

A Unidade do Método Sistemico

G. B. SIEGEL

1 Introdução. 2 A teoria de sistemas. 3 Parâmetros básicos dos sistemas. 4 Parâmetros de controle de feedback. 5 O enfoque sistêmico. 6 Solução de problemas de administração pública e o enfoque sistêmico. 7 Solução de problemas na administração pública. 8 As realidades políticas e o enfoque sistêmico.

1 Introdução

A unidade do enfoque sistêmico, que constitui o objeto do presente capítulo, decorre de um conjunto de conhecimentos interdisciplinares — a chamada teoria de sistemas. Para essa teoria contribuíram a biologia, a matemática, a engenharia, as ciências físicas e, mais recentemente, as ciências sociais. Visando a uma unidade da ciência, Von Bertalanffy e outros desenvolveram a Teoria Geral de Sistemas, para a qual existe uma Sociedade que publica um anuário e realiza simpósios, conferências, etc. A TGS não tem por escopo solução de problemas, análise, planejamento, etc.; seu principal objetivo é produzir teorias para aplicação no mundo empírico. A concentração da TGS em formulações conceituais tornou evidente que se verifica um compartilhamento de tecnologias e estruturas teóricas. Iniciamos a presente introdução, assim, com uma discussão da teoria de sistemas. Não procuraremos explicar a TGS, mas apenas apresentar os característicos e parâmetros de todos os sistemas. Estes são aplicados na solução de problemas, por analistas, planejadores e administradores. Passando da introdução aos fundamentos do sistema, examinaremos algumas hipóteses de

aplicação dêesses conceitos, especialmente sua importância para a administração pública.

2 A teoria de sistemas

O que é um sistema? Bertalanffy definiu sistema, em sua forma mais simples, como um conjunto de unidades entre as quais existem relações.¹ Essa definição oferece-nos dois elementos críticos: as unidades, ou objetos, e as relações entre êles. Muito embora as unidades sejam importantes, o característico que define um sistema são as relações entre os objetos. Observe-se um grupo de pessoas, na hora do *rush*, numa rua cheia de gente, no centro urbano. Essas pessoas parecem relacionar-se de maneira inteiramente fortuita. No entanto, poderemos fazer observações empíricas e supor relações verdadeiras. Por exemplo, as unidades de pessoas andam nas calçadas e atravessam as ruas (geralmente) obedecendo ao contrôlo do sinal. Assim, se fôssemos definir o sistema nesse plano, incluiríamos as pessoas, o sinal luminoso e o cruzamento a ser atravessado. Os relacionamentos são os seguintes: pessoas que atravessam a rua sob contrôlo do sinal luminoso. Note-se que as partes se comportam em conjunto; tôdas as pessoas atravessam, ou param, conforme a côr do sinal. Poderíamos formular um sistema mais complexo, tomando por base essas pessoas, considerando-as parte do fluxo de pessoas que vão e vêm do centro da cidade para as respectivas residências, ou como um modelo da economia da área em questão, ou mesmo como um modelo de sistema social. Tôda vez que alargamos nosso âmbito, incluímos maior número de objetos e maior número de relacionamentos, e êstes últimos adquirem maior complexidade. Veremos, à medida que avançamos em nosso trabalho, que o método sistêmico ajuda a enfrentar essas complexidades.

Podemos tirar duas outras deduções de nossa definição básica de sistema como conjunto de unidades reciprocamente relacionadas, a saber, o conceito de objetivo ou propósito e o conceito de globalismo. Voltando ao exemplo do cruzamento de rua, poderíamos dizer que há um objetivo nesse sistema? Sim; êsse objetivo aparentemente diz respeito à distribuição do tempo de uso da intersecção, a fim de que as pessoas e outros objetos, tais como veículos, não entrem em contato. Pôsto que tenhamos objetos e relacionamentos prèviamente indicados, poderemos definir tal arranjo como parte de um sistema destinado a fazer com que as pessoas se movimentem de seu ponto de origem, no centro, até o meio de transporte que os levará à periferia residencial, e vice-versa? Não; realmente, hão de lembrar que em nossa discussão excluímos calçadas, meios de transporte, distâncias, etc. Chegamos mesmo a simplificar demais a definição do sistema excluindo certas unidades não aparentes, tais como característicos psíquicos e físicos das unidades-pessoas (p. ex., diferenças de atitude psicológica em relação à

¹ BERTALANFFY, L. V. General systems theory. *Yearbook of the Society for General Systems Research*. (1): p. 1-10, 1956.

obediência aos sinais, capacidade visual de perceber os sinais, etc.). Nestas condições, na medida em que formos exatos na definição de objetos e relações, estaremos delimitando o sistema e definindo o seu objetivo. Isso ocorre, quer comecemos com uma enunciação dos objetivos e, só a seguir, cuidemos dos objetos e relacionamentos, quer façamos uma dedução do objetivo através da análise do que o sistema faz (isto é, quais são as suas partes e relações). Assim, pois, por motivos óbvios, o organizador do sistema gasta boa quantidade de tempo procurando obter uma definição precisa e uma clarificação perfeita dos objetivos.

O segundo característico que se torna aparente através da definição básica de sistema é a idéia de globalismo, ou seja, a natureza orgânica de um sistema. Em outras palavras, uma ação que produz mudança em um dos objetos de um sistema, com tãda probabilidade irá produzir mudanças também em outras partes do mesmo. O efeito total dessas alterações apresenta-se ao observador como ajustamento de todo o sistema. Na verdade, talvez possa mesmo ter havido um ajustamento de todo o sistema. Por exemplo, se em determinada circunscrição deixar de haver produção e processamento de laticínios, e, ao invés, essa circunscrição receber tais produtos para serem postos no mercado, as diversas atividades associadas com a produção e o consumo de leite e derivados, provavelmente, refletirão efeitos e conseqüências que se revelam como impactos sôbre o custo, o contrôle de qualidade e pureza por parte do govêrno, e o consumo, isto para mencionarmos apenas algumas poucas áreas de ajustamentos sucessivos. O observador pode verificar que a circunscrição X deixou de ser uma área importante na produção de laticínios, tomando como referência padrões provindos de uma fonte externa, como, por exemplo, um documento sôbre produção de leite, documento êsse que poderá conter estatísticas sôbre quantidade e qualidade de laticínios produzidos. Em conseqüência, tem-se a impressão de ter havido um ajustamento total do sistema. Na realidade, pode não ter havido ajustamento algum, pois muito depende do critério de mudança (neste caso, os critérios que governaram o documento de informação). Deixaremos para mais tarde o problema dos critérios; no momento presente, observamos que são importantes característicos dos sistemas o globalismo e a relação de causa e efeito entre as diferentes partes.

Aspectos importantes da idéia de mudança e ajustamento sistêmicos são *homeostasia* e *entropia*. Ambos êsses fenômenos manifestam-se como tendências em todos os sistemas. De acôrdo com a segunda lei de termodinâmica, a entropia nos sistemas aumenta, com o correr do tempo; isto é, os sistemas tendem ao desgaste, ao afrouxamento dos padrões e a um aumento de aleatoriedade. Com o avanço progressivo da entropia, os sistemas passam a decompor-se em estados mais simples. À medida em que aumenta a informação, diminui a entropia, porque a informação é a base da configuração e da ordem do sistema.²

² Miller apresenta um exemplo, fácil de entender, das relações entre a informação e entropia: "Certa noite, em Pôrto Rico, observei um caso concreto de como diminui a informação, à medida em que progride a entropia. Realizava-se a festa dos Reis Magos, de acôrdo com o costume espanhol. Na mesa de *buffet* de um grande hotel

Numa organização formal aumenta a entropia à medida em que seus padrões de autoridade, suas funções, a hierarquia de processos, etc., desaparecem por serem ignorados, não comunicados ou porque, por outros motivos, se lhes permite que percam a importância para os que assistem ao fenômeno. Dessa maneira, a organização vai-se reduzindo a formas mais simples de indivíduos e grupos randômicos, perdendo sua condição de ente organizado. Esse conceito de informação como instrumento de ordenação chama-se também negentropia.³

Homeostasia é o equilíbrio entre partes. Em sua maioria, os sistemas humanos, tais como as organizações, são abertos e mantêm intercâmbio com o ambiente (intercâmbio, grau de abertura e conceitos de delimitação são assuntos a serem discutidos adiante). Existe uma tendência, nos sistemas, para se adaptarem a fim de que procurem equilíbrio em face da mudança. Isto não quer dizer que os sistemas jamais se modificam sob a ação dos fatores de mudança. Pelo contrário, a reação à mudança representa, tipicamente, um ajustamento que permite ao organismo continuar tão incólume quanto possível. Por exemplo, o corte orçamentário, numa organização pública, traz como consequência uma ação equilibradora, como, por exemplo, uma redução de quadros, o fechamento de um estabelecimento, diminuição dos níveis de produção ou de serviços, etc., com o que se procura manter o equilíbrio entre receita e despesa. Veremos, adiante, que um controle de *feedback* constitui uma estratégia para incrementar a homeostasia e reduzir a entropia.

3 Parâmetros básicos dos sistemas

Passemos, agora, à consideração de quatro parâmetros gerais dos sistemas: *insumo, produto, processo e fluxo*. Esses parâmetros de forma alguma desviam-se de nossa definição básica de sistema, embora se possa sustentar que complicam as coisas, detalhando normas funcionais. Quando dizemos que o sistema consiste basicamente de partes, relacionamentos e objetivo, faltam-nos símbolos comuns e normas que sirvam para descrição e análise.

havia uma talha maravilhosa, representando os três reis com seus camelos, tudo feito de gelo. À medida em que avançava a noite quente, as figuras derretiam, perdendo seus contornos precisos, isto é, aumentava a entropia e diminuía a informação. Ao fim da noite, as gibas do camelo estavam quase desaparecidas e os sábios tinham ficado quase sem barbas”.

V. MILLER, J. G. Living systems: basic concepts. *Behavioral Science*, jul. 1965. p. 196.

³ Alguns teóricos consideram a informação como negentropia com significado diverso de *sentido*. Considera-se, geralmente, *sentido* a importância que a informação tem para o sistema que a processa. Embora essa discussão sobre a importância para o sistema que processa a informação seja útil para operacionalização do conceito de entropia, pode-se também argumentar que, do ponto de vista teleológico, não há ordem sem um determinado sentido. De qualquer maneira, a medida estatística para a negentropia é a mesma empregada para a informação.

V. ROTHSTEIN, J. *Communication, organization and science*. Indian Hills, Colo., Falcon's Wing Press, 1958. p. 34-6.

Tais instrumentos são proporcionados pelos parâmetros básicos dos sistemas, que são apresentados, em forma de diagrama, na figura 1.

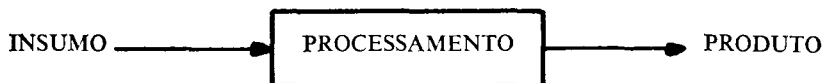


Figura 1

PARÂMETROS BÁSICOS DOS SISTEMAS

O processo ou processador é simbolizado pela *caixinha negra* dos teóricos de método sistêmico; dessa caixinha pouco se sabe exceto que as coisas que nela entram (insumos) são diferentes das coisas que dela saem (produtos). Na falta de informações mais detalhadas, podemos apenas fazer certas inferências a respeito da natureza desse mecanismo de conversão de insumos em produtos. Essas inferências são o resultado de observações controladas, isto é, controlamos determinados insumos e observamos o padrão apresentado pelos produtos, até que tenhamos explorado um número suficiente de possibilidades e combinações para permitir uma conclusão mais ou menos válida a respeito do que é e do que faz. Quando estudamos sistemas em atividade poderemos não estar muito interessados nas minúcias do mecanismo processador; em certos casos, porém, elas nos interessam sobremaneira.

Exemplo: se desejássemos saber, nos maiores detalhes, por que determinado cachorro agita a cauda, teríamos que matá-lo para examinar a sua estrutura nervosa; isto para mencionar apenas uma das formas de análise. Contudo, apesar de tudo isso, não teríamos ainda uma explicação completa, com tôdas as minúcias das razões por que o cão procede assim. Para o dono, o método da caixinha negra é inteiramente satisfatório: “Meu cachorro sacode o rabo quando lhe dou um osso para roer.”⁴

Uma vez que pode ser pouco razoável, como vimos, empreender uma exploração detalhada da caixinha, valemo-nos de informações e definições comportamentais e operacionais. Se fizermos um número suficiente de experiências com o cão, teremos uma estratégia operacional sobre as causas que o fazem sacudir a cauda, sobre as relações entre esse movimento da cauda e outros fatores desconhecidos, etc.

O conceito da caixinha negra é usado de diversas formas. Podemos traçar diagramas de séries de caixinhas negras, indicando relações de causa e efeito, cujos detalhes necessitam ser analisados. De outra parte, podemos sintetizar essas séries de processamento relacionadas, reduzindo-as a uma ou algumas poucas caixinhas. Isto nos dá uma arma para atacar a complexidade, por permitir a descrição do problema maior e, subseqüentemente, analisar os menores (isto é, cada uma das caixinhas negras e a natureza

⁴ HARE, Van Court. *Systems analysis: a diagnostic approach*. New York, Harcourt, Brace & World, 1967. p. 29.

exata de seu relacionamento com o resto das caixas que se entreligam no sistema). A organização de um sistema de informação administrativa não é tanto um problema de saber ou de descobrir como funciona cada caixinha do sistema, quanto de desenhar uma seqüência de caixinhas na medida das necessidades da situação. Nesse caso, o processador central de um computador será, com toda a probabilidade, uma das caixinhas. Estamos cientes da capacidade operacional dessa caixa, mas necessitamos de especificações para podermos adaptá-la às demais caixinhas (velocidades de processamentos, formatos dos insumos e do produto, etc.).

Torna-se claro, portanto, que o diagrama, constante da figura 1, indicando insumo, processamento e produto, pode representar tanto a abstração de um sistema inteiro quanto uma parcela de um sistema maior. Em sua maioria, os sistemas são completos e consistem de cadeias de processadores, ligados tanto hierárquicamente quanto lateralmente. Os agrupamentos desses processadores dentro do sistema maior são conhecidos por subsistemas, e o sistema maior, por *supra-sistema*. Nem todo processador representa, necessariamente, por si só, um subsistema; prevalece a lógica de nossa definição básica de um sistema constituído de partes e relacionamentos. Os agrupamentos de processadores constituem um subsistema porque são objetos propositadamente postos em relação recíproca; a mesma definição aplica-se para considerar o subsistema como parte do supra-sistema. O corpo humano representa um exemplo de sistema e subsistemas complexos. A ingestão de alimentos, a digestão, a eliminação de resíduos podem ser olhados como subsistemas de um subsistema maior, a saber, a manutenção do corpo humano. Frequentemente, entre subsistemas, o produto de um constitui o insumo de outro. Para êsse entrosamento usa-se, no linguajar do método sistêmico, o verbo inglês *to interface*.^{*} Vemos, portanto, que os grandes sistemas, em sua maioria, são arranjos de subsistemas, muitos dos quais pertencentes ao mesmo nível de definição analítica — tal como o são o sistema circulatório e o sistema nervoso, ou então situam-se em planos sucessivamente inferiores — tais como as hierarquias de subsistemas do corpo humano, constituído de órgãos, tecidos, células, etc. Dentro do corpo todos os subsistemas entrosam-se, estabelecendo vinculações que os tornam orgânicamente relacionados com o todo.

Pode haver grande número de relacionamentos entre subsistemas.⁵

* N. do T. — O termo não tem correspondente em português.

⁵ É possível determinar algèbricamente as relações entre cadeias de caixinhas, desde que essas caixinhas, integrantes do sistema, sejam estáveis (isto é, que sua operação seja previsível e não se modifique); que sejam independentes (isto é, que o produto previsto não seja um produto de caixas conjugadas); e que sejam compatíveis (isto é, que o produto de uma caixa seja suscetível de conversão pelas caixas que se seguem). As caixas combinam-se de acordo com as seguintes regras:

a) se duas caixas operam em *série*, multipliquem-se as funções individuais de transferência (conversão, processamento) das caixas, a fim de obter a função geral do novo sistema; a função de transferência de uma simples função insumo/produto re-

presenta-se, algèbricamente, como $\frac{Y}{x} = k$, sendo x = insumo, y = produto e

k = processador;

A seguir, daremos um resumo das quatro relações dêsse tipo que são mais comuns; constam do diagrama representado na figura 2.

1 *Insumo/produto entre diferentes sistemas.* Se considerarmos a carteira de motorista um produto de um sistema de licenciamento e contrôlê de veículos a motor, o uso dessa carteira como insumo informativo (para fins de identificação) para um sistema de pagamento de cheques bancários, representa uma relação insumo/produto entre dois sistemas independentes e funcionalmente distintos (figura 2: AB ou A1B2, 2, 1). Note-se, na figura 2, que podemos sintetizar os pontos de entrosamento ao nível de supra-sistema ou ao nível em que efetivamente se verifica o intercâmbio insumo/produto.

2 *Insumo/produto entre sistemas de igual magnitude dentro do mesmo supra-sistema.* Numa relação homem-máquina, representada por um operador que lida com cartões contendo dados que servem de insumo para diversas máquinas, tanto o homem quanto as máquinas encontram-se no mesmo nível, relacionados seriadamente como subsistemas do mesmo sistema maior (figura 2: A1A2).

3 *Subsistemas de igual magnitude como partes do mesmo sistema maior, seriadamente descontinuos.* Um subsistema de contabilidade para a clientela de um serviço de utilidade pública pode ser seriadamente relacionado como subsistema de contabilidade de custo operacional, constituindo partes de um subsistema de informação financeira, embora se encontrem separados por outros subsistemas que se interpõem entre êles, tais como a mensuração do consumo (figura 2: B1B3).

4 *Subsistemas hieràrquicamente ligados através de relações insumo/produto.* O tratamento de dados extraídos de várias fontes documentais pode constituir, analiticamente, um nível mais baixo de processamento do que a perfuração de cartões com a informação já consolidada; o tratamento, nesse caso, constitui não sômente uma medida prévia, mas representa uma tarefa em nível de maior detalhe (figura 2: B2, 2, 3, em relação a B2 e B).

Conforme demonstra a figura 2, podemos mapear sistemas existentes ou propostos mediante a técnica de caixas entreligadas, e dessa forma indicar partes, relacionamentos e limites do sistema. Enquanto cuidávamos de operacionalizar abstratamente a idéia de sistema, partindo de definição partes-re-

b) se duas caixas operam *paralelamente*, a adição ou subtração de variáveis proporciona a função geral de transferência;

c) tratando-se de funções de pares selecionados de insumo/produto (isto é, uma caixinha negra que tenha mais de um insumo ou produto), a razão produto/insumo entre os pares selecionados de produto/insumo é computada tal como no item b;

d) nos casos em que, ou os insumos, ou os produtos necessitam ser descritos em muitas dimensões, ou juntamente com muitas variáveis a serem transformadas (processadas) simultâneamente, ou quando se verifica um atraso no processamento, aplicam-se as regras acima, mas torna-se necessário usar uma notação de matriz e vetor. V. HARE, Van Court. *Systems analysis: a diagnostic approach*. New York, Harcourt, Brace & World, 1967. Anexos A e B, p. 30-8.

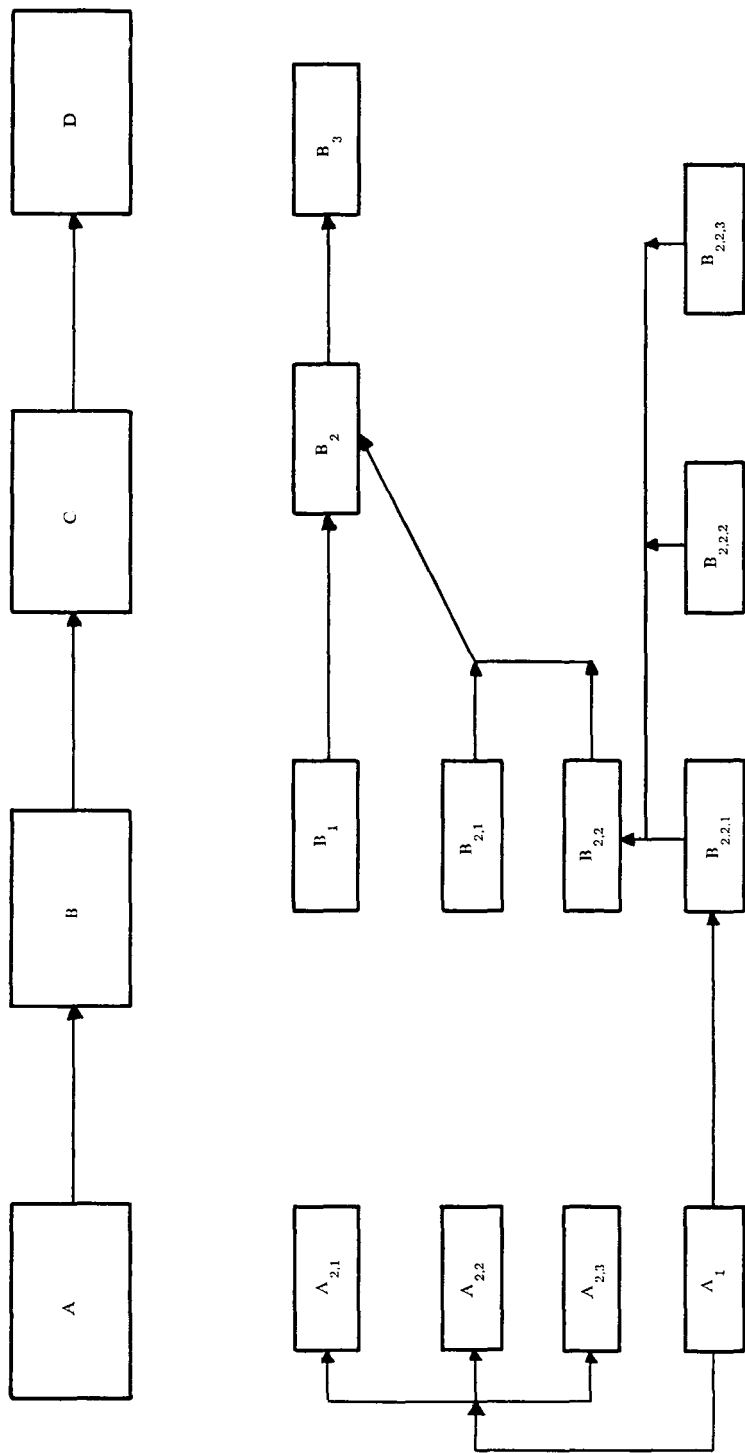


Figura 2
RELACIONAMIENTOS ENTRE SISTEMAS E SUBSISTEMAS

lacionamentos-objetivos, com parâmetros comuns, mal mencionamos a dimensão de *fluxo*. Fluxo pode ser entendido como análogo de relacionamento. Vale lembrar que descrevemos informação como o fenômeno fundamental da estruturação do sistema, inversamente proporcional à entropia.

“Von Neumann usou a expressão *marcador* para referir-se a êsses grupos, unidades ou cargas de matéria-energia, cuja forma dá idéia dos símbolos informativos extraídos do conjunto ou repertório (p.ex., o alfabeto). Tanto faz que se trate de lápides da era de Hamurábi, que apresentavam sinais cuneiformes, ou de pergaminhos, papel comum de escrever, sinais de fumo, usados pelos índios, uma chave de porta com reentrâncias, cartões perfurados, fita magnética, . . .”⁶

Nessas condições, podemos considerar a configuração de um sistema como o fluxo de unidades de mensagens ou dados entre os seus diversos pontos. Esse conceito é sobremaneira importante para compreender o controle de *feedback*, que discutiremos adiante. Contudo, existe informação no sentido de negentropia que se apresenta sob outras formas que não apenas a de unidades de mensagem ou transmissão de comunicações mediante sinais. Há, entre os sistemas, intercâmbio e fluxo de mais outras formas de matéria. Dentre estas, as mais preferentemente consideradas na análise e na formulação de sistemas, especialmente quando se trata de sistemas concretos (p.ex., um sistema decisório de informações de computador sobre dados relativos ao uso da terra) são energia e material.⁷ Na realidade, é difícil conceber muitos sistemas concretos em que possa haver informação sem que seja em combinação com energia e material. Por exemplo, um relatório contendo informações é escrito em algum material, seja papel, fita magnética, cartões perfurados, etc.; é transmitido ou transportado mediante uso de energia (elétrica, humana, etc.).

O fluxo de energia elétrica para uma máquina transmite mais do que força motriz; produz ordem ou informação, por isto que a máquina faz o que se espera que faça, uma vez acionada. O material, como produto configurado, também representa ordem, em contraste com um estado aleatório, desordenado. Consequentemente, temos aí duas importantes noções: a) que os fluxos constituem um movimento de sistemas em funcionamento (isto é, os insumos de material são convertidos em produtos por um processador, como, por exemplo, uma máquina); b) através desse processamento estabelece-se um padrão de atividade constante que é ordenado e, portanto, negentrópico. Cumpre não confundir esse dois conceitos.⁸

4 Parâmetros de controle de feedback

Descrevemos, acima, a homeostasia ou equilíbrio como um conceito do gênero do de entropia. Tanto a idéia de manutenção de padrões representada

⁶ MILLER. Op. cit., p. 194.

⁷ JOHNSON, R. A., KAST, F. & ROSENZWEIG, J. *The theory and management of systems*. 2. ed. New York, McGraw-Hill, 1967. cap. 6.

⁸ BEER, S. *Cybernetics and management*. New York, John Wiley & Sons, 1964. p. 31.

pela negentropia, quanto a capacidade dos sistemas de manterem-se estáveis (homeostasia), são fatores introduzidos nos sistemas criados pelo homem através de parâmetros de *contrôle de feedback*. O *feedback*, entretanto, tem o dom da ubiquidade; na natureza, há muitos exemplos desse fenômeno.

A contração do ventrículo (do coração do caracol) força o sangue a entrar no sistema sanguíneo, não havendo conexões elásticas com o esqueleto externo do caracol (como seria o caso com caranguejos, por exemplo) que pudessem encarregar-se de abrir outra vez o coração e tornar a enchê-lo de sangue. Sugeriu-se que a contração do ventrículo provoca uma contração negativa no pericárdio — a cavidade que contém o coração — e que essa pressão, automaticamente, atrai sangue novo para o aurículo. Se esta explicação for correta, estaremos diante de um sistema de *feedback* determinístico, em que o produto ao mesmo tempo patrocina a ação e governa a quantidade de insumo.

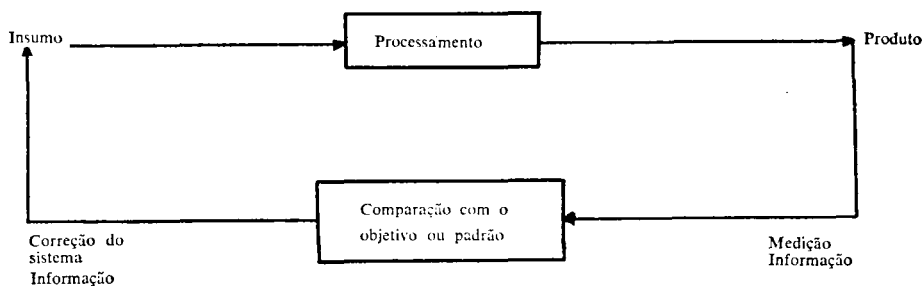


Figura 3

O MODELO SISTÊMICO COM CONTRÔLE DE FEEDBACK

Na figura 3 reconhecemos os parâmetros de insumo, processo e produto; foi, todavia, acrescentado um fluxo circular. No grupo inferior, chamado circuito de *feedback*, retira-se uma amostra do produto, a qual volta a ser introduzida como insumo. Intervém, aqui, o elemento de controle, através do qual compara-se a amostra com determinado aspecto operacionalizado de algum objetivo, como um plano, uma gama de variações, ou outro critério qualquer. Se a comparação mostrar que o produto é diferente daquilo que se desejava, opera-se uma intervenção no sistema, introduzindo-se nele informações corretivas até que o produto se revele adequado. Independentemente da natureza do processador do sistema e dos fluxos que sejam convertidos, é pela comunicação de informações que se mantém o sistema sob controle.

Para ilustrar esse ponto, tomemos como exemplo um sistema de prevenção de inundações. Olhando pelo prisma mais geral, os processadores do sistema são a bacia hidrográfica, barragens, reservatórios, canais, cursos d'água, drenos, etc. O sistema processa o fluxo do excesso de água e detritos arrastados pelas águas. Nos diversos setores da operação total funcio-

nam diversos subsistemas de contrôle. Previsões do tempo, p.ex., proporcionam medidas de contrôle para a operação geral mediante amostragem das condições atmosféricas. Medidas de intensidade do fluxo d'água indicam a profundidade da água nos canais. Em todos êsses casos, medem-se pequenas quantidades do produto do sistema. A importância dêsses dados, porém, não reside no fato de estar o sistema processando água, mas na ação que se enceta de acôrdo com o plano de emergência de combate à enchente, através da qual se procede a uma intervenção corretiva no sistema, representada pela liberação de águas armazenadas em barragens e reservatórios, a fim de deixar o sistema preparado para receber novas torrentes trazidas por alguma tempestade iminente. O objetivo do sistema de contrôle não é, pois, o processamento de águas das enchentes, etc., mas o próprio contrôle, exercido de acôrdo com um plano determinado. Lógicamente, portanto, nos sistemas concretos distinguimos entre *sistemas operacionais* e *sistemas de contrôle*.

Muitas vêzes é difícil analisar os detalhes das funções de contrôle na natureza (p. ex., sistemas ecológicos e biológicos). Nos sistemas criados pelo homem êsses elementos são engendrados. Johnson, Kast e Rozenzweig resumem-nos da seguinte maneira (veja-se também figura 4).

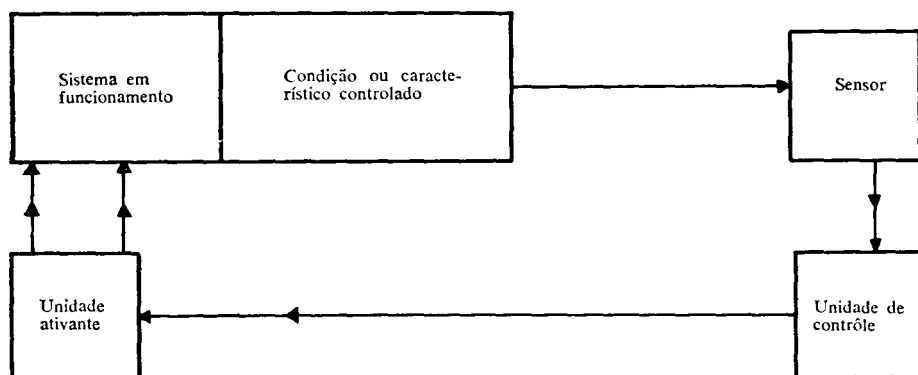


Figura 4

OS QUATRO ELEMENTOS DE UM SISTEMA DE CONTRÔLE

Fonte: JOHNSON, KAST & ROSENZWEIG. *The Theory an Management of Systems*. New York, McGraw-Hill, 1967.

Em cada sistema de contrôle existem quatro elementos básicos. Eles sempre se apresentam na mesma seqüência e mantêm a mesma relação uns com os outros. São os seguintes:

1. Um característico ou estado controlado.
2. Um mecanismo ou método sensorial para medir êsse característico ou estado.

3. Uma unidade ou equipamento de controle que compara os dados mensurados com o desempenho planejado e dirige um mecanismo de correção em resposta à necessidade verificada.
4. Uma atividade ou mecanismo ativador capaz de efetuar uma mudança no sistema em funcionamento.⁹

O módulo do sistema de circuito fechado constitui uma forma ideal de engenharia de sistemas. Como exemplo temos o servomecanismo que exerce controle automático sobre o objeto de um sistema. Amostras do produto são comparadas com uma aceitável escala de variações; variações que pudessem descontrolar o sistema, (isto é, que ultrapassassem a tolerância aceitável), provocam uma intervenção imediata do lado do insumo. Os sistemas de circuito de controle fechado são estruturados de maneira que nêles o *feedback* é negativo; nestas condições, a intervenção corretiva modifica o insumo de modo a ocasionar, no produto, mudanças negativas, ou em sentido oposto. Stafford Beer apresenta-nos um exemplo histórico e útil de controle de sistema mediante *feedback* negativo.

“O regulador Watt (de máquinas a vapor) é geralmente considerado o primeiro mecanismo de *feedback* feito pelo homem e inventado com uma finalidade. . . . A máquina gira em velocidade crescente, e com ela giram braços com pesos, na mesma velocidade crescente. Esses braços são montados sobre pivôs, de modo que, por efeito da força centrífuga, erguem-se, à medida que aumenta a velocidade giratória, o que, por sua vez, e na mesma proporção, produz o fechamento de uma válvula. . . . Dessa forma, quanto mais a máquina tende a exceder determinada velocidade, menos energia recebe para fazê-lo; se deixar de alcançar a velocidade desejada, o suprimento de energia é aumentado até que o faça. Com isso, obtém-se o produto desejado mediante auto-regulação; o insumo da máquina é ajustado pelo próprio produto, e ambos se ajustam numa operação harmoniosa”.¹⁰

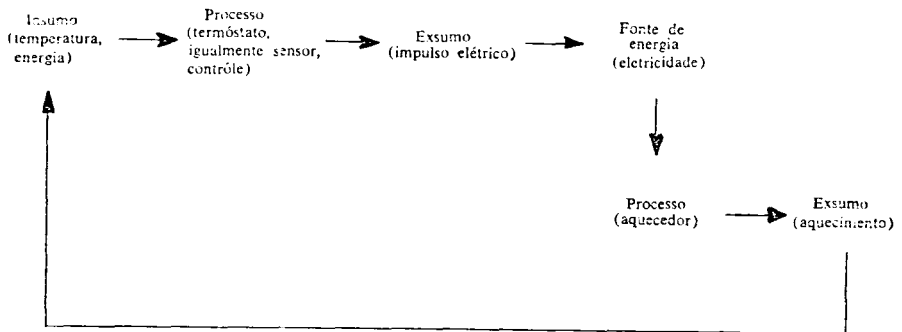


Figura 5

ALGUMAS RELAÇÕES DE FEEDBACK DENTRO DE UM SISTEMA

⁹ JOHNSON, et. al. Op. cit., p. 73.

¹⁰ BEER. Op. cit., p. 29.

Outro servomecanismo de *feedback* negativo é o sistema integrado de calefação representado, em diagrama, na figura 5. A medida em que se sente e verifica que a temperatura ambiente ultrapassa os limites aceitáveis de variação, o aquecedor recebe ou deixa de receber impulsos elétricos. O produto do aquecedor, em termos de temperatura ambiente, é constantemente fiscalizado por um sistema de controle. Outros insumos entram nesse sistema integrado, tais como a energia fornecida ao processador do aquecedor, a modificação, pela mão do homem, da gama de variação (isto é, regular o termostato para determinada temperatura); no entanto, trata-se de um controle em circuito fechado no que diz respeito ao objetivo do controle (produção de energia-calor).

O *feedback* também pode ser positivo. É o caso, quando determinado sistema emite produtos amplificados, talvez não para fins de controle, mas simplesmente para beneficiar as próprias operações do sistema. A natureza, a sociedade, etc., são férteis em exemplos de *feedback* positivo.¹¹

As relações de *feedback* podem apresentar numerosas variações entre os diferentes sistemas. Optner oferece três exemplos de situações de *feedback* dentro de um sistema maior (figura 6): a) determinado objeto num subsistema de processo singular (ab-aa); b) determinado objeto num subsistema de processo integrado (af-aa); c) determinado objeto em que há uma graduação de tempo, de acordo com a qual o produto de um subsistema com prioridade mais elevada (que se produz em momento posterior) é comparado com um produto de prioridade menor (produzido numa etapa anterior):

“No subsistema (aa), que é anterior a (ab) e (ac), ocorrem dois fenômenos: o *feedback* (ab) é necessário ao insumo do subsistema (aa), mas o produto de que deriva também é necessário como insumo para o subsistema (ac). Há produtos do subsistema (ac) que entram como insumos, no subsistema (ae). Os subsistemas (aa), (ac) e (ae) são modificados pelas funções de *feedback* de seus próprios subsistemas; são também atualizados pelos resultados de operações posteriores. Por exemplo: o subsistema (ae) atualiza o subsistema (aa) mediante *feedback* de (af);... (ab), (ad) e (af) serão denominados subsistemas de critérios de desempenho; nos subsistemas (aa), (ac) e (ae) os resultados da comparação com os critérios de desempenho (ab), (ad) e (af) são processados e retornam a (aa), onde se procede a uma correção.”¹²

¹¹ MARUYAMA, M. The second cybernetics: deviation-amplifying mutual causal processes, In: BUCKLEY, W., coord. *Modern systems research for the behavioral scientist*. Chicago, Aldine Publishing Co., 1968. p. 304-13.

¹² OPTNER, S. L. *Systems analysis for business and industrial problem solving*. Englewood Cliffs, N. J., Prentice-Hall, 1965. p. 40-1.

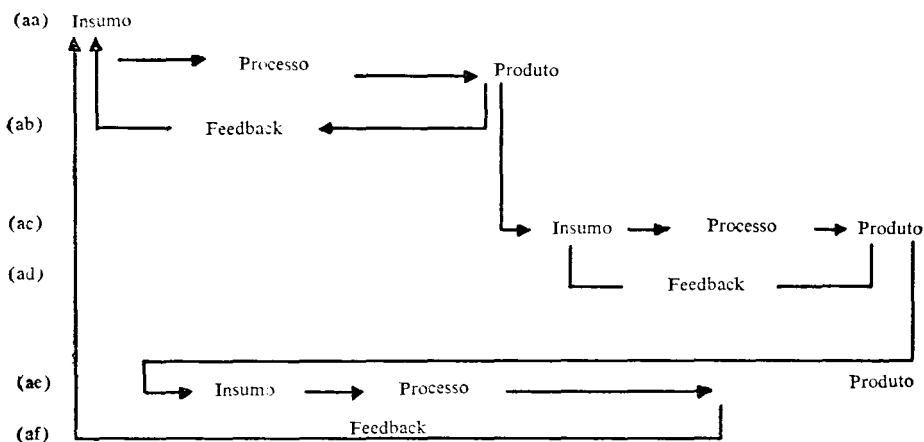


Figura 6

ALGUMAS RELAÇÕES DE FEEDBACK DENTRO DE UM SISTEMA

Fonte: OPTNER, *Systems analysis for business and industrial problem solving*. Englewood Cliffs, N.J., Prentice-Hall, 1965. p. 41.

O problema dos limites

A esta altura, já sabemos que os sistemas se definem, basicamente, pelos respectivos objetos, relacionamentos e propósitos; que os sistemas se apresentam em hierarquias e em relacionamentos seriados; que existem parâmetros abstratos universalmente aplicados (inclusive controle de *feedback*); que esses parâmetros, quer representem o sistema global ou apenas um subsistema, envolvem o fluxo de conversão de insumos em produtos (informações, energia, material); e que, dentro do sistema, o produto de um subsistema torna-se o insumo de outro. Este último aspecto pode levar-nos a uma armadilha lógica; se extrapolarmos a noção de que tudo, no mundo, pode ser considerado parte de algum sistema, e que em determinado ponto tangencial tudo se relaciona com tudo o mais, teremos tornado inócuo o conceito de sistema, a menos que sejamos capazes de desenvolver critérios destinados a estabelecer limites. Esse dilema é conhecido como o *problema dos limites*.

Se conseguirmos criar um *sistema* verdadeiramente *fechado*, isto é, imune aos insumos de outros sistemas do mesmo meio ambiente, teremos estabelecido um limite, uma fronteira. Já se afirmou que a forma ideal é que haja um controle em circuito fechado que permita um ajustamento automático do sistema. Sistemas de controle em circuito fechado, tais como o sistema de aquecimento central, com seu termostato, são possíveis devido à simplicidade do sistema geral. No entanto, quando o ambiente pode de muitas maneiras perturbar o sistema, o controle efetivo exige um regulador capaz de perceber essas perturbações e de intervir com um grande repertório de

providências. Assim, por exemplo, nas organizações confia-se muito no homem, como elemento de controle. Os engenheiros de sistemas, que gostam de reduzir as coisas às suas propriedades essenciais, sintetizaram os homens como elementos de controle; os aspectos relevantes são os seguintes: a) pontos fortes — grande capacidade de memória, grande repertório de respostas, flexibilidade em relacionar tais respostas com insumos de informações, capacidade de reagir criativamente; b) limitações — baixa capacidade de absorção, falta de confiabilidade e precária capacidade computacional.¹³ Uma das maneiras de assegurar a manutenção dos limites é, pois, a utilização de controles de circuito fechado. Insumos perturbadores que não tenham pertinência aos objetivos do sistema são compensados por um ajustamento que proporciona ao sistema condições de estabilidade. Muito embora haja poucos sistemas complexos suscetíveis de serem contidos em fronteiras estabelecidas mediante o princípio do controle de sequência fechada, esse mecanismo constitui um modelo útil, o qual se aplica, com bastante aproximação, quando se pretende integrar diversos subsistemas de controle fechado usando parâmetros de controle estabelecidos em termos de critérios de sistema global ou supra-sistema. Podemos empregar esse princípio também na criação de organizações humanas. Estes conceitos serão examinados em outro setor do presente livro.

O processo mais seguro para fixação de limites parece ser o confronto dos fluxos medidos com a finalidade do sistema. A frequência dos intercâmbios entre subsistemas, cujas funções visem aos mesmos propósitos ou objetivos, conduz a uma determinação quantitativa dos limites (p. ex., número de unidades de mensagem). Teoricamente, pois, deveria ser possível medir as permutas de insumos e produtos entre subsistemas. À medida em que tais permutas se tornem significativamente menos numerosas, ou quando sejam mais numerosas interna do que externamente, vai-se aproximando o limite. Por exemplo, como poderemos determinar quais seres humanos, num hospital(considerado como sistema), são subsistemas orgânicos, e quais serão mais periféricos, devendo ser tidos como fora dos limites. Poderíamos medir fluxos de informações, de energia, entre pessoas; não seria de surpreender se nossas observações revelassem que existe um maior fluxo de informação (p. ex., unidades de mensagem) e de energia (homens-hora de atenção) entre pacientes e empregados do hospital do que entre representantes de terceiros, pessoas que pagam contas e famílias de pacientes, de empresas que prestam serviço ao hospital, de pacientes que já tiveram alta, de auxiliares, vendedores, etc.

Um terceiro método de determinação de limites poderia ser denominado o método da configuração dominante. Não se trata exatamente de um critério distinto (nenhum desses métodos o é), visto que é um derivado dos fluxos medidos (*supra*) e do critério de sistemas sob restrição (que será examinado a seguir). A configuração dominante parece ser tão óbvia, dada a sua presença e relação com o objetivo do sistema, que a percepção do

¹³ HABERSTROH, C. J. Organization design and systems analysis. In: MARCH, J. G. coord. *Handbook of organization*. Chicago, Rand McNally, 1965. p. 1174.

limite torna-se manifesta. Exemplo disso é a bacia hidrográfica com sua drenagem e outros subsistemas. O escoamento da água é condicionado por certos característicos topográficos, tornando bastante clara a configuração do subsistema de drenagem. Enquanto o curso de água se modifica, com o correr do tempo, os grandes acidentes topográficos, (p. ex., a cadeia de montanhas), que contêm o sistema, em sua maior parte permanecem inalterados. A dificuldade desse critério está em definir o objetivo do sistema. Se, por exemplo, considerarmos a bacia hidrográfica parte do contexto maior de algum subsistema ecológico, desaparece a nitidez da configuração. Assim, pode entrar em jogo, talvez, a ecologia de alguma vida animal. Nesse caso, a bacia hidrográfica não será necessariamente, o objeto mais em evidência nem o mais importante do sistema. Ainda a propósito do critério da configuração dominante, cumpre frisar que frequentemente nêle se aponta o ser humano como exemplo, porque sua pele representa um limite de sistema. O problema reside, aqui, evidentemente, em definir os objetivos do ser humano, poucos dos quais, além do de sobrevivência do indivíduo e da espécie, são geralmente aceitos pela maioria das autoridades como inerentes à natureza humana.

O último método de determinação de limites — o sistema sob restrição — tem os mesmos fundamentos dos demais, com uma diferença que lhe permite conciliar os problemas de abrangência, exclusão e definição de objetivos. Optner descreve o conceito de sistema sob restrição da seguinte maneira:

“A restrição imposta a um subsistema ou sistema estipula as linhas mestras internas e externas que limitam o problema. A restrição compõe-se de dois elementos: o objetivo e a injunção. O objetivo define-se como o resultado a ser alcançado. A injunção é o que limita o objetivo e acrescenta dimensões que tornam o alvo mais significativo. Tudo somado, os objetivos e injunções tornam possível a formulação de um critério. O critério define-se como o meio pelo qual se mede e escolhe uma alternativa. A prova de validade também pode ser usada como critério”.¹⁴

Esses parâmetros parecem ter mais relevância quando se trata de formular um sistema do que para efeito de identificação de sistemas, a que nos referimos quando da discussão do problema da limitação. Contudo, sob o ponto de vista doutrinário eles têm importância tanto para análise quanto para a idealização de um sistema. Teoricamente, a análise do alcance (limites) emprega o princípio de *feedback* para aplicar o critério da abrangência. Em outras palavras, os fluxos e processamentos são examinados e avaliados em termos de um critério. Esse critério pode ser admitido em substituição à idéia de plano, na função de controle. Assim, um processador (ou objeto do sistema) é incluído como parte do sistema em estudo se estiver em conformidade com o critério (figura 7). Nestas condições, se estivermos tentando analisar os objetos num sistema de assistência pública, deveremos

¹⁴ OPTNER, S. L. *Systems analysis for business management*. 2. ed. Englewood Cliffs, N. J., Prentice-Hall, 1968. p. 23.

definir os objetivos em função de injunções e estabelecer critérios para determinar o que deve ser incluído. Esse processo tipicamente não forma sequência, embora possa iniciar-se com tal característico. À medida que progride a análise, é comum haver reformulações da restrição e dos critérios empregados.

O processo acima descrito não é mecânico; aquilo que nêle se define é obtido sistemicamente. Por exemplo, se quiséssemos criar um modelo do atual sistema de assistência pública, poderíamos defini-lo como qualquer atividade relativa à subsistência de pessoas incapazes de proverem, no todo ou em parte, a sua própria manutenção. Para completar a restrição, limitariamos o objetivo do sistema a órgãos do govêrno ou criados pelo govêrno. Um critério ou prova razoável, nessa hipótese, seriam prestações pecuniárias ou de serviços a pessoas incapazes de pagar. Os critérios relativos à incapacidade de pagar teriam que ser estabelecidos empiricamente, através de investigações. A esta altura, nossa análise talvez já esteja deturpada, pois é possível que instituições privadas ou operações de entidades privadas não financiadas pelo govêrno possam representar importantes objetos no sistema. Se estabelecermos critérios quantitativos (número de pessoas, tipo de serviço, custos, etc.), estaremos em condições de fazer um juízo mais exato sôbre a abrangência do sistema. Conforme veremos, os parâmetros para determinação de limites, que aqui discutimos em relação ao enfoque de sistema sob restrição (figura 7), encontram variada aplicação nos estudos sistêmicos.

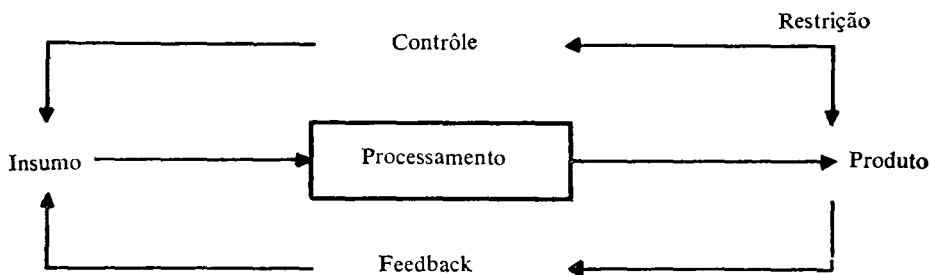


Figura 7

MÓDULO COMPLETO DE SISTEMA

Fonte: OPTNER, *Systems analysis for business management*. Englewood Cliffs, N.J., Prentice-Hall, 1968. p. 27.

Esta introdução propiciou uma indicação da universalidade dos conceitos da teoria de sistemas. Na seção seguinte examinaremos essa teoria na sua aplicação.

5 O enfoque sistêmico

No correr dêste ensaio, fizemos distinção entre, de um lado, a Teoria Geral de Sistemas (TGS), e, de outro lado, os característicos e parâmetros de todo e qualquer sistema (a que denominamos teoria dos sistemas). O objetivo da TGS é organizar o mundo fenomenológico. Nossa chamada teoria dos sistemas nada mais é senão uma estrutura que permite descrever o método sistêmico.

Ao nível da menor complexidade, o enfoque sistêmico representa apenas a aplicação de nosso arcabouço teórico visando à identificação de fatores causais numa situação complexa — seja para planejamento, seja para análise. Com maior rigor utilizam-se métodos quantitativos para escolher entre alternativas para formular novas configurações de sistemas, para testar níveis de desempenho de sistemas, etc. Contudo, conforme já observamos, os atributos fundamentais do enfoque sistêmico são as inter-relações entre os objetos e a globalidade do sistema. Por isto, quando se trata de resolver um problema, procura-se compreender, em termos amplos, as relações de causa e efeito. Em busca de uma definição para o método sistêmico, assim se manifestou a Comissão Nacional sôbre Tecnologia, Automação e Progresso Econômico:

“O enfoque apresenta dois aspectos principais. Primeiro, enunciam-se claramente os objetivos, em termos de desempenho e não em função de determinadas tecnologias ou modelos preexistentes. . . A vantagem de especificar objetivos em termos de sistema é que isto obriga aos que têm que tomar decisões a delinear os fatores de maneira a permitir uma comparação racional de soluções alternativas.

O segundo aspecto do enfoque sistêmico é a ênfase nas inter-relações dentro de um sistema. O processo usual tem sido dividir um problema em subsistemas de mais fácil trato. Separamos o problema do tráfego de uma cidade, dos problemas de habitação, localização de escolas e indústrias. É evidente, porém, que as modificações no fluxo e densidade do tráfego afetarão os padrões residenciais e a concentração industrial. Uma vez que cada um dêsses problemas está tão diretamente ligado aos outros, é preciso encarar tudo em termos de universo. Em suma, o que o enfoque sistêmico significa é o planejamento global, de modo que se possam identificar os efeitos, progressivos e regressivos, que quaisquer decisões produzem, sôbre tôdas as demais decisões pertinentes”.¹⁵

No enfoque sistêmico os analistas freqüentemente empregam técnicas que se antecipam a uma teoria de sistemas, que como tal possa ser identificada. São técnicas usadas pelo analista de sistemas a análise regressiva e a álgebra matricial (*matrix*). Pode desde logo focalizar o problema globalmente, mas não obstante solucioná-lo, no todo ou em parte, mediante instrumentos

¹⁵ NATIONAL COMMISSION ON TECHNOLOGY, AUTOMATION and ECONOMIC PROGRESS. *Technology and the american economy*. Washington, D. C., USPGO, fev. 1966. V. 1.

tradicionais de análise. Ademais, a teoria de sistemas nos proporciona um modo diferente de ver a aplicação de velhas e arraigadas técnicas; assim, por exemplo, pode-se visualizar uma equação como um sistema. A subseção que se segue tem por finalidade explorar algumas generalizações e distinções relativamente à teoria de sistemas aplicada a determinados contextos.

*Três membros da família dos sistemas*¹⁶

Excluindo-se o enfoque sistêmico como mera estrutura teórica, de orientação, e independente do contexto de aplicação ou dos objetos em estudo, três métodos analíticos ou conjuntos de técnicas emergem nitidamente da literatura e da prática dos enfoques sistêmicos, a saber: a análise de sistemas, a pesquisa de operações e a engenharia de sistemas. Embora se observem diferenças entre esses três métodos, é preciso reconhecer que não os separa uma linha de demarcação nítida e bem aceita.

Tanto na teoria quanto na aplicação prática, os diferentes métodos superpõem-se uns aos outros. Nem bem são semelhantes em tôdas as suas ramificações nem tampouco tão diferentes, que se torne possível atribuir a algum deles característicos que em dadas circunstâncias não caibam igualmente a outro. Por outro lado, apresentam importantes diferenças que esperamos conseguir assinalar.

Cumpre notar que excluímos a formulação de sistemas como categoria distinta porque muitos dos conceitos que aí entram em jôgo já estão compreendidos nas três categorias indicadas. A justificação dêsse procedimento tornar-se-á mais patente à medida que prosseguirmos na análise. Outra exclusão feita é do conjunto de técnicas conhecido por sistemas e processos. Não estamos sumariamente rejeitando êsse método. Entretanto, sua preocupação com processos de rotinização marcados por limites organizacionais faz com que seja excluído da presente análise. Todavia, será oportunamente pôsto em perspectiva nos próximos capítulos.

Os três métodos analíticos de sistemas serão examinados individualmente em termos de definições, objetivos, processo, organização e aplicação. À guisa de informação histórica, a pesquisa operacional surgiu na Inglaterra, durante a segunda guerra mundial, como tentativa de resolver complexos problemas ligados a operações militares. Depois da guerra, a pesquisa operacional continuava a ser empregada pelas forças armadas; além disso, porém, teve penetração nas empresas privadas, tanto na Grã-Bretanha quanto nos EUA. A engenharia de sistemas foi desenvolvida em fins da década de 1930 e no comêço da de 1940 pela RCA e a firma Bell Telephone Laboratories, em trabalhos relacionados com rêdes de comunicações e

¹⁶ Partes desta seção foram extraídas resumidamente da obra de GRAY, Ronald Murray. *A systematic method of problem solving for public administration*. Escola de Administração Pública, Universidade do Sul da Califórnia, 1968. p. 12-70. (tese de mestrado não publicada).

transmissão de televisão. A análise de sistemas foi criada, em 1946, para a Força Aérea dos EUA pela firma Rand Corporations, de Santa Mônica, Califórnia, e foi produto direto da pesquisa operacional.

Pesquisa operacional

A pesquisa de operações tem sido variadamente definida pelos diferentes autores. Na obra de Churchman e outros encontramos, talvez, a definição fundamental, a saber: “P.O. é a aplicação de métodos, técnicas e instrumentos científicos a problemas que envolvem as operações de um sistema de modo a proporcionar aos que controlam o sistema soluções ótimas para o problema em foco.”¹⁷ McClosky e Trefethen especificam mais ainda: pesquisa operacional “é a predição e comparação dos valores, da eficácia e dos custos de um recomendado conjunto de alternativas envolvendo operações homem-máquina.”¹⁸ Hall apenas acrescentaria que “a pesquisa operacional ocupa-se geralmente da operação de um sistema existente...”¹⁹

O objetivo da pesquisa de operações é capacitar a administração a resolver problemas e tomar decisões. As seis fases do processo, apontadas por Churchman, parecem sintetizar a literatura em geral sobre o procedimento a seguir:

1. Formular o problema. É preciso fazer uma análise dos sistemas, dos objetivos e das alternativas de ação.
2. Construir um modelo matemático para representar o sistema em estudo. Esse modelo expressa a eficácia do sistema em estudo como função de um conjunto de variáveis das quais pelo menos uma está sujeita a controle.
3. Deduzir uma solução do modelo. Existem, essencialmente, dois tipos de procedimento para derivar uma solução ótima (ou aproximadamente ótima) de um modelo — processo analítico e processo numérico.
4. Testar o modelo e a solução. Um modelo nunca é mais do que a representação parcial da realidade. O modelo é bom quando, apesar dessa deficiência, for capaz de prever, com exatidão, o efeito das mudanças no sistema sobre a eficácia geral do sistema.
5. Estabelecer controle sobre a solução. Uma solução calcada num modelo somente será uma solução enquanto as variáveis incontroladas conservarem seus valores e as relações entre as variáveis no modelo se mantiverem constantes.
6. Pôr a solução em funcionamento (implementação). A solução testada precisa ser transformada numa série de processos operacionais suscetíveis

¹⁷ CHURCHMAN, E. West, ACKOFF, Russel L. & ANNOFF, E. Leonard. *Introduction to operations research*. New York, John Wiley and Sons, 1957. p. 18.

¹⁸ MCCLOSKEY, J. F. & TREFETHEN, F. N. *Operations research*. Baltimore, John Hopkins Press, 1954. p. 27.

¹⁹ HALL, Arthur D. *A methodology for systems engineering*. New York, D. Van Nostrand Company, 1962. p. 18.

de serem entendidos e aplicados pelo pessoal que será responsável pelo seu emprêgo.²⁰

A aplicação da pesquisa operacional geralmente envolve sistemas já desenvolvidos e em funcionamento, e “a equipe de pesquisa operacional ocupa-se de operações em andamento e não de operações em perspectiva.”²¹ Assim, “materiais, energias, pessoas e máquinas já existentes”²² são submetidos à consideração e avaliação por parte do analista de pesquisa operacional, a fim de que, “usando a matemática ou a análise lógica, possa ele ajudar um cliente a aumentar a sua eficiência, numa situação em que todos fazem uma idéia bastante nítida do que significa a expressão mais eficaz.”²³

Análise de sistemas

A análise de sistemas tem sido objeto de variada aplicação e diferentes definições. Seu emprêgo tem-se estendido a toda sorte de atividade, numa gama que vai desde estudos de simplificação do trabalho até os complexos planejamentos militares do Departamento de Defesa. Foi fecunda a publicação de Quade sobre esse assunto, intitulada *Military systems analysis*. Propunha o autor a seguinte definição:

“análise destinada a sugerir um curso de ação mediante exame sistemático do custo, da eficácia e dos riscos de políticas e estratégias alternativas — inclusive a formulação de mais outras, caso as examinadas sejam insatisfatórias...”²⁴

A definição de McKean, baseada em doutrina mais antiga, tendo como ponto central sistemas de abastecimento de água, era simplesmente a expansão da análise das operações “olhando mais para o futuro, inclusive visualizando um número muito maior de variáveis, examinando uma gama mais extensa de possíveis cursos de ação e levando em conta alternativas de níveis mais elevados.”²⁵

Tal como a pesquisa operacional, a análise de sistemas ajuda os que tiverem de tomar uma decisão ou resolver um problema a encontrar uma solução inteligente ou “um curso de ação preferível dentre as possíveis alternativas.”²⁶ Para poder indicar um curso de ação ótimo, guia-se o analista de sistemas por cinco estágios, inicialmente delineados pelos pesquisadores da firma Rand:

²⁰ CHURCHMAN, et. al. Op. cit., p. 13-5.

²¹ FLAGLE, Charles D., HUGGINS, William H. & ROY, Robert H. *Operations research and system engineering*. Baltimore, John Hopkins Press, 1960. p. 22.

²² HALL. Op. cit., p. 18.

²³ QUADE, E. S. *Military systems analysis*. Santa Mônica, Califórnia, Rand Corporation, 1963. p. 2.

²⁴ Ibid., p. 1.

²⁵ MCKEAN, *Efficiency in government through systems analysis*. New York, John Wiley and Sons, 1958. p. 7.

²⁶ QUADE. Op. cit., p. 5.

1. Formulação. Definir os pontos de interesse, clarificar e delimitar o problema.
2. Procura. Determinar os dados pertinentes, buscando programas alternativos para resolver o problema.
3. Explicação. Construir um modelo e usá-lo para explorar as conseqüências dos programas alternativos.
4. Interpretação. Dedução de conclusões.
5. Verificação. Testar as conclusões pela experimentação.²⁷

“Um exemplo tirado da análise de um sistema de justiça criminal ilustra como as fases 1 e 2, acima, (formulação e procura), permitem penetrar no problema.

A primeira preocupação em qualquer análise de sistema deve ser descobrir o âmbito do sistema que está sendo investigado. . .

Uma vez definido o âmbito, especificam-se o objetivo do sistema e as funções que nêle são desempenhadas. . .

Após a estruturação inicial, surge naturalmente a pergunta relativa aos objetivos do sistema: Haverá uma maneira cômoda de quantificar e expressar em termos de unidades comuns os objetivos do sistema? Ou, numa linguagem com que o analista de sistemas está mais familiarizado, quais serão as medidas apropriadas para se conseguir a eficácia do sistema? . . .

Uma vez definidos os objetivos do sistema, gostaríamos de determinar a área viável em que se podem tomar decisões — isto é, identificar as variáveis controladas por determinado indivíduo a que cabe tomar decisões. A seguir, devem ser identificadas as injunções que recaem sobre suas decisões. . . A discussão, até o presente ponto, restringiu-se à definição do problema”.²⁸

É fato geralmente aceito que a análise de sistemas pode aplicar-se tanto a problemas operacionais quanto a problemas não operacionais. Quade afirma que êsse processo pode ser usado para ajudar o tomador da decisão a orientar-se quanto à política a seguir, a fazer escolhas numa situação de incerteza, e bem assim a resolver problemas em que é tão difícil decidir o que deve ser feito quanto como fazê-lo.²⁹

Engenharia de sistemas

A engenharia de sistemas tem sido definida como “o planejamento e a formulação de novos sistemas para melhor desempenho de operações em andamento ou para implementação de operações, funções ou serviços até

²⁷ QUADE. *Military systems analysis*. Santa Mônica, Califórnia, Rand Corporation, 1963. p. 7-8.

²⁸ BLUMSTEIN, Alfred, & LARSON, Richard C. A systems approach to the study of crime and criminal justice. In: MORSE, Philip M., coord. *Operations research for public systems*. Cambridge, Mass., The M.I.T. Press, 1967. p. 161-2.

²⁹ QUADE, E. S. *Systems analysis techniques for planning, programming, budgeting*. Santa Mônica, Califórnia, Rand Corporation, 1966. p. 1-2.

então nunca executados.”³⁰ Os objetivos da engenharia de sistemas são abrangentes:

1. Propiciar à direção a maior quantidade possível de informações necessárias para orientar e controlar o desenvolvimento geral dos programas.
2. Formular planos e objetivos a longo prazo como base para conjugação de projetos isolados.
3. Equilibrar o desenvolvimento geral do programa para assegurar progresso em todos os setores necessários, ao mesmo tempo fazendo o melhor uso possível da mão-de-obra e demais recursos.
4. Desenvolver objetivos e planos para projetos isolados compatíveis com os objetivos a longo prazo.
5. Manter-se a par de novas idéias, princípios, métodos e processos. Assegurar que seja feito o melhor e mais oportuno uso de novas tecnologias.
6. Executar cada operação no processo de engenharia de sistemas da maneira mais eficiente possível, reconhecendo que os requisitos de detalhamento, exatidão e presteza dependem da fase do processo em que se esteja.³¹

Hall enuncia seis fases do processo operacional, que considera inter-relacionadas, mas sem ordem cronológica específica:

1. Definir o problema é isolar, se possível quantificar e relacionar o conjunto de fatores que definirão o sistema e seu ambiente.
2. Selecionar um objetivo é o fim lógico da definição do problema. O objetivo escolhido orienta a procura de alternativas, sugere o tipo de análise a que se devem submeter as alternativas e proporciona os critérios para escolha do sistema ótimo.
3. A síntese de sistemas traz consigo a compilação ou invenção de sistemas alternativos capazes de atender aos objetivos.
4. A análise de sistemas significa deduzir as conseqüências da totalidade dos sistemas hipotéticos.
5. A escolha do melhor sistema envolve avaliação da análise e comparação dessa avaliação com os objetivos, para o fim de selecionar o menor possível subconjunto de sistemas alternativos que mereçam estudo mais detalhado.
6. A comunicação dos resultados constitui a derradeira função desta fase. Essa função pode exigir um relatório formal que admite três conclusões: a) o desenvolvimento específico solucionará o problema; b) há necessidade de um desenvolvimento exploratório, em laboratório, relativamente a determinadas alternativas, antes que se possa chegar a alguma conclusão; c) não se justifica prosseguir nos trabalhos, presentemente”.³²

³⁰ HALL, Arthur D. *A methodology for systems engineering*. New York, D. Van Nostrand Company, 1962. p. 18.

³¹ Id., *ibid.*, p. 12.

³² Id., *ibid.*, p. 8-9.

O engenheiro de sistemas é obrigado a formular “um conceito otimizado de um sistema que executará a função automaticamente”; êle deve “transformar êsse conceito num instrumento prático capaz do desempenho que dêle se espera”, não obstante as limitações de ordem econômica e do fator tempo.³³

A engenharia de sistemas geralmente é aplicada antes e durante o desenvolvimento do sistema. Nestas condições, trata-se mais de uma função de engenharia e desenvolvimento do que de uma função operacional. Na prática, a engenharia de sistemas é especialmente aplicável nos setores de comunicações e engenharia eletricista.

Comparação de métodos

Já se observou que êsses três enfoques vêm tendo mais pontos de semelhança do que de diferenças. Isso acontece por várias razões, entre as quais se destaca a necessidade de conjugar técnicas para atender à diversidade de situações. Essa combinação de técnicas será evidenciada a seguir, quando apontarmos importantes diferenças e similaridades.

Importantes diferenças

As diferenças entre os métodos analíticos inerentes à pesquisa operacional, análise de sistemas e engenharia de sistemas parecem agrupar-se em três categorias:

1. objetos aos quais se aplicam os métodos;
2. os objetivos a serem alcançados mediante emprêgo dos métodos;
3. o estágio do processo de solução de problema em que cada um dos métodos é aplicado.

Os três métodos analíticos estão sumariados na figura 8, segundo os tipos de objetos (peças, máquinas, homens, etc.) a que cada qual deve ser aplicado. Quando a operação do sistema envolve apenas homens (p. ex. um time de futebol), o método analítico aplicado geralmente é a análise de sistema. Muitos problemas governamentais e de relações humanas enquadram-se nessa categoria. Quando se aplica o método analítico a problemas entre homem e máquina, podem ser considerados três métodos distintos, conforme o objeto que tenha a importância maior. Se o fator primordial é o homem e sua relação com a máquina (i.e., se o que se quer é otimizar tempo, energia, etc.), emprega-se a pesquisa operacional. Se o elemento mais importante fôr a máquina operada pelo homem (isto é, quando a ênfase está nas operações da máquina, sendo secundária a participação do homem), emprega-se a engenharia de sistemas. Quando o objetivo do método analítico é uma integração mais efetiva do homem e da

³³ FLAGLE, et. al. Op. cit., p. 67.

máquina, o método preferido será a análise de sistemas. Sendo geralmente difícil precisar a importância relativa do homem ou da máquina para o sistema total em operação, esses três métodos analíticos se tornaram de tal forma entrelaçados que é difícil traçar diferenciações nítidas entre eles.

Quando máquinas interagem com máquinas e uma das máquinas é fundamental para a operação do sistema, os dois métodos analíticos que podem ser aplicados são análise de sistemas e engenharia de sistemas, este mais do que aquele. Os sistemas automatizados, em que a participação do homem limita-se à invenção e à manutenção, geralmente envolvem complexos problemas de engenharia e por isso empregam a engenharia de sistemas para solucionar as dificuldades que se apresentem. Estão nesse caso as redes radiofônicas e os sistemas de comunicação telefônica. No estabelecimento militar verifica-se uma aplicação especial da análise de sistemas nos sistemas de direção de mísseis.

Uma segunda importante diferença entre os métodos analíticos diz respeito aos objetivos de sua utilização. Conforme se vê na figura 9, os objetivos dos métodos analíticos dividem-se em três categorias principais: implementação e/ou aprimoramento de desempenho, solução de problemas visando a necessidades futuras, e otimização das operações atuais. O objetivo básico da engenharia de sistemas é a execução de funções, operações e serviços que não existiam, e/ou o aprimoramento de funções, operações e serviços que presentemente são executados. Constitui, geralmente, o objetivo da engenharia de sistemas o melhor desempenho de todo o sistema e não de apenas um componente, operação ou processo isolado. Quando as funções, serviços e operações em exame destinam-se à implementação futura, o método indicado será a análise de sistemas.

Para estabelecer uma linha de demarcação entre pesquisa operacional e análise de sistemas ou engenharia de sistemas torna-se necessário fazer distinção entre objetivos semelhantes. Enquanto a engenharia de sistemas se ocupa com o desempenho de uma função, serviço ou operação nova ou já em execução, a pesquisa operacional cuida de fazer o melhor uso possível de materiais, energias, pessoas ou máquinas, em sua condição de componentes de sistema. Pode-se dizer que a análise de sistemas e a engenharia de sistemas vêem o todo, enquanto a pesquisa operacional vê as partes. Isto, contudo, não seria bem exato, porquanto é impossível analisar um sistema sem analisar-lhe os componentes; por outro lado, de pouco valeria otimizar determinadas partes sem saber onde e como iriam integrar o sistema. Normalmente, a pesquisa operacional é empregada com o fim de otimizar operações em qualquer dos diversos níveis de um sistema. Esse processo pode envolver fatores tais como tempo, custo, desempenho e eficiências em qualquer nível. Uma hierarquia de estudos de pesquisa operacional, em planos diferentes, pode ser muitas vezes integrada para otimizar operações em todos os planos de um sistema.

Uma terceira área em que se verificam importantes diferenças entre os métodos analíticos é o estágio do processo de solução de problemas em que cada um deles é aplicado. É possível que problema surja tanto na con-

Métodos analíticos	Sistema homem-a-homem	Sistema homem-máquina	Sistema máquina-máquina
Pesquisa operacional		Importância predominante do homem e seu manejo de máquina	Aplicação limitada
Análise de sistemas	Problemas humanos e de relações sociais	Inter-relações do homem e máquina de igual importância	Limitado a sistemas de armamentos militares
Engenharia de sistemas		Importância predominante da máquina e sua operação	Sistemas de automação tendo o homem função criadora ou de manutenção

Figura 8

ANÁLISE DE MÉTODOS EM FUNÇÃO DAS DIFERENÇAS DE ÊNFASE NOS
OBJETOS DO SISTEMA

cepção, quanto no desenvolvimento ou na operação do ciclo de vida de um sistema, cabendo aplicar um dos métodos para resolvê-lo. Conforme mostra a figura 10, nenhum dos métodos se propõe a atacar os problemas

Métodos analíticos	Implementação do desempenho	Implicações futuras	Otimizar operações
Pesquisa operacional			Otimizar um processo componente ou a operação de um sistema em funcionamento
Análise de sistemas		Relacionado com sistemas inteiros para necessidades ou requisito futuro	
Engenharia de sistemas	Desempenho aperfeiçoado mediante novos sistemas ou modificações nos sistemas vigentes		

Figura 9

ANÁLISE DOS MÉTODOS EM FUNÇÃO DAS DIFERENÇAS ENTRE SEUS OBJETOS

em tôdas as fases do ciclo. A análise de sistemas freqüentemente envolve situações em que o importante é decidir o que deve ser feito, e não simplesmente como se deve fazê-lo. Destarte, a análise de sistemas muitas vezes se ocupa de sistemas em que não haverá desenvolvimento durante uns dez ou quinze anos. Quando a carência é de sistemas novos, de melhor desempenho ou implementação de operações, funções ou serviços, é a engenharia de sistemas o método analítico indicado para atender a essa necessidade.

Chama-se de desenvolvimento a fase do sistema que envolve projeto, engenharia, fabricação e/ou produção, tendo por finalidade construir um sistema de maneira mais eficiente ou obter um melhor desempenho. Na análise de sistemas, em que se planeja um sistema para o futuro, o estágio de desenvolvimento pode ser a fase em que se constrói e testa o modelo. Na engenharia de sistemas, onde o problema envolve um sistema complexo, o estágio de desenvolvimento, provavelmente, exigiria grande número de testagens de componentes e análise de problemas decorrentes da integração de homens e máquinas para constituição de um nôvo ou aperfeiçoado sistema total.

Na fase operacional, o que interessa geralmente é aumentar a eficiência e o desempenho de um sistema já existente e em funcionamento. Uma vez que a análise de sistemas e a engenharia de sistemas cuidam precìpiamente de instituir sistemas, compete à pesquisa operacional analisar os problemas que surgem na sua operação.

Semelhanças

Os três métodos analíticos aqui apresentados enquadram-se na categoria maior do método científico. Reconhecem e formulam o problema, coletam dados mediante observação e experimentação, deduzem e verificam hipóteses. Outrossim, em cada um dêsses métodos identifica-se o problema, examinam-se alternativas e escolhe-se uma alternativa específica como a melhor disponível. O processo de solução de problemas freqüentemente é levado a efeito por uma equipe interdisciplinar, procedimento que, dada a complexidade dos problemas, tem-se mostrado eficaz.

Paulatinamente, tem sido formado um conjunto de instrumentos e técnicas a serem utilizados com os métodos analíticos. São geralmente compartilhados por todos os três métodos, e abrangem desde a simples análise, baseada em observação e lógica, até a construção de complexos modelos, que só podem ser manipulados com auxílio de computador. Até os métodos algorítmicos (adaptação de dados a fórmulas-padrão) freqüentemente usados na pesquisa operacional, exigem considerável preparo em estatística, lógica e matemática superior. A pesquisa operacional e a análise de sistemas costumam exigir que a equipe construa um modelo. Os modelos são feitos de maneira que os característicos, o comportamento e os relacionamentos dos objetos possam ser estudados sob condições várias.

Métodos analíticos	Fase de concepção	Fase de desenvolvimento	Fase operacional
Pesquisa operacional			Otimização do sistema desempenho/eficiência
Análise de sistemas	Planejamento para necessidades futuras	Suplementação de idealização e desenvolvimento	
Engenharia de sistemas	Procura e seleção de sistemas homênis	Suplementação de idealização e desenvolvimento	

Figura 10
 ANÁLISE DOS MÉTODOS EM FUNÇÃO DOS DIFERENTES ESTÁGIOS DA
 VIDA DO SISTEMA

Prosseguindo com o tema do presente capítulo — A unidade do enfoque sistêmico — examinemos, agora, as semelhanças entre os três métodos analíticos em termos do que denominamos a teoria de sistemas.

Nossa definição básica de sistema — objetos, relacionamentos, objetivos — proporciona as coisas às quais ou a respeito das quais se aplicam técnicas, visando à solução de problemas. Se o engenheiro de sistemas receber o encargo de projetar um sistema de alto-falantes de modo a produzir uma recepção ótima, ele terá que definir, antes de tudo, o sistema pertinente de transmissores, receptores, amplificadores, ambiente das comunicações, objetivo das comunicações (p. ex., informação geral, emergência, etc.), e outros fatores. Em outras palavras, ele terá que modelar os objetos, relacionamentos e objetivos, e, mediante experimentação ou análise lógica, deduzir soluções ótimas. Modelando, assim, o sistema, determina as funções dos diversos objetos. As funções significam arranjos paramétricos em termos de nossos parâmetros genéricos de sistemas. Assim, por exemplo, constitui função de subsistema o produto amplificado resultante da transmissão de impulsos elétricos (fluxo de insumo), convertidos pelo amplificador (processador). O controle do *feedback* também figura como função quando há objetos num sistema existente ou projetado que tenha por finalidade o controle.

O leitor deve recordar, de nossa discussão dos procedimentos seguidos em cada um dos três métodos de análise, que normalmente a primeira providência consiste em formulação, definição e delimitação do problema. Os objetos do problema-sistema podem não constituir um sistema natural (p. ex., um sistema ecológico), nem precisam conjugar-se de uma maneira óbvia, empírica. De qualquer forma, o analista precisa estabelecer limites e, quando necessário, repolir a definição de objetivos. Foi de propósito que insistimos na descrição desse primeiro estágio do processo ao discutirmos a análise de sistemas. Mostrou-se haver uma relação entre fixação de âmbito e clarificação do objetivo, o que está de acordo com o que acima dissemos acerca do problema da delimitação.

Reconheceu-se haver poucos sistemas concretos absolutamente fechados — isto é, que não são sujeitos a intercâmbios de insumos e produtos com outros sistemas existentes em seu ambiente. Entretanto, nas técnicas para solução de problemas que aparecem nos sistemas, o indivíduo incumbido do assunto, ao formular o modelo do problema, procura criar um sistema fechado. Isto é, ele delimita o problema, e o faz para poder dar conta da complexidade. Uma vez que todos os modelos, inevitavelmente, dão uma idéia exageradamente simplificada da realidade, o fechamento do sistema (i. e., a sua delimitação), pode acarretar imprecisões. Todavia, a prova de validade do modelo é o grau em que abrange os objetos e relacionamentos mais críticos para a função sistêmica. O modelo pode ser esquemático ou até mesmo um mero arremêdo físico. Em algum estágio, porém, costuma ser manipulado matematicamente. Por exemplo, o pesquisador de operações analisa depósitos, quantidades armazenadas, distâncias, tempo e outros fatores, numa equação ou matriz, para determinar as quantidades ótimas a serem remetidas de um lugar para outro.

Enquanto o encarregado de resolver o problema precisa demarcar a fronteira para poder manipular o sistema, em hipótese alguma devem-se ignorar objetos e relações importantes traçando fronteiras artificiais, sem o inequívoco reconhecimento de que se trata de uma injunção ou limitação imposta ao sistema. Por exemplo, os estudos de viabilidade para obras federais de saneamento, controle de inundações e outras obras públicas precisam ser acompanhadas de análises que levem em conta custos e benefícios de toda ordem. Os benefícios ou a falta deles servem como justificativa para aceitação ou rejeição de projetos. No caso de uma barragem, por exemplo, se não forem levados em conta todos os sistemas para os quais a barragem possa ter relevância, os cálculos de custos e benefícios serão potencialmente inexatos. Assim, além da configuração principal relacionada com o objetivo declarado do projeto, cumpre considerar também os sistemas que, dentro de uma presunção razoável, terão contato com o sistema da barragem. Isto significa que limitar a análise ao subsistema de produção e transmissão de energia elétrica, ignorando os efeitos do curso d'água sobre outros subsistemas, tais como controle de cheias, navegação, recreação, agricultura, urbanização, etc., é um procedimento ineficaz; torna-se indispensável dar atenção a efeitos secundários, terciários, etc., decorrentes do objetivo original do projeto, como, por exemplo, as consequências da eletrificação.

A advertência quanto à necessidade de considerar subsistemas afetados, que fizemos no exemplo da barragem, não pode ser observada em todos os casos, porque às vezes a solução dos problemas de um sistema tem de ser interceptada em meio a toda sorte de incertezas. Conforme salientamos anteriormente, ao tratar do *problema da delimitação*, em situações desse tipo impomos injunções ou limitações a nossos objetivos. Por exemplo, suponhamos que por lei somos obrigados a prestar certas informações a determinados membros de um órgão legislativo, devendo cada qual receber um exemplar original; suponhamos, ainda, que por qualquer motivo não convém, ou não é provável ou factível conseguir-se modificar o dispositivo legal em causa. Na procura de uma solução para o problema de produzir o relatório de uma forma mais econômica do que o processo de repetidamente datilografá-lo em original, temos que enunciar com precisão nosso objetivo e as injunções que lhe são impostas, que, somados, produzem o que chamamos de restrição (veja-se figura 7). Dessa maneira conjugam-se o objetivo (método de reprodução para originais múltiplos de relatórios) e as injunções (menor custo, menos dinheiro, tempo, etc., que o método atual, sem redução de qualidade, etc.), para formar a restrição. A restrição, por sua vez, afetará a escolha de critérios (custo total não superior a X, prova de desempenho tomando por padrão o produto antigo, etc.).

No exemplo descrito evitamos uma análise total do sistema restringindo os limites do problema. Isto, porém, pode dar origem a outras tantas dificuldades. Tal como no exemplo da barragem, o método alternativo exige que desenvolvamos mais extensamente nosso modelo de sistema, e embora venhamos a usar o sistema sob o princípio da restrição, limitaremos a difi-

culdades potenciais definindo o sistema pertinente, da maneira mais completa possível.³⁴ Assim, por exemplo, se incluirmos a atmosfera no âmbito da definição de um sistema de transporte, haveremos de levar em consideração a poluição decorrente da descarga dos veículos a motor. Com essa conceituação ampla do sistema, facilitamos a análise de importantes aspectos dos efeitos dos resíduos da combustão na solução de problemas de um sistema de transporte. Por outro lado, estaremos aumentando a complexidade dos sistemas em análise. O que deixou de ser dito, no exemplo da análise custo-benefício da barragem foi que é quase impossível encontrar soluções sistêmicas cujos resultados sejam ótimos para todos os subsistemas. Poderiam ser, desde que cada um dos subsistemas fôsse tratado como entidade independente — não como parte de um supra-sistema — em termos de objetivos e critérios próprios. O analista é obrigado a otimizar em termos de critérios para um sistema geral, e estes podem mudar em virtude de uma redefinição do sistema. Isto significa que resultados subótimos para alguns subsistemas são contingências inevitáveis, mas, isto constitui o preço pago em troca da melhor combinação possível em termos de supra-sistema. Esse processo de integração na formação de sistemas e solução de problemas será examinado mais detidamente adiante.

A conclusão final destas considerações sobre delimitação do sistema, mediante alargamento de seu âmbito e aplicação do princípio da restrição, traz-nos como objetivo visado o globalismo do sistema e o equilíbrio entre as suas partes. Queremos ser capazes de analisar e talvez avaliar a eficácia operacional de um sistema como um todo, levando em conta a interdependência de objetos e objetivos. Integramos as partes do sistema de modo que se estabeleça um equilíbrio, permitindo que a análise ou a formulação do sistema sejam norteados pelos critérios do supra-sistema no qual se integram.

6 Solução de problemas de administração pública e o enfoque sistêmico

Muitos dos grandes problemas da vida moderna são resultado dos esforços do homem para resolver problemas. Assim, por exemplo, o motor de combustão interna ajudou o homem a locomover-se e a propulsionar seus artefatos rapidamente a grandes distâncias, a ficar livre da dependência de bêstas de carga, e a obter força motriz para muitas outras atividades essenciais. Com esse e outros inventos do mesmo gênero, produziu soluções diretas

³⁴ Entre parênteses, é oportuno lembrar, conforme já advertimos acima, que teoricamente é difícil distinguir entre, de um lado, análise de sistema e engenharia de sistema, e de outro lado, pesquisa operacional. Na prática, porém, verifica-se que na pesquisa operacional há uma tendência para a limitação do campo de investigação mediante imposição de restrições ao problema. O analista de sistemas, por sua vez, (o engenheiro de sistemas, especialmente no caso de complexos sistemas mecânicos, eletrônicos, etc.) geralmente tem sua orientação voltada para o contexto global do sistema.

para problemas específicos e benefícios indiretos ou marginais (que poderiam ter ocorrido mais adiante, no curso dos acontecimentos), tais como uma relativa economia, maior conforto, comodidade, etc., nas viagens. Entretanto, produziu igualmente, uma série de conseqüências que, por sua vez, tornaram-se problemas que ele precisa resolver, tais como poluição do ar, multisseccionamento das cidades, construção de superfícies operacionais para veículos de alta velocidade, cumplicidade no abandono de cidades medulares, etc. Não há carência de problemas urbanos, e muito menos há necessidade de lembrá-los aos leitores. O fato é, todavia, que a história do homem tem sido caracterizada por uma sucessão de esforços para solucionar problemas, produzindo conseqüências imprevistas sob forma de novos problemas. Nossa tolerância para viver com essas conseqüências (ou problemas novos) vem paulatinamente diminuindo: a) porque a acumulação de problemas-solução vem assumindo proporções geométricas; b) por causa do crescente número e da cada vez maior concentração geográfica de pessoas; e c) devido a uma crescente preocupação com a qualidade do ambiente em que se vive. A primeira causa resulta do efeito multiplicador da conjugação da tecnologia com a capacidade de resolver problemas, a segunda (talvez baseada na primeira) é resultado da urbanização, e a terceira aparentemente é um corolário das outras duas, se incluirmos a industrialização e a abundância na cadeia dos problemas-solução.

O governo, na América do Norte, tem sido, tradicionalmente: a) um facilitador de soluções derivadas de atividades privadas relativas a problemas setoriais; b) ele próprio um solucionador de problemas. Na primeira hipótese, tem o governo proporcionado a infra-estrutura necessária a facilitar a viabilidade econômica, ou tem desempenhado o papel de regulador, quando as estruturas privadas não conseguem, elas próprias, regular-se satisfatoriamente. A atividade governamental de solução de problemas pode ser facilitadora das atividades do setor privado; ocupa-se muitas vezes de *juntar os casos* ou resolver os problemas provocados pela ação privada. De outra parte, pode ter em vista preocupações sociais mais tradicionais, tais como a moral pública. Nesses processos, também o governo produz problemas-solução.

Em seguida, cabe indagar o que há, na natureza dos processos de solução de problemas, que os faz criarem mais problemas do que resolvem. A estratégia clássica dos homens para atacar problemas tem sido utilizar o reducionismo, de uma forma ou de outra. A solução de problemas mediante reducionismo exige simplificação, que se obtém reduzindo o foco da atividade a algumas poucas variáveis que se afiguram pertinentes. A lógica do reducionismo é persuasiva por várias razões, entre as quais a incapacidade de se preverem conseqüências futuras ou aparentemente desconexas, as dificuldades inerentes ao manejo de grande número de variáveis na solução de problemas e a ausência de interesse, senão por alguns poucos elementos do problema. O resultado disso é uma limitação do âmbito do problema e um menor empenho na testagem das conseqüências de soluções alternativas. Encontramos exemplos de reducionismo nas estratégias de solução de pro-

blemas relacionados com profissões, especialidades e métodos ocupacionais de todos os tipos, dado o enfoque heurístico que adotam. Um enfoque heurístico significa que se considera impossível avaliar tôdas ou mesmo a maioria das alternativas e conseqüências inerentes à solução do problema; por essa razão, limita-se a procura confinando a definição do problema a proporções controláveis e restringindo a avaliação de alternativas e conseqüências a relativamente poucas hipóteses. Esse rito é seguido até que se encontre uma solução *aceitável*. Conquanto esse modo de proceder seja até certo ponto inevitável, pode ser aperfeiçoado pela adoção de estratégias destinadas a proporcionar maior número de alternativas. Todavia, é provavelmente a diminuição do âmbito na definição do problema o fator que a longo prazo produz os mais perniciosos problemas-solução. Com efeito, na aplicação do princípio da restrição, acima examinado (ou mesmo na própria definição do sistema), a restrição resulta em excluir importantes contatos com outros sistemas, com o que o grande emaranhado de complexas relações fica reduzido ao pequeno número considerado causal.

7 Solução de problemas na administração pública

Nossas organizações, como soluções de problemas, também refletem reducionismo. Sob o ponto de vista organizacional, fatoramos objetivos em desdobramentos e subdesdobramentos lógicos e funcionais, até atingir-se o nível de tarefas; estas são agrupadas em especializações e atribuídas a pessoas, através de uma rede de autoridade — responsabilidade que corresponde, *grosso modo*, à configuração dos fatores objetivo-função-tarefa. Reduzimos, dessa forma, um problema demasiado grande para uma só pessoa a uma hierarquia de componentes lógicos, representando sucessivamente níveis mais baixos de complexidade, dentro de uma estrutura destinada a coordenar o todo. É em virtude deste último requisito — a necessidade de ação coordenadora — que o reducionismo nas organizações causa problemas. De um lado, o trabalho é executado em fluxos cujo característico é que uma só pessoa não executa o serviço todo, mas aquilo que ela faz afeta o trabalho dos demais. De outro lado, a criação de subunidades organizacionais desenvolve uma tendência à insularidade que atua em detrimento do princípio do *fluxo*. Exemplos disso são os sistemas de controle da produção e medição do trabalho, que visam à eficiência do desempenho numa só unidade organizacional. A possibilidade de ser a razão insumo-produto de uma determinada unidade da organização subótimal para a utilização de recursos nessa unidade, mas ao mesmo tempo favorecer a realização do objetivo geral da organização, muitas vezes não é levada em conta ao instituírem-se os sistemas de controle.

As dificuldades típicas das organizações, quando se apresentam também nas atividades governamentais de solução de problemas, são exacerbadas por ainda outro aspecto do reducionismo — o do fatoramento funcional envolvendo subdivisões políticas tanto quanto desdobramentos estruturais.

Arthur Atkisson lamenta o fracionamento do processo decisório público, sugerindo a necessidade de um enfoque ecológico para a solução de problemas urbanos:

“O fato histórico da vida pública americana é que ninguém tem responsabilidade pelo meio.

A responsabilidade decisória está tão fragmentada que não se pode atribuir uma definida responsabilidade pelo ambiente a qualquer jurisdição governamental, a qualquer repartição ou departamento em determinado nível ou jurisdição de governo, ou mesmo a qualquer setor específico de nossa sociedade, considerada em sua totalidade.

No plano local, pulverizam-se as decisões em virtude do verdadeiro labirinto jurisdicional que impera nas áreas de problemas e sistemas ecológicos em que se têm manifestado problemas ambientais comuns que devem ser submetidos a padrões uniformes de atividades de controle. Cortando, em todas as direções, as 212 áreas estatísticas-padrão metropolitanas, que atualmente abrigam o grosso de nossa população nacional, encontramos as linhas divisórias de mais de 3.841 cidades e condados. Em certas áreas definíveis como focos de problemas, fragmenta-se o controle por entre diversos estados e dúzias de cidades e condados.

Mesmo no âmbito da única jurisdição, fragmenta-se a autoridade e a responsabilidade pelo controle ambiental. Há departamentos de planejamento em ação, mas com atribuições apenas simbólicas em matéria de controle do ambiente. A autoridade para controlar, ... onde existe... está distribuída entre departamentos e distritos de saúde pública, obras públicas, engenharia e problemas especiais. Maior fracionamento ainda verifica-se em virtude da distribuição vertical de segmentos da autoridade para controle ambiental a órgãos regionais e a departamentos e outros órgãos da administração estadual”.³⁵

Como exemplo mais específico, considere-se a variedade de órgãos e jurisdições de governo que de alguma forma têm a ver com o conjunto das operações relativas à produção e ao consumo de leite. Dependendo de onde se estabeleçam os limites, o governo tem uma série de pontos de contato com esse sistema — gado leiteiro, coleta do leite, processamento e distribuição. A maioria dos níveis de governo pode envolver-se ou se envolve efetivamente nesse sistema, conforme os objetivos das respectivas repartições, disposições legais ou arranjos funcionais. Devido a esses fatores legais e organizacionais, o funcionário a quem cabe tomar decisões tende a fazê-lo consoante critérios diferentes, cada um com base num critério próprio em termos do qual procura otimizar as operações a seu cargo. Faz tudo isso sem consideração pelos objetivos gerais de produção e consumo como sistema, os quais podem dizer respeito à distribuição, ao teor, à pureza, etc., dos produtos consumidos. Se cuidasse de objetivos gerais, talvez os pon-

³⁵ ATKISSON, JR., Arthur A. *Urban ecology: the new challenge*. New York, National Congress on Environmental Health Management, American Medical Association, abr. 1967. p. 18-9. (discurso pronunciado).

tos em que o governo entra em contato com o sistema e os critérios de processamento fossem outros.

A figura 11 representa, esquematicamente, os controles de qualidade atualmente existentes para os produtos de laticínios, vistos numa perspectiva sistêmica, inclusive os critérios e a divisão de responsabilidade vigentes. O sistema baseia-se exclusivamente em dados federais, do estado da Califórnia e da cidade de Los Angeles.³⁶ A contrapartida desse sistema, em escala nacional, com uma análise detalhada de critérios, padrões e políticas, sem dúvida revelaria objetivos, critérios e ênfase programática conflitantes se analisados em suficiente minúcia. Desprezando guias operacionais de repartições várias, por não possuírem *status* de lei ou diretriz de governo, o sistema descrito na figura 11 toma por base os seguintes diplomas legais para desenvolvimento de critérios de programa e decisão:

1. *Governo dos EUA*

- a) Food, Drug and Cosmetic Act, Cap. 4, seções 401-9.
- b) U.S. Health and Safety Code.

2. *Estados da Califórnia*

- a) Agricultural Code of California, Divisão 15.
- b) Health and Safety Code of California.
- c) Department of Agriculture Circular Letters.
- d) Milk Stabilization Act.

3. *Condado de Los Angeles*

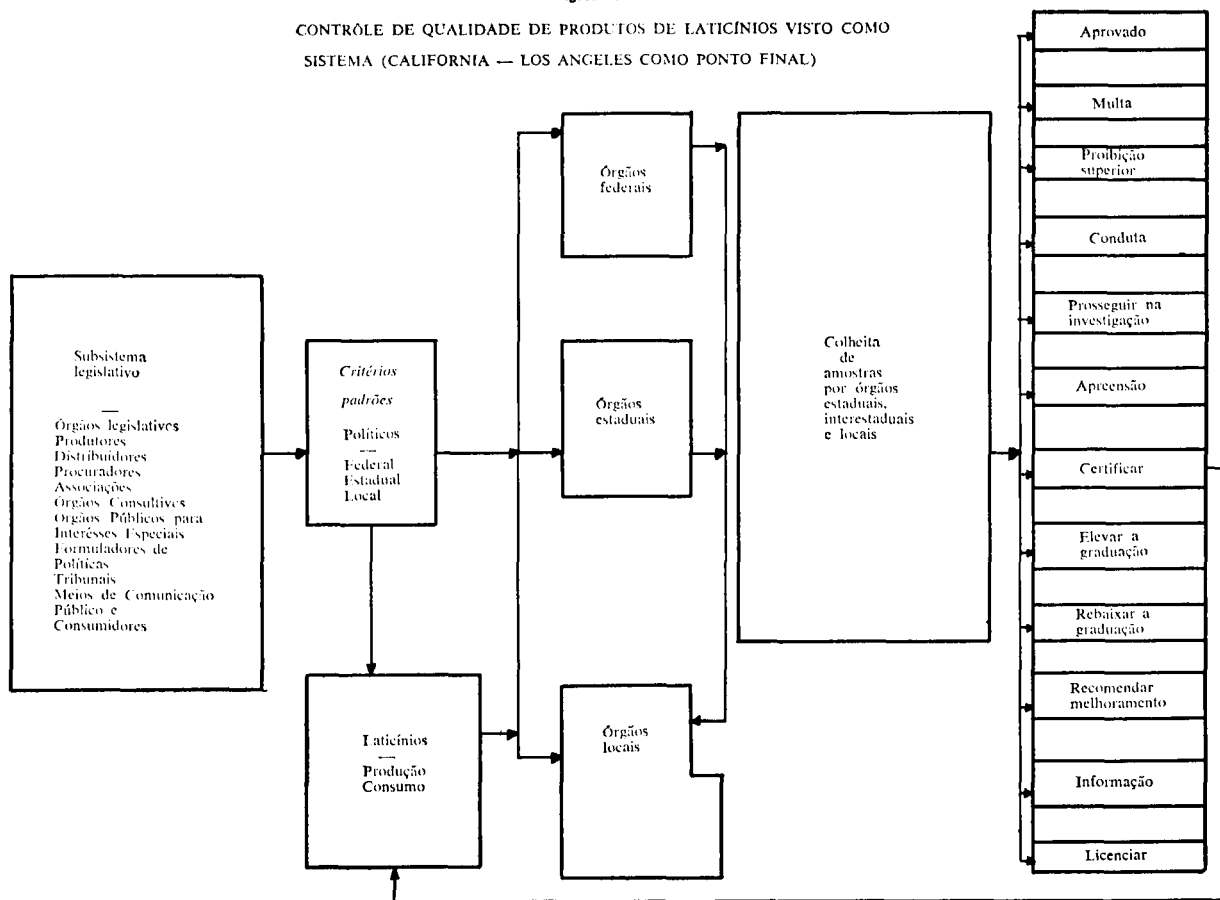
- a) Ordinance n. 1415 (New Series).
- b) Ordinance n. 8397.
- c) Ordinance n. 4099.
- d) Ordinance n. 7583, Cap. 1, 2, 5 e 8.
- e) Board of Supervisors Orders and Directives.

Embora por todo o estado haja consciência do problema, tem-se a impressão de que a atribuição de autoridade e responsabilidade tem sido feita com vistas à preservação de interesses radicados. Existe uma compartimentação organizacional, em que os programas, as operações e as decisões são otimizados em termos de critérios vinculados à autoridade específica de determinado órgão. Isto é o produto de um processo de solução de problemas, desarticulado e segmentado ao nível legislativo formal, de que resultam programas de governo parcelados, sem uma racionalização globalista.

³⁶ Adaptado do ensaio de HOFFMAN, Irving. *An identification and schematic representation of the decision making process that regulates dairy product quality in the Los Angeles county urban area*. Escola de Administração Pública, Universidade do Sul da Califórnia, s.d.

Figura 11

CONTRÔLE DE QUALIDADE DE PRODUTOS DE LATICÍNIOS VISTO COMO
SISTEMA (CALIFORNIA — LOS ANGELES COMO PONTO FINAL)



8 As realidades políticas e o enfoque sistêmico

Temos sustentado que a solução de problemas através da tecnologia em geral, e sobretudo quando empregada pelo governo, tem produzido soluções que resultam em novos problemas que temos denominado problemas-solução. Por outro lado, a natureza desse processo de solução de problemas enfatiza o reducionismo — modos de simplificar para superar as complexidades. É essa simplificação que produz os problemas-solução. Na administração pública principalmente têm esses incrementos episódicos e distintos de políticas governamentais resultado em diferentes premissas ou critérios de decisão. Nessa área, encontramos os resultados do reducionismo, tanto na departamentalização estrutural e na subdivisão política, quanto sob a forma de iniciativas tecnológicas. Enquanto nossa análise e nossos exemplos acentuarem os efeitos da subdivisão política e organizacional, não é lícito supor que a atuação do governo não apresente falhas no que se refere aos efeitos da tecnologia aplicada. Conforme já assinalamos, a cumplicidade do governo é manifesta em seus programas de renovação urbana, desenvolvimento de sistemas de transportes, etc.

É no que tange à possibilidade de superar tais dificuldades, que alguns estudiosos põem em dúvida a viabilidade de aplicar o enfoque sistêmico na administração pública. As tentativas de um planejamento global registram uma série de fracassos neste país. Isso tem sido o resultado do pluralismo político, que produz soluções para os problemas através do conflito e da transigência, não à base de planos mestres. Sem dúvida alguma são mais numerosos os exemplos de fracasso do que de êxito nas tentativas em grande escala para solucionar problemas de governo mediante processos racionais de abrangência global. Quando dizemos que esses insucessos são o produto do pluralismo, temos em mente que o processo decisório é afetado por interesses múltiplos, que pressionam os centros de decisão. Isto, até certo ponto, se aplica a qualquer organização; eis que também no setor privado os interesses de partes várias (fregueses, acionistas, subempreiteiros, fornecedores, dirigentes de outras organizações, etc.) se fazem sentir aos que têm o encargo de tomar a decisão. Em muitos casos, a diferença entre uma organização privada e uma organização pública é uma questão de: a) número e variedade de interesse refletidos nos diferentes valores em competição (p. ex., preservar certas regiões silvestres em estado virgem, permitir o corte seletivo de madeiras, permitir a derrubada de matas em larga escala, permitir atividades comerciais-recreativas, tais como esportes de inverno); b) fatores de pressão que são ou podem ser aplicados. Estes últimos se refletem, por exemplo, nos múltiplos pontos de decisão em que se pode tentar exercer influência (p. ex., no plano legislativo, em vários pontos da burocracia, no judiciário, etc.); na posição estratégica dos influenciadores na sociedade (p. ex., o número de pessoas e organizações e os tipos de interesses representados pelos influenciadores, a imagem dos grupos de influência perante a opinião pública); na luta intraburocrática pelo poder — entre diferentes órgãos e dentro de cada um deles, entre os órgãos e o dirigente, entre o executivo e o legislativo; no apoio popular ao órgão de

governo em sua defesa de determinada política — e nas correspondentes expectativas. O processo de conflito dificilmente se resume numa única fase, pois uma vez tomada determinada decisão, as partes transferem a batalha do plano mais geral do processo decisório para a arena mais estreita da execução. Embora aprovada pelo legislativo, jamais poderá ser a lei suficientemente detalhada em suas prescrições para dispensar totalmente a necessidade de interpretação pela burocracia que a executa. Muitas leis limitam-se a estabelecer padrões gerais, delegando à burocracia autoridade executiva, legislativa e judiciária. E não é somente a zona de ataque que muda, mas com a execução da decisão, em qualquer nível, criam-se novos interesses, pois é difícil tomar e implementar uma decisão sem afetar alguém ou alguma coisa. As partes que passaram a ser afetadas, por sua vez, representam novos problemas, interesses e hostes combatentes nessa luta política constante. Tudo isto resulta em cautela nas decisões, a fim de que os efeitos do erro ou do calor do embate político não se tornem fatais para o centro da decisão. Ocasionalmente ocorrem transformações políticas bruscas; de um modo geral, porém, na história das decisões, salvo o caso de algum paladino político especial ou de sublevação social, o que se nota é continuidade e evolução.

A implicação desses fatos para o enfoque sistêmico é clara — quando é aplicado, suas recomendações provavelmente serão ignoradas, modificadas, deturpadas, etc., sem que se leve em conta a racionalidade intrínseca do processo. Assim, se alguém quiser saber por que há tanta pulverização nas decisões governamentais, a causa reside nessa atividade de grupos de interesses que denominamos política.

Alguns observadores dirão que o estado atual dos problemas sociais e governamentais faz com que o pluralismo, como aqui descrito, seja um luxo a ser evitado, visto têmos atingido o ponto de saturação de soluções que se constituem em problemas. Embora fôsse tentador considerar mais a fundo essa advertência, tal não é possível porque escaparia ao âmbito de nosso trabalho. Examinemos, ao invés, reconhecendo as injunções provocadas pela política de grupos de interesses, uma estratégia para emprêgo do enfoque sistêmico.

Cumpre, desde logo, fazer uma importante distinção entre situações em que não é possível conseguir as melhores soluções do método sistêmico, e situações em que nem se tenta empregar esse método. Evidentemente, a ocorrência da primeira hipótese não constitui justificação para a segunda, pois, conforme vimos, o enfoque sistêmico comporta acomodação de toda sorte de limitações, muito embora a qualidade das soluções sofra um decréscimo proporcional às restrições impostas.

É possível que, em face da fragmentação governamental e organizacional, sejamos vítimas da tendência a não ver o óbvio. Não é incomum a prática da coordenação pelos administradores. As organizações costumam estar bem

dotadas de comissões de variados matizes de formalismo e continuidade, com funções essencialmente coordenadoras. Esse sistema vigora não somente nas organizações privadas, mas também na administração pública, embora em menor escala. Por exemplo, há um crescente número de órgãos governamentais que surgiram para atender às exigências dos programas de auxílio financeiro federal às entidades políticas locais. As funções dessas organizações são principalmente de planejamento, coordenação e análise. Criam-se comissões, responsabilidades individuais de ligação e outros meios de coordenação e cooperação, porque alguém percebeu a necessidade de tudo isso. E nem se pode dizer que essa percepção seja monopólio dos dirigentes superiores, porque a cognição, na organização, tem lugar em diversos pontos de contato interno e externo. É fundamental, porém, que haja reconhecimento e consciência do fato. É preciso um estado de espírito e um modo de encarar os problemas que permitam ao indivíduo ultrapassar as fronteiras de sua organização. Considerando sistemicamente os programas, problemas, etc., haveremos de diminuir o número de problemas inerentes às soluções e aumentar o reconhecimento de critérios que exigem conceitos globalistas, e que para se tornarem práticos podem exigir negociação, comunicação e ajustes de cooperação com outros órgãos e jurisdições governamentais.

Assim, pois, nossa estratégia com relação à utilização do enfoque sistêmico é aplicá-lo na prática. Isto não significa que se deve ignorar a viabilidade de soluções políticas. Pelo contrário, conforme temos sustentado, os sistemas sob análise ou em elaboração e a escolha de decisões alternativas podem ser enquadrados no sistema geral, obedecendo a um conjunto de restrições; as soluções, alternativas, etc., podem ser classificadas segundo hierarquias de valor, tendo em vista a aceitabilidade política, a facilidade de execução, etc. Todavia, torna-se obviamente inaceitável um processo que ignore os objetos do sistema em virtude de restrições puramente artificiais, tais como: "Apenas verificaremos as condições de drenagem, a administração da cidade cuidará dos requisitos do subsolo." A prática da coordenação não é coisa nova, e, por isto, são viáveis as análises e soluções que exigem cooperação interorganizacional, ainda que não se alterem as subdivisões políticas e estruturais.

SUMMARY

From GST and the characteristics of systems in general the **theory of systems** was described. This theory has the following aspects and attributes:

1. System definition

objects, relationships, objective

2. System parameters

input, process, output
feedback control
flows

3. System attributes or characteristics

holism
homeostasis
entropy
boundry
open vs. closed systems
systems under restriction

4. System levels

suprasystem, subsystem.

The theory of systems in origin is not a derivative of GST; the latter is devoted to theory building, and therefore it facilitates explanation. The theory of systems then yields a framework for what we have called the **systems approach**. The systems approach uses systems parameters in a variety of planning, analysis and design situations, especially when combined with various tools of logic and mathematics. It also provides a powerful explanatory framework for the exposition of many kinds of ideas, not necessarily associated with problem solving.

Three analytic approaches of the systems family were contrasted: operations research, systems analysis, systems engineering. We found differences among them to be small and peripheral in so far as process is concerned. Similarities, on the other hand, are great. All are based on the scientific method and are problem solving oriented. All use shared analytical tools, including the principle of modeling. In short, we see the unity of the system approach to be the common orienting framework and shared methodology. Finally, the effects of uncoordinated problem solving on society were considered especially in the context of government (which we called problem-solutions). The tendency of the political system in the USA to thwart systemic and rational solutions to problems is acknowledged. The coping strategy suggested is based on the notion that it is possible to apply the systems approach, first by recognition of the broader context in analysis; that is, the interagency and interjurisdictional nature of problems viewed from a systems perspective; and by recognizing that many system solutions may be implemented through conscious coordinative and cooperative efforts where legislative change is infeasible or not desired. Obviously, this is not to convey that the formal legislative process should be subverted in any sense.

ESTANTE DE LÍNGUA PORTUGUÊSA

Com a publicação da Estante de Língua Portuguesa, sob a direção do Professor Rocha Lima, a Fundação Getúlio Vargas vem colaborar no aprimoramento do magistério em nosso país: trata-se de um conjunto homogêneo de três séries de livros indispensáveis à boa formação de professores e estudantes universitários de letras.

A primeira série, em curso de publicação, — intitulada Universidade — consta de reimpressão e lançamento de estudos lingüísticos do porte destes:

1. FONÉTICA SINTÁTICA, de Souza da Silveira.
2. MEIOS DE EXPRESSÃO E ALTERAÇÕES SEMÂNTICAS, de Said Ali.
3. TEXTOS QUINHENTISTAS, de Souza da Silveira (a sair).
4. O FATOR PSICOLÓGICO NA EVOLUÇÃO SINTÁTICA, de Cândido Jucá (filho).
5. ENSAIOS DE LINGÜÍSTICA E FILOLOGIA, de Leodegário A. de Azevedo Filho.
6. A LÍNGUA DO BRASIL, Gladstone Chaves de Melo (a sair).