



ARTIGOS - ARTICLES

O Princípio da Eúritmia nas Ciências Sociais e Humanas

Paulo Castro

Doutor em Filosofia - Grupo de Filosofia das Ciências da Natureza – Universidade de Lisboa
jpcastro@fc.ul.pt

Recebido em 16/05/2016. Aprovado em 03/07/2016.

Como citar este artigo: Castro, Paulo. “O Princípio da Eúritmia nas Ciências Sociais e Humanas”. *Intelligere, Revista de História Intelectual*, São Paulo, v. 3, n 1 [4], p. 99-116. 2017. ISSN 2447-9020. Disponível em <<http://revistas.usp.br/revistaintelligere>>. Acesso em dd/mm/aaaa.

Resumo: O Princípio da Eúritmia é a afirmação de que os entes na natureza adoptam preferencialmente os comportamentos que preservam a sua integridade estrutural, estendendo a sua existência. Formulado no contexto de uma física não linear como alternativa ao paradigma de Niels Bohr, o Princípio surge como um dos desenvolvimentos fundamentais a partir das ideias de Louis de Broglie, no âmbito da chamada Escola de Lisboa. Reflecte-se sobre os conceitos de «Princípio», «Lei da Natureza» e «Emergência», tendo como objectivo estender o paradigma Eúritmico às Ciências Sociais e Humanas. Propõe-se um processo dinâmico descrevendo as escolhas de um agente social de acordo com uma instanciação possível do Princípio. Usando uma simulação computacional desse processo, estudam-se os comportamentos de dois agentes sociais em interacção com o meio, entre si e com a totalidade do sistema que compõem. Define-se autómato não linear como conceito operativo fundamental no entendimento dos fenómenos de Emergência.

Palavras-chave: Princípio da Eúritmia, Física Quântica não Linear, Lei Natural, Emergência, Escolha, Autómato não Linear, Ciências Sociais e Humanas.

The Principle of Eurhythmia applied to the Social Sciences.

Abstract: The Principle of Eurhythmia states that entities in nature will adopt those behaviors promoting their structural stability, thus making it possible for the entities to prevail in time. Appearing in the framework of a non linear quantum theory, from the ideas of Louis de Broglie and as alternative to Bohr's complementary, the Principle was first formulated in the so called School of Lisbon. From first ideas leading to Eurhythmia, the concepts of «Principle», «Natural Law» and «Emergence» will be theorized, as way to extend the eurhythmic paradigm to the Social Sciences. A dynamical process describing the decisions of a social agent will be proposed, instantiating a possible application of the Principle of Eurhythmia. Using a computer simulation of that same process, the behaviors of two social agents are studied, interacting with an external medium, between themselves and with the system they are part of. The non linear automata is presented as a key concept for understanding Emergence in nature.

Keywords: Principle of Eurhythmia, non linear Quantum Physics, Natural Law, Emergence, decision, Non Linear Automata, Social Sciences.

Louis de Broglie, a Escola de Lisboa e o Princípio da Eritmia

Em 1927, o físico francês Louis de Broglie introduziu o conceito de onda piloto como forma de conciliar os dois aspectos antagónicos, corpuscular e ondulatório, que o comportamento atómico exhibe experimentalmente ¹. Na «teoria da dupla solução» todo o sistema atómico seria constituído por um objecto de proporções finitas, movendo-se no seio de uma onda, ocupando uma região mais extensa. O objecto mover-se-ia de tal forma que a sua velocidade dependeria deterministicamente da fase angular da onda que, então, actuará como a sua «onda piloto». Esta conteria potencialmente o conjunto total das trajectórias possíveis de todos os objectos atómicos idênticos.

Em virtude deste facto, tornava-se assim possível estabelecer uma descrição estatística ondulatória de qualquer objecto atómico cuja posição inicial fosse desconhecida, em conformidade com o formalismo concorrente de Niels Bohr. A função que define o movimento de cada corpúsculo e aquela outra definindo a densidade das posições médias de um conjunto de corpúsculos idênticos, são formalmente análogas. Sendo, portanto, soluções equivalentes da mesma equação diferencial, facto que motivaria a expressão «dupla solução» usada por de Broglie.

Que o movimento de um objecto depende sempre da sua onda piloto deveria substituir a primeira lei de Newton «de que todo o corpo continuará em repouso ou em movimento uniforme, a menos que sobre ele se exerçam forças externas». O postulado newtoniano seria, conseqüentemente, um caso particular do enunciado anterior, a que de Broglie chamou «Princípio de Guidage».

A teoria da dupla solução, no entanto, não seria adoptada pela comunidade científica da época ². No decurso da segunda metade do século XX, o formalismo da chamada Escola de Copenhaga seria amplamente aceite como o paradigma oficial da física atómica. Qualquer ideia impregnada do realismo de brogliano seria considerada incompatível com a complementaridade mágica de Bohr. Usando, ainda hoje, em sua defesa, o emaranhamento quântico, alternativamente explicável recorrendo a sinais superlumínicos ³ ou o efeito de túnel, também explicável usando sinais mais rápidos do que a luz ⁴ ou adequado a qualquer descrição física que abdicar do espaço e do tempo como categorias fundamentais no entendimento dos fenómenos físicos ⁵.

Partindo das ideias de de Broglie, em 2003, o físico português José Croca ⁶ desenvolve as bases de uma Física quântica não linear ⁷. Introduce uma alteração importante. Substitui a onda infinita de Fourier, ubíqua no formalismo quântico ortodoxo, por uma onduleta de Morlet, uma perturbação periódica centrada em torno de um ápice ou acron e de extensão e duração finitas. Esta alteração permite-lhe relativizar as relações de incerteza de Heisenberg, tornando-as um caso particular de outras mais gerais ⁸. Ultrapassando-se, assim, as impossibilidades formais colocadas

¹ Louis de Broglie, “La mécanique ondulatoire et la structure atomique de la matière et du rayonnement” em *Le Journal de Physique et le Radium* (6), 8, 225–41, (Paris: 1927).

² Guido Bacciagaluppi e Antony Valentini, *Quantum Theory at the Crossroads: Reconsidering the 1927 Solvay Conference*. (Reprint edition) (New York: Cambridge University Press, 2013).

³ Ruyong Wang, Yi Zheng e Aiping Yao, “Generalized Sagnac Effect”. *Physical Review Letters* 93, n. 14 (27 de Setembro de 2004).

⁴ G. Nimtz e A. Stahlhofen, “Macroscopic violation of special relativity”, *arXiv:0708.0681 [quant-ph]*, 5 de Agosto de 2007, <http://arxiv.org/abs/0708.0681>, [acessado em 14 de Maio, 2016]

⁵ José croca, Pedro Alves e Mário Gatta (editores), *Space, Time and Becoming* (Lisbon: Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, 2013).

⁶ José Croca foi doutorando de João Andrade e Silva que, por sua vez, defendeu doutoramento sob a orientação do físico francês, durante os anos sessenta.

⁷ José Croca, *Towards a Nonlinear Quantum Physics* (World Scientific Series in Contemporary Chemical Physics. WORLD SCIENTIFIC, 2002).

⁸ José Croca, “Beyond Heisenberg’s Uncertainty Limits” em *Gravitation and Cosmology: From the Hubble Radius to the Planck Scale: Proceedings of a Symposium in Honour of the 80th Birthday of Jean-Pierre Vigié* (Springer Science & Business Media, 2006).

pela teoria quântica de Bohr ao realismo quântico e à existência física de uma onda quântica ⁹. Alguns anos mais tarde, juntamente com os físicos Rui Moreira, Amaro Rica da Silva e um grupo alargado de outros cientistas e pensadores ¹⁰, fundará a Escola de Lisboa, reivindicando uma nova visão sobre a *Physis* ¹¹, sobre a realidade física.

Abandonando os conceitos de campo e forças externas apriorísticas e de interação bruta por contacto, o Grupo propõe a ideia de em todas as escalas da natureza os sistemas cooperam entre si, formando estruturas maiores com o propósito de estenderem o seu tempo médio de permanência. É o que Croca denomina «Princípio da Euritmia» ¹² e que deverá generalizar o Princípio de Guidage de brogliano.

O Princípio da Euritmia parte da hipótese de que qualquer sistema é formado por uma zona intensa, o acron, provido de uma estrutura interna complexa e de uma zona extensa, finita, a sua onda theta, uma perturbação espaço-temporal periódica numa substância ubíqua que o Grupo identifica como um «meio sub-quântico».

O acron existindo e, portanto, assumindo comportamentos, gera a sua onda theta, que se estende progressivamente no meio ambiente. Interactua com outras ondas theta e, devolvendo informação ao seu próprio acron, condiciona o tipo e número dos comportamentos futuros da partícula. O acron, na qualidade de um ápice estrutural e energético, é assim capaz de processar informação e de executar manobras com base na estrutura da sua onda theta. Uma ideia tentadoramente generalizável a outros tipos de sistemas na natureza.

No caso dos sistemas físicos e seguindo Croca, o acron tenderá a seguir os trajectos de maior intensidade na onda theta, preservando no entanto a possibilidade de seguir outros. Uma aleatoriedade comportamental intrínseca que, a outros níveis de descrição, se poderia identificar com a expressão de livre arbítrio. A probabilidade de que um acron percorra certo caminho na onda theta será tecnicamente proporcional à soma das intensidades da onda, ao longo desse caminho. E estes serão para Croca também os caminhos eurítmicos, aqueles por terem sido seguidos, estenderam o tempo de vida da partícula.

O Princípio da Euritmia, formulado na sua versão original, corresponderá então à afirmação de que um corpúsculo segue os trajectos estocásticos de maior intensidade da sua onda theta, maximizando a estabilidade do acron. Croca justifica a relação entre essa estabilidade e as regiões de maior intensidade da onda theta, propondo que é justamente naquelas que o acron retira do meio sub-quântico a energia necessária à sua auto-sustentação. Juntamente com a

⁹ Bohr via nas relações de Heisenberg a demonstração formal do dualismo quântico, a aceção modernamente aceite de que um objecto atómico só existe quando é observado, correspondendo esse acto ao colapso da chamada onda psi. Um instrumento conceptual que, para Bohr, descrevia estatisticamente o estado de conhecimento do observador sobre o mundo, apesar de tudo se passar como se essa onda interferisse e difractasse com objectos macroscópicos materiais, dispostos experimentalmente.

As relações de Croca possibilitam um refinamento da incerteza com que a posição e o momento linear de uma partícula podem ser simultaneamente conhecidos, autorizando a existência de valores fraccionários da constante de Planck. Esvaziavam assim o argumentário fundamental (e fantasista) de Bohr e da Escola de Copenhaga e explicam o funcionamento dos microscópios de efeito de túnel, cuja eficiência, comprovada experimentalmente, está para além e em desacordo com as relações de incerteza de Heisenberg.

¹⁰ Permanecendo livres para apoiar entusiasticamente ou criticar severamente as ideias propanadas pela Escola de Lisboa, e sem que isso afectasse o relacionamento humano, a colaboração estendia-se a Eduardo Chitas, Mário Gatta, Alexandre Croca, Manuela Silva, Gildo Magalhães, Pedro Alves, Ricardo Salomão, João Araújo, Andrea Mazzola, Paulo Neves, João Cordovil, Gil Costa, António Cardoso, Filipe Pamplona, Paulo Castro e a uma dezena de outras pessoas, com formações e interesses diversos. A Escola de Lisboa tornou-se assim uma corrente de pensamento desde logo pautada pelo respeito mútuo e pela interdisciplinaridade.

¹¹ José Croca e E.F. Araújo (editores), *A New Vision on Physis, Eurhythm, Emergence and Nonlinearity* (Lisbon: Center for Philosophy of Science, University of Lisbon, 2010).

¹² *Euritmia*, palavra formada pelos étimos gregos *eu*, significando «bom» e *rythmos*, significando «ritmo», expressa a ideia de que na natureza há padrões, acções específicas cuja repetição maximiza a estabilidade estrutural e temporal dos entes em concertação.

economista Manuela Silva, falará de emergência do acron a partir desse meio primordial, altamente energético e maximamente desordenado, equiparado por Rui Moreira ao *Apeiron* de Anaximandro.

A Escola de Lisboa falará de efeitos não lineares no processo de emergência acrónico, como se de uma auto-ressonância se tratasse. Falará ainda de interacções não lineares entre sistemas componentes, permitindo a emergência de estruturas com novas propriedades, causalmente irreduzíveis às propriedades dos sistemas componentes. Uma divergência factual em relação ao discurso cartesiano. Especificamente, a recusa da ideia de que sistemas em interacção mantêm inalterado o seu repertório de propriedades. A adopção da ideia contrária, de que interacção é enriquecimento para além da individualidade original.

O léxico ontológico de Croca e seus apoiantes compreende, assim, «emergência», «não-linearidade» e «euritmia» como os pilares conceptuais fundamentais de uma nova visão sobre a natureza em constante reinvenção e cooperação. Uma natureza que procura permanentemente a adequação, substituindo preceito da sobrevivência dos mais aptos pela sobrevivência dos mais adaptáveis em cooperação. Processo inteligente que respeita a alteridade das estruturas e a diversidade dos comportamentos. O fundamento para uma física da cooperação, a que Croca chamará em obra posterior, a «Física eurítmica ou hiperfísica»¹³.

Princípio, Lei da Natureza e Emergência

A partir do início de 2015 tornou-se claro para mim que a física eurítmica poderia ser parte de um discurso mais geral sobre o mundo. Uma narrativa intelectual extensível a outras disciplinas científicas, em particular, às ciências sociais e humanas. Aquilo a que se poderia chamar uma filosofia natural eurítmica¹⁴.

Nessa altura colocaram-se-me os primeiros problemas de uma aventura epistemológica desta envergadura. Já em 1927, Louis de Broglie não precisara a origem e tangibilidade da onda de fases. Nomeadamente, o meio sobre o qual a onda vibra e através de que processo físico actua sobre a partícula. Permaneceu também misterioso o motivo pelo qual o conjunto de comportamentos de uma partícula se encontraria codificado num fenómeno ondulatório, produzido pelo próprio objecto. Algo conceptualmente próximo da substanciação física de uma «lei da natureza», que a metafísica ortodoxa dispensara.

No contexto do primeiro problema, um transporte conceptual directo da onda theta, oscilando num meio subquântico, para a esfera das interacções humanas parecia algo forçado. Seres humanos não parecem perseguir os pontos de maior intensidade da onda que os seus corpos geram. A transposição interdisciplinar do paradigma eurítmico para o cenário social exigiria maior subtilidade.

A segunda dificuldade parecia indicar caminho para uma mudança de atitude filosófica sobre a realidade. A codificação dos comportamentos de um objecto numa perturbação do meio, perdurando durante certo tempo, indicava a possibilidade de uma memória estrutural na história de qualquer sistema, condicionando a sua evolução futura. Uma ideia familiar às discussões antropológicas sobre memória e identidade.

¹³ José Croca, *Eurhythmic Physics or Hyperphysics* (Saarbrücken: LAP Lambert Academic Publishing, 2015).

¹⁴ A este respeito ver também J.R. Croca, *The principle of eurhythmia a key to the unity of physics*, in *Special Sciences and the Unity of Sciences*, Eds. Pombo, O.; Torres, J.M.; Symons, J.; Rahman, S. (Eds.), Springer, 2012.

Além disso, a perturbação no meio e respectivo feedback ao acron poderia ser vista como uma acção sensoria sobre as entidades na vizinhança da entidade emissora. Reportando para a ideia de comunicação, um conceito transversal às ciências sociais.

Epistemologicamente, a ideia de uma memória comportamental, inerente aos sistemas, uma mudança radical que eu estava disposto a aceitar. Substituir o conceito de lei da natureza, aprioristicamente dada, imutável e ubíqua, pela ideia de que todas as regularidades são o resultado de processos emergentes, a partir estados anteriores menos ordenados. Processos agenciados pelos próprios objectos reconhecíveis no mundo.

A ideia de que as «leis da natureza» resultam *a posteriori* de processos evolutivos, “vividoss” por objectos que actuam em cooperação para maximizar a perpetuação global da “comunidade”. De que o objecto é a sua própria lei. A sua estrutura codifica mnemonicamente os seus comportamentos futuros a partir daqueles passados, com margem para a mudança, se o sistema assim “quiser”, gerando novos comportamentos.

Esta acepção epistemológica sobre o funcionamento interno da natureza poderia ser aplicada a um conjunto vasto de fenómenos humanos. Generalizava também a combinatória dos casos “perfeitos” descritos experimentalmente nos manuais de física. Enriquecendo-a com os casos não ideais, habitualmente justificados pela existência de ruído fenomenológico, perturbando a instanciação no mundo da lei “pura”.

Finalmente, permitiria pelo menos antever a possibilidade de uma descrição epistemologicamente unificada dos fenómenos complexos, onde parece ocorrer emergência de novas propriedades em sistemas compostos.

Os conceitos antinómicos de «lei» e de «emergência», por outro lado, pareciam conciliáveis através do conceito de «Princípio» que considerei epistemologicamente anterior ao de «lei». Com esse objectivo em mente, procedi à formulação das definições de Princípio, Lei e Emergência.

Por «Princípio da natureza ou sobre a natureza» entendi tratar-se de uma afirmação genérica sobre o comportamento das coisas, enunciável para a maioria dos casos observáveis, tendo duas formas possíveis: consistindo numa declaração sumária que as qualifica de forma genérica ou num enunciado envolvendo uma condição inicial genérica, uma condição final genérica e a descrição de um processo causal genérico conectando as condições dadas. Esse processo podendo, por vezes, ser interpretado como a “realização” ou “resolução” de um *teleos* ou objectivo.

Um exemplo seria o que se poderia reconhecer como um Princípio de finitude, o de que todas as coisas e processos na natureza são finitos. Outro ainda, seria a afirmação de que todos os sistemas compreendem uma parte intensa, denominada acron, e outra extensa, chamada onda theta. Dois enunciados de qualificação genérica. Outro exemplo seria o Princípio da Eiritmia, enunciado de forma genérica, afirmando que todos os objectos na natureza tendem a adoptar comportamentos conducentes à sua perpetuação. Declaração que, na sua versão forte, corresponderia a dizer que todos os objectos na natureza cooperam entre si de forma a perpetuar a sua existência.

Por «Lei da natureza» entendi ser uma afirmação sobre comportamentos na natureza descrevendo uma instanciação concreta de um ou mais Princípios da natureza. Uma descrição pormenorizada de como, em dado contexto, a natureza “realizou” ou “resolveu” o *teleos* expresso num Princípio ou substanciou estruturalmente uma qualidade genérica.

A formalização da dinâmica das interacções entre acron e onda theta ¹⁵ seria um exemplo de uma lei da natureza, instanciando o Princípio da Eritmia. As leis de Newton, deduzidas a partir das equações de Lagrange, outro exemplo, instanciando o Princípio da menor Acção adoptado na Mecânica clássica. Os casos de simbiose ou, mais geralmente, de concertação funcional e estrutural observável nos sistemas vivos outro exemplo ainda, como instanciação do Princípio da Eritmia.

Defini, por último, «Emergência» como o processo concreto, através do qual um conjunto de sistemas instanciam, temporal e espacialmente, a qualidade ou o *teleos* de um ou mais Princípios da Natureza. Devendo a história desse processo substanciar-se como uma memória na estrutura dos sistemas, condicionando (embora, não determinando) os seus comportamentos futuros. Algo próximo da acção da onda theta sobre o acron.

Como a estrutura resultante de qualquer sistema é, por hipótese, a memória comportamental do sistema, as respectivas propriedades, dependendo da estrutura, dependem, por conseguinte da história do sistema. E uma vez que a estrutura de um sistema é uma codificação das duas propriedades comportamentais, se essa estrutura for modificada – por exemplo, pela interacção com outro sistema, modificar-se-ão as propriedades do sistema alterado. Um caminho possível para a teorização da interacção não linear com emergência de novas propriedades.

Uma aplicação do Princípio da Eritmia nas Ciências Sociais e Humanas

Fazendo uso dos conceitos de Princípio, Lei e Emergência, associáveis a qualidade ou *teleos*; regularidade e processo, procedi à aplicação do esquema euritmico a uma situação simples do comportamento individual.

O Princípio da Eritmia seria, naturalmente, considerado válido para a esfera de acção humana. Porém, as regularidades observáveis (as leis da acção humana) não teriam nem de se confinar a movimentos, nem de permanecer invariáveis. O esquema euritmico adoptado, por outro lado, deveria ser suficientemente genérico para que pudesse ser aplicado ao maior número possível de situações sociais, permitindo observar a emergência de regularidades. Um esquema que reconhecesse um acron em cada pessoa e que permitisse definir uma estrutura conceptual periódica, uma onda theta abstracta, representando a codificação dos comportamentos do agente e também o modo como o seu passado condiciona comportamentos futuros. Pretender-se-ia, assim, uma instanciação possível do Princípio da Eritmia na esfera humana, tal como o transporte interdisciplinar dos conceitos de acron e de onda theta da física para as ciências sociais.

Comecei por assumir que os comportamentos típicos de um agente são, por um lado, aqueles que emergem da sua actividade passada e, por outro, aqueles que perpetuaram a existência do agente. Isto é, que qualquer história ao longo da qual um agente se perpetuou é formada pelas acções que se tenderão a repetir, de forma a garantir a viabilidade futura do agente. Como cenário genérico considere um agente social, prestes a executar uma acção de entre um conjunto de delas mutuamente exclusivas.

Defini como tendência de escolha de uma acção, por parte do agente, um número entre zero e um que dependeria do meio e das escolhas anteriores do agente. Mais exactamente, um valor dependendo da probabilidade laplaciana de ocorrência da acção (representando a pressão do meio) e do número de vezes que o agente escolhera a mesma acção no passado (representando o

¹⁵ Infelizmente, ainda por completar.

grau de condicionamento histórico). Uma ação seria tanto mais provável de vir a ser escolhida pelo agente, quanto maior fosse a respectiva tendência de escolha. Uma vez que as ações mais repetidas no passado correspondiam aos comportamentos que perpetuaram a existência do agente, este critério de escolha “resolveria” o Princípio da Eúritmia em qualquer situação em que um agente teria diante de si um conjunto de ações mutuamente exclusivas.

Para pôr à prova a utilidade destas ideias, construí uma simulação em Excel, envolvendo sete ¹⁶ ações possíveis ao longo de sessenta e três iterações ou ciclos de escolha. O valor T_j^i da tendência de escolha da ação A_j , por parte do agente, durante o ciclo de escolha i , obter-se-ia a partir da expressão:

$$T_j^i = P_j^i \oplus H_j^i \quad (1)$$

Denominada «soma especial», onde P_j^i é probabilidade laplaciana - o quociente entre o número de casos favoráveis e o número de casos possíveis - e H_j^i é o valor de condicionamento histórico da ação A_j , durante o ciclo de escolha i .

$$H_j^{i+1} = \frac{n_j^i + \alpha^{i+1}}{N^i + 1} \quad i = 0, \dots, m \in \mathbb{N} \quad N^0 = n_j^0 = 0 \quad H_j^0 = 0 \quad (2)$$

Na expressão anterior n_j^i é o número de vezes que a ação A_j foi escolhida pelo agente, ao longo dos N^i ciclos anteriores, tendo-se para o parâmetro α :

$$\alpha^{i+1} = \begin{cases} 1 & \text{se a ação } A_j \text{ tiver sido escolhida no ciclo } i + 1 \\ 0 & \text{em caso contrário} \end{cases} \quad (3)$$

A definição formal de soma especial é a seguinte ¹⁷:

$$\frac{a}{b} \oplus \frac{c}{d} = \frac{a + c}{b + d} \quad a, b, c, d \in \mathbb{N}_0 \quad a \leq b, c \leq d \quad bd \neq 0 \quad 1 = \frac{1}{1} \quad (4)$$

A interpretação da operação especial é a de que tendo ocorrido a eventos do tipo A num total de b ocorrências e ocorrido c eventos, do tipo A, num total de d ocorrências, então ocorreram $a + c$ eventos do tipo A num total de $b + d$ ocorrências.

São ainda válidas as seguintes propriedades:

¹⁶ O número de ações foi escolhido arbitrariamente.

¹⁷ Na programação em Excel, garantiu-se que o programa não reduzia as frações operadas na soma especial. Embora $2/4 = 1/2$, a soma especial de $2/4$ com $1/3$ é $3/7$, enquanto que a soma especial de $1/2$ com $1/3$ é $2/5$.

I. Autoriza-se a utilização da probabilidade laplaciana como parcela na soma especial, tal que existirem a casos favoráveis (do tipo A) num total b de casos possíveis é, por definição, o mesmo que afirmar que ocorreram a eventos (do tipo A) num total de b eventos.

II. A soma especial cumpre a seguinte igualdade ¹⁸:

$$\sum_{j=1}^n T_j^i = 1 \quad \forall i \in \mathbb{N}_0 \quad ; \quad \forall n \in \mathbb{N} \quad (5)$$

Para operacionalizar o critério de escolha do agente, em cada ciclo i , atribuiu-se a cada uma das acções A_j um intervalo de números reais, de acordo com o seguinte esquema:

À acção A_1 corresponde o intervalo $I_1^i = [0, T_1^i [$

À acção A_2 corresponde o intervalo $I_2^i = [T_1^i, T_1^i + T_2^i [$

(...)

À acção A_6 corresponde o intervalo $I_6^i = [\sum_{j=1}^5 T_j^i, \sum_{j=1}^6 T_j^i [$

À acção A_7 corresponde o intervalo $I_7^i = [\sum_{j=1}^6 T_j^i, 1]$

(6)

Para cada ciclo de escolha i foi gerado um número pseudo-aleatório ¹⁹ δ^i e considerada escolhida uma acção de acordo com a seguinte condição: se $\delta^i \in I_j^i$, então o agente escolhe a acção A_j no ciclo de escolha i , actualizando-se todos os valores de tendência de escolha T_j^i , de acordo com (1) e (3).

Para se ter uma noção do comportamento global do agente, representaram-se graficamente os dados obtidos a partir das simulações produzidas computacionalmente ²⁰.

¹⁸ Não se apresenta demonstração deste facto matemático, verificado em todas as iterações e para diferentes números de Acções. Na simulação em Excel incluiu-se um mecanismo de controlo, testando se em cada ciclo de escolha (5) se cumpria.

¹⁹ Como resulta necessariamente recorrendo a um algoritmo de computador.

²⁰ Para a construção das imagens utilizou-se o programa 3D Grapher. Os valores da tendência de escolha foram aumentados de modo a tornar legível a representação gráfica.

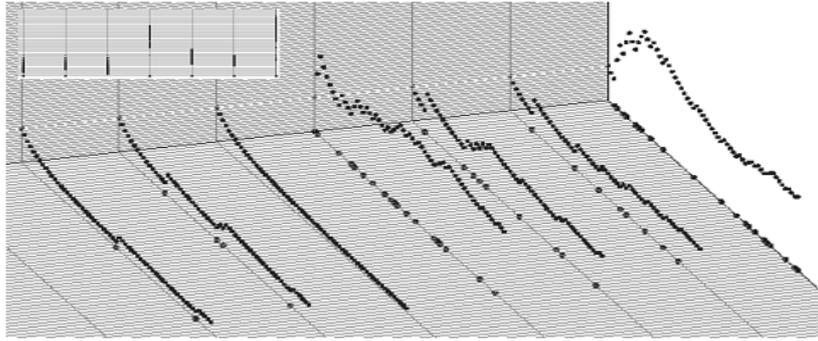


Figura 1

A figura 1 apresenta sete curvas correspondentes a sete ações disponíveis.

Cada curva é formada pelos respectivos valores sucessivos de tendência de escolha, ao longo dos sessenta e três ciclos de escolha.

A primeira curva à direita apresenta um pico de início, enquanto que a curva central, também acima das restantes, se mantém estável ao longo dos ciclos de escolha. A comparação entre todas as curvas pode ser feita directamente, inspeccionando o quadro à esquerda, no topo da figura, onde as mesmas foram dispostas de frente.

As três curvas à esquerda da curva central apresentam valores recorrentemente mais baixos, o que significa que o critério utilizado para a execução do Princípio da Eúritmia produz uma selecção consistente ao longo do tempo.

O efeito de condicionamento histórico parece também ter sido introduzido de forma adequada. A probabilidade laplaciana de cada uma das ações é $1/7$, tendo-se conservado a mesma (por decisão do programador) ao longo da simulação.

No gráfico essa probabilidade está representada pela linha horizontal pontilhada, acima da origem, de onde partem as sete curvas.

Sob cada um dos gráficos vê-se a respectiva órbita de escolhas da ação a que a curva diz respeito. Analogamente ao que sucede em Física Quântica, para cada ação, sob os valores mais elevados da tendência de escolha (aqui, o correlato da intensidade da onda *psi* ou *theta*) encontramos maior densidade de pontos na órbita de escolhas respectiva.

A metodologia seguida para aplicação do paradigma eurítmico à realidade humana parece assim adequada para, pelo menos, descrever as ações de um agente.

Instancia o Princípio da Eúritmia no comportamento humano e permite fazer previsões, assumindo que a probabilidade de escolha de determinada ação é proporcional ao seu valor de tendência ²¹. Uma situação similar à equivalência considerada entre intensidade da onda-piloto e densidade de probabilidade de um evento na teoria da dupla solução de de Broglie.

Finalmente, produz uma representação gráfica do que se poderia idealizar serem curvas componentes de uma onda theta abstracta, representando, ainda que de forma muito simplificada, o comportamento cognitivo de um agente.

²¹ Cumpre notar que a tendência de escolha não é *stricto sensu* uma probabilidade, visto que se trata de um número racional, baseado numa frequência actualizada iterativamente. Depende da história do sistema e não das possibilidades materiais de ocorrência. Além disso, axiomáticamente, carece da potência do contínuo. O autor agradece a Filipe Pamplona as discussões construtivas sobre o conceito de probabilidade no presente contexto.

Embora, no exemplo dado, essa onda theta tenha sido obtida a partir de uma simulação computacional, podemos sempre utilizar o mesmo procedimento para representar dados empíricos. É possível construir várias ondas theta, adstritas aos comportamentos de agentes em interacção e/ou associadas a instituições dos quais esses agentes fazem parte e estudar o grau de correlação entre os comportamentos das partes e do todo.

É ainda possível verificar se o Princípio da Eúritmia, instanciado através do critério de escolha adoptado, se verifica genericamente na realidade social ou se, pelo contrário, conhece fases em que perduram outras formas de comportamento social, talvez mais agonísticos e de competição.

De qualquer forma, mesmo no contexto controlado de uma simulação, em que se toma como hipótese a efectividade do Princípio, o esquema de implementação adoptado parece ser heurísticamente útil. Como forma de o ilustrar, reportam-se três variantes da simulação de há pouco.

Na primeira, alteraram-se arbitrariamente os valores de probabilidade laplaciana das acções, de forma a recriar uma inhomogeneidade no meio, mantendo-se esses valores ao longo dos ciclos de escolha, como se mostra na figura seguinte.

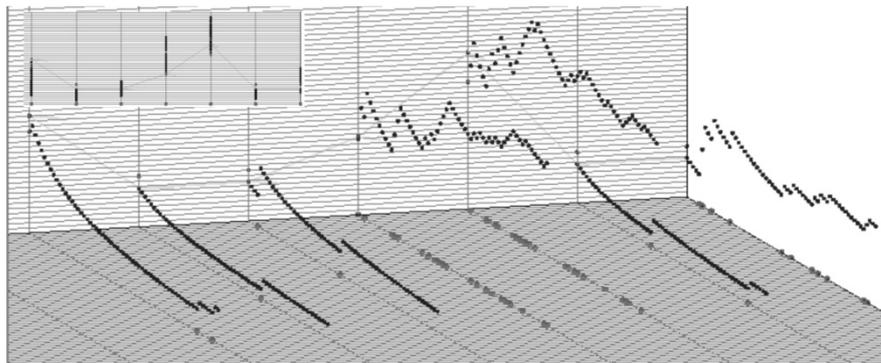


Figura 2

É visível como a instanciação adoptada do Princípio da Eúritmia permite ainda a ocorrência de uma selecção comportamental, independentemente da heterogeneidade do meio.

A primeira curva à esquerda decai a partir de uma probabilidade laplaciana igual à da quarta curva que, pelo contrário, sobe. Como seria de esperar, uma probabilidade laplaciana inicialmente elevada favorece a ocorrência da acção respectiva, como se constata pela curva mais alta.

Na variante seguinte, resolveu-se testar a instanciação do Princípio da Eúritmia num meio caótico. Para isso fez-se variar de forma pseudo-aleatória, ao longo de toda a simulação, o valor de cada uma das probabilidades laplacianas, representando a influência que um meio desordenado²² teria sobre as escolhas do agente.

²² As probabilidades alteradas deixaram, naturalmente, de ser laplacianas.

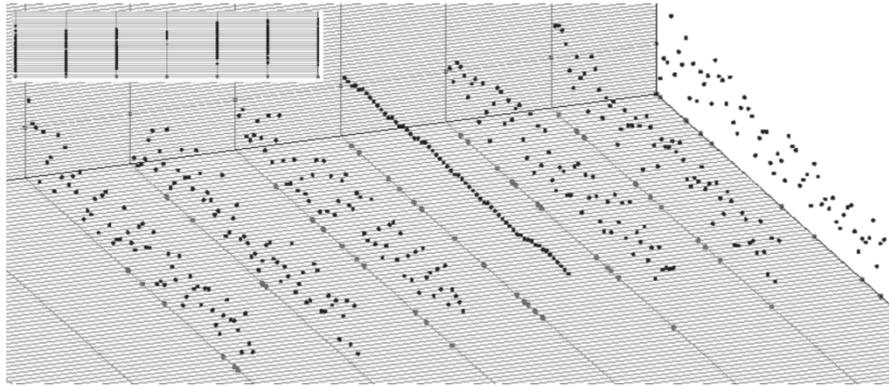


Figura 3

Verifica-se ainda a presença de selecção eurítmica (no caso, da acção correspondente à curva central na figura), porém, exibindo agora valores de tendência de escolha apreciavelmente menores. Este facto e a dispersão das escolhas do agente sugerem que um meio estável favorece a selecção eurítmica e a emergência de regularidades no comportamento individual.

Por fim, testou-se que efeito teria a supressão do critério de escolha instanciando o Princípio da Euritmia na simulação dada, fazendo com que o agente escolhesse de forma arbitrária.

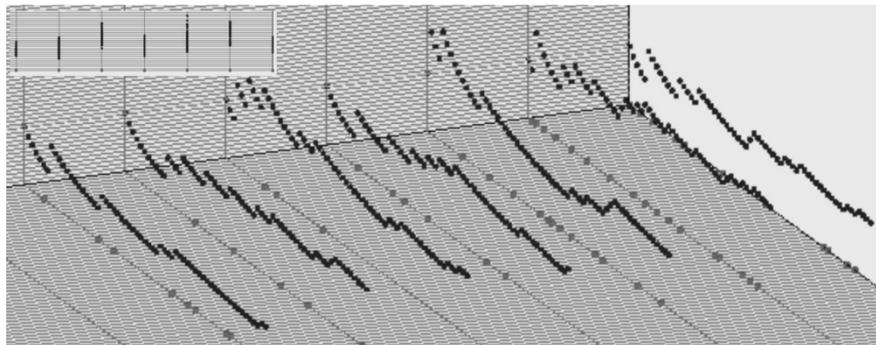


Figura 4

O resultado aparenta ser uma espécie de homogeneização das curvas, dispendo-se lado a lado com valores de intensidade equiparáveis.

Embora a segunda curva à direita pareça conter mais pontos orbitais, cada uma das linhas parece exibir igual tendência de variação ao longo dos ciclos, não se destacando das restantes. Comparando globalmente esta figura com o primeiro gráfico apresentado, a instanciação do Princípio da Euritmia, através da influência devida aos valores de tendência de escolha, parece produzir uma selecção comportamental apreciável em poucas iterações.

Interação social, sistemas eurítmicos compostos e o problema da determinação

Até aqui o estudo eurítmico de um sistema social incidiu sobre as escolhas de um só agente em interacção com um meio amorfo. Uma descrição evidentemente incipiente da realidade social.

Um refinamento primário exigia substituir o meio por outro agente. Isso significaria agora que a tendência de escolha, para cada uma das possibilidades à disposição de dois agentes em interacção, dependeria das suas histórias ²³.

Considerarei como cenário inicial que dados os agentes A^1 e A^2 , cada qual teria à sua disposição duas acções mutuamente exclusivas. Respectivamente, a e b e c e d . De forma que o agente A^1 poderia realizar a acção a , se o agente A^2 tivesse realizado a acção c , ou alternativamente realizar a acção b , caso o agente A^2 tivesse realizado ainda a mesma acção c .

Existiriam, portanto, quatro combinações distintas de acções: ac ; bc ; ad e bd .

A este nível e descrição, isto é; antes da emergência de regularidades, é importante salientar o seguinte.

A escolha por parte de A^1 da acção a , na situação em que A^2 teria realizado a acção c , não significa nem que o primeiro agente reconheceu a realização de c por parte de A^2 , nem mesmo que essa acção foi realizada pelo agente A^2 . Todas essas correlações semânticas ou causais só deverão ser inferíveis depois da emergência das regularidades que justificam a enunciação desse tipo de proposições. Isto é; tais afirmações só deverão ser enunciadas *à posteriori* enquanto expressões que caracterizam as regularidades emergentes do processo eurítmico.

Na presente modelização o requisito fundamental de partida é o reconhecimento de que todas as quatro situações ac ; bc ; ad e bd existem e são distintas entre si. Em particular, a adopção de a por parte do agente A^1 corresponde a um de dois estados distintos desse agente, consoante A^2 realize c ou d . Uma justificação aceitável para que essa distinção se faça é a de que as acções de A^2 (realizando c ou d) devem influir de modo diferente no estado de A^1 , mesmo que este “escolha” realizar a em qualquer circunstância. Trata-se de assumir uma interacção que é irreduzível ao atomismo cartesiano.

No contexto da mesma modelização, pretende-se testar se o Princípio da Euritmia, instanciado nesta situação, produz a selecção de uma determinada combinação de acções, correspondendo assim a uma emergência de regularidades no conjunto das interacções possíveis.

Para o agente A^1 , a cada uma das possibilidades, ac ; bc ; ad e bd , fazem-se associar dois valores de condicionamento histórico H_{**}^i (um valor por agente), válidos no ciclo de escolha i , e uma tendência de escolha total T_*^i de acordo com o seguinte. Do ponto de vista do agente A^1 , no ciclo de escolha i , são válidas as relações:

$$\begin{aligned}
 T_{ac}^i &= H_{ac}^i \oplus H_{ca}^i \oplus T_{\alpha}^i & \forall i \in \mathbb{N}_0 & & H_{ac}^0 &= H_{ca}^0 = H_{\alpha}^0 = \frac{1}{4} \\
 T_{ad}^i &= H_{ad}^i \oplus H_{da}^i \oplus T_{\beta}^i & \forall i \in \mathbb{N}_0 & & H_{ad}^0 &= H_{da}^0 = H_{\beta}^0 = \frac{1}{4} \\
 T_{bc}^i &= H_{bc}^i \oplus H_{cb}^i \oplus T_{\gamma}^i & \forall i \in \mathbb{N}_0 & & H_{bc}^0 &= H_{cb}^0 = H_{\gamma}^0 = \frac{1}{4} \\
 T_{bd}^i &= H_{bd}^i \oplus H_{db}^i \oplus T_{\delta}^i & \forall i \in \mathbb{N}_0 & & H_{bd}^0 &= H_{db}^0 = H_{\delta}^0 = \frac{1}{4}
 \end{aligned} \tag{7}$$

²³ Com o intuito de tornar explícita a representação da interacção social, optou-se por não incluir a pressão do meio, mediante a indicação de uma probabilidade laplaciana, afecta a cada possibilidade de escolha.

Similarmente, para o agente A^2 , a cada uma das possibilidades ca ; da ; cb e db , correspondem as grandezas análogas, tal que do seu ponto de vista, no ciclo de escolha i , é:

$$\begin{aligned} T_{ca}^i &= T_{ac}^i & \forall i \in \mathbb{N}_0 \\ T_{da}^i &= T_{ad}^i & \forall i \in \mathbb{N}_0 \\ T_{cb}^i &= T_{bc}^i & \forall i \in \mathbb{N}_0 \\ T_{db}^i &= T_{bd}^i & \forall i \in \mathbb{N}_0 \end{aligned} \tag{8}$$

Todos os valores de condicionamento histórico nas somas especiais em (7) serão actualizados em cada ciclo de escolha, em conformidade com os comportamentos dos agentes, seguindo um esquema análogo a (2) e (3).

Cada agente seleccionará uma acção, de entre aquelas que lhes estão disponíveis, de acordo com o critério expresso em (6), usando as respectivas tendências de escolha, o qual corresponde à instanciação do Princípio da Euritmia.

Poderá suceder que num ciclo i o agente A^1 selecione a acção ac , isto é, que adopte a acção a , correspondente à situação ideal (e possível) em que A^2 poderia ter adoptado a acção c . Enquanto que, no mesmo ciclo i , poderá suceder que o agente A^2 selecione a acção db , correspondendo ao caso ideal (e possível) em que o agente A^1 poderia ter realizado a acção b .

Dito de outra forma:

$$\begin{aligned} A^1 \text{ escolhe } a \text{ assumindo que } A^2 \text{ escolhe } c, \text{ equivale a afirmar que } A^1 \text{ escolhe } ac \\ A^2 \text{ escolhe } d \text{ assumindo que } A^1 \text{ escolhe } b, \text{ equivale a afirmar que } A^2 \text{ escolhe } db \end{aligned} \tag{9}$$

Sendo que a interacção resultante é aquela ad formada pelas acções a e d .

Os valores de condicionamento histórico, dizendo respeito às combinações de acções ac ; bc ; ad ; bd e ca ; da ; cb ; db , por exemplo H_{ac}^i , são actualizados de acordo com (9).

Os termos T_*^i requerem discussão adicional correspondendo à introdução de um nível de análise sistémica na modelização que se passa a explicar.

Assumamos pois que os agentes A^1 e A^2 são partes componentes de um sistema maior, cujo comportamento pode ser reconhecido à escala do seu próprio nível de análise. Por exemplo, um conjunto de entes (no caso, uma sociedade formada por dois agentes) que se sabe ser regida por uma legislação ou por um código de conduta ou costumes.

De forma puramente conceptual, acordemos definir que, do ponto de vista do sistema S , de que fazem parte os agentes A^1 e A^2 , a selecção efectiva das acções por parte dos agentes é tal que quando A^1 selecciona a (isto é; à escala deste agente, ac ou ad) e A^2 selecciona c (isto é; à escala deste agente, ca ou cb), S regista, à sua própria escala, $ac = \alpha$.

Simbolicamente e contemplando todos os casos:

$$\begin{aligned}
 A^1 : (a \rightarrow c \vee a \rightarrow d) \quad \wedge \quad A^2 : (c \rightarrow a \vee c \rightarrow b) &\implies S: ac = \alpha \\
 A^1 : (b \rightarrow c \vee d \rightarrow d) \quad \wedge \quad A^2 : (c \rightarrow a \vee c \rightarrow b) &\implies S: bc = \beta \\
 A^1 : (a \rightarrow c \vee a \rightarrow d) \quad \wedge \quad A^2 : (d \rightarrow a \vee d \rightarrow b) &\implies S: ad = \gamma \\
 A^1 : (b \rightarrow c \vee b \rightarrow d) \quad \wedge \quad A^2 : (d \rightarrow a \vee d \rightarrow b) &\implies S: bd = \delta
 \end{aligned} \tag{10}$$

Verifica-se então a existência de dois níveis de descrição do mesmo fenómeno, uma feita à escala das partes e outra à escala do todo. Não é difícil de imaginar que a instanciação do Princípio da Euritmia aplicada independentemente aos agentes A^1 e A^2 ou ao sistema S produzirá, em geral, uma diferença entre os dois trajectos possíveis, considerados autonomamente; um dizendo respeito aos agentes, e o outro, ao sistema S .

A razão de ser dessa discrepância é a de que os dois agentes e o sistema S que compõem não são obviamente autónomos. Este facto coloca um problema. A instanciação do Princípio da Euritmia apenas aos agentes A^1 e A^2 faz com que os respectivos comportamentos determinem os comportamentos do sistema composto S , privando-o de um mecanismo próprio de emergência e de qualquer grau liberdade em termos de capacidade de selecção comportamental. Obviando, portanto, a generalidade do Princípio da Euritmia, que se deveria também aplicar ao sistema S , considerado autónomo em termos eurítmicos em relação às suas partes. Sem que nada mais se acrescente à modelização adoptada, o percurso eurítmico das partes não tem de coincidir com o percurso eurítmico do sistema composto e é justamente esta a diferença apontada há pouco. O problema da determinação consiste justamente na possibilidade de uma discrepância, perante a aplicação universal do Princípio da Euritmia, entre os comportamentos das partes e os comportamentos do todo, conduzindo à determinação dos comportamentos a partir de um nível de descrição atómica, sem a emergência de regularidades a níveis de descrição mais altos ²⁴.

A forma que encontrei para contornar esse problema consistiu em assegurar que as tendências de escolha das partes dependessem da tendência de escolha do todo, fazendo depender, simultaneamente, a tendência de escolha do todo das tendências de escolha das partes.

Defini as tendências de escolha do sistema S , composto pelos agentes A^1 e A^2 , no ciclo de escolha i , como sendo:

$$\begin{aligned}
 T_\alpha^i &= H_\alpha^i \oplus I_\alpha^i & \forall i \in \mathbb{N}_0 & \quad H_\alpha^0 = I_\alpha^0 = \frac{1}{4} \\
 T_\beta^i &= H_\beta^i \oplus I_\beta^i & \forall i \in \mathbb{N}_0 & \quad H_\beta^0 = I_\beta^0 = \frac{1}{4} \\
 T_\gamma^i &= H_\gamma^i \oplus I_\gamma^i & \forall i \in \mathbb{N}_0 & \quad H_\gamma^0 = I_\gamma^0 = \frac{1}{4} \\
 T_\delta^i &= H_\delta^i \oplus I_\delta^i & \forall i \in \mathbb{N}_0 & \quad H_\delta^0 = I_\delta^0 = \frac{1}{4}
 \end{aligned} \tag{11}$$

Em (11) os valores de condicionamento histórico do tipo H_*^i referem-se ao que efectivamente sucedeu a nível mais baixo, de acordo com as escolhas dos agentes componentes,

²⁴ É claro que o mesmo tipo de determinação se pode também colocar de cima para baixo, pragmatizando um holismo metodológico, invocando dificuldades análogas à aplicação universal do Princípio da Euritmia.

registadas pelo próprio sistema composto, de acordo com (10). Estes valores são actualizados segundo um esquema análogo a (2) e (3)

Os valores do tipo I_*^i representam o condicionamento histórico introduzido pelo que se pode interpretar como um «exercício de intencionalidade» por parte do sistema S .

Este considera-se então ser uma entidade semi-autónoma das suas partes componentes, em que algumas das suas propriedades não são redutíveis às propriedades das partes.

Define-se que S é capaz de gerar e memorizar uma escolha virtual, não operada e meramente idealizada, sobre o conjunto de acções possíveis α ; β ; γ e δ .

Em cada ciclo de escolha será esta selecção virtual, efectuada por S , que actualizará o valor dos termos I_*^i , usando procedimento análogo a (2) e (3).

O sistema S não pode determinar os comportamentos dos agentes A^1 e A^2 que o compõem. No entanto, pode condicionar os comportamentos das suas partes, através dos termos T_*^i , presentes nas tendências de escolha dos agentes. Como os termos T_*^i dependem dos termos I_*^i , as «escolhas» de S influenciarão os comportamentos dos seus agentes componentes.

Por seu lado, os agentes A^1 e A^2 não podem determinar as escolhas intencionais do sistema composto S . No entanto, através dos termos H_*^i podem condicionar aquelas escolhas, efectivadas usando as tendências de escolha T_*^i , mediante critério semelhante a (6).

Sucintamente, podemos dizer que no modelo em causa se consideraram três entidades distintas relacionadas. Dois agentes A^1 e A^2 , em interacção no mesmo nível fenomenológico, e um meta-agente ou sistema composto S , formado pelos agentes componentes A^1 e A^2 , tais que entre S e o par formado pelos seus subsistemas componentes A^1 e A^2 existe uma interacção vertical, que se faz aplicar sob a forma de condicionamentos comportamentais. Os três agentes são considerados autónomos no exacto sentido de que cada um deles exhibe propriedades que não são redutíveis às propriedades de qualquer um dos restantes.

Na figura 5 exibem-se esquematicamente as relações de interdependência definidas. Como se reportará, em decurso, este modelo foi implementado computacionalmente, tendo-se feito simulações em folha de cálculo. Por este motivo se chamou ao esquema que o representa um «autómato não linear».

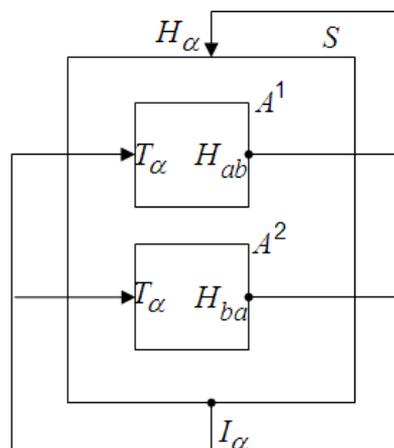


Figura 5

Este quadro de interações pode ser generalizado de forma a incluir n agentes, definindo por isso um autómato não linear da n ésima ordem, tal como se mostra na figura seguinte:

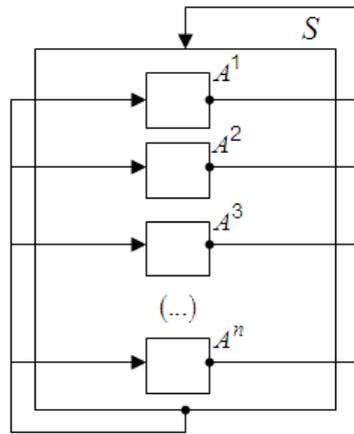


Figura 6

Outra generalização possível consiste em considerar cada agente componente como um sistema composto de direito próprio, de que o caso para um autómato não linear da segunda ordem, se representa a seguir.

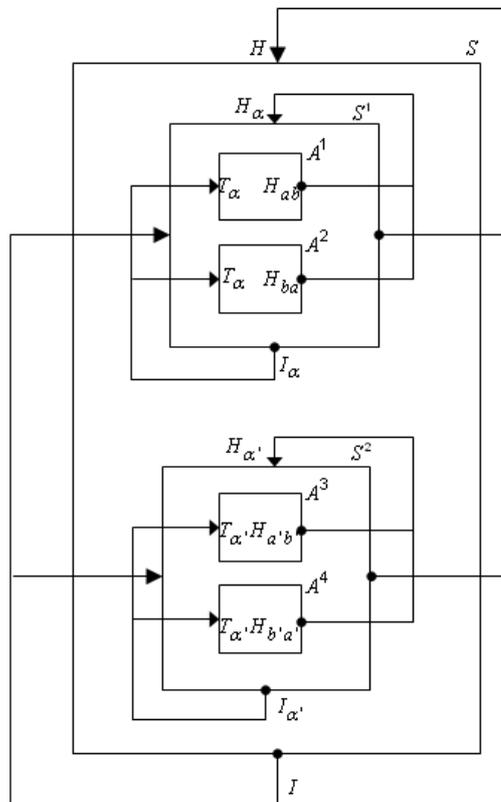


Figura 7

Um autômato não linear da segunda ordem, envolvendo o Princípio da Eúritmia, foi simulado em Excel ao longo de cinquenta ciclos de escolha. A exemplo das simulações anteriores feitas para os comportamentos de um só agente, os resultados foram representados graficamente.

A primeira imagem mostra o caso em que houve selecção de duas das quatro combinações possíveis, no caso, *ac* e *bc*. Um número elevado de simulações independentes revelou que qualquer situação de selecção pode emergir (por exemplo, uma curva mais alta, duas intermédias e a quarta mais baixa).

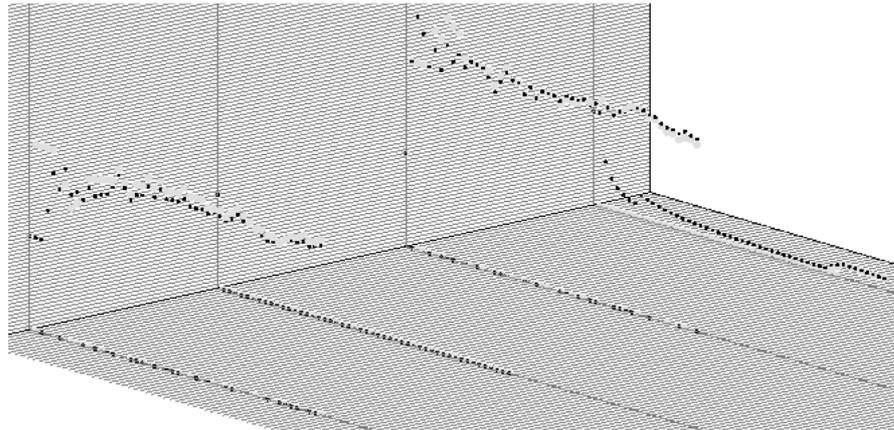


Figura 8

As curvas em tom claro representam a evolução dos valores de tendência de escolha do sistema *S*. Esses são os valores que o sistema *S* (o todo) utiliza como critério de escolha, de acordo com o Princípio da Eúritmia, para efectivar o que chamámos o seu «exercício de intencionalidade».

As órbitas correspondentes aos estados resultantes das selecções conjuntas e efectivas dos dois agentes podem ver-se em baixo, a tom mais escuro. Ao passo que as órbitas referentes às selecções «ideais» dos estados por parte do sistema, estão representadas em tom mais claro, também em baixo.

A observação global mais importante é a de que os valores de tendência das partes e do sistema, assim como respectivas órbitas (reais e «intencionais») convergem.

Ainda que cada uma das três entidades preserve intacta a liberdade para seleccionar estados, de acordo com o Princípio da Eúritmia tal como foi implementado, há como que uma concertação das selecções livres ²⁵ das partes e do sistema que compõem. Por outras palavras, o condicionamento histórico das partes sobre o todo e deste sobre as partes parece produzir a convergência que evita o problema da determinação.

Outro resultado importante obtido a partir da simulação computacional apresenta-se na figura seguinte.

²⁵ A cada uma das entidades, agentes e sistema, encontra-se associada uma variável pseudo-aleatória, cuja operação é, em princípio, independente das restantes.

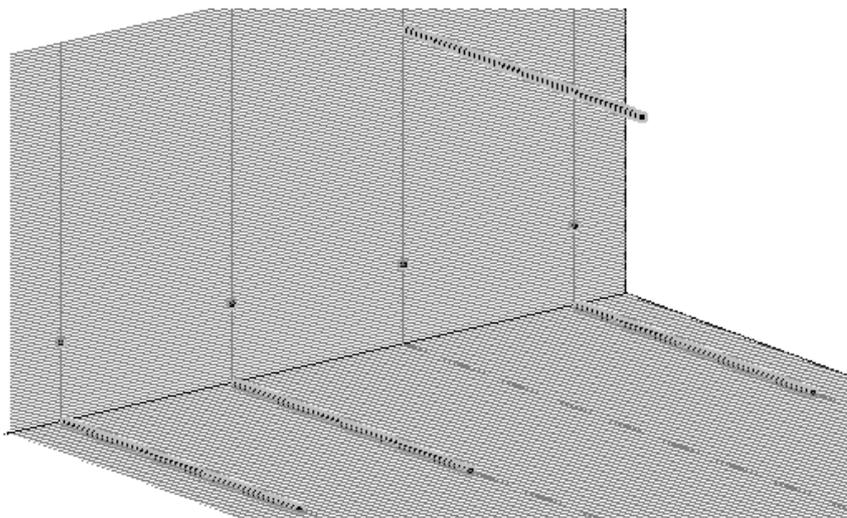


Figura 9

Nesta situação existe um valor inicial unitário de tendência associado a uma das quatro possibilidades, que se mantém o mesmo ao longo de toda a simulação. Os restantes valores de tendência de escolha mantêm-se nulos.

Uma interpretação possível é a de que emergiu uma regularidade determinística, resultante de uma conjugação fortuita de escolhas iniciais (de agentes e sistema), fazendo estacionar as tendências de escolha em valores (no caso; 0, 0, 1, 0) que tornam inevitável a repetição do mesmo comportamento ao longo dos ciclos de escolha.

Significa isto que um fenómeno determinista, no caso, um mesmo estado que se repete, pode ser visto como o resultado de uma convergência comportamental entres agentes e o todo que compõem, no contexto do Princípio da Eritmia.

Conclusão

O Princípio da Eritmia apresenta uma riqueza heurística notável, permitindo a extensão do seu domínio de aplicabilidade original a outras áreas de reflexão científica. A abordagem epistemológica que aqui se adoptou, procedendo-se à instanciação do Princípio, nomeadamente, no contexto de uma modelização da interacção social, parece passível de aplicação a outros domínios do conhecimento. Por exemplo, à Biologia, à Inteligência Artificial ou à Economia. A partir de um conjunto suficientemente diverso dessas aplicações, poder-se-á eventualmente vislumbrar uma nova possibilidade de unificação do discurso científico, substituindo o cartesianismo mecanicista e privilegiando uma visão organicista da natureza.