





**Figura 1** – NICÉPHORE NIÉPCE: Ponto de vista da janela da casa em Le Gras, Saint-Loup-de-Varennes, 1826/7

Em França, Emilie, Marquesa de Châtelet e amante de Voltaire, foi uma pioneira nos seus amores tal como na educação científica que deu aos filhos e na tradução e propagação das ideias de Newton. Mas na ciência as coisas são um tudo-nada diferentes. Em geral os pioneiros coincidem com os grandes inovadores e criadores. Na Física, Isaac Newton, tal como Albert Einstein, foram pioneiros. Com eles, de repente, fez-se luz. Robert Boyle foi pioneiro em quase todas as áreas da química. Aliás, "O Químico Céptico", publicado por Boyle em 1661, marca o nascimento da química moderna (e ao mesmo tempo apresenta o cientista, não como um político, mas como uma pessoa que questiona tudo e duvida de tudo). Évariste Galois foi um pioneiro: criou a teoria dos grupos que à data não servia para nada, e hoje serve para quase tudo – na matemática como na física, na cristalografia como na química, na robótica como na criptografia. Morreu estupidamente num duelo em 1832, e as suas últimas palavras para o irmão mais novo foram: "Não chores, Alfredo. Preciso de toda a minha coragem para morrer aos 20 anos". Pioneiro foi Carl Linnaeus que baptizou as espécies usando um sistema binário antes dos computadores (*Homo sapiens*). O que Charles Lyell fez para as pedras e rochas, Charles Darwin fez para as espécies: outros dois pioneiros. Na célebre debate sobre a evolução entre o Bispo Samuel Wilberforce e o biólogo Thomas Henry Huxley no Encontro Anual da Associação Britânica para o Progresso da Ciência em 1860 (Oxford), parece que o bispo terá perguntado ao biólogo se descenderia do macaco pelo lado paterno ou materno; ao que Huxley teria respondido que não se envergonhava de ter um macaco como antepassado, mas que se envergonharia de ter como parente um homem capaz de usar os seus grandes dotes de oratória para obscurecer a verdade. Darwin foi o maior cientista de sempre.

## 2. NO PRINCÍPIO ERA O CAOS

A palavra pioneiro aponta para um **passado**. O grande mistério está no começo. Quem começou o quê? Quando? E antes? O povo entende estas coisas quando debate a questão da galinha ou do ovo. Ou da pescada que antes de o ser já o era. O princípio do tempo: é este o enigma. No entanto é fácil ultrapassar o mistério incompreensível se nos lembrarmos que segundo a teoria da relatividade geral – que

faz agora 100 anos – o tempo e o espaço não são absolutos (como pensava Newton), mas sim uma consequência da matéria e da energia do universo. Antes do universo não há tempo (nem espaço). A pergunta não faz sentido.

Cada cultura tem direito à sua cosmogonia (embora haja semelhanças entre elas). No coração da África, o povo boshongo acreditava que no princípio só havia trevas, água e um deus todo-poderoso chamado Bumba que, com dores de barriga, regurgitou o Sol (que secou parte da água, dando origem à terra e às nuvens), e depois vomitou a Lua, as estrelas e nove animais (o leopardo, o crocodilo, a cabra, a águia, a tartaruga, o peixe, a carocha, etc.); no fim, vomitou os homens. Água, fogo, terra. Para os Gregos, no princípio de todas as coisas estava o Caos (que deu origem à noite e à escuridão). O caos seria uma massa informe na qual todos os elementos estavam misturados. E os elementos seriam a terra, água, ar e fogo. Foi esta a concepção que perdurou cerca de dois mil anos, atravessando toda a Idade Média e a Renascença.

É na música francesa da primeira metade do século XVIII que vamos encontrar uma plethora de exemplos. O caos e os elementos estavam então musicalmente na moda. Michel-Richard de Delalande e André Cardinal (Destouches) foram talvez os primeiros com a ópera-ballet "Les Éléments" composta a quatro mãos, primeiro para a corte (1721) e quatro anos depois para a Académie Royale de Musique. Mas o exemplo mais notável é o bailado "Les Eléments" (1737), de Jean-Féry Rebel, que começa com a primeira dissonância da história da música. É também o primeiro cacho (*cluster*) de notas avulsas. O propósito de Rebel era descrever "aquela confusão que reinava entre os elementos antes do momento em que, sujeitos a leis invariáveis, eles tomaram os seus lugares na ordem natural das coisas". Para a representação do caos, "atrevi-me a ligar a ideia da confusão dos elementos à confusão das harmonias. Arrisquei a fazer ouvir primeiro todos os sons juntos, ou melhor todas as notas da oitava [escala de ré menor] unidas num único som". O acorde soa a um tabuleiro de talheres a cair ao chão... Aos poucos, os elementos desembaraçam-se e conseguimos reconhecer a terra nas notas pulsantes do baixo contínuo, a água fluindo nas frases da flauta, o ar nos trilos e pausas do piccolo e o fogo na música espevitada dos violinos. Não há muito tempo (2009) houve uma interessante interpretação coreográfica da obra de Rebel pelo bailarino Juan Kruz Díaz de Garaio Esnaola, na qual o intérprete, após grandes esforços e contorsões, vomita uma pedra. Um eco da cosmologia dos Boshongos?

Jean-Philippe Rameau também arriscou uma música ex-cêntrica e algo desconjuntada ao abordar o desembrulhar do caos e a libertação dos elementos na abertura da ópera "Zaïs" (1748), cujo protagonista é o espírito do ar. Na abertura, Oramasès, o rei dos génios, acorda os vários espíritos elementares. Meio século depois, Joseph Haydn inspirar-se-ia em Rebel para a 'representação do caos' no início da sua oratória "Die Schöpfung" (A Criação, 1798). O curioso é que encontro semelhanças entre esta concepção de um caos original que se resolve nos quatro elementos e a ideia

hoje universalmente aceite do Big Bang. Imaginem um ponto de densidade infinita. O Universo nasceu há cerca de 13,8 biliões de anos com essa explosão, e em 1964 Arno Penzias e Robert Wilson descobriram a Radiação Cósmica de Fundo (micro-ondas) – o eco visual do Big Bang, a 'face de Caos', a mais antiga luz que alguma vez poderemos ver, emitida 380 000 anos após o Big Bang, quando o Universo se tornou suficientemente transparente para os fotões de luz poderem viajar livremente pelo espaço. O mapa, sobejamente conhecido, com as suas variações de densidade e uma temperatura média de 2,7 K, é tão belo como uma pintura coeva abstracto-expressionista. Saliente-se que 380 000 anos não é nada na vida do Universo. Se este tivesse nascido há um ano, corresponderia a apenas 0,87 segundos de vida.

### 3. A IMPORTÂNCIA DOS GASES

No princípio do século XVII, o belga Joan Baptista van Helmont teve a ideia genial de associar o caos aos gases (Figura 2). Descobriu o dióxido de carbono – que provou ser distinto do ar – estudou e caracterizou mais de uma dúzia de gases e inventou a palavra **gás**, cuja raiz grega é a mesma de caos. Van Helmont é também um pioneiro, por outras e variadas razões, nomeadamente pela ideia da conservação da matéria e pela concretização da famosa experiência do salgueiro que pretendia demonstrar que a matéria vegetal era apenas feita de água. Aliás, acreditava que havia apenas dois elementos: água e ar.



Figura 2 – Joan Baptista van Helmont (1579-1644)

Seria a invenção da bomba de vácuo e o desenvolvimento das técnicas do estudo dos gases no século XVII – por Robert Boyle e pelo seu assistente Robert Hooke – que permitiriam a descoberta do oxigénio no século seguinte e a revolução química operada por Antoine Lavoisier, o filho da química.

Sem saber, van Helmont tinha razão: na ausência de outras forças, o movimento das moléculas dos gases é completamente caótico (aleatório). A liberdade sem regras dá nisto: anarquia completa. Quando a confusão é grande, recorremos às médias e à estatística (nem sempre com as melhores intenções). À temperatura ambiente, a velocidade média das moléculas do ar (oxigénio e nitrogénio) é da ordem das centenas de metros por segundo, isto é, mais de mil quilómetros por hora (a velocidade de um avião). (O caos tem a violência impressa na sua matriz.) Falar em velocidade média das moléculas é falar de energia cinética média que é uma medida da temperatura. Assim nasceu a teoria cinética dos gases (TCG). Em dias de calor, as moléculas movimentam-se mais depressa, mas não o sentimos na cara porque o fazem em todas as direcções; se o movimento fosse organizado num vento, sentiríamos uma baforada refrescante. Einstein baseou-se na TCG para perceber e estudar o movimento browniano (1905), descoberto por Robert Brown em 1827 ao observar ao microscópio o movimento desordenado de grãos de pólen suspensos na água (empurrados pelo movimento das moléculas invisíveis da água). Parecia que estavam vivos!

Após vários pioneiros no século XVIII (o suíço Daniel Bernoulli, etc.), quem fechou a cúpula da teoria cinética dos gases foi o físico austríaco Ludwig Boltzmann. Fê-lo no último quartel do século XIX, quando para muitos e bons cientistas os átomos e as moléculas não eram reais – apenas figmentos da imaginação de filósofos delirantes. Foi também Boltzmann quem nos legou uma interpretação estatística da entropia, a propriedade que mede caos. Fê-lo através de uma equação universal (importante também na teoria da informação), que por ironia ficou gravada no seu túmulo, em Viena (Figura 3). A entropia (caos) aumenta com a temperatura e torna-nos menos organizados e produtivos. Amargurado e deprimido pela recusa de muitos colegas em aceitar as suas ideias, Boltzmann acabou por se suicidar em 1906 por enforcamento.



Figura 3 – Túmulo de Ludwig Boltzmann no Cemitério Central de Viena

#### 4. TURNER E AS BORBOLETAS

Enquanto os cientistas procuravam lidar com o caos e metê-lo na ordem através da estatística, os artistas românticos aproveitavam-no como fonte de inspiração. A teorização do sublime das emoções fortes, feita por Edmund Burke num famoso ensaio publicado em 1757, só veio espezinhar a imaginação. Associe-se o belo ao perigoso e temos uma combinação quase letal. O meu próximo exemplo vem da pintura. Pego na palavra do historiador Simon Schama que chamou a J. M. W. Turner o pintor do caos. Já sabíamos que Turner era o pintor da luz e da cor, o pintor dos elementos, o pintor da continuidade dos estados líquido e gasoso. Onde está o horizonte no "Pôr-de-Sol sobre um lago", pintado em 1840 (Figura 4)?



Figura 4 – J. M. W. TURNER, Pôr-de-Sol sobre um lago, 1840

O curioso é que a pintura de Turner inspirou muito boa ciência no século XX. Mitchell Feigenbaum, um dos pais-fundadores da teoria do caos nos anos 1970, confessou que a análise dos quadros de Turner lhe proporcionou muitas ideias para a solução dos problemas de turbulência (e outros, não-lineares) que lhe interessavam. As técnicas de pincelada de Turner exibem fractais e arremedos de conjuntos de (Benoît) Mandelbrot! Para Feigenbaum, "O que os artistas têm feito é perceber que há poucas coisas importantes, e ir à procura delas" Outra frase lapidar de Feigenbaum: "A arte é, de certo modo, uma teoria acerca da maneira como os seres humanos vêem o mundo". Nada que Shakespeare não soubesse. Não recomendara Hamlet – no discurso à trupe itinerante de actores – que, para maior verdade de comunicação, erguessem o espelho e o virassem para a natureza? Não admira que James Gleick tenha escolhido a figura excêntrica e romântica de Feigenbaum – um homem de bonita cabeleira branca à Einstein – para protagonista do Prólogo do seu *bestseller* "Chaos - The Making of a New Science" (1987). Sim, o estudo das condições, princípios ou leis que regulam o caos era/é uma nova ciência: não-linear, imprevisível, complexa, integradora, multidisciplinar. Uma nuvem é mais interessante do que uma galáxia! Depois da ultra-especialização induzida pela construção da bomba atômica nos anos 1940, com o caos e a complexidade a ciência regressava à norma da multidisciplinaridade. Porque o caos está em todo o lado:

na matemática, física, química, biologia, engenharias, arquitectura, economia, sociologia, planeamento urbano, política, etc. Cientistas do caos de todo o mundo, uni-vos!

Sabemos que os (quatro) elementos podem libertar quantidades imensas de energia e gerar situações e estados caóticos – em sentido real e figurado – como acontece nos terremotos, *tsunamis*, tornados e incêndios. Por exemplo, o tornado que em 2011 assolou Joplin, no Missouri (EUA), matou mais de 150 pessoas e destruiu milhares de casas (Figura 5).



Figura 5 – Joplin, Missouri (Tornado), 2011

Meu Deus! Onde terá isto começado? Terá sido o proverbial bater das asas de uma borboleta no Brasil? Em 1963 Edward Lorenz (outro pioneiro do caos) propôs um modelo matemático simplificado para o estudo da convecção atmosférica, tendo depois verificado que as soluções se tornam caóticas para certas condições iniciais, certos valores dos parâmetros das equações. Assim nasceu o belo atrator de Lorenz que mais parece uma borboleta (Figura 6).



Figura 6 – Atrator de Lorenz

#### 5. A FRAGMENTAÇÃO DO ESPAÇO-TEMPO

A fragmentação (atomização) conduz ao caos. Lembro-me dum filme genial de Howard Hawks, estreado em 1938 (o

ano em que eu nasci), "Bringing Up Baby" (Duas Feras). Pouco importa que o *baby* do título seja um leopardo (um dos animais vomitados pelo deus Bumba). É a história de um paleontólogo (David), nas vésperas do casamento, a contas com o projecto da sua vida: a reconstituição do esqueleto de um *Brontosaurus*; só lhe falta encontrar a clavícula intercostal. Até que entra em cena uma herdeira estouvada (Susan) com o osso perdido (que fora enterrado pelo cão). O resto fica a cargo da arte e do *timing* consumados de Gary Grant e de Katharine Hepburn. E tudo se resolve com o desmoronar do esqueleto já montado...

Na pintura, a fragmentação das pinceladas surge com o impressionismo e o pós-impressionismo (pontilismo, etc.). Não admira que, à época, a pintura impressionista tenha sido recebida com comentários de escárnio e de mal-dizer. Mas penso que perceberão porque é que Vincent van Gogh foi outro pintor turbulento muito admirado por Feigenbaum (Figura 7). Os grandes artistas sabem coisas que os melhores cientistas desconhecem.

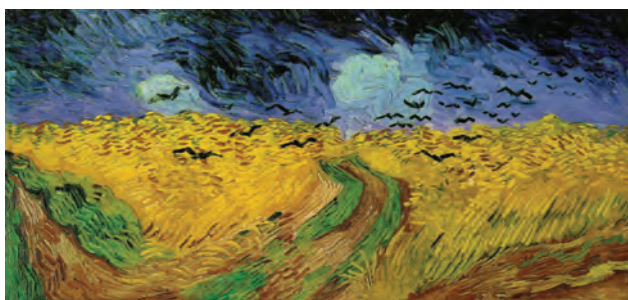


Figura 7 – VAN GOGH, Campo de trigo com corvos, 1890

O poeta dos sons e da gramática quebrada é Stéphane Mallarmé, que revolucionou a sintaxe jogando com o ritmo sonoro do verso, transpondo palavras e omitindo elementos gramaticais. Na música, o pioneiro do caos foi Richard Wagner, com o célebre acorde do "Tristão" (1859). A escala é cromática: não bastam os tons, são precisos também os meios-tons (os sustenidos e os bemóis); e os silêncios. Com a escala partida em pedaços, a música nunca mais será a mesma. Daqui ao atonalismo e ao dodecafonismo serial serão uns meros passos. O acorde do "Tristão e Isolda" é um acorde não-resolvido, capaz de produzir ansiedade – uma bela metáfora para o amor impossível dos protagonistas (que só terá solução nessa voluptuosidade suprema que é a morte, com o *Liebestod*). Haverá coisa mais caótica do que a paixão?

## 6. O ZEITGEIST DOS ANOS 1950

Nos anos 1950 e 60 todas as artes – e as ciências, também – convergiram no caos. Seria o *Zeitgeist*, esse Espírito dos Tempos? Creio que se trata de uma situação única na história do conhecimento. Chamem-lhe uma reacção à Guerra Mundial de 1939-45, mas os anos 1950 foram também os do "You have never had it so good" (Nunca estiveram tão bem), nas palavras do primeiro-ministro britânico, Harold Macmillan, em 1957. O que aconteceu? Nas artes desapareceram a lógica linear, a hierarquia do espaço e o fluxo temporal. Até então sentíamo-nos confortáveis e prote-

gidos: a pintura tinha um tema e um centro; a narrativa, um princípio, um meio e um fim. Quando olhamos para a "Mona Lisa" o centro está no sorriso e não na paisagem imaginária; quando ouvimos um andamento de uma sinfonia de Beethoven, sentimos que percorremos um caminho e sabemos quando chegamos ao destino e apetece dar palmas. De certo modo o que aconteceu no pós-Guerra correspondeu a uma democratização dos sons, das palavras e das pinceladas; infelizmente o povo fugiu em debandada. Começou o grande divórcio entre o público e a arte contemporânea. Nas ciências, porém, reconheceu-se a utilidade dos métodos aleatórios (*random walk*, Monte Carlo, etc.) na solução de problemas complexos.

Nas artes – e aqui incluo a literatura, a música, a pintura, as artes performativas – as metodologias foram as mais variadas: a improvisação, o acaso, a colagem desordenada e a suspensão do tempo. A divisão clássica, devida a Gotthold Lessing, em artes do espaço e artes do tempo (no "Laocoonte", um ensaio sobre os limites da pintura e da poesia, publicado em 1766), deixou de fazer sentido. Agora a metodologia prevalecia sobre o resultado. Jackson Pollock saltava para dentro da tela e borrifava-a com tinta (Figura 8).



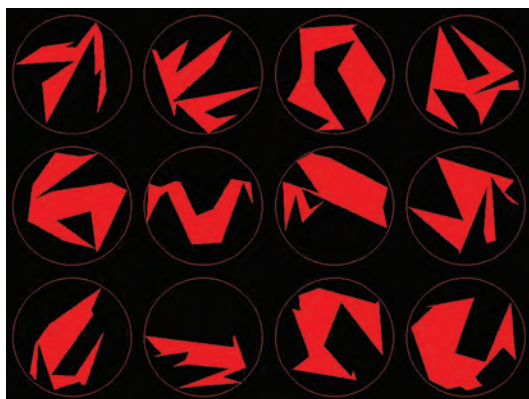
Figura 8 – HANS NAMUTH, Jackson Pollock a pintar 1950

O quadro deixava de ter um centro e um tema e todos os dm<sup>2</sup> eram democraticamente equivalentes. A maneira como fora criada a pintura era a sua mais-valia. Em 1958, William S. Burroughs e Brion Gysin redescobriram uma técnica *Dada* de escrita. A receita era: "Pegue numa página mais ou menos de sua autoria, ou de qualquer escritor, vivo ou morto. Corte-a em várias tiras com uma tesoura ou lâmina, conforme quiser, e reorganize as várias secções. Sem olhar para elas. Depois reescreva o resultado". Foi assim que apareceu o seminal "The Naked Lunch" (1959).

No "Pli selon Pli" (Prega sobre Prega) de Pierre Boulez – uma peça em cinco andamentos, começada em 1957, sobre

poemas de Mallarmé – a música é muito bem construída mas não evolui. Por exemplo, no segundo andamento ('Le vierge, le vivace et le bel aujourd'hui') a linha vocal vagueia como o movimento browniano. O poema, abstracto, não narra uma história; apenas evoca situações e emoções. Boulez, por seu turno, encontrou os equivalentes tímbricos (flauta, clarinete, trompa, harpa, celesta, violeta, percussão, etc.) que lhe permitiram criar um universo de sonoridades novas. Devo dizer que por detrás desta música está uma rigorosa metodologia de composição. Só resta acrescentar que na música e literatura, nas artes visuais e performativas é John Cage o pioneiro de todos os modos mais ou menos aleatórios de pensar e criar. Na "Lição sobre Nada" (1949) afirmou: "Não precisamos de destruir o passado. Já desapareceu". E também: "Não tenho nada para dizer / Já o disse / E isso é poesia".

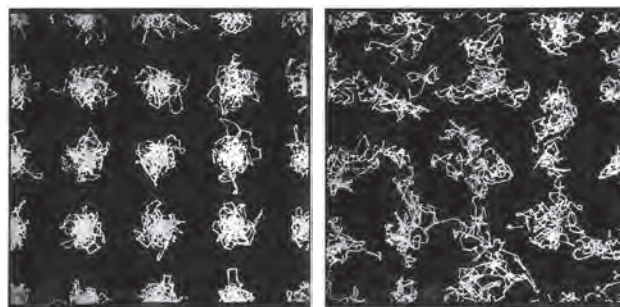
Passando às ciências moles e duras gostaria de começar com os polígonos aleatórios (convexos e côncavos) desenvolvidos por Fred Attneave e seus colegas em estudos de percepção visual nos anos 1950 (Figura 9). Em vez de recorrer a objectos reconhecíveis, Attneave construiu polígonos onde o comprimento e a direcção de cada lado eram determinados por métodos aleatórios. Não são muito diferentes dos coloridos recortes geométricos criados por Matisse na última década da sua vida (morreu em 1954).



**Figura 9** – FRED ATTNEAVE + MALCOLM ARNOULT, Conjunto de polígonos aleatórios, 1956

O meu último exemplo é-me particularmente querido, pois foi determinante na evolução da minha carreira como investigador. Aprendi-o quando estava a preparar o meu doutoramento em Oxford. Com a nova geração de computadores de alta velocidade tornava-se possível estudar estatisticamente o comportamento de sistemas de moléculas esféricas, por exemplo as dos gases raros, árgon e cripton. O modelo mais simples era assimilá-las a esferas rígidas (como bolas de bilhar), sem forças atractivas mas com forças repulsivas infinitas quando se tocavam. Os métodos de cálculo mais expeditos eram os de Monte Carlo (aleatório) e/ou Dinâmica Molecular (aplicando as leis do movimento de Newton). O grande pioneiro destes métodos no final dos anos 1950 foi Berni Alder (com Thomas Wainwright) – o fundador da Simulação Molecular, o terceiro pilar da solução de problemas científicos (a juntar à teoria e à experiência). Foi assim que se chegou à conclusão de que o fenómeno da fusão (passagem do estado sólido ao estado

líquido/fluido) depende apenas das forças repulsivas (Figura 10). Na imagem da esquerda vêem-se os movimentos das partículas (moléculas) em torno das posições regulares, bem definidas, do sólido; na da direita, a uma temperatura mais elevada, as partículas já vagueiam livremente de uma posição para outra (fluido).



**Figura 10** – Trajectórias das partículas nas simulações moleculares de Alder e Wainwright: sólido (esq.) e fluido (dir.), 1960

Se é verdade que o binómio de Newton é tão belo como a Vénus de Milo (o que é há é pouca gente para dar por isso) – como afirmou Álvaro de Campos – então arrisco afirmar que estes resultados de Alder e colaboradores são tão belos como as pinturas de Pollock e de outros artistas abstracto-expressionistas, que valem centenas de milhões de dólares.

A boa notícia é que Berni Alder está vivo e activo aos 91 anos. Tanto quanto sei, continua a ir duas tardes por semana ao Lawrence Livermore National Laboratory, na Califórnia. Judeu, nascido na Alemanha, a família emigrou para a Suíça em 1932 (por razões óbvias). Em 1941, aos dezasseis anos, Berni fugiu da Suíça num comboio selado, atravessou a França ocupada pelos Nazis e veio para Portugal, de onde embarcou para os EUA. O resto faz parte da História da Ciência, e aqui o temos em 2009 a receber a Medalha Nacional da Ciência das mãos do Presidente Obama (Figura 11).



**Figura 11** – Berni Alder recebendo a *National Medal of Science*, 2009

Shakespeare é que sabia tudo. Neste ano em que se comemoram os 400 anos da sua morte, termino com a fala de Edgar no final do "Rei Lear" (na tradução de Álvaro Cunhal): "Temos de obedecer à corrente destes tristes tempos; dizer o que sentimos, não o que deveríamos dizer; os mais velhos suportaram o pior; nós, que somos jovens, não veremos tantas coisas, nem viveremos tanto". Sim, os tempos são tristes e perigosos e temos de enfrentar o caos ao virar da esquina.