



LÓGICA E SISTÊMICA

Hércules de Araujo Feitosa

Professor do Departamento Faculdade de Ciências, Departamento de Matemática – UNESP, Câmpus de Bauru. Doutor em Lógica e Filosofia da Ciência pela Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP. Email: haf@fc.unesp.br.

RESUMO

Este texto destaca os conceitos de sistema e sistemas complexos e como tais sistemas foram vistos a partir de uma visão de sistêmica. Então, procura destacar aspectos que podem ser descritos em modelos dados por estruturas matemáticas e as relações entre os sistemas, os seus modelos e o ambiente lógico em que tais modelos podem ser descritos, as teorias.

PALAVRA-CHAVE: Sistemas complexos. Sistêmica. Modelos. Lógica.

LOGICAL AND SYSTEMIC

ABSTRACT

This paper emphasizes the concepts of system and complex systems, and as these complex systems are considerate from a vision of systemic. So it tries to evidence aspects that can be described in models given by mathematical structures thus as the relations involving these systems, its models and the logical environment in which such models can be formalized, the theories.

KEYWORDS: Complex systems. Systemic. Models. Logic.

1 INTRODUÇÃO

O conceito “sistema” ocorre em distintas áreas de saber ou disciplinas. Quase todos já nos deparamos com as seguintes manifestações deste termo: o corpo humano conta com sistema nervoso e sistema respiratório, entre outros (Biologia); os planetas do sistema solar, donde habitamos, orbitam ao redor da estrela Sol (Astrofísica); o nosso sistema político está

em cheque (Ciências Sociais); o sistema de equações não tem solução (Matemática); há um curso de sistemas de informação na UNESP (Computação); sistemas físicos são constituídos de matéria e energia (Física), o sistema produtivo desta empresa está em declínio (Engenharia de Produção).

Estas manifestações da palavra “sistema” têm significados levemente diferentes ao variar de uma para outra ocasião, mas como há algo em comum entre elas, passou a ser um tema de investigação essencial. O livro de Bertalanffy (1975) “Teoria geral dos sistemas” apresenta uma boa introdução sobre este tema.

Não temos uma única e definitiva caracterização de sistema, mas destacamos alguns aspectos essenciais de algum sistema, o qual pode ser entendido como uma entidade, uma, determinada por um conjunto não vazio de membros, que interagem entre si e com outros subconjuntos de elementos do conjunto acima, de modo a manter algum aspecto de invariância que gere a sua identidade.

Dessa maneira, algum sistema exige um conjunto de elementos que formam uma estrutura e esta deve evidenciar algum tipo de funcionalidade, conforme indicam D’Ottaviano e Bresciani Filho (2004).

Para a caracterização desta estrutura subjacente ao conceito de sistema, usaremos o texto de Bresciani Filho e D’Ottaviano (2000) “Conceitos básicos de sistêmica”, que destacam noções, conceitos e definições essenciais da ciência dos sistemas.

Uma denominação mais recente do tema é sistêmica, que surge dos estudos da teoria geral dos sistemas e engloba fenômenos de organização e auto-organização. De modo muito breve, por auto-organização podemos entender a disponibilidade de alguns sistemas físicos de criar padrões de comportamentos não centralizados, pouco previsíveis, e com crescente capacidade de adaptação. No artigo acima, são dadas noções básicas da sistêmica, tais como elemento, conjunto, fronteira, relação, ordem, equivalência, estrutura, complemento e universo, os quais revelam aspectos da estrutura com funcionalidade acima e, nesse âmbito, vinculam-se a conceitos lógicomatemáticos.

Daí decorre nosso intento de vincular o tema “sistêmica” com nossa especialização “lógica”. Desejamos explicitar uma representação matemática dos conceitos ou dos tópicos elencados na sistêmica de Bresciani Filho e D’Ottaviano (2000) e discutir estes elementos na

presença de uma linguagem artificial que permita as suas descrições, ou pelo menos, parte delas.

Apresentamos os tópicos básicos de modo rápido sobre os quais fundamos nossa representação e descrição.

2 SISTEMAS COMPLEXOS

Na introdução já dissertamos, de modo muito breve, sobre o conceito de sistema. Agora devemos tratar de sistemas complexos. Naturalmente, devemos ver o que o adjetivo “complexo” acrescenta aos sistemas. De pronto, entendemos que vai no sentido contrário de ser simples ou ingênuo.

Segundo D’Ottaviano e Bresciani Filho (2004), os sistemas complexos partilham padrões de interação não completamente regulares, mas também não completamente irregulares. De um modo geral, suas conexões de relações podem, de maneira randômica, localmente se auto-organizar e, ainda assim, não refletir alguma ordenação global.

São compostos de várias partes que se interconectam, com a disposição de gerar novas propriedades no comportamento do sistema uno. As propriedades do sistema não precisam ser consequências dos seus elementos constituintes individualmente, mas pela auto-organização formam padrões espontâneos de caráter temporal, espacial ou funcional da sua estrutura.

Sistemas complexos não podem ser descritos por uma única disciplina ou área de conhecimento, pois agregam muitos princípios que auto-interagem com diferentes escalas e conexões, o que inviabiliza uma descrição universal do sistema.

Uma característica fundamental dos sistemas complexos é a emergência, fenômeno que surge da interação entre seus componentes e partes.

Um exemplo de sistema complexo é a mente humana. Apesar de termos aprendido muito sobre ela, precisamos reconhecer que ainda temos inúmeros aspectos da mente que são muito pouco compreendidos. Não temos uma descrição universal. Muitas áreas investigam sobre aspectos da mente - Filosofia, Psicologia, Psiquiatria, Neurologia, Neurocirurgia, Pedagogia, Lógica, Computação Inteligente, entre outras – e suas partes têm componentes químicos, físicos, biológicos dentre possíveis outros. Não conseguimos entendê-la como uma soma das partes.

Este é apenas um dentre muitíssimos outros sistemas complexos que têm atraído a investigação das mais diversas áreas do conhecimento sistematizado.

Para adentrarmos no mundo dos sistemas complexos precisamos aceitar uma visão holística do tema tratado. Aceitar, de modo natural, o trabalho interdisciplinar. Reconhecer que pouco podemos evoluir sem a parceria de muitas distintas áreas. Identificar a questão num possível corpo que ocupa um lugar no tempo e no espaço, o ambiente. Na próxima seção, destacamos uma visão desta concepção bastante geral de sistemas.

3 SISTÊMICA

Apresentamos uma síntese do texto de Bresciani Filho e D'Ottaviano (2000) sobre sistêmica. Destacaremos aspectos que buscamos representar numa estrutura na outra seção. Esta seção é integralmente devotada a este artigo e os detalhes sobre sistêmica estão no artigo.

3.1 SISTEMA E ELEMENTOS

Como já mencionado, parte essencial de um sistema é o conjunto dos seus elementos, que não pode ser vazio e determina uma estrutura com funcionalidade. Este é o universo ou domínio do sistema.

Os elementos não precisam ser todos do mesmo tipo ou de mesma sorte. Se temos uma quantidade finita de sortes, podemos separar os elementos no conjunto universo e dar entendimento usual a este conjunto.

As interações entre estes elementos e conjuntos de elementos é que caracterizam cada sistema. Subconjuntos do domínio podem determinar subsistemas do sistema considerado e, desse modo, partilhar as mesmas relações do sistema uno.

Contudo, também algum subconjunto pode ampliar ou reduzir as relações encontradas no sistema uno e, esta expansão ou redução não pode ser vista com um subsistema, porém outro que age e interage com o sistema uno.

Nos sistemas complexos, assumimos uma visão de não-reducionismo, pois as propriedades do sistema não coincidem com a soma das suas partes e o todo, uno, pode ser mais, ou menos, do que a soma das suas partes.

Mencionam Bresciani Filho e D'Ottaviano (2000) que:

- (a) as propriedades e o comportamento de cada elemento do conjunto têm efeito nas propriedades e no comportamento do todo, e dependem das propriedades e do comportamento de pelo menos um dos outros elementos; ou seja, não existem elementos isolados no sistema;
- (b) cada possível subconjunto de elementos apresenta a mesma primeira característica e, então, o conjunto não pode ser subdividido em subconjuntos independentes.

3.2 SISTEMA E SUJEITO

Sujeito é o indivíduo que investiga um dado sistema. Ele pode ser interno ou externo ao sistema. Por exemplo, um cientista, ao investigar uma colônia de bactérias, em geral, está fora da colônia, mas ao tratar da ecologia do planeta, faz parte do sistema uno.

Este sujeito busca o entendimento, a compreensão, alguma explicação da existência e das propriedades do sistema. Ele estabelece relação com o sistema investigado pela reflexão, observação, manipulação e intervenção.

Esta ação do sujeito conduz à presença de um ponto de vista pessoal, dado a partir do seu olhar sobre o sistema.

Considerando que o sujeito e também o sistema são sistemas complexos, temos aqui uma relação entre sistemas complexos e, naturalmente, não há nela relações e explicações simples e ingênuas.

3.3 SISTEMA E RELAÇÕES

Os elementos ativos dos sistemas podem se relacionar ou associar com outros elementos e também com conjuntos de outros elementos, em processos que podem ser contínuos e/ou descontínuos.

Segundo Bresciani Filho e D'Ottaviano (2000), “podem ser interações, interrelações, interdependências, integrações, ligações, articulações, comunhões, associações, conjunções, inclusões, implicações, identificações, combinações, conexões, comunicações e outras”.

Podem ser determinadas ou indeterminadas, planejadas ou aleatórias. Surge, então, uma organização. As relações podem ser de muitos tipos e ainda mudar de tipo e complexidade ao longo da sua existência. Essas relações sugerem condições de emergências no sistema ou mesmo de autoorganização.

3.4 RELAÇÕES E ORDEM

São relações no sentido matemático e usual do termo. Relações binárias correspondem a subconjuntos de pares ordenados.

As muitas relações do sistema caracterizam a estrutura e a funcionalidade do sistema. A ordem, como indica o seu nome, dá uma ordenação para os elementos do sistema e, assim, determina quem vem antes e o que vem depois, segundo esta ordenação. Como nos textos matemáticos, vamos indicar elementos quaisquer do sistema por x , y e z e a ordem considerada pelo símbolo \leq . Como usualmente, trata-se de uma relação reflexiva ($x \leq x$), antissimétrica (se $x \leq y$ e $y \leq x$, então $x = y$) e transitiva (se $x \leq y$ e $y \leq z$, então $x \leq z$). Outras variações de ordem podem ser o caso.

Um sistema é ordenado quando admite alguma relação de ordem. Também podem surgir relações de equivalência quando a relação é reflexiva, simétrica (se $x \leq y$, então $y \leq x$) e transitiva. Elementos equivalentes, mas não iguais, no sentido em que são equivalentes, podem ser permutados um por outro, de modo a manter a estabilidade do sistema, ou deixar os sistemas equivalentes. Como nos mostram resultados matemáticos, as relações de equivalência permitem a partição do sistema em blocos de equivalência, que podem mimigar aspectos do sistema todo.

3.5 RELAÇÕES E COMPLEXIDADE

Segundo Bresciani Filho e D'Ottaviano (2000), a noção de complexidade pode ser entendida a partir das relações. Sistemas complexos portam relações não usuais e pouco previsíveis. Por outro lado, sistemas mais simples apresentam maior capacidade de previsão e até mesmo determinação.

Como já mencionado, as relações não precisam ser apenas as binárias, de ordem e equivalência, as mais simples e bastante investigadas. Podem ser quaisquer, inclusive entre elementos e conjuntos e/ou conjuntos de conjuntos. E assim por diante.

3.6 SISTEMA E ORGANIZAÇÃO

Organização é dada pelas características estruturais e funcionais de um sistema. Ocorre quando permite o entendimento da dinâmica subjacente do sistema.

Bresciani Filho e D'Ottaviano (2000) explicitam que organização não deve ser confundida com ordenação. A estrutura do sistema fica explicitada pelo conjunto articulado das relações do sistema, pelo conjunto domínio e suas relações.

Campos de forças de atração e/ou repulsão conduzem à criação de condições favoráveis ou desfavoráveis para a criação, desenvolvimento ou eliminação de um sistema. Estas forças de cooperação e/ou competição não são apenas de origem internas ao sistema.

3.7 SISTEMA E FINALIDADES

Alguns sistemas, principalmente artificiais, podem ter metas e a sua eficácia se manifesta segundo a sua capacidade de atingir as metas planejadas.

3.8 SISTEMA E MEIO-AMBIENTE

Cada sistema tem uma fronteira, a qual permite reconhecer o seu interior, fronteira e exterior. Meio-ambiente é o que está fora do sistema. Assim, o sistema pode ser fechado, semifechado ou aberto. Em geral, sistemas complexos são não fechados.

3.9 FLUXO E CAMPO

Para Bresciani Filho e D'Ottaviano (2000), os mencionados campos de forças de atração e/ou repulsão geram fluxo de atividades características do sistema. São alterações funcionais e estruturais, que alteram a organização do sistema. Nos sistemas complexos agem diversos fluxos, responsáveis por ações de alteração ou estabilização do sistema.

3.10 MUDANÇA E EQUILÍBRIO

Um sistema deve estar em equilíbrio ou em alteração, mudança. O entendimento do sistema implica em entender o que leva o sistema ao seu estado atual e/ou possível previsão de estado futuro.

3.11 ORGANIZAÇÃO E AUTO-ORGANIZAÇÃO

Bresciani e D'Ottaviano (2000) indicam que a organização artificial do sistema é constituída por uma estrutura, predeterminada ou preconcebida – por elementos internos,

externos ou de fronteira – para atender a um funcionamento pretendido em direção a uma finalidade prefixada.

Por outro lado, indicam que a organização não artificial ou informal é “constituída também por uma estrutura, com um funcionamento correspondente, que não é predeterminada, preconcebida ou planejada, mas que, pelo contrário, decorre espontaneamente das atividades de elementos internos, e eventualmente de fronteira, do sistema, com elevados graus de autonomia (BRESCIANI; D’OTTAVIANO, 2000). Mudanças espontâneas e autônomas dos sistemas podem apresentar propriedades e comportamentos inesperados e imprevisíveis, os quais podem concorrer para a auto-organização do sistema.

O tema auto-organização é bastante rico e tem sido investigado de modo intenso por grupo de pesquisa liderado por D’Ottaviano: Sistêmica, auto-organização e informação, Projeto Fapesp 10/52627-9. Mais detalhes podem ser encontrados nas muitas publicações deste grupo, algumas na bibliografia, e no projeto mencionado.

3.12 CRIAÇÃO, EVOLUÇÃO E AUTO-ORGANIZAÇÃO

Criação é o resultado tanto de alterações e mudanças promovidas por ações espontâneas e autônomas, como por transformações prescritivas e predeterminadas para o sistema. Pode ser um produto ou processo novo, mas também a evolução de um sistema ou objeto para um outro estágio. É um processo de emergência do sistema.

A evolução é dada pela sucessão de distintas organizações no caminho de transformação do sistema. Se as etapas dessa sucessão trazem algo de novidade, então temos uma evolução criativa.

Mas também pode conduzir a involução e degradação do sistema. Como afirmam Bresciani Filho e D’Ottaviano (2000), a auto-organização e a criação também podem estar relacionadas através de um processo representado por um círculo recorrente no qual: a auto-organização propicia a realização da criação e a criação, ao ser realizada, propicia a modificação da organização na forma de uma auto-organização.

4 REPRESENTAÇÃO MATEMÁTICA DO CONCEITO DE SISTÊMICA

Agora buscamos descrever aspectos mencionados na descrição de sistêmica, da seção anterior, em uma linguagem lógico-matemática, o que aponta para uma característica das

investigações formais contemporâneas, descrever em ambiente formal parte ou o todo de sistemas e noções do meio ambiente.

Vamos buscar na Lógica noções e desenvolvimentos que nos permitam dar conta de aspectos revelados pelo texto sobre sistemática.

Imaginamos que escolhemos um sistema complexo e que desejamos descrevê-lo ou representá-lo num ambiente matemático.

Chamaremos este ambiente de modelo e vamos denotá-lo por \mathcal{M} , de modelo. Como vimos na Seção 2.1, este modelo precisa retratar o sistema como um todo, mas também os elementos que compõem o sistema. Assim, destacamos o conjunto dos elementos de \mathcal{M} por E . Este conjunto E é um coletivo e se um indivíduo está no conjunto E , então, como na teoria dos conjuntos, escrevemos $x \in E$, e se um outro indivíduo y não está no conjunto E , escrevemos $y \notin E$. Este conjunto E é nosso domínio ou universo de discurso.

Para sistemas complexos, pode ser que nosso domínio conte com elementos de tipos distintos ou sortes distintas. Os desenvolvimentos lógicos permitem a formalização de estruturas multisortidas, com uma quantidade finita de sortes. Os membros de E devem ser indicados por símbolos que representam cada tipo de sorte a ser representada.

Também podemos tomar apenas uma parte dos elementos de E , e mais uma vez, usando noções de conjuntos, podemos indicar este subconjunto de E por $A \subseteq E$. Este subconjunto A pode variar desde o conjunto vazio \emptyset até o domínio todo E . Assim $\emptyset \subseteq A \subseteq E$. O subconjunto A pode partilhar menos ou mais propriedades do que as partilhadas pelo conjunto E . Estas propriedades dos subconjuntos A permitem a caracterização de subsistemas do sistema tratado.

Usualmente, temos elementos que jogam um papel essencial nos sistemas, como atratores, repulsores, originadores, dentre outros. Podemos destacar estes elementos especiais num subconjunto. Escrevemos assim $\{e_i : i \in I\}$. O conjunto I é apenas um indicador e cada e_i corresponde a um desses elementos especiais.

O sujeito que investiga o sistema, em geral, está fora do sistema. Mas pode estar dentro. Contudo, ao apresentar uma estrutura para representar o sistema, constrói-se um dispositivo abstrato e matemático, o qual é sempre manipulado de fora, racionalmente. Está sempre sujeito a reflexões filosóficas importantes sobre o alcance do modelo, se é uma boa representação ou é rudimentar. O que pode e não pode fazer o modelo? Quais são suas implicações éticas?

Como na elaboração de um texto, o sujeito sempre tem um ponto de vista do mundo, tem um lugar no espaço e na sociedade e, daí, naturalmente, a pretendida neutralidade da ciência estará sempre questionada. O sujeito age e cria segundo seus valores, seu contexto histórico, sua apreciação do mundo e do sistema tratado.

Parte essencial da descrição de um sistema está na manifestação de como os seus elementos se relacionam. Este relacionar é bastante amplo e de todos os modos possíveis. Temos um repertório lógico-matemático que permite a avaliação de muitas relevantes relações. As relações não precisam ser apenas de indivíduos para indivíduos, mas podem ser também de elementos para conjuntos e de conjuntos para elementos, entre outras. Quando se é possível bem descrever as relações de um sistema, o modelo dá boas informações sobre o sistema tratado. Claro que os sistemas complexos são aqueles em que os modelos estão distantes de uma boa descrição. Por isso são complexos. E ser difícil de ser retratado não é condição de barreira para não ser investigado. Pode ser incentivo para mais determinação e empenho.

As relações que podemos descrever entram no modelo como um outro conjunto $\{R_j : j \in J\}$. O conjunto J é apenas um indicador e cada R_j corresponde a uma tal relação retratada. O modelo idealizado até aqui não é um usual modelo de primeira ordem, investigado nas lógicas de primeira ordem. Estes últimos não dão conta de problemas matemáticos usuais, quanto mais de sistemas complexos. Mas buscamos, na tradição, meios de tratar dos casos novos e não tratados. Tanto quanto possível, tentamos reduzir um problema a outro conhecido ou parcialmente conhecido.

Relações de ordem e de equivalência são casos de relações bem conhecidas e com um repertório bem amplo de tratamento. Outras relações são problemas novos e podem ser difíceis de serem bem formuladas. Por não serem usuais e bem comportadas, estas relações tornam os sistemas complexos.

Casos particulares de relações são as funções. As funções, quando conhecidas e explicitadas, podem dar um caráter de finalidade, de meta para algumas ações dos sistemas. Vamos incluir também as funções nos nossos modelos.

Funções determinam um conjunto $\{f_k : k \in K\}$. O conjunto K é apenas um indicador e cada f_k corresponde a uma função retratada no sistema. Então, um modelo fica determinado pelo seguinte:

$$\mathcal{M} = (E, \{e_i : i \in I\}, \{R_j : j \in J\}, \{f_k : k \in K\}),$$

Em que as constantes, relações e funções são aquelas que o sujeito, ao retratar o sistema, consegue dar algum entendimento razoável e aceitável.

Se a interação entre o sistema e o modelo é ótima, então o sistema é bem modelado e, por simplicidade, podemos buscar respostas de questões sobre o sistema no modelo. Se o modelo faz apenas uma aproximação sobre o sistema, nem sempre podemos confiar plenamente no modelo. Por isso, na história da ciência, modelos são superados. Modelos aceitáveis em um momento deixam de sê-lo em momento posterior.

Modelos complexos são aqueles em que a modelação é bastante precária. Precisamos de mais detalhes sobre seus elementos essenciais, suas relações e funções.

O sistema pode ser dinâmico a apresentar alterações de relações e funções no tempo. Pode ser criativo e criar novos elementos, relações e funções. Pode ter subsistemas, mas ele próprio pode ser um subsistema de outro.

Desenvolver uma ciência corresponde a propor modelos que mais e mais possam ser adequados aos sistemas pesquisados.

Uma questão fundamental e corriqueiramente ignorada sobre modelos é a seguinte: Sobre qual base é construído o modelo \mathcal{M} ? Nos fundamentos, reivindicamos uma base ou alicerce para os modelos. Falamos sobre conjuntos como se fossem nossos conhecidos amigos. Mas, talvez seja fundamental reconhecer que precisamos deles e de uma lógica que norteará nossas decisões para fundar um modelo.

Em geral tomamos a teoria usual dos conjuntos com a lógica clássica. Mas estas são apenas escolhas do sujeito investigador. Ao anunciarmos algum resultado, o fazemos através de enunciados numa dada linguagem.

A seguir, buscaremos trazer a linguagem para esta discussão.

5 LINGUAGEM E INTERPRETAÇÃO

A Lógica como ambiente para a fundamentação da Matemática surgiu e se desenvolveu a partir do final do século XIX. A Matemática é uma ciência eminentemente racional e abstrata. Pode ter uma motivação do mundo real e físico, mas a sua manifestação é essencialmente abstrata.

Nos trabalhos de Fundamentação da Matemática, destacamos dois ambientes distintos. Um dado pelas estruturas matemáticas, onde os matemáticos desenvolvem os seus trabalhos e mostram os seus resultados. Por outro lado, há um ambiente lógico-linguístico, no qual são descritas as leis que as estruturas matemáticas devem preservar, são as teorias.

Chamamos de interpretação a função que associa a cada expressão linguística um termo da estrutura matemática. Certamente, gostaríamos que este casamento entre o ambiente sintático, linguístico e teórico, e o ambiente semântico da estrutura matemática, fosse o mais adequado e perfeito possível. Bem o sabemos que isto não se dá de modo perfeito e integral. De um modo geral, o ambiente sintático é menos potente que o ambiente semântico.

Contudo, agora estamos refletindo sobre sistemas complexos, que podem ser estritamente matemáticos, mas podem também ser sistemas que vivem no mundo e têm uma contraparte física, com desenvolvimento no espaço e no tempo.

Como entendemos, apenas em casos muito específicos, a estrutura \mathcal{M} consegue dar um bom entendimento do sistema complexo. Aliás, não precisa ser muito complexo para que a estrutura \mathcal{M} seja um modelo imperfeito do sistema.

Por analogia com a lógica, esta estrutura \mathcal{M} deve ser descrita numa linguagem clara e precisa, que permita descrever suas leis essenciais. Devemos desenvolver uma teoria \mathcal{T} da estrutura \mathcal{M} . Estes dois ambientes \mathcal{M} e \mathcal{T} são construções artificiais e teóricas, sobre as quais podemos fazer manipulações e, eventualmente, testes laboratoriais para mostrar ou não a adequação das leis de \mathcal{M} e \mathcal{T} com a realidade física.

Criar modelos já não são ações simples. Separar \mathcal{M} e \mathcal{T} parece dificultar ainda mais o entendimento dos processos de modelação. Devido a isto, em geral, o cientista faz um colapso destes dois ambientes. Mas não devemos ignorar integralmente que a linguagem tem papel importante e deixar claro sobre que ambiente estão fundadas as investigações. Também pode ser relevante no processo de modelação deixar a teoria \mathcal{T} explicitada. Precisamos explicitar qual a lógica usada e que elementos de teoria dos conjuntos usamos para fundar nossas teorias \mathcal{T} .

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Fazer ciência é buscar o entendimento dos sistemas investigados. Investigar sobre sistemas complexos, naturalmente, é ação ainda mais complicada e desafiadora. Dado este grau de dificuldade, em geral, não são enfrentamentos individuais, nem plausíveis com poucos recursos e conhecimentos. Daí, o seu caráter interdisciplinar.

A sistêmica procura destacar aspectos e partes dos sistemas, em geral, e dos complexos, em particular. Capta noções da lógica e dos fundamentos.

Procuramos descrever alguns destes tópicos no contexto matemático e conjuntista, das estruturas matemáticas. Partes significativas de sistemas podem ser descritos nas estruturas matemáticas e isto permite o desenvolvimento científico. Desenvolver uma ciência corresponde a deixar claro seus conceitos num modelo inteligível e tratável. O quanto cada modelo pode ser aproximar de um sistema? O otimista crê que é uma questão de tempo, o pessimista que modelos são apenas aproximações grosseiras.

Contudo, sabemos que nossos modelos são apenas aproximações dos sistemas investigados. Algumas vezes, muito boas aproximações. Mesmo com estas limitações, avançamos muito no entendimento de muitos sistemas, também de sistema complexos. Por isso, a investigação sobre sistemas complexos deve ser preservada e intensificada, como temos observado.

Ao final, como na Lógica, destacamos que precisamos dar ênfase também para a linguagem e à noção de interpretação da teoria no modelo. A Lógica pode dar algumas motivações para o uso das teorias e suas relações com seus modelos para a fundamentação e entendimento dos sistemas complexos.

Assim, a Lógica pode e deve ser mais uma disciplina no rol de disciplinas destinadas à investigação de sistemas complexos. Pode abarcar o contexto bem geral das teorias, incluir a linguagem no contexto, tratar da relação entre o modelo, a teoria e o sistema a ser modelado. Deve discutir qual a lógica e fundamentação subjacente, quais os alcances e limitações destas relações. Certamente a teoria dos modelos da lógica não coincide com a modelação matemática (científica) em geral, mas podem se auto-alimentar.

REFERÊNCIAS

BERTANLANFFY, L. *Teoria Geral dos Sistemas*. Rio de Janeiro: Editora Vozes, 1975.

BRESCIANI FILHO, E.; D'OTTAVIANO, I. M. L. Conceitos básicos de sistêmica. In: D'OTTAVIANO, Ítala Maria Loffredo; GONZALEZ, Maria Eunice Q. (Org.). *Autoorganização: estudos interdisciplinares*. Campinas: CLE/UNICAMP, 2000, v. 30, p. 283-306. (Coleção CLE).

D'OTTAVIANO, I. M. L.; BRESCIANI FILHO, E. Sistêmica, auto-organização e criação. *Multiciência*, COCEN/UNICAMP, v. 3, p. 1-23, 2004.

D'OTTAVIANO, I. M. L.; FEITOSA, H. A. *História da lógica e o surgimento das lógicas não clássicas*. Coleção História da Matemática para Professores, SBHM/UNESP, v. 1, p. 01-66, 2003.

MISOCZKY, M. C. A. Da abordagem de sistemas abertos à complexidade: algumas reflexões sobre seus limites para compreender processos de interação social. *Cadernos EBAPE.BR*, v. 1, n. 1, 2003.

FEITOSA, Hércules de Araújo. Lógica e Sistemática. *Complexitas - Rev. Fil. Tem.*, Belém, v. 1, n. 1, p. 48-62, jan./jun. 2016. Disponível em: <
<http://www.periodicos.ufpa.br/index.php/complexitas/article/view/3410>>. Acesso em: 04 jul. 2016.
