

Uma introdução à ontologia da antecipação¹

An introduction to the ontology of anticipation

Una introducción a la ontología de la anticipación

Roberto Poli²

Citação: POLI, R. Uma introdução à ontologia da antecipação. *Jornal de Políticas Educacionais*. V. 11, n. 13. Outubro de 2017.

Resumo:

O artigo apresenta a ideia de sistemas de antecipação, ou seja, de sistemas que tomam suas decisões no presente de acordo com as previsões sobre algo que eventualmente acontecerá. A definição de antecipação mais conhecida ainda é a de Rosen: "Um sistema antecipatório é um sistema que contém um modelo preditivo de si próprio e/ou de seu ambiente, o que permite que ele mude o estado em um instante de acordo com as previsões do modelo relativas a um instante posterior". O erro mais óbvio cometido por quase todos quando confrontados pela primeira vez com a idéia de antecipação é pensar que a antecipação é uma característica que possuímos porque somos agentes cognitivos altamente complexos e maravilhosamente sofisticados. Isso não é o que a teoria da antecipação afirma. De fato, a principal surpresa incorporada na teoria da antecipação é que se trata de um fenômeno generalizado presente em todos os tipos de realidades e caracterizando-os. O artigo apresenta alguns dos primeiros trabalhos de Rosen sobre a antecipação e explica em alguns detalhes determinadas sutilezas.

Palavras-Chave: Antecipação; Sistemas antecipatórios; Futuro.

Abstract:

The paper introduces the idea of anticipatory systems, i.e. of systems that take their decisions in the present according to forecasts about something that may eventually happen. The best-known definition of anticipation is still Rosen's: "An anticipatory system is a system containing a predictive model of itself and/or its environment, which allows it to change state at an instant in accord with the model's predictions pertaining to a later instant." The most obvious mistake committed by almost everyone when first confronted with the idea of anticipation is to think that anticipation is a feature that we possess because we are such highly complex and wonderfully sophisticated cognitive agents. This is not what the theory of anticipation claims. Indeed, the major surprise embedded in the theory of anticipation is that anticipation is a widespread phenomenon present in and characterizing all types of realities. The paper presents some of Rosen's early works on anticipation and spells out in some details a few of its subtleties.

Keywords: Anticipation; Anticipatory Systems; Future.

¹ Artigo originalmente publicado em inglês em: *Futures* 42 (2010) 769–776. Traduzido com autorização do autor. Tradução: Ângelo Ricardo de Souza (NuPE/UFPR).

² Doutor em Filosofia (Universidade de Utrecht). Professor e pesquisador do Departamento de Sociologia e Pesquisa Social da Universidade de Trento. Professor de Filosofia da Ciência. Coordenador do Projeto UNESCO em Sistemas Antecipatórios (<http://www.projectanticipation.org>). Diretor do Mestrado em Vigilância Social. E-mail: roberto.poli@unitn.it

Resumen:

El artículo presenta la idea de sistemas de anticipación, es decir, de sistemas que toman sus decisiones en el presente de acuerdo con las previsiones sobre algo que eventualmente sucederá. La definición de anticipación más conocida todavía es la de Rosen: "Un sistema anticipatorio es un sistema que contiene un modelo predictivo de sí mismo y/o de su ambiente, lo que le permite cambiar el estado en un instante de acuerdo con las previsiones del modelo relativas a un instante posterior". El error más obvio cometido por casi todos cuando confrontados por primera vez con la idea de anticipación es pensar que la anticipación es una característica que poseemos porque somos agentes cognitivos altamente complejos y maravillosamente sofisticados. Esto no es lo que la teoría de la anticipación afirma. De hecho, la principal sorpresa incorporada en la teoría de la anticipación es que se trata de un fenómeno generalizado presente en todos los tipos de realidades y los caracterizan. El artículo presenta algunos de los primeros trabajos de Rosen sobre la anticipación y explica en algunos detalles determinadas sutilezas.

Palabras clave: Antecipación; Sistemas antecipatórios; Futuro.

Introdução

Nos anos recentes, tem-se testemunhado o crescimento do interesse significativo em teorias e metodologias que procuram prever o desenvolvimento futuro de situações relevantes. Estudos do/sobre o futuro se enquadram em diferentes denominações, e empregam uma vasta gama de técnicas, variando da previsão à simulação, do planejamento à extrapolação, de estudos do futuro e de cenários a sistemas antecipatórios. Amplamente, diferentes conceitualizações e formalizações também têm sido propostas³. Esta notável variedade pode ser parcialmente simplificada explicitando os principais pressupostos subjacentes em pelo menos alguns deles. Dois desses pressupostos são (1) o futuro é, pelo menos em parte, governado pelo passado e (2) o futuro pode ser mais bem confrontado abrindo nossas mentes e aprendendo a considerar diferentes pontos de vista.

De acordo com a concepção exposta em (1), o futuro é parte de uma história estruturada, cujo passado e presente são conhecidos, pelo menos em parte. O argumento defendido nesta ideia é que as forças que moldaram situações passadas e presentes ainda serão válidas enquanto a situação em questão perdurar. A tese central aqui é que o futuro é embutido no passado; é a projeção do passado por meio do presente. Análise de séries temporais, extrapolação de tendências e previsões pertencem a esta concepção. Qualquer uma dessas metodologias pode ser complementada por simulações feitas por computadores.

Por outro lado, em vez de abordar diretamente o problema da busca das sementes do futuro no passado, o pressuposto (2) considera os diferentes problemas de preparação para as novidades imprevisíveis que nos aguardam no futuro. Aprender

³ Ver, entre muitos outros, Adam (2004), Bell (1997), Cornish (2004), Godet (2004), Lindgren & Bandhold (2003), Robertson (1983), Slaughter (2004), Woodgate & Pethrick (2004).

sobre resultados amplamente diferentes é agora a questão: a pessoa deve estar pronta para considerar e abordar cenários possivelmente desconhecidos. O principal resultado deste exercício é a crescente capacidade de distinção entre cenários possíveis, prováveis ou preferidos no futuro. Essas atividades encabeçam o campo chamado de estudos futuros, enquanto a construção de cenários é a metodologia mais conhecida adotada pelos estudiosos do campo.

A partir daqui, devo referir-me a (1) e (2) como respectivamente os pontos de vista da *previsão* e de *cenário*. Previsões e cenários não são contraditórios entre si. Eles podem e geralmente coexistem, já que abordam o futuro de dois pontos de vista diferentes. Além disso, a experiência de pesquisa tem mostrado que ambos são úteis.

Este artigo apresenta um terceiro ponto de vista diferente, aqui denominado *desistemas de antecipação*, que pode sintetizar, com proveito, previsões e cenários, o que significa que é uma ideia não contraditória às perspectivas dos pontos de vista da previsão ou de cenário.

Os últimos anos testemunharam o crescimento do interesse significativo na antecipação⁴. As teorias antecipatórias foram propostas em áreas tão diferentes como física, biologia, fisiologia, neurobiologia, psicologia, sociologia, economia, ciência política, ciência da computação e filosofia. Infelizmente, nenhuma comparação sistemática entre os diferentes pontos de vista até agora foi desenvolvida. Portanto, é adequado afirmar que atualmente não há uma *teoria geral* de antecipação disponível.

De um modo geral, a antecipação diz respeito à capacidade demonstrada por alguns sistemas para ajustar seu comportamento de acordo com um modelo da evolução futura do ambiente em que estão incorporados. O que representa que a tese central desta ideia aponta que "um sistema antecipatório é um sistema que contém um modelo preditivo de si próprio e/ou de seu ambiente, o que permite que ele mude o estado instantaneamente de acordo com as previsões do modelo relativas a um instante posterior" (ROSEN, 1986, p. 341).

A principal diferença entre previsão e cenário, por um lado, e antecipação, por outro, é que a esta é uma propriedade do sistema, intrínseca ao seu funcionamento, enquanto as primeiras são estratégias cognitivas que um sistema A desenvolve para entender o futuro de algum outro sistema B (do qual A pode ou não ser um elemento componente).

⁴ A começar com o trabalho seminal de Rosen (1985) e também do mesmo autor (1991 e 2000).

1. Duas famílias de modelos

Para entender melhor as complexidades dos sistemas de antecipação, é útil começar por analisar a principal suposição subsumida pelos modelos newtonianos. De fato, "todas as linguagens usadas até agora para construir modelos têm suas raízes na mecânica de Newton" (ROSEN, 1974). Essa afirmação aparentemente ousada pode ser explicada especificando as informações necessárias para construir um modelo (newtoniano). Ao fazê-lo, pode-se ver que todos os modelos (newtonianos) requerem a especificação de dois tipos diferentes de informações:

- O *estado instantâneo* do sistema, isto é, como é o sistema em qualquer instante;
- A forma como o sistema *muda* de estado, isto é, como o sistema se move dos estados presentes ou passados para estados novos como consequência das forças que atuam no sistema.

Em suma, os estados instantâneos envolvem a especificação de variáveis de estado, enquanto as mudanças no sistema envolvem a especificação das equações de movimento do sistema.

Para os propósitos deste artigo, vale ressaltar que todos os modelos newtonianos compartilham a suposição básica de que a dinâmica do sistema depende fundamentalmente dos estados presentes e passados do sistema. Nenhuma informação futura nunca pode desempenhar qualquer papel. Vejamos isto de maneira mais direta.

Princípio fundamental dos sistemas newtonianos: Nunca permita que estados futuros do sistema afetem as mudanças de estado atuais.

A física só considera estados presentes e forças presentes. Por outro lado, os sistemas biológicos, psicológicos e sociais precisam incluir também estados passados (memória) e muitas vezes forças passadas. Esta é uma primeira grande diferença entre sistemas físicos (ou não vivos) e não físicos (ou vivos). No entanto, a inclusão de memória, por mais relevante que seja, ainda não é suficiente para uma distinção precisa entre sistemas não vivos e vivos. Os sistemas baseados em memória também são sistemas newtonianos, ou seja, mecânicos, enquanto os sistemas vivos parecem exigir algo mais.

O que é necessário é adicionar uma segunda característica mais profunda, nomeadamente, estados futuros. Chamamos os sistemas que incluem estados passados,

presentes e futuros de *sistemas antecipatórios*. Como mencionado, desta forma explicitamente expomos o principal pressuposto de gestão dos sistemas de antecipação.

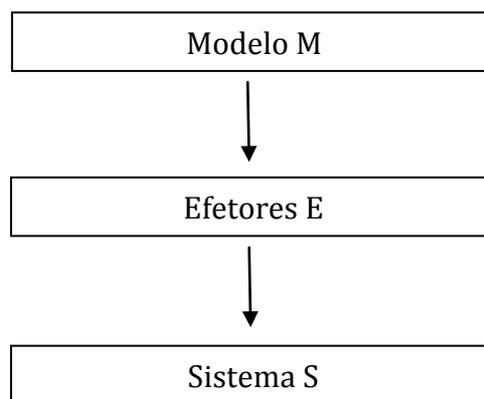
Principal pressuposto dos sistemas antecipatórios: os estados futuros podem determinar as atuais mudanças de estado.

Como esperado, a lógica dos sistemas antecipatórios difere muito da lógica dos sistemas newtonianos. Aqui devemos lembrar a definição de Rosen (ver seção acima), vale dizer, Rosen conseguiu aprofundar mais do que qualquer outro pesquisador nas complexidades do modelo demandado e suportado por sistemas antecipatórios.

2. Um modelo de sistema antecipatório

Começemos com qualquer sistema S . O sistema S pode ser um organismo individual, um ecossistema, um sistema social ou econômico. Parasimplificar, supomos que S é um sistema dinâmico comum (ou seja, não antecipatório). Então, um segundo sistema, chamado de modelo M de S , é associado com M .

Figura 1: A configuração interna do sistema antecipatórios mais simples



A única condição preliminar que se assume neste modelo é que a evolução dinâmica de M prossegue mais rapidamente do que a evolução dinâmica de S . Desta forma, M é capaz de prever o comportamento de S . Ao olhar para M , obteremos informações sobre um estado posterior de S . Então, aqui nada é realmente novo.

A novidade real surge quando assumimos que M e S podem interagir um com o outro, ou seja, que M pode afetar S e S pode afetar M .

A direção de S para M pode ser vista como uma atualização ou uma melhoria de M . Esta direção é bastante direta e objetiva e, por isto, é dispensável sua análise. Por outro lado, a direção oposta do modelo M para o sistema S é muito mais intrigante.

Para que M afete S , M deve estar equipado com um conjunto de efetores⁵ E , que permitem que M opere em S (ou nas interfaces ambientais para S) de forma a mudar a dinâmica de S .

A Figura 1 representa de forma hipersimplificada (por exemplo, sem considerar o ambiente ou a atualização de M) as conexões lógicas entre S , M e E .

Se considerarmos os três sistemas como partes de um único sistema, este será logicamente um sistema antecipatório no qual os comportamentos futuros modelados determinam os estados presentes do sistema. Como Rosen disse “ M vê o futuro de S , porque as trajetórias de M são mais rápidas do que as de S ” (1974).

Uma pergunta simples ajudará a entender as conexões entre M , E e S : como as informações disponíveis em M podem ser usadas para modificar as propriedades de S por meio de E ?

Considere dividir o espaço de estado de S (e, portanto, de M) em estados desejáveis e indesejáveis. Enquanto a dinâmica de M permanecer em uma região desejável, nenhuma ação é tomada por M através dos efetores E . Quando a dinâmica de M se move para uma região indesejável (o que implica que a dinâmica de S mais tarde se mova para a região indesejável correspondente), os efetores são ativados para manter a dinâmica de S fora da região indesejável.

Rosen [17] observa que “a partir desta imagem simples, uma variedade de idéias sobre a natureza do ‘planejamento’, ‘gerenciamento’, ‘políticas’, etc., podem ser extraídas”. Para vê-las, este panorama deve ser decomposto em seus principais aspectos, os quais podem ser rotulados com as tarefas de:

- Selecionar o modelo M
- Selecionar as variáveis de controle em S
- Projetar o sistema efector
- Programar o sistema efector
- Distinguir regiões desejáveis de indesejáveis
- Incluir um dispositivo para redefinir o modelo

Esta decomposição produz uma melhor compreensão do modelo e permite uma análise sistemática das maneiras pelas quais ele pode dar errado. Compreender os tipos

⁵ Esta expressão é comumente na Biologia, e se refere à célula, tecido ou órgão que exerce uma ação ou atividade como resposta a um estímulo (NT).

de falhas da estrutura pode ser útil na elaboração de uma metodologia para entender o comportamento dos sistemas antecipatórios.

Os sistemas antecipatórios podem dar errado de três maneiras principais, que serão resumidas nos três títulos de:

- Modelos ruins
- Efeitos ruins
- Efeitos colaterais

Embora os dois primeiros sejam bastante conhecidos, vale a pena considerar um breve resumo de seus principais subcasos. Um modelo pode ser ruim para:

- Razões técnicas (ignorando variáveis de estado relevantes, especificação incorreta das equações de movimento);
- Seleção de um paradigma incorreto (modelar o comportamento antecipado por meio de modelos não antecipatórios);
- Correspondência incorreta entre os estados do sistema S e os estados do modelo M .

Os efetores podem ser ruins porque eles:

- Pode ser incapaz de dirigir S ;
- Pode deixar de manipular as variáveis de S adequadamente;
- Pode estar mal programado.

Como dito, essas situações são bem conhecidas. Por outro lado, a terceira família – a chamada "efeitos colaterais" – é muito mais interessante. O principal resultado obtido pelo estudo dos sistemas de antecipação é que os efeitos colaterais dependem das propriedades inerentes à estrutura. Os efeitos colaterais surgem mesmo se o modelo M é perfeito e os efetores E são perfeitamente projetados e programados.

Mesmo que tudo seja perfeito, sempre haverá efeitos colaterais ou consequências não desejadas.

3. Efeitos Colaterais

Os efeitos colaterais (ou consequências não intencionais) são uma característica estrutural dos sistemas antecipatórios. Por padrão, quando o sistema S executa uma

atividade particular A , S usa apenas alguns de seus recursos internos. Tecnicamente falando, S usa apenas alguns dos seus graus de liberdade.

Mais intuitivamente, as organizações são sistemas nos quais a mesma estrutura interna geralmente é envolvida simultaneamente em muitas atividades funcionais diferentes⁶.

Os efeitos colaterais são devidos à tensão entre o fato de que (1) as equações de movimento de um sistema S vinculam todas as variáveis que definem S , enquanto (2) as variáveis não envolvidas em uma atividade funcional particular são livres para interagir com outros sistemas de forma não funcional (mesmo disfuncional) (ROSEN, 1974). Como consequência, todas as atividades funcionais de um sistema S são propensas a serem modificadas ou perdidas ao longo do tempo.

Curiosamente, dado um sistema S , qualquer atividade funcional A de S pode ser modelada por um modelo mais simples do que o modelo de S . O motivo é óbvio: o modelo de A não inclui todas as variáveis de S , mas apenas as relevantes para a atividade A ⁷.

Por outro lado, nenhum modelo tem a capacidade de capturar completamente as potencialidades de um sistema S para interações com sistemas arbitrários, pois qualquer interação é específica (ou seja, uma atividade funcional). Com exceção de sistemas simples, nenhum modelo pode representar todas as propriedades relevantes do sistema e/ou interações com outros sistemas (ROSEN, 1985).

A consequência é significativa: sistemas autenticamente complexos podem ser entendidos apenas com base em vários modelos (que interagem)⁸. O que significa que, mais cedo ou mais tarde, todos os modelos de um sistema autenticamente complexo divergem.

Uma das principais consequências da teoria é que os efeitos E , em geral, terão efeitos em um sistema S que não sejam os planejados (ROSEN, 1974).

Os efeitos colaterais são uma propriedade geral dos sistemas de antecipação e não existe uma maneira geral de preveni-los. No entanto, para subtipos específicos do quadro geral, existem maneiras de resolver o problema. Considere, por exemplo,

⁶ Por outro lado, também é verdade que a mesma atividade funcional pode ser realizada por diferentes tipos de estruturas.

⁷ Na verdade, é em grande parte devido a esta propriedade que a ciência é possível" (ROSEN, 1974).

⁸ Adicionamos a qualificação "autenticamente" à expressão "sistema complexo". As teorias gerais da complexidade ainda são teorias totalmente deterministas, enquanto as teorias antecipatórias precisam de estruturas mais flexíveis. Para melhor sinalizar a diferença, mais tarde, distinguiremos sistemas "super complexos" de "complexos".

sistemas de planejamento. Mesmo que os efeitos colaterais sejam em geral imprevisíveis, as formas em que um sistema de planejamento pode “dar errado levarão a um determinado tipo de síndrome no sistema total... Por conseguinte, deve ser possível desenvolver um diagnóstico para ‘solucionar problemas’ de um sistema desse tipo, imitando os procedimentos utilizados em neurologia e psicologia”. “É divertido pensar que tais sistemas de planejamento são capazes de exibir síndromes (por exemplo, de ‘neurose’) muito parecidas com (e, de fato, análogas a) aqueles manifestados por organismos individuais” (ROSEN, 1974).

4. Tipos de Antecipação

A definição de antecipação prevista na primeira seção é apenas uma versão preliminar, que precisará ser aperfeiçoada e melhorada posteriormente. De fato, a definição acima e o seu desdobramento nas seções seguintes consideram apenas um único tipo de antecipação, a saber, a antecipação baseada em modelo. Os modelos são formas de conhecimento explícito e representacional. O próximo passo é verificar se existem também formas implícitas de antecipação.

Ao considerar ambos os casos, pode-se afirmar que a antecipação vem de diferentes formas. Usando a terminologia adotada pela maioria da literatura sobre antecipação, a articulação mais simples dos tipos de antecipação é entre tipos fortes e fracos, onde o primeiro (o forte) é concebido como um acoplamento entre o sistema e seu ambiente, enquanto o último (o fraco) é entendido na forma de um modelo (cognitivo) desenvolvido pelo próprio sistema antecipatório (DUBOIS, 2000). Como uma decorrência direta, a sobrevivência evolutiva implica que todos os sistemas vivos são caracterizados por alguma forma de forte antecipação, enquanto algumas das espécies mais evoluídas também podem desfrutar de tipos fracos de antecipação.

A despeito de a literatura ver sentido na referida distinção entre antecipações fortes e fracas, sentimos-nos desconfortáveis com as razões aduzidas para apoiá-lo. Para nosso entendimento, ambos os tipos de antecipação são baseados em modelos, da maneira descrita em breve nas seções anteriores. Se assim é, a diferença entre antecipação forte e fraca não deve basear-se na diferença entre ter, ao contrário de não ter, modelos internos, porque todas as antecipações são baseadas em modelos internos.

Tal diferença demanda outro elemento. Nossa proposta é confiar na diferença entre modelos explícitos e implícitos, ou seja, em modelos que o sistema conhece como

opostos ao caso de modelos que o sistema não conhece. Assim, a antecipação pode, portanto, funcionar abaixo do limiar da consciência, ou pode surgir em uma finalidade consciente. Nesta última forma, constitui a qualidade distintiva da causação dentro dos reinos psicológico e social. Por outro lado, os sistemas biológicos são mais bem caracterizados por tipos de antecipação não representativos.

Em ambos os casos, os sistemas com capacidades antecipatórias são muito mais robustos do que os sistemas sem eles devido à sua melhor sintonização.

A antecipação é a principal característica que distingue os sistemas vivos (que compreendem não só sistemas biológicos, mas psicológicos e sociais também) dos sistemas não vivos. Intuitivamente, como visto, a escolha da ação a realizar depende das antecipações do sistema da evolução de si mesma e/ou do ambiente em que se situa. Os sistemas não vivos, ao contrário, são sistemas reativos em que os estados subsequentes dependem inteiramente dos precedentes (geralmente de acordo com alguma regra).

A principal diferença entre os sistemas vivos e não vivos é que o primeiro exige pelo menos duas camadas de organização: a camada das regras que regem as interações do sistema com seu ambiente e com outros sistemas e a camada de ordem superior que eventualmente pode mudar as regras de interação. Essas mudanças podem ser puramente aleatórias, ou podem seguir padrões pré-estabelecidos ou adquiridos. A este respeito, pode-se argumentar que a principal diferença entre sistemas naturais não vivos, por um lado, e sistemas naturais vivos, sistemas psicológicos e sistemas sociais, por outro, é que aqueles possuem apenas uma única camada organizacional de interações, enquanto estes têm pelo menos duas camadas de organização (a que governa as interações e a que é capaz de modificar as regras de interação). Esta organização interna de duas camadas é precisamente a condição estrutural que torna os sistemas vivos adaptáveis (POLI, 2010).

5. A evolução da teoria dos sistemas

Sabe-se que o desenvolvimento da teoria dos sistemas tem sido notavelmente desigual. Além disso, diferentes áreas de aplicação parecem adotar ideias de sistema notavelmente diferentes. Em terceiro lugar, o desenvolvimento da teoria dos sistemas tem sido dificultado por algumas confusões conceituais um tanto antigas. Resumidamente, os teóricos do sistema tendem a favorecer uma interpretação epistemológica em oposição à análise de sistemas orientada ontologicamente. A leitura

epistemológica afirma que os limites de um sistema residem na percepção do observador, enquanto a leitura ontológica afirma que os sistemas em observação são essencialmente independentes do observador, que eventualmente os descobre ou os observa. A maioria das confusões pode ser tratada ao distinguir dois aspectos das *interações entre sistemas de observação e sistemas observados*. A tese de que o conhecimento de um sistema (como requerido, por exemplo, por qualquer desenvolvimento científico) implica interações apropriadas entre um sistema de observação e um sistema observado, não significa que a existência ou a natureza do sistema observado dependa do sistema de observação, apesar das perturbações significativas introduzidas pelas medições em microscópico, como nos sistemas observados quânticos (BAIANU; POLI, 2009).

Um dispositivo de medição pode ser considerado como um dos tipos mais simples de sistemas de observação (ROSEN, 1978). O modelo resultante depende essencialmente do dispositivo (por exemplo, da sua sensibilidade e capacidade discriminatória). Os sistemas de ordem superior exigem sistemas de ordem primária como seus elementos constitutivos, sendo a ideia básica que os sistemas de ordem superior resultam dos acoplamentos entre outros sistemas de ordem inferior. Nesse sentido, as melodias exigem notas, os grupos exigem agentes e os engarrafamentos envolvem carros.

O desenvolvimento da teoria do sistema pode ser dividido em três grandes fases (duas já concluídas e uma em curso). As três fases serão chamadas respectivamente de "idade do equilíbrio", "idade da complexidade" e "idade da supercomplexidade". Os primeiros dois podem ser tomados como durando aproximadamente entre 1850 e 1960, enquanto o terceiro se desenvolveu rapidamente desde o final da década de 1960. Cada fase é caracterizada por referência a conceitos distintos do sistema "geral". Além disso, cada fase subsequente generaliza a anterior (BAIANU; POLI, 2009).

A primeira fase na evolução da teoria dos sistemas depende fortemente das ideias desenvolvidas na química orgânica. Um sistema é um todo dinâmico capaz de manter sua homeostase, ou seja, suas condições de trabalho. O conceito de sistema relevante é explicado pela seguinte definição: um sistema é dado por um conjunto delimitado de componentes estáveis e em interação.

Para definir um sistema, precisamos (1) componentes, (2) interações mútuas entre eles, (3) uma marcação dos elementos interativos selecionados por algum limite que distingue o sistema do seu ambiente, (4) com (formas apropriadas de) estabilidade. Este

último ponto se conecta com a ideia de que um sistema deve pelo menos um tempo, pois um sistema que nasce e morre "imediatamente" tem pouca relevância científica.

A principal intuição por trás dessa primeira compreensão do "sistema" é bem expressa pela seguinte passagem:

a propriedade mais geral e fundamental de um sistema é a interdependência de partes ou variáveis. A interdependência consiste na existência de relações determinadas entre as partes ou variáveis em contraste com a aleatoriedade da variabilidade. Em outras palavras, a interdependência é a ordem na relação entre os componentes que entram em um sistema. Esta ordem deve ter uma tendência à auto-manutenção, que é muito geralmente expressa no conceito de equilíbrio. No entanto, não precisa ser uma auto-manutenção estática ou um equilíbrio estável. Pode ser um processo de mudança ordenado - um processo que segue um padrão determinado em vez de uma variabilidade aleatória em relação ao ponto de partida. Isso é chamado de equilíbrio em movimento e é bem exemplificado pelo crescimento (PARSONS, 1951, p. 107).

O principal resultado alcançado pela primeira fase de desenvolvimento da teoria do sistema tem sido a prova de que o sistema como um todo é definido por propriedades que não pertencem a nenhuma das suas partes – em uma visão não reducionista. O equilíbrio (estabilidade, etc.) é uma propriedade do sistema, não de suas partes. No entanto, é preciso muito mais que isso para entender a dinâmica do sistema. A maneira mais simples de ver o que falta é a que segue. De acordo com as teorias de equilíbrio, um sistema é o todo resultante das interações entre seus elementos. Há pelo menos três suposições ocultas incorporadas nesta definição. A primeira é que todos os elementos, ou componentes, são dados antecipadamente, antes da constituição do sistema. Devemos discutir este problema sob o direcionamento na/da constituição do sistema. A segunda suposição torna-se aparente assim que se pergunta o que acontece quando o conjunto de elementos muda: o que acontece quando um elemento sai do sistema? O que acontece quando um novo elemento entra no sistema? O que acontece quando os elementos desaparecem? Esta série de perguntas pode ser resumida como o problema da reprodução do sistema, isto é, como o problema da continuidade do sistema ao longo do tempo, como distinto e oposto à continuidade de seus elementos. A terceira suposição é que todas as mudanças ocorrem na perspectiva das questões afetas ao ambiente. E quanto a sistemas que são capazes de aprender e desenvolver novas estratégias para sobreviver melhor ou lidar com outros problemas que

eventualmente possam ter? Todos esses problemas contribuem para definir a segunda fase da teoria do sistema, que se chama "a era da complexidade".

A complexidade, como geralmente entendida, refere-se a sistemas caóticos, isto é, a sistemas que são deterministas e sensíveis às suas condições iniciais. Assim compreendidos, os sistemas complexos são completamente governados pelo passado e, aparentemente, não conseguem incluir comportamentos antecipatórios. Para distinguir os sistemas antecipatórios dos sistemas completamente governados pelo passado, foi introduzido o conceito de supercomplexidade (BAIANU, 2006; BAIANU & POLI, 2009).

6. A era da supercomplexidade

Os sistemas vivos (que incluem, como visto, não apenas sistemas biológicos, mas também sistemas psicológicos e sociais) apresentam características notavelmente diferentes das que caracterizam os sistemas não vivos.

A supercomplexidade pode ser considerada a propriedade mais geral dos sistemas vivos, incluindo aspectos como a sua constituição, reprodução e autonomia. Em suma, os sistemas complexos são sistemas (1) que requerem uma forma dupla de composição: o tipo de composição ascendente de elementos para o sistema e a forma de cima para baixo de (um estágio anterior) do sistema para seus elementos⁹; (2) capazes de regeneração e auto-reprodução, reproduzindo os elementos dos quais são feitos (autopoiese), e (3) dotados de autonomia.

A supercomplexidade requer pelo menos quatro estruturas categóricas diferentes: as fornecidas pelas teorias de níveis de realidade, os cronotopóides, as interações (generalizadas) e a antecipação. As teorias dos níveis da realidade lidam com a estrutura categórica que distingue diferentes famílias de entidades (por exemplo, materiais, psicológicas e sociais, e então seus subtipos: físico, químico e biológico para o estrato material, emocional e representativo para o estrato psicológico e econômico, político, jurídico, cultural, etc. para o estrato social)¹⁰. A idéia por trás de cronotopóides e interações é que cada estrato da realidade vem equipado com suas próprias estruturas espaço-temporais e causais. As ligações

⁹ Esta última forma de composição vem de duas maneiras: (1) como restrições nas condições iniciais e no espaço de fase dos elementos e (2) como criação de novos elementos, como o desenvolvimento de uma nova camada organizacional do sistema.

¹⁰ Estes casos são apenas exemplificações. Para detalhes, veja Poli (2001; 2006).

físicas, psicológicas, espaço-temporais e sociais são diferentes umas das outras, e se tais interações devem ser estudadas, devem ser previamente distinguidas (POLI, 2010; MACIVER, 1973).

A este respeito, uma breve referência pode esclarecer a ideia de segunda fase do desenvolvimento de Popper. Popper é famoso como um grande nome do positivismo científico. Possivelmente menos conhecido é o fato de que, após “A lógica da descoberta científica”, Popper começou a adotar uma posição substancialmente diferente, centrada em uma crítica do conceito de causa determinista.

O primeiro passo necessário é generalizar a idéia de força e introduzir propensões em vez de forças, onde as primeiras devem ser consideradas, não como possibilidades simples, mas como realidades físicas, tão reais como forças ou campos (POPPER, 1990). Forças e causas são as versões isoladas e individualizadas das propensões. Estas se aplicam a situações complexas tomadas como todo.

O próximo passo é entender que as propensões vêm em feixes (em camadas). Assim como um composto químico recém-sintetizado fornece a base para sintetizar novos compostos, então qualquer nova propensão é a base para novas possibilidades. Um mundo de propensões é, portanto, um mundo intrinsecamente criativo (POPPER, 1990).

As forças deterministas habituais não são senão um caso específico de propensão, ou seja, o caso de uma propensão máxima, uma propensão que sempre leva ao mesmo resultado. Um mundo de forças é um mundo enrrigecido de propensões. Enquanto um mundo de propensões é um mundo jovem, exuberante e em desenvolvimento, um mundo de forças é antigo e inflexível.

Mudar de propensão a forças sempre implica em envelhecer. Contudo, na outra via, não existe uma maneira natural de transformar as forças em propensões.

A teoria dos níveis de realidade é a estrutura necessária para abordar o problema das diferentes questões espaço-temporais e causais subjacentes aos tipos de propensão. A antecipação então surge como a principal característica que distingue, como evidenciado, os sistemas vivos dos sistemas não-vivos.

7. Negando a máxima

A supercomplexidade possui uma série de características inovadoras. A mais interessante para nossos propósitos aqui é a falta de maximidade, ou seja, a

impossibilidade de desenvolver uma estrutura categórica única, incluindo todas as propriedades relevantes do sistema (ROSEN, 1985). Caso contrário, os sistemas super complexos nunca podem ser completamente modelados¹¹. Eles podem ser entendidos apenas com base em uma série de teorias que interagem. Nós já mencionamos níveis ou realidade, cronotopóides (ou seja, estruturas espaço-temporais generalizadas), interações e antecipações como estruturas categóricas pertinentes. A seguir, descreverei algumas das complexidades ligadas à teoria da antecipação.

Os sistemas vivos devem ter a capacidade de coordenar (novamente, como no caso de antecipação, "intencionalmente" ou "automaticamente") o próprio ritmo articulando com os de suas partes. A este respeito, a antecipação do sistema como um todo pode divergir da de suas partes. Além disso, os sistemas vivos são organizados em uma multiplicidade de níveis de organização; eles são compostos de diferentes tipos de componentes que interagem em diferentes níveis de organização¹². Então é necessária a análise de seus componentes materiais e funcionais.

Uma maneira diferente, mas não oposta, de entender a antecipação é ver a teoria dos sistemas de antecipação como aquela que fornece um tipo de descrição fenomenológica ou de primeira pessoa, enquanto a maioria das teorias da complexidade é geralmente baseada em descrições de terceira pessoa. A teoria dos sistemas de antecipação pode, portanto, ser vista como compreendendo informações de primeira e terceira pessoa. As interações entre os dois tipos de descrições podem reduzir substancialmente o espaço de estados que caracteriza a dinâmica dos sistemas antecipatórios.

As interações entre antecipação, estruturas integrais e níveis de organização proporcionam uma melhor visão dos sistemas de antecipação (econômicos inclusive).

8. Modelando sistemas de antecipação

¹¹ Matematicamente falando, os sistemas supercomplexos requerem teorias matemáticas não-comutativas, em oposição às teorias comutativas mais usuais adequadas à modelagem de sistemas simples e complexos (BAIANU & POLI, 2009).

¹² Veja o item 3 deste texto.

Formalmente falando, os sistemas vivos, ou seja, os sistemas de antecipação, podem ser estudados empregando-se as ferramentas poderosas de lógicas não clássicas e da matemática avançada. Vale ressaltar que essas ferramentas são objeto de desenvolvimento e aplicação contínuos. Temos agora o conhecimento com o qual podemos desenvolver tipos de *espaço* mais gerais, independentemente dos conceitos tradicionais (e amplamente restritivos) de associação de conjuntos e representação de pontos. De grande importância é o fato de que as entidades a serem consideradas podem ser tão numerosas e suas inter-relações tão uniformes que é necessário aumentar a lógica com descrições geométricas.

A sugestão de que o comportamento individual e coletivo pode se beneficiar de considerações geométricas pode parecer surpreendente no início. Mas nos últimos dois séculos a geometria perdeu seu significado tradicional de ser apenas uma estrutura para o estudo do espaço físico.

No campo de ação, os conceitos com uma geometria rica e significativa incluem: perturbações da felicidade em uma população; subgrupos da população (agentes) a partir de possíveis classificações de prioridades, etc. Os agentes podem ser indivíduos, mas também grupos de indivíduos e empresas, grupos de empresas, pessoas que compartilham uma ideologia, comunidades. Em todos esses casos, a riqueza e a abundância de elementos, bem como a estrutura relacional relativamente uniforme entre eles tornam a tomada geométrica uma aproximação compacta, expressiva e poderosa dos fenômenos em análise.

Para qualquer agente, seja um único indivíduo ou um grupo de indivíduos, apenas uma visão da geometria geral será relevante. Essa visão será como uma “fovea”, na medida em que terá um núcleo de informações mais objetivas em um ambiente de informações dispersas. Por exemplo, para avaliar as consequências de uma ação, podem-se considerar as perturbações da felicidade para membros individuais de uma comunidade local (foveal), ao passo que apenas uma única perturbação de felicidade agregada para pessoas de outras comunidades pode ser considerada. Ao decidir qual ação seria mais correta, um agente poderia tentar comparar diferentes padrões de perturbação da felicidade expressados naquela comunidade particular, em vez de simplesmente resumir todas as perturbações dos indivíduos, como na abordagem tradicional.

Referências

ADAM, B. Time, Polity, Cambridge, 2004.

BAIANU, I. (org), Complex systems biology and life's logic in memory of robert rosen Axiomathes 16 (1–2) (2006).

BAIANU, I.; POLI, R. Simple, complex, super-complex systems: a paradigm shift towards non-abelian systems dynamics, Theory and Applications of Ontology, vol. 2: Computer Applications, Springer, Dordrecht, 2009, unpublished manuscript.

BELL, W. Foundations of Futures Studies: Human Science for a New Era, Transaction Publishers, New Brunswick, NJ, 1997.

CORNISH, E. Futuring: The Exploration of the Future, World Future Society, Bethesda, MD, 2004.

DUBOIS, D.M. Review of incursive hyperincursive and anticipatory systems—foundation of anticipation in electromagnetism, in: D.M. Dubois (Ed.), Computing Anticipatory Systems. Casys'99, The American Institute of Physics, AIP Conference Proceedings, vol. 517, 2000, pp. 3–30.

GODET, M. Creating futures scenario planning as a strategic management tool, *Economica* (2004).

LINDGREN, M.; BANDHOLD, H. Scenario Planning—The Link Between Future and Strategy, Palgrave Macmillan, Hampshire and New York, 2003.

MACIVER, R. M. Social Causation, Peter Smith, Gloucester, Mass, 1973 (1st ed. 1942, Ginn and Company; 2nd ed. 1964, Torchbook).

PARSONS, T. Towards a General Theory of Action, Harvard University Press, Cambridge, MA, 1951.

POLI, R. The basic problem of the theory of levels of reality, *Axiomathes* 12 (3–4) (2001) 261–283.

_____. Levels of reality and the psychological stratum, *Revue Internationale de Philosophie* 61 (2) (2006) 163–180.

_____. First steps in experimental phenomenology, in: A. Loula, R. Gudwin, J. Queiroz (Eds.), *Artificial Cognition Systems*, Idea Group Publishing, Hersey, PA, 2006, pp. 358–386.

_____. Ontology. The categorial stance, in: R. Poli, J. Seibt (Eds.), *Theory and Applications of Ontology*, vol. 1: Philosophical Foundations, Springer, Dordrecht, 2010.

POPPER, K. A World of Propensities, Thoemmes Antiquarium Books, Bristol, 1990.

ROBERTSON, J. The Sane Alternative: A Choice of Futures, revised edn, The Old Bakehouse, Oxon, 1983.

ROSEN, R. Planning, Management, Policies and Strategies: Four Fuzzy Concepts, *International Journal of General Systems* (1974) 245–252.

_____. *Fundamentals of Measurement and Representation of Natural Systems*, North Holland, New York, 1978.

_____. *Anticipatory Systems. Philosophical, Mathematical and Methodological Foundations*, Pergamon Press, Oxford, 1985.

_____. *Life Itself. A Comprehensive Inquiry into the Nature, Origin, and Fabrication of Life*, Columbia University Press, New York, 1991.

_____. *Essays on Life Itself*, Columbia University Press, New York, 2000.

SLAUGHTER, R.A. *Futures Beyond Dystopia: Creating Social Foresight*, Routledge, London, 2004.

WOODGATE, D.; PETHRICK, W.R. *Future Frequencies*, Fringecore, Austin, TX, 2004.

Recebido em Junho de 2017
Traduzido em Julho de 2017
Aprovado em Agosto de 2017
Publicado em Outubro de 2017

JORNAL DE POLÍTICAS EDUCACIONAIS

ISSN 1981-1969

Volume 11

Número 13

30 de outubro de 2017



O Copyright é retido pelo/a autor/a (ou primeiro co-autor) que outorga o direito da primeira publicação ao **Jornal de Políticas Educacionais**. Mais informação da licença de Creative Commons encontram-se em <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5>. Qualquer outro uso deve ser aprovado em conjunto pelo/s autor/es e pelo periódico.

JORNAL DE POLÍTICAS EDUCACIONAIS é uma publicação do Núcleo de Políticas Educacionais do Setor de Educação da Universidade Federal do Paraná – NuPE/UFPR, em consórcio com a Linha de Pesquisa em Políticas Educacionais do Programa de Pós-Graduação em Educação – PPGE/UFPR, que aceita colaboração, reservando-se o direito de publicar ou não o material espontaneamente enviado à redação. As colaborações devem ser enviadas ao NuPE/UFPR, conforme orientações contidas nas páginas do periódico na internet: <http://revistas.ufpr.br/jpe>.

Indexação:

BBE – Biblioteca Brasileira de Educação (MEC/INEP)
Clase (Base de Datos Bibliográfica de Revistas de Ciencias Sociales y Humanidades)
Diadorim – Diretório de Política de Acesso Aberto das Revistas Científicas Brasileiras (IBICT)
Google Scholar
Index Copernicus
Portal de Periódicos (CAPES)
SER – Sistema Eletrônico de Revistas da Universidade Federal do Paraná (SER/UFPR)
Sumários de Revistas Brasileiras (FUNPEC-RP)
DRJI - Directory of Research Journals Indexing

(Periódico integralmente disponível apenas em via eletrônica)

Jornal de Políticas Educacionais / Núcleo de Políticas Educacionais da Universidade Federal do Paraná – NuPE/UFPR – v.1, n. 1 (1º semestre de 2007) – Curitiba: NuPE/UFPR.

Volume 11, número 13 – Outubro de 2017

ISSN 1981-1969

1. Educação – Periódicos. 2. Política Educacional – Periódicos. I. NuPE/UFPR

Comitê Editorial:

Ângelo Ricardo de Souza (UFPR)
Ana Lorena Bruel (UFPR)
Marcos Alexandre Ferraz (UFPR)

Conselho Editorial:

Andréa Barbosa Gouveia (UFPR), Ângela Hidalgo (UNICENTRO), Cesar Gernomino Tello (Universidad Nacional TresFebrero, Argentina), Gladys Beatriz Barreyro (USP), Juca Gil (UFRGS), Jefferson Mainardes (UEPG), João Ferreira de Oliveira (UFG), Luiz Souza Júnior (UFPB), Marcos Edgard Bassi (UFSC), Regina Maria Michelotto (UFPR), Robert Verhine (UFBA), Rosana Cruz (UFPI), Rubens Barbosa Camargo (USP),

Sebastián Donoso Díaz (Universidad de Talca, Chile), Taís Moura Tavares (UFPR), Theresa Adrião (UNICAMP), Vera Peroni (UFRGS).

Jornal de Políticas Educacionais
Universidade Federal do Paraná
Setor de Educação
Núcleo de Políticas Educacionais – NuPE/UFPR
Rua Gal. Carneiro, 460 – 4º andar – Sala 407/C
80.060-150 – Curitiba – PR – Brasil
Tel.: 41-3360-5380
jpe@ufpr.br
<http://revistas.ufpr.br/jpe>