yucca_rostrata.html
https://www.architecturalplants.com/product/yucca-rostrata/
https://www.vasoeflor.com.br/yucca-rostrata-unico
https://en.wikipedia.org/wiki/Yucca_rostrata

Agradecimentos

Agradeço a minha esposa Sonia A.L. Setzer por uma cuidadosa revisão da redação e algumas sugestões quanto ao conteúdo. A Julia Monte, pela indicação da *Yuka rostrata*.