

PARTE I

Teoria Geral dos Sistemas

# 1

## Introdução à Teoria Geral dos Sistemas

### OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM

1. estabelecer uma relação entre o método científico e o método sistêmico para a solução de problemas;
2. compreender a evolução da teoria geral dos sistemas;
3. reconhecer o papel desempenhado por alguns pesquisadores na evolução rumo a uma teoria geral dos sistemas;
4. identificar as principais características dos sistemas *hard e soft*;
5. conceituar o processo de análise de sistemas em sentido amplo.

### MÉTODO CIENTÍFICO E O PENSAMENTO SISTÊMICO

O mundo em que vivemos é marcado por avanços tecnológicos nas diferentes áreas de conhecimento. Essas tecnologias têm levado à formação de profissionais altamente especializados: muitos deles trabalham nas mesmas organizações. Gerenciar empresas com esse perfil tem se caracterizado um grande desafio para os cientistas da administração. A formação de profissionais com “visões” generalistas, com capacidade de realização de trabalho em equipe, com conhecimentos transdisciplinares e atuação interdisciplinar, tem sido objeto de estudos desde a metade do século XX. Uma tentativa de tratar esse problema é considerar a empresa como um sistema, formado por subsistemas, assumindo a existência de princípios e de propriedades comuns; a empresa não é vista como um conjunto de partes independentes, buscando alcançar objetivos isolados, mas é formada por um todo em que o resultado desse todo supera a “soma” dos resultados de cada parte. Tal abordagem de condução de uma organização costuma ser rotulada como “pensamento sistêmico”, e é uma forma de resolução de problemas que se diferencia da abordagem clássica ou científica. Neste capítulo, vamos resgatar um pouco da história dessa abordagem, iniciando pela retomada do método científico; no segundo capítulo, trabalharemos os conceitos de sistemas e suas propriedades.

## Evolução da ciência

O objetivo de iniciarmos o capítulo pela retomada das características e da evolução da ciência, ou do pensamento científico, é preparar o caminho para a compreensão do que se entende por pensamento sistêmico, pois os dois conceitos, pensamento sistêmico e pensamento científico, são complementares.

O mundo em que habitamos é um mundo criado pela atividade da ciência. Ela nos ajuda a criar objetos físicos, sistemas de transportes, sistemas de comunicação, sistemas educacionais, sistemas de saúde e novas tecnologias, bem como a organização da sociedade; nos ajuda a entender como funciona o mundo natural, e é também responsável pelo fornecimento dos meios que permitem a destruição de nosso planeta. Assim, o que está sendo chamado de ciência moderna é o resultado da Revolução Científica que ocorreu no século XVII, mas, desde o século VI antes da era cristã, os gregos já manifestavam o desejo de conhecer o mundo como é.

Por um período de aproximadamente 500 anos, o desenvolvimento da ciência deu-se através de uma série de especialidades: geometria, astronomia, geografia, medicina, mecânica... Euclides desenvolveu a “geometria euclidiana”, estudada até hoje nas escolas do mundo todo. Ptolomeu dedicou-se à astronomia, tendo realizado uma precisa observação sobre o movimento dos planetas. A grande contribuição dada pelos gregos, na evolução da ciência, foi explicar o funcionamento do mundo abstraindo os aspectos religiosos e míticos. A explicação foi feita com base na explicação racional.

O que faltou à ciência grega foi suprido pela escola medieval e pelos cientistas do século XVII. Aqui se percebe, com nitidez, a importância de considerar a observação em experimentos controlados, em considerar a importância do argumento indutivo, em usar a matemática para representar os fenômenos observados e, talvez o mais importante, em usar o conceito de função social da ciência como um melhoramento sobre o controle do mundo material e a redução da necessidade de trabalho físico.

No século XVII, a ciência sofreu uma mudança em seus conceitos e em seus métodos, a qual foi tão forte que o termo revolução é o que melhor expressa essa passagem. De forma resumida, pode-se citar alguns nomes importantes que fizeram parte dessa revolução:

- |              |             |  |
|--------------|-------------|--|
| a) Copérnico | 1473 a 1543 | Sugere o modelo heliocêntrico para o universo.   |
| b) Galileu   | 1564 a 1642 | Demonstrações experimentais usando a linguagem matemática.   |
| c) Descartes | 1596 a 1650 | Estabeleceu a metodologia do racionalismo: o reducionismo como o alvo da explicação científica.      |
| d) Newton    | 1642 a 1727 | Uma nova imagem do universo. Importantes contribuições na matemática e na física.                    |
| e) Einstein  | 1879 a 1955 | Teoria da Relatividade. Uma nova imagem do mundo com explicações mais completas do que as de Newton. |

As contribuições de Isaac Newton para a ciência foram tantas que um livro só para abordá-las é pouco. Ele estudou o movimento da terra e da lua, criou teorias matemáticas para poder lidar com esses problemas, publicou a

obra *Mathematical Principles of Natural Philosophy*, considerada um dos mais célebres trabalhos científicos. Nela, Newton apresenta os conceitos e as definições usadas na formulação das leis da dinâmica clássica, discute o movimento dos corpos no vácuo e as modificações introduzidas pelos movimentos nos fluídos, apresenta uma teoria sobre o movimento dos planetas e estabelece uma lei universal sobre a atração gravitacional. Newton pode ser considerado tanto um prático quanto um teórico, tendo sido brilhante nos dois casos. Ele também deixou importante contribuição quanto à metodologia usada na construção do conhecimento científico.

Depois de Newton, talvez René Descartes, tenha sido o nome mais importante para a estruturação da ciência moderna. Ele foi o grande incentivador do princípio reducionista que marcou o método científico por cerca de 350 anos. A contribuição mais forte de Descartes talvez seja na maneira de pensar em ciência, isto é, na metodologia usada para desenvolver a pesquisa. A verdade deve ser procurada por um cuidadoso raciocínio dedutivo, a partir de idéias básicas irreduzíveis.

A grande contribuição de Descartes para a ciência foi o reducionismo, segundo o qual a ciência ajudaria a descrever o mundo através de uma redução de elementos de natureza composta em elementos de natureza simples; isto é o que se pode chamar de “análise”. Com a Teoria da Relatividade, Einstein obteve melhores resultados do que Newton, mas isso em nada invalida a contribuição dada por Newton para a ciência; só nos mostra que os resultados de trabalhos científicos nunca são absolutos, podendo ser substituídos a qualquer momento por novos modelos com maior força descritiva e explanatória.

## O método da ciência

“Ciência é um modo de aquisição de conhecimento do mundo, público e testável. Caracteriza-se pela aplicação de pensamento racional em experiências, visando a expressar de forma concisa e, se possível, através de modelos matemáticos, as leis que governam o universo.” (Checkland, 1999)

Se é possível determinar um padrão para a atividade da construção desse conhecimento científico, podem-se apontar as seguintes características como parte desse processo: reducionismo, repetição e refutação. A ciência pode ser considerada reducionista dado que o mundo real é rico em espécies; é tão confuso que, para conseguirmos resultados coerentes, é necessário simplificá-lo, isto é, fazer uma seleção de alguns itens para examiná-los. Pensamento científico é quase que sinônimo do pensamento analítico proposto por Descartes.

A segunda característica desse padrão é a repetição dos experimentos. É a característica que nos permite rotular um conhecimento como “científico” e que o diferencia, por exemplo, do conhecimento literário ou religioso. A lei obtida pela análise de experiências repetidas, uma vez aceita, vale em qualquer lugar do mundo, não dependendo de gosto ou de crenças. Essa característica é que dá à atividade da ciência uma base sólida para não ser afetada pela irracionalidade, pela emoção e pelas loucuras dos seres humanos. A repetição é acompanhada da medição. Os valores medidos podem ser registrados e repetidos mais facilmente do

que as observações qualitativas. Os resultados científicos considerados mais fortes são aqueles expressos quantitativamente.

A terceira característica do método científico é que os progressos podem ser obtidos a partir de discussões sobre os resultados alcançados. O progresso da ciência será determinado por experimentos mais significativos, à medida que as hipóteses significantes resistam à refutação delas. Assumindo que é possível criar um processo estruturado para a atividade da ciência, os passos seguintes ilustram como um problema pode ser resolvido, ou não, ao longo de sua execução:

- O pesquisador procura delimitar o problema através da definição das variáveis do mundo real que serão examinadas.
- Ele procede essa redução, desenhando uma situação artificial, dentro da qual algumas variáveis serão observadas, enquanto outras permanecem inalteradas. Seu desenho experimental terá sentido dentro de alguma teoria ou de alguma visão particular. É formulada uma hipótese.
- Uma questão é proposta: a hipótese passará no teste?
- Realizados os experimentos, os resultados devem ser cuidadosamente descritos, analisados, interpretados e divulgados, permitido que críticas e discussões sejam feitas por outros pesquisadores interessados no assunto.

Dada a natureza indutiva desse processo inferencial, uma refutação da hipótese formulada tem mais valor do que a corroboração da mesma.

---

### **Problemas com o método científico**

O método científico, quando aplicado a problemas complexos, problemas com muitas variáveis e problemas sociais (situações em que a atividade humana se faz presente), apresenta algumas dificuldades, mesmo que seja uma prática na ciência dividir o problema em partes menores para melhor compreendê-lo. A definição dos limites desses problemas, identificar o que faz parte do problema e o que não faz parte, traz dificuldades bem maiores do que aquelas encontradas em fenômenos físicos, químicos, mecânicos, etc.

O tratamento de disciplinas como a sociologia, antropologia, economia, etc. como ciência é uma questão problemática. Problemas muito difíceis surgem quando os métodos desenvolvidos para investigar o mundo natural tentam ser aplicados a fenômenos sociais, uma vez que destes fazemos parte e, em relação àqueles, somos observadores externos. Pode-se afirmar que um dos fatores determinantes para a dificuldade de analisar os fenômenos sociais é que esses sistemas incluem um componente que os diferencia dos fenômenos naturais: o ser humano. Da análise de um fenômeno social, dificilmente serão estabelecidas leis; no máximo, tendências.

Entre os problemas rotulados como sociais, inserem-se os problemas de decisão do mundo real. Trata-se de algo diferente dos problemas cujas soluções são buscadas em experimentos dentro de um laboratório. Esse tipo de problema pode ser classificado também como um problema de gerenciamento, no sentido mais amplo do termo. O processo gerencial está relacionado com a decisão de fazer ou não fazer alguma coisa; está relacionado com o planejamento, com a

escolha de alternativas, com o controle de desempenho e com o gerenciamento de pessoas.

É possível falar em “ciência da administração”. A questão é: o método científico como o conhecemos aplica-se a problemas de gerenciamento? Hopeman (1974) afirma o seguinte: “Embora o método científico seja útil na ciência, sua aplicabilidade, nessa forma, à tomada de decisão em negócios torna-se questionável”. Ele defende essa posição alegando que, nos negócios, a definição de um problema nem sempre é possível; que, enquanto um cientista pode manter tudo constante e testar uma variável de cada vez, nos negócios isso não ocorre. Finalmente, ele argumenta que existe outra diferença, a de que a ciência coloca muita ênfase na quantificação dos dados e nos instrumentos de medida, mas que, nos negócios, os modelos quantitativos poderão representar apenas uma parte do conjunto de relações envolvidas num ponto de decisão. Hopeman conclui defendendo uma nova abordagem para lidar com esses problemas: o pensamento sistêmico.

Assim, pode-se afirmar que os três grandes problemas para a ciência são: a complexidade, os sistemas de natureza social e a aplicação do método científico em problemas do mundo real; eles ainda não foram satisfatoriamente solucionados, embora algum progresso já tenha sido feito. Dessa forma, faz-se necessário defender a proposta de uma abordagem complementar ao método científico: o pensamento sistêmico.

---

## **Pensamento sistêmico**

---

O título desta subseção bem poderia ser outro: enfoque sistêmico, abordagem de sistemas ou visão sistêmica. Todos têm o mesmo propósito: exibir os conceitos que constituem essa nova proposta de abordar e resolver problemas, principalmente em segmentos nos quais o método científico apresenta limitações.

Uma característica do pensamento sistêmico é abordar o problema, seja ele um problema de biologia, de administração ou de qualquer outra área de conhecimento, pensando em seu todo. Um dos primeiros cientistas do século XX a aplicar esse tipo de pensamento foi o biólogo Ludwig von Bertalanffy, considerado por muitos o pai da Teoria Geral dos Sistemas (TGS). Ele sugeriu a aplicação dessa forma de abordar os problemas em outras áreas além da biologia. Pesquisadores de diferentes áreas, como psicologia, lingüística, antropologia, engenharia, deram suas contribuições para a construção para essa maneira de pensar nos problemas.

Nesse sentido, a biologia não deve se preocupar apenas com o nível físico-químico ou molecular dos organismos, mas também com níveis mais elevados da organização da matéria viva. Em outras palavras, a biologia deve se preocupar em estudar os organismos vivos como sistemas, nos quais encontramos níveis diferentes de complexidade e, em cada nível (hierarquia), usamos uma linguagem própria para descrevê-lo. A visão do universo como um sistema é um belo exemplo daquilo que chamamos de hierarquia: partículas elementares, núcleos atômicos, átomos, moléculas, células, organismos, organizações e sociedades constituem uma linha hierárquica de sistemas, em que cada nível é formado por uma classe de sistemas complexos.

Em qualquer hierarquia de sistemas, a manutenção dessa hierarquia acarretará um conjunto de processos de troca de informações (comunicação) com a finalidade de regular o sistema (controle). Por exemplo, na moderna biologia molecular, o DNA armazena informações. O processo genético acarreta mensagens químicas que carregarão instruções para ativar ou reprimir outras reações, fazendo parte de um processo de controle que guiarão o desenvolvimento do organismo. Como diz Checkland, “é intuitivamente óbvio que uma hierarquia de sistemas abertos deva acarretar processos de comunicação e controle, se os sistemas precisam sobreviver aos golpes aplicados pelo ambiente do sistema”. O mesmo vale para os sistemas construídos pelo homem, como uma empresa ou um sistema de informação. O projetista de um sistema de informação é forçado a ser um “pensador sistêmico”.

Dispositivos para realizar controles automáticos com base na comunicação da informação não é algo recente: a proposta de uma teoria de controle data da metade do século XX, e é conhecida como cibernética. Esta e outras teorias que surgiram no século passado, inseridas no movimento para a criação de uma teoria geral dos sistemas, serão comentadas na próxima seção.

O pensamento sistêmico pode ser chamado de Teoria Geral dos Sistemas aplicada e pode ser descrito como:

- uma metodologia de projeto;
- uma nova classe de método científico;
- uma teoria de organizações;
- um método relacionado à engenharia de sistemas, à pesquisa operacional, à análise custo/benefício, etc.

Façamos uma observação final sobre essa expressão que dá o título à seção. É comum encontrarmos estudantes e profissionais da área de administração, engenharia e informática, tratando “pensamento sistêmico” e “análise de sistemas” como termos sinônimos. Na verdade, existe uma distinção. A análise de sistemas, como popularmente é usada, está relacionada a um tipo particular de sistema, os sistemas de informação. O pensamento sistêmico tem um sentido mais geral e não se preocupa com um tipo particular de sistema. No final deste capítulo, incluímos uma seção que descreve o processo de análise de sistemas no sentido mais amplo do termo.

## HISTÓRICO DA TEORIA GERAL DOS SISTEMAS

Até o presente momento, não nos preocupamos em conceituar o termo “sistemas”, pois esse conceito invadiu todos os campos da ciência e penetrou no pensamento popular. Entendemos que o leitor não tenha tido nenhum prejuízo pela não-formalização do conceito. Ainda não o faremos aqui. O Capítulo 2 abordará o conceito de sistemas. Esta seção tem por objetivo mostrar a origem da teoria que trata das propriedades comuns dos sistemas.

Há fortes indícios que o autor da idéia de uma teoria geral dos sistemas tenha sido Ludwig von Bertalanffy, idéia essa anterior à cibernética, à engenharia dos sistemas e de outras teorias afins. Por volta dos anos 1930, o biólogo Berta-

lanffy estava envolvido na discussão sobre mecanicismo-vitalismo. A forma mecanicista de proceder na solução de problemas da ciência consistia em desdobrar o organismo vivo em partes e processos parciais. O organismo, nessa visão, era um agregado de células, a célula, um conjunto de moléculas orgânicas, e o comportamento, uma soma de reflexos incondicionados e condicionados, etc. Os problemas da organização dessas partes, a serviço da conservação do organismo, da regulação após perturbações provenientes do ambiente, eram deixados de lado, ou, conforme o vitalismo, explicavam-se somente pela ação de fatores anímicos, o que caracterizava a decadência da ciência. Bertalanffy e outros buscaram um ponto de vista chamado organísmico, que, em outras palavras, significa que os organismos são coisas organizadas. Como consequência de suas pesquisas, Bertalanffy desenvolveu a teoria dos sistemas abertos e dos estados estáveis, que é uma extensão da físico-química, da cinética e da termodinâmica convencionais. A partir desses trabalhos, ele resolveu propor uma generalização ainda mais ampla, que ele chamou de Teoria Geral dos Sistemas. Essa idéia foi apresentada pela primeira vez em 1937, na Universidade de Chicago.

Outras teorias, surgidas mais ou menos no mesmo período, parecem destinadas a satisfazer as exigências de uma teoria geral dos sistemas:

1. A **cibernética**: baseava-se no princípio da retroação, fornecendo mecanismos para a procura de uma meta e o comportamento autocontrolador.
2. A **teoria da informação**: introduziu o conceito de informação como quantidade mensurável, por uma expressão isomórfica da entropia negativa em física e desenvolvendo os princípios de sua transmissão.
3. A **teoria dos jogos**: consiste na análise, dentro de uma nova moldura matemática, da competição racional entre dois ou mais antagonistas que procuram o máximo de ganho e o mínimo de perda.
4. A **teoria da decisão**: consiste em analisar igualmente as escolhas racionais nas organizações humanas, com base no exame de determinada situação e de seus possíveis resultados.
5. A **teoria das filas**: refere-se à otimização de arranjos em condições de aglomeração.
6. A **topologia** ou a **matemática relacional**: inclui campos de natureza não-métrica, como, por exemplo, a teoria dos grafos e das redes.
7. A **análise fatorial**: consiste no isolamento, por meio da análise matemática, de fatores em que existem múltiplas variáveis, em psicologia e em outros campos.
8. A **teoria dos autômatos**: é a teoria dos autômatos abstratos, com entrada, saída, possivelmente ensaios e erros, e aprendizagem. Um modelo geral é a máquina de Turing.
9. A **TGS** (Teoria Geral dos Sistemas em sentido restrito): procura derivar da definição geral de "sistema", como um complexo de componentes em interação, conceitos característicos das totalidades organizadas, como interação, controle, mecanização, centralização, competição, finalidade, etc., e aplicá-los a fenômenos concretos.

Mesmo sendo incompleta e, em alguns casos, confundindo modelos com técnicas matemáticas, a enumeração acima é suficiente para mostrar que existe



um conjunto de enfoques para a investigação dos sistemas, incluindo poderosos métodos matemáticos.

### **Propósitos da Teoria Geral dos Sistemas**

O objeto da Teoria Geral dos Sistemas é a formulação dos princípios válidos para os sistemas em geral, qualquer que seja a natureza dos elementos que os compõem e as relações ou “forças” existentes entre eles. A TGS é, portanto, uma ciência da “totalidade”. Pode ser considerada uma disciplina que se insere na interface da lógica e da matemática, em si mesma puramente formal, mas aplicável às várias ciências empíricas. Assim, os principais propósitos da TGS são:

- integração das várias ciências, naturais e sociais;
- centralizar essa integração em uma teoria geral de sistemas;
- buscar a construção de uma teoria exata nos campos não-físicos da ciência;
- desenvolver princípios unificadores que atravessam “verticalmente” o universo das ciências individuais; e
- integrar-se com a educação científica.

Com tal perspectiva, a unificação da ciência passou a ganhar um aspecto integrador, envolvendo não apenas a física, mas os níveis social, biológico e de comportamento. Esta visão acentua a necessidade não apenas de especialistas, mas também de equipes interdisciplinares. Uma equipe de pesquisa, de desenvolvimento, deve ser considerada como um sistema.

### **TENDÊNCIAS DA TEORIA GERAL DOS SISTEMAS**

A vida em sociedade está organizada ao redor de sistemas complexos. Segundo a opinião geral, a complexidade se deve ao resultado da interação do homem nos sistemas. Colocado no contexto da sociedade, o homem está ameaçado pela complexidade de suas próprias organizações. Para resolver esses problemas complexos, é necessária uma visão ampla que inclua o espectro total do problema, e não apenas uma parte isolada dele. O pensamento sistêmico é a filosofia de gerenciar sistemas que permitem a abordagem e solução desses problemas. Os “problemas de sistemas” requerem “soluções de sistemas”. Em outras palavras, devemos nos empenhar na solução de problemas do sistema maior, com soluções que satisfaçam não apenas os objetivos dos subsistemas, mas também a sobrevivência do sistema global. Esse movimento de sistemas se deve em função de que os métodos antigos já não são suficientes. O enfoque sistêmico é uma forma de pensamento, uma prática filosófica e uma metodologia de mudança. Esta talvez seja a única forma de alcançar sucesso na solução desses problemas complexos.

O pensamento sistêmico pode ser aplicado a muitas disciplinas. A Teoria Geral dos Sistemas deveria trazer, como resultado da aplicação em diferentes campos, uma metateoria de sistemas, expressa em termos matemáticos. As críticas que a TGS sofreu em seus primeiros anos deveram-se justamente à linguagem matemática para modelar e expressar os sistemas. O problema com essa teoria,

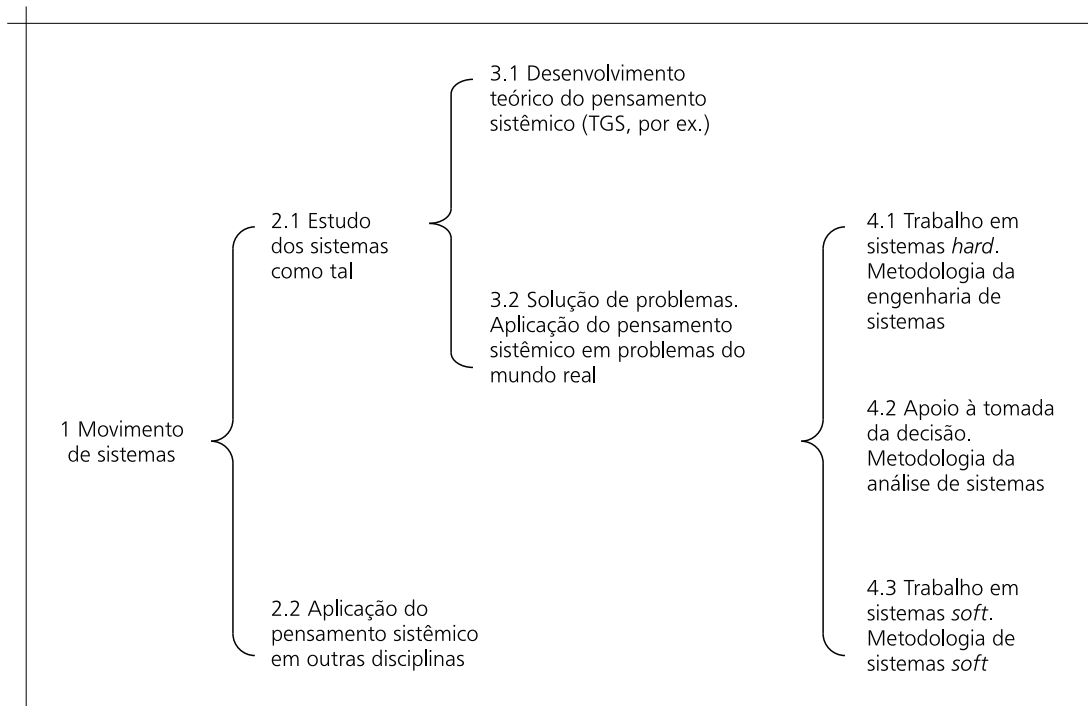
em função de sua generalidade, é a falta de conteúdo. O formalismo muitas vezes prejudica o conteúdo semântico do modelo. Para ele, o progresso nesse movimento de sistemas parece vir mais da aplicação de idéias de sistemas dentro de uma área específica, como a informática, por exemplo, do que do desenvolvimento da própria teoria.

A Figura 1.1 propõe um esquema com a classificação da aplicação do movimento de sistemas.

A primeira distinção importante que se observa na figura é a diferença entre o desenvolvimento das idéias de sistemas em si mesma e a aplicação de seus conceitos já dominados em outras disciplinas. A segunda distinção, em 2.1, é entre o desenvolvimento puramente teórico das idéias de sistemas, e o desenvolvimento das idéias de sistemas rumo a uma “engenharia” de sistemas no mundo real. O desenvolvimento da metodologia de engenharia de sistemas é um exemplo do segundo caso.

A ramificação 3.2, isto é, a aplicação do pensamento sistêmico na solução de problemas, consiste:

- a) no desenvolvimento da própria engenharia de sistemas (metodologias de sistemas *hard*);
- b) no processo de tomada de decisão (análise de sistemas), e
- c) na solução de problemas *soft* (metodologias de sistemas *soft*).



**FIGURA 1.1** Mapa conceitual para esboçar todas as atividades do movimento de sistemas.

Fonte: Checkland (1999).

A diferença básica entre os sistemas *hard* e *soft* está no grau de estruturação do problema, isto é, sistemas considerados *hard* são altamente estruturados (o processo de desenvolvimento é bem determinado), enquanto, para os sistemas classificados como *soft*, o grau de estruturação é baixo; além disso, têm a característica de serem sistemas sociais. No Capítulo 3, abordaremos em detalhes conceitos relativos aos sistemas *soft* e sistemas *hard*.

## A ANÁLISE DE SISTEMAS

Como mencionado anteriormente, a expressão “análise de sistemas” tem duas conotações. Uma delas, em sentido amplo e que será abordado aqui, trata de uma aplicação do pensamento sistêmico na tentativa de solucionar problemas; a outra, em sentido mais restrito, está relacionada ao desenvolvimento de sistemas de informação com uso de computadores e a sistemas específicos. Esse segundo sentido será abordado no Capítulo 6.

Em seu sentido amplo, a análise de sistemas pode ser tratada como sinônimo de pesquisa operacional, análise custo/benefício, análise operacional, etc. Quando essa expressão é associada a um sistema particular, como análise de cargos e salários, análise de organização e método, análise de custos, etc., já está acontecendo uma restrição em relação ao conceito original. O mesmo vale para a expressão análise de sistemas de informação. Mesmo que se tenha muito a aprender com os chamados sistemas naturais (sistemas não projetados pelo homem), tais como o corpo humano, a expressão “análise de sistemas” está fortemente relacionada aos sistemas artificiais (projetados e construídos pelo homem), envolvendo ou não seres humanos. Ao final desta seção, faremos um comentário sobre a aplicação do processo de análise de sistemas, no sentido restrito, em sistemas de atividades humanas.

Pode-se dizer que a análise de sistemas teve sua origem nos anos 1940, quando foi criada uma corporação americana sem fins lucrativos, a RAND Corporation, para encontrar soluções para problemas de planejamento de operações militares. O sucesso desse projeto na Segunda Guerra Mundial estimulou o desenvolvimento da pesquisa operacional (PO). A forma de abordagem na solução de problemas dessa natureza deu à PO o *status* de um processo científico. Logo após a guerra, alguns trabalhos de consultoria prestados pela RAND, os quais foram tratados “cientificamente”, fizeram com que surgisse uma disciplina, considerada por muitos irmã da PO: a análise de sistemas. Após 1948, a ênfase das pesquisas conduzidas pela RAND era na análise de custos e em planejamento operacional, tático e estratégico. Não havia interesse na produção de dispositivos físicos, isto é, não se tratava de uma organização de engenharia, mas de análise. Fazer avaliações de alternativas de “negócios” em termos de custos e benefícios era o objetivo da empresa.

A RAND dispunha de uma metodologia para conduzir seus projetos de pesquisa. Conhecida como metodologia de análise de sistemas, ela era descrita pelos seguintes passos:

1. Identificar os objetivos a serem alcançados.
2. Buscar técnicas alternativas (ou sistemas) pelos quais os objetivos podem ser alcançados.

3. Identificar os custos e os recursos necessários a cada alternativa (ou sistemas).
4. Desenvolver um ou vários modelos matemáticos, mostrando a interdependência dos objetivos, recursos, ambiente e as técnicas e instrumentos.
5. Definir critérios relacionando objetivos e custos ou recursos, para a escolha de uma alternativa preferencial ou ótima.

Quando se usa a palavra sistemas na expressão análise de sistemas, estamos pensando tanto no sentido de um conjunto complexo (total) de equipamentos, informações, pessoal e procedimentos, quanto nos aspectos financeiros, técnicos, políticos e culturais que afetarão as decisões. Uma vez que a análise de sistemas preocupava-se com a alocação de recursos, que é uma questão fundamental dentro da administração, passou a ser uma metodologia utilizada na administração de empresas. Isso, no entanto, foi motivo de alguma confusão em relação à expressão análise de sistemas usada na RAND Corporation, uma vez que ficou praticamente restrita a sistemas informáticos.

Uma questão que pode estar preocupando o leitor diz respeito aos passos seguintes após a análise do sistema. Quando pensamos na análise como uma etapa da construção de um sistema, somos forçados a enquadrá-la como parte do que costuma ser chamado de “engenharia de sistemas”. O conjunto de atividades realizadas em uma engenharia culmina com a criação de um sistema, podendo este ser um conjunto de procedimentos, equipamentos, pessoas e informações, por exemplo. Em tal processo, a análise é uma etapa, responsável pela seleção da melhor alternativa a ser implementada, valendo-se de estudos de custos e benefícios, de estratégias e simulações.

Enquanto, para alguns, a engenharia de sistemas e a análise de sistemas envolvem pesquisa e arte, para outros, a engenharia envolve o projeto, e a análise se refere à avaliação para a tomada de decisão; ambas requerem “arte” por parte dos praticantes. As duas abordagens têm um ponto em comum, que é solucionar problemas do mundo real com a seguinte característica: existe um estado desejado,  $E_1$ , um estado atual,  $E_0$ , e modos alternativos de chegar a  $E_1$  partindo de  $E_0$ . Segundo essa visão, o ato de solucionar problemas consiste na definição de  $E_1$  e  $E_0$  e na seleção do melhor meio de reduzir as diferenças entre eles. Assim, na engenharia de sistemas,  $E_1 - E_0$  define a necessidade ou os objetivos a serem alcançados, e a análise de sistemas fornece um meio ordenado de selecionar a melhor alternativa entre os sistemas que podem atender às necessidades.

Esta forma de abordar um problema é chamada por Checkland de “pensamento de sistemas *hard*”. Para ele, esse tipo de pensamento é natural para os engenheiros, cujo papel é fornecer meios eficientes de alcançar as necessidades definidas. Uma observação importante nesse ponto é que tais sistemas analisados e projetados pelos engenheiros de sistemas são *estruturados*. Em outras palavras, são sistemas com objetivos perfeitamente definidos e necessidades conhecidas. Pode-se chamar de “metodologia de sistemas *hard*” o conjunto de métodos e técnicas usados na solução desses problemas.

Dado o sucesso da engenharia e da análise de sistemas na solução de problemas bem estruturados, uma questão que se impõe é: essas mesmas abordagens podem ser aplicadas em sistemas em que as necessidades e os objetivos não são

claramente conhecidos? Em sistemas sociais? Em sistemas de atividades humanas?<sup>1</sup>

Há muita controvérsia nessa questão. A literatura está repleta de casos de sistemas malsucedidos porque a aplicação pura e simples de uma abordagem para a solução de problemas *hard* tinha sido aplicada em sistemas sociais e em sistemas de atividades humanas. Checkland propõe uma metodologia para resolver os problemas mal estruturados (em oposição aos problemas estruturados, típicos da abordagem *hard*) e deu a ela o nome de metodologia de sistemas *soft* (MSS). A idéia central da MSS é que os negócios e as indústrias são sistemas. No Capítulo 3, apresentamos uma breve exposição sobre a MSS.

---

## RESUMO

O capítulo mostrou a evolução da Teoria Geral dos Sistemas a partir da identificação de problemas com o método científico. Foram mencionados alguns personagens dessa história, juntamente com sua contribuição para a ciência. Após o século XVII, os caminhos da ciência sofrem mudanças significativas, com a alteração dos paradigmas. No início do século XX, vários pesquisadores estavam preocupados com a unificação da ciência e com a dificuldade que o método científico apresentava para o tratamento de problemas nas áreas sociais. Isso deu origem a um movimento de sistemas liderados por Bertalanffy. A prática de sistemas é expressa na solução de problemas e no desenvolvimento de sistemas. Nesse sentido, surgem, na metade do século XX, propostas de metodologias de engenharia e de análise de sistemas. Foram feitas algumas considerações sobre seus métodos. Ao final do capítulo, fica uma questão em aberto: podem as metodologias para a abordagem de sistemas bem estruturados ser aplicadas em problemas mal estruturados?

---

## LEITURAS RECOMENDADAS

Sugerimos como leitura básica o livro de Checkland (1999) e como leituras complementares os livros de Hopeman (1974), Bertalanffy (1975) e Senge (2002). O livro de Checkland apresenta um histórico importante sobre o método da ciência e introduz os conceitos sobre metodologias *hard* e metodologias *soft*; o livro de Hopeman ilustra o conceito de análise de sistemas em um problema de produção na empresa. Sendo Bertalanffy o “pai” da TGS, seu livro é, por si só, uma leitura obrigatória para o conhecimento da TGS. Por fim, Senge aborda, com rara clareza, a aplicação do pensamento sistêmico como a disciplina básica na solução de problemas em organizações.

---

<sup>1</sup>Muitos sistemas de informação são classificados como sistemas de atividades humanas.

## QUESTÕES DE REVISÃO

1. O que caracteriza o método científico?
2. Quais são os problemas que o método científico apresenta?
3. Conceitue pensamento sistêmico.
4. No que consiste a teoria da cibernética?
5. Quais são as diferenças entre problemas *hard* e problemas *soft*?
6. Conceitue a análise de sistemas.

## EXERCÍCIOS

1. Pesquise o tópico “mapas conceituais” na Internet.
2. Construa o mapa conceitual do conceito de TGS.
3. Discuta as seguintes afirmações:
  - A tecnologia estimula a especialização.
  - A técnica de análise (análises químicas, por exemplo) não é sistêmica.
  - Na visão sistêmica, a empresa é estudada como um conjunto de partes dependentes.
  - O pensamento sistêmico se aplica na solução de problemas de análise de sistemas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERTALANFFY, L. von. *Teoria geral dos sistemas*. São Paulo: Vozes, 1975.
- CHECKLAND, P.B. *Soft systems methodology: a 30-year retrospective*. New York: John Wiley & Sons, 1999.
- DRUCKER, P. *Management*. London: Heinemann, 1974.
- FISHER, G.H. *Cost considerations in systems analysis*. New York: Elsevier, 1971.
- GIGCH, J.P. van. *Teoria general de sistemas*. Buenos Aires: Trillas, 1995.
- GOLDSMITH, M.; MACKAY, A. (Ed.). *The science of science*. Harmondsworth: Penguin Books, 1966.
- HOPEMAN, R.J. *Análise de sistemas e gerência de operações*. São Paulo: Vozes, 1974.
- RÉE, J. *Descartes*. London: Allen Lane, 1974.
- SENGE, P.M. *A quinta disciplina*. São Paulo: Best Seller, 2002.
- SINGER, C. *A short history of science to the nineteenth century*. Oxford: University Press, 1941.