

TEORIA DE SISTEMAS

Renato Rocha Lieber¹

1. História

A história da teoria de sistemas remonta aos Sumérios na Mesopotâmia, anterior a 2500 aC., e vai até aos dias atuais nas diferentes propostas para elaboração e aperfeiçoamento de software. Em todo esse percurso de quase 5.000 anos é possível identificar-se o mesmo propósito perseguido, resumindo os objetivos da teoria de sistemas: *O esforço humano para prever o futuro.*

Para os Sumérios o primeiro passo para a previsão do futuro foi dominar o tempo, criando um calendário. Isto foi possível quando eles *destacaram uma regularidade* na apresentação dos astros. O futuro podia então ser previsto com exatidão porque havia uma relação entre as regularidades observadas nos astros e nas cheias dos rios. Com esse ponto de partida foi criada tanto a astrologia como os sistemas de numeração decimal e hexadecimal. Criou-se tanto os números com significados simbólicos como os dias sagrados (1,7,15,21,28) em que o trabalho era proibido (domingos). Os Sumérios criaram o ano de 12 meses, conforme as fases da lua, trazendo às coisas do mundo uma correspondência de *ordem*, lógica e previsível, ou seja, um *sistema*.²

A noção de sistema foi sempre usada intuitivamente. Mesmo o homem selvagem depende da noção de sistema quando cria referenciais de ordenamento para compor seus mitos ou para estabelecer a ocupação de seus espaços. O pensamento moderno e contemporâneo fez uso continuado desse conceito, como mostrou na medicina Claude Bernard (1813-1878), ao distinguir o “ambiente externo e interno” do corpo. Mas a formalização rigorosa de uma teoria de sistemas deu-se a partir dos anos 40, com a participação dos EUA na guerra mundial. Para viabilizar tamanho esforço de guerra em dois oceanos houve a necessidade de se formalizar previamente os procedimentos, ordenados conforme conceitos, funções, estruturas e processos. Para tanto, a “previsão do futuro” passou a advir, como não poderia deixar de ser, de um procedimento matemático. Mas ao contrário dos antigos, os procedimentos passaram a contar com o tratamento probabilístico. Nessa condição universal, um sistema, tal como uma equação matemática, poderia descrever tanto o funcionamento de uma fábrica, como da bolsa de valores ou de um organismo vivo. Esse esforço teve continuidade principalmente nos anos 60, com o surgimento da guerra fria, de forma que a partir dos anos 70 qualquer abordagem moderna se dizia “sistêmica”.

2. Conceito, definição e constituintes de sistemas

Sistema é, portanto, uma forma lógica de apreensão da realidade. Ao se formular sistemas, não se busca um “reflexo” do mundo real, mas sim a descrição ou destaque daqueles “traços” da realidade, cujo conjunto permite a percepção de uma condição de ordem e a proposição de uma forma operativa voltada para um dado objetivo.

¹ Prof. Dr. do Departamento de Produção da Faculdade de Engenharia da UNESP- Guaratinguetá SP (lieber@feg.unesp.br)

² MELLA, FAA Dos sumérios a babel. São Paulo, ed. Hemus, s/d. p.112-29.

Nestes termos, pode-se definir sistema como uma "*coleção de entidades*"³ ou coisas, relacionadas ou conectadas de tal modo que "formam uma unidade ou um todo"⁴, ou que "propiciem a consecução de algum fim lógico a partir dessas interações conjuntas".⁵ Cada componente se relaciona pelo menos com alguns outros, direta ou indiretamente, de modo mais ou menos estável, dentro de um determinado período de tempo, formando uma *rede causal*.⁶ As *entidades* podem ser tanto pessoas, máquinas, objetos, informações ou mesmo outro sistema, no caso, *subsistema*. Essas mesmas podem ser *inerentes* (internas) ao sistema ou *transientes* (em movimento) a ele. O sistema estabelece uma fronteira (fig. 1) e tudo que é externo a ele é chamado de *meio ambiente* do sistema.⁷

O quadro 1 lista os principais constituintes de um sistema. Esses constituintes estão representados na fig. 1, na forma de um modelo de sistema. As entidades, ou subsistemas, ligam-se para formar uma estrutura. Essas ligações estabelecem interfaces, cujo padrão de conexão pode ser mais ou menos rígido, dependendo da natureza do acoplamento. Sistemas em que as entidades ou subsistemas estejam fortemente acoplados compartilham um espaço comum de acoplamento (fig 2) e são muito frágeis, ao contrário dos sistemas fracamente acoplados, que se mantêm mesmo que uma parte da estrutura seja destruída.⁸ Sistemas se organizam de forma hierárquica, sem implicar em escala de importância.⁹ A fig. 3 mostra um exemplo de hierarquia de sistemas na organização do trabalho. Graças ao conceito de hierarquia é possível *destacar* da realidade complexa vários conjuntos de *relações estruturais*.

3. Classificação de sistemas

Além da condição decorrente da forma de acoplamento, os sistemas classificam-se também conforme gêneros. Pode-se pressupor duas condições extremas, os sistemas naturais (relativos à natureza) e os sistemas sintéticos (relativos ao homem).¹⁰ Para os primeiros poder-se-ia perguntar se a natureza realmente constitui um sistema. Enquanto que para os segundos a dúvida é se existe realmente um sistema absolutamente sintético, já que o homem é natural e faz uso da natureza. A resposta a essas questões deve levar em conta que a teoria de sistemas não compreende objetivo mimético na representação, como já colocado. Assume-se que o tratamento é arbitrário, como por exemplo, *interpretar* a natureza como um sistema. Pode-se presumir sistemas sintéticos absolutos quando se considera a geometria, as equações matemáticas ou um software. Os sistemas sintéticos são plenos de finalidade, ao contrário dos sistemas naturais, pois, a rigor, "*no real na falta nada*".¹¹ A natureza é o que é. Mas quando o homem interage com a natureza, ele impõe à esta uma finalidade antes

³ METHERBE, J.C. Conceito de Sistemas. In _____. *Análise de sistemas*, Rio de Janeiro, Ed. Campus, 1986. p.31-43.
LAW AM, KELTON WD Basic simulation modeling. In: _____. *Simulation modeling and analysis*. 2ed, New York, McGraw-Hill, 1991.

⁴ METHERBE op.cit.

⁵ LAW & KELTON op.cit.

⁶ BUCKLEY, W. (1967) *A sociologia e a moderna teoria dos sistemas*. (trad. OM. Cajado) 2ed, São Paulo, Cultrix, 1976. p 68-9.

⁷ METHERBE op.cit.

⁸ YORDON E & CONSTANTINE LL. (1979) *Projeto estruturado de sistemas*. São Paulo, Ed. Campus, 1990.

⁹ Ver MESAROVIC, MD & MACKO D. Fundamentos de una teoria científica de los sistemas jerarquicos.

¹⁰ Ver SIMON, H *Las ciencias de lo artificial*. Barcelona, ed. ATE, 1973.

¹¹ Conf. ZIZEK, S. (1989) O espectro da ideologia. In: Zizek, S. *Um mapa da ideologia*. (trad. V. Ribeiro) Rio de Janeiro, Ed. Contraponto, 1996. Pp7-38

não presente. Coerente com uma condição de um “*ser de necessidades*”, “faltas” ou “excessos” vão sendo estabelecidos por ele em pertinência ao um fim presumido. Mas como o homem também é um “*ser de ação*”, ele se vê coagido a lidar com a natureza nessa pertinência, ou seja, *o homem trabalha*.

Os sistemas, em relação à sua interação com o meio ambiente, têm sido classificados como *fechados* ou *abertos*, embora na realidade nenhum deles se apresente sob essas formas extremas. A viabilização do sistema em cada condição distinta de fronteira decorre das possibilidades dadas pelo *processo*. No sistemas fechados (ou estáveis, ou mecânicos) há pouca ou quase nenhuma interação com o meio, ao contrário dos sistemas abertos (ou adaptativos, ou orgânicos). Os sistemas compreendidos como "mecânicos" buscam minimizar a organização (*equilíbrio*), enquanto que os sistemas "orgânicos" buscam a preservação de uma estrutura geneticamente dada dentro de certos limites (*homeostase*).¹² O sistema *cibernético* é um tipo particular de sistema aberto. Sua principal característica é a *complexidade* e a *morfogênese* (recriação de estruturas). Ou seja, ao contrário dos demais, os sistemas cibernéticos têm características adaptativas, onde a criação, a elaboração e a modificação das estruturas são tidas como pré-requisito para permanecerem viáveis como sistemas operantes.¹³ Estas e outras características estão resumidas no quadro 2 e são melhor detalhadas no anexo 1.

4. Propriedades dos sistemas

A perspectiva geral de sistemas pressupõe não o mero raciocínio por analogia, mas o discernimento de semelhanças fundamentais de estrutura.¹⁴ Assim, é prática comum que uma análise de sistema busque identificar os componentes básicos, mais ou menos comuns a todos os sistemas. Além das *entidades* e do *meio ambiente*, já mencionados, os sistemas dispõe de uma *organização* própria, compreendendo *relações* em uma *estrutura*, além de um *processo* subjacente a esta, propriedades que têm sido falsamente confundidas com sistema em si.¹⁵ O sistema admite uma representação, o *modelo*, reunindo essas propriedades identificadas, cujo contorno estabelece (por exclusão) o meio ambiente e as *entradas/saídas*. O *modelo* refere-se sempre a um *estado*, ou condição assumida pelo sistema em dado instante, fruto de um *controle*. A figura 1 exemplifica a representação geral desses conceitos.

O arranjo sistêmico define algumas características aos seus constituintes e estes estabelecem propriedades particulares ao conjunto de relações (o sistema), conforme apresentado esquematicamente no quadro 3 e detalhadas a seguir.

4.1 Fronteira e condição do arquétipo

A formalização de uma *fronteira*, destacando um meio interno (ordenado) de um meio externo (caótico) é sempre uma imposição sujeita às contingências pois o critério de inclusão ou exclusão sujeita-se às possibilidades de controle. Para CHURCHMAN, 1971 “*ambiente é tudo aquilo que importa mas que*

¹² BUCKLEY op.cit.p. 20.

¹³ ibid.

¹⁴ A interpretação por sistema cibernético admite haver um paralelismo entre o comportamento humano e as máquinas de comunicação no arranjo de estruturas, mas isso não implica que sejam iguais.

¹⁵ BUCKLEY op.cit.p.21.

não se tem controle”¹⁶. Sendo a fronteira algo conjuntural, resulta que, salvo os sistemas sintéticos, um sistema não tem condições de ser representado, pois quando a representação fica concluída ele já não é mais. Consequentemente, só é possível nesses casos a representação de *estados* do sistema. Como os sistemas encontram-se sempre em algum nível de transição, a sua representação refere-se ao *processo* que o analista percebe estar envolvido no sistema, capaz de descrevê-lo. O quadro 2 destaca as propriedades dos sistemas concebidas sob 3 arquétipos distintos de processo.

A escolha do arquétipo para representar o sistema é feita em função de diferentes propósitos. O arquétipo *mecânico* ou fechado implica em formulações matemáticas relativamente simples, mas tem o pior prognóstico a longo prazo e não explica o mundo vivo. O arquétipo *orgânico* ou semi-fechado explica melhor as relações do mundo vivo mas tem uma formalização matemática mais elaborada. O arquétipo *sócio-cultural* ou semi-aberto é o que melhor poderia descrever a interação humana mas não encontra solução de representação formal na lógica clássica. Embora proposto nos anos 70 numa obra relevante até os dias de hoje,¹⁷ a formalização de sistemas semi-abertos exigia a revisão de pressupostos metateóricos, até então não apresentada. A partir de década de 80 tomou corpo aquilo que veio a ser conhecido como concepção *complexa*, trazendo como resposta novas abordagens formais, tais como teoria do *caos*, *fractais*, e *conjuntos difusos (fuzzy)*. Estas, entretanto, continuam muito limitadas para aproximar a “condição complexa” do mundo empírico, devido principalmente à necessidade de se assumir outros princípios lógicos.¹⁸

4.2 Organização

Todas as coisas apresentam certo grau de sistematização. O que vai distinguir a formação de um sistema, ou não, é a organização. Portanto, um sistema não é apenas uma coleção de entidades. Graças à organização, aquele agregado assume propriedades que não podem ser encontradas nas entidades isoladas, ou mesmo na mera reunião destas. Num sistema sociocultural, por exemplo, um indivíduo dentro de uma sociedade não pode ser compreendido como um ente solitário em sua biologia. O indivíduo que age - a pessoa psicológica - é uma organização que se desenvolve mantendo continuamente intercâmbio simbólico com os demais pessoas.¹⁹

4.3 Relações

As entidades num sistema estabelecem relações entre si. Estas podem ser mútuas ou unidirecionais, lineares ou não, contínuas ou intermitentes, e variar em graus de eficácia e prioridade causal.²⁰ Sistemas complexos, em particular, admitem funções escalares (*step functions*), precipitantes, além de mecanismos amortecedores e interações complexas de retroalimentação nas relações.²¹ A *informação* é uma tí-

¹⁶ CHURCHMAN, CN Introdução à teoria de sistemas. Rio de Janeiro, Ed. Vozes, 1971.

¹⁷ BUCKLEY, op.cit.

¹⁸ Uma alternativa promissora é a *lógica paraconsistente*. que vem sendo estudada entre nós por Da Costa.

¹⁹ BUCKLEY, p.70-2.

²⁰ ibid. p.68.

²¹ ibid. p.21.

pica relação entre conjunto de variáveis²², de forma que a natureza da relação poder ser tanto *energia*, predominante em sistemas mecânicos, como *informação*, predominante nos sistemas cibernéticos, ou ainda uma combinação de ambas, como nos sistemas orgânicos.

As relações tem sido objeto de teorias interpretativas, definindo algumas perspectivas teóricas. É possível ainda diferentes compreensões dos processos subjacentes na mesma perspectiva, de acordo com os diferentes referenciais metateóricos assumidos. Por exemplo, em ciências sociais são mais conhecidas a *teoria da troca* e a *teoria dos jogos* para explicar a condição dinâmica de um sistema. Admite-se, na primeira, que as relações sociais não decorrem de um consenso automático ou transcendental, como se todos os atores estivessem em convergência num determinismo normativo. Mas ao pressupor que os indivíduos são seres pensantes, com capacidade de escolha e de transformação das próprias estruturas normativas, a *teoria da troca* não exclui divergências em como aplicá-la. Essa teoria admite concepções sob modelos tanto estruturais como processuais, de consenso ou de conflito, de persistência ou de mudança, por um estrutura de categorização ou de dedução.²³ A *teoria dos jogos*, por sua vez, também tem sido usada, muito embora seus princípios de "soma nula", de exclusão da convergência de interesses e da preferência por resultados conforme uma dada escala de valor acabem por atribuir uma natureza por demais estática ao sistema.²⁴

4.4 Estrutura, processo e informação

A disposição das *relações* estabelecendo uma *estrutura* não implica em revelação do *processo* pelo qual a elas se chega. Há processos decorrentes da natureza das entidades, dos fins do sistema e da forma de intercâmbio com o meio. Particularmente nos sistemas cibernéticos, onde as estruturas estão em plena transformação, referindo-se a um dado *estado*, o conhecimento do processo pode ser mais relevante que o da estrutura. Nesses casos, é comum que a estrutura se torne tão fluida que acabe se confundindo com o processo (de comunicação). As entidades estão frouxamente estruturadas, mas também permeadas por "*informação*", capaz de deflagrar a liberação de grandes aportes de energia no subsistemas ou entidades conectadas. Esse é o caso, por exemplo, em que um trabalhador (subsistema) percebe um perigo (pela informação) de uma máquina (subsistema) e reage de forma inesperada ou imprevista (libera energia). A informação, portanto, não é uma entidade, mas uma *relação*.²⁵

Cada condição de processo, ou arquétipo, decorre de um entendimento guiado por pressupostos. Isto porque, como a realidade *pode ser entendida* como um sistema, sem o ser necessariamente, a atribuição deste ou daquele processo deriva de diferentes interpretações. A interpretação, obviamente, não decorre apenas daquilo que se apresenta, mas também daquilo que se busca, ou seja, daquilo que se pressupõe

²² *ibid.* p.77.

²³ *ibid.* p.158. A "*teoria da troca*" inova as explicações em ciências sociais até então calcadas no determinismo normativo. A teoria da troca pressupõe que os sujeitos são indivíduos pensantes que tomam decisões capazes de influenciar não só o seu comportamento como os dos outros. E ainda, que tal comportamento, embora possa ser condicionado, também envolve expectativas, implicando em determinações.

²⁴ BUCKLEY *op.cit.*p. 179-180.

²⁵ *ibid.* 77.

que a realidade deva ter. (veja anexo 1 para mais detalhes descritivos das diferentes possibilidades de processo).

4.5 Controle

A condição de ordem impõe ao sistema algum gênero de controle e, tradicionalmente, a teoria dos sistemas pressupõe que todo sistema viabiliza-se a partir de alguma interação controlada com o meio, caso contrário, ele fenece. O *controle* preserva o sistema por um processo retroalimentador (*feedback*). Seu propósito é garantir a "adaptação inteligente" do sistema às mudanças externas e internas que ocorrem. O controle depende do confronto da *condição real* com a *condição desejada* e dos meios necessários à percepção dessas condições e à atuação corretora.²⁶

A condição estrutural do controle, como uma entidade à parte ou não, depende do modelo assumido. A condição de controle concebido como algo externo, como representado na fig. 1, é menos freqüente, pois a maior parte dos controles observados são *auto-controles*, presentes nas próprias entidades. O processo de *retroalimentação* ou *realimentação* pode ser tanto compreendido como um subsistema comparativo, como inerente ao próprio processo das relações. No que diz respeito ao controle, os sistemas adaptativos complexos, como é o sociocultural, caracterizam-se pela *intencionalidade*, corporizada nesse processo de retroalimentação. Nesses termos, o conceito de retroalimentação redefine a *causa teleológica* ou "final" em "*causas eficientes*", pois aquilo que traduz as metas, os acontecimentos futuros, fica explicado em termos de causas "eficientes" que operam no espaço e tempo presente. Isso deixa claro que a retroalimentação não é uma mera interação recíproca, mas é um instrumento de operacionalização de *variáveis de critério*. Num sistema mecânico, as contingências devem estar todas previamente antecipadas (o lubrificante antecipa o atrito que a máquina lubrificada ainda não apresenta), mas num sistema cibernético, as novas condições do ambiente ou das entidades prestam-se como informações para serem usadas contra elas mesmas, em conformidade com essas variáveis de critério. Ou seja, enquanto o equilíbrio restringe o sistema mecânico às condições constantes, a retroalimentação inclui as mudanças, ou diferentes estados, como um aspecto inerente e necessário aos sistemas complexos, capacitando-os à morfogênese.²⁷

4.6 Interface

A comunicação entre um sistema e outro ou entre subsistemas pressupõe uma *interface*. Para que haja conexão, a interface deve ser uma *interface operacional*, pressupondo um *padrão* de conexão, (quadro 1). Assume-se que, quanto mais rígido for o padrão, mais conveniente será a interface. Como a rigidez absoluta é muito difícil, as interfaces submetem-se a "técnicas de adaptação", como "*tradução*" e "*recursos de folga*".²⁸

²⁶ METHERBE op.cit.

²⁷BUCKLEY, op.cit.p 83-91.

²⁸ METHERBE op.cit.. Exemplo típico de "recurso de folga" são os *estoques intermediários* (tidos como onerosos) que os sistemas produtivos são obrigados a manter para evitar a descontinuidade da produção. As propostas mais recentes de técnicas de gerência como "*just in time*" (JIT) buscam reduzir essa "adaptação" graças à maior rigidez dos padrões.

Por outro lado, a flexibilidade da interface pode ser compreendida como necessária quando se tem em mente que a *contingência* é a natureza de todo sistema aberto e de toda organização. Nas palavras de Wiener:²⁹

"...não se pode obter idéia significativa de organização num mundo em que tudo é necessário e nada é contingente."

Wiener, 1956

Para o próprio Wiener, um dos percursores da concepção sistêmica aplicada a modelos cibernéticos, mesmo as interdependências internas não são completas, havendo um certo grau de variação entre uma e outra, ou seja, um certo nível maior ou menor de *coerção*. Coerção e contingência operam-se inversamente, tanto no sistema como nos subsistemas ou entidades. Pois, para que um sistema complexo possa controlar ou adaptar-se ao meio, ele precisa ter pelo menos tanta *variedade* quanto a existente no meio controlado. Entendendo-se variedade como "entropia" ou "liberdade" de escolha de alternativas.³⁰

4.7 Modelo e estado

O sistema admite um *estado*, definido como uma coleção de variáveis que descrevem o sistema em dado instante do tempo. Nesse sentido, os sistemas podem ser classificados como *discretos* ou *contínuos*, dependendo do comportamento dessas variáveis no curso do tempo considerado.³¹ Para verificação desse *estado* presta-se o uso de um *modelo*. O *modelo* permite alguma compreensão do comportamento do sistema. Basicamente, o modelo consiste de *entradas e saídas* e do sistema ou subsistemas que o compõe, além das entidades e das suas respectivas inter-relações, figura 1.³²

O *modelo* não se confunde com a realidade. O modelo é o resultado de pressupostos ou do conjunto de conjecturas assumidas para se compreender o funcionamento do sistema. Cabe ao modelo, portanto, não a representação do que ocorre de fato, mas sim prestar-se ao fim de fornecer alguma compreensão do comportamento pesquisado.³³ Daí se deduz que há sempre simplificações, omissões e escolhas que o analista faz em conformidade com os seus propósitos. Quando estes são analíticos, há ainda outras considerações como as possibilidades computacionais.³⁴ Em qualquer circunstância, entretanto, o modelo deve corresponder ao sistema concebido, cabendo ao analista perceber como o sistema em estudo aproxima-se ou afasta-se de algum arquétipo (mecânico, orgânico, cibernético), conforme quadro 2.

5. Conceito de abordagem sistêmica

²⁹ conf. BUCKLEY, op.cit.p.124.

³⁰ BUCKLEY, op.cit.p.125 e 133.

³¹ LAW & KELTON op.cit.

³² METHERBE op.cit.

³³ LAW & KELTON op.cit.

³⁴ Tratando-se de modelos simples, o método usado é analítico (cálculo algébrico ou de probabilidades). Em modelos complexos, o comportamento é avaliado por meio numérico, atribuindo-se diferentes valores às variáveis, conf. LAW & KELTON op.cit.

A abordagem sistêmica de um problema é mais que o simples uso de uma técnica, embora não possa dispensá-la. Uma boa definição foi formulada por K. Boulding nos anos 50:³⁵

"A abordagem sistêmica é a maneira como pensar sobre o trabalho de gerenciar. Ela fornece uma estrutura para visualizar fatores ambientais internos e externos como um todo integrado. (...) Os conceitos sistêmicos criam uma maneira de pensar a qual, de um lado, ajuda o gerente a reconhecer a natureza de problemas complexos e, por isso, ajuda a operar dentro do meio ambiente percebido.(...) Mas é importante reconhecer que os sistemas empresariais são uma parte de sistemas maiores (...) (e) estão num constante estado de mudança - eles são criados, operados, revisados e, freqüentemente, eliminados."

Boulding, 1956.

Fica claro que abordagem sistêmica é antes de mais nada, "*uma maneira de pensar*", assumindo com isso as suas implicações. Sua pretensão é compreender o mundo empírico sob uma "estrutura teórica sistêmica", agindo em conformidade com esses pressupostos e com essa compreensão particular. Consequentemente, relacionam-se mutuamente a filosofia de sistemas (a forma de pensar), a análise de sistemas (o método ou técnica de análise) e a *gerência de sistemas* (o estilo de ação). Como ponto de partida, a abordagem sistêmica pode tentar isolar os sistemas, subsistemas ou entidades para melhor estudá-las (*reducionismo*). Mas o analista de sistemas deve estar sempre ciente que as *interações* podem ser tão ou mais importantes que esses elementos. Ou seja, sob essa abordagem, um sistema não é apenas a soma de suas partes.³⁶

Tratando-se de condições complexas, cuja complexidade deve ser preservada, compete ao analista, a partir da definição de objetivos e critérios do sistema, estabelecer claramente:

- O que vai ser incluído ou excluído na análise (processo de inclusão);
- Como vai ser estruturado os atributos (processo de estruturação).

O processo de inclusão e estruturação são concomitantes. Para este último, o analista busca as relações-chave entre as entidades escolhidas, prestando-se o uso de técnicas específicas como teoria das filas, programação matemática e teoria dos jogos. Mas para o processo de inclusão só interfere a *criatividade*, capaz de ultrapassar o óbvio na busca de entidades significativas ao sistema. Tem sido denunciado que, em geral, tem havido muito esforço no processo de estruturação, em detrimento do processo de inclusão. Além disso, constitui desafio a todo analista caracterizar a dimensão do tempo, se os sistemas são compreendidos como dinâmicos.³⁷

6. Leituras recomendadas

BUCKLEY BUCKLEY, W. (1967) A sociologia e a moderna teoria dos sistemas. (trad. OM. Cajado) 2ed, São Paulo, Cultrix, 1976.

Livro clássico de teoria de sistemas aplicada.

CHURCHMAN, (1971). CHURCHMAN, CN Introdução à teoria de sistemas. Rio de Janeiro, Ed. Vozes, 1971.

Bom texto introdutório para abordagem sistêmica de problemas.

³⁵ METHERBE op.cit.

³⁶ ibid.

³⁷ ibid.

SLACK, N. e col. Administração da produção. São Paulo, ed. Atlas, 1999

Proposição de solução de problemas práticos aplicando teoria de sistemas. Há uma versão resumida da mesma obra.

ALLAN JA Os perigos da água virtual. O correio da Unesco, 27(4):29-36, 1999.

Artigo analisando como o oriente médio “importa “ água através da importação de alimentos.

USP (Universidade de São Paulo), Instituto de Estudos Avançados (IEA), Dossiê Nordeste seco. Estudos Avançados, 13(36), 1999.

Além das análises do problema, há uma seleção bibliográfica organizada pelo prof. Ab’Saber.

FENSTAD, JE O comportamento da natureza é previsível ? O correio da Unesco, 26(7):23-28, 1998

Considerações tomadas a partir da teoria de sistema para análise de intervenções ambientais.

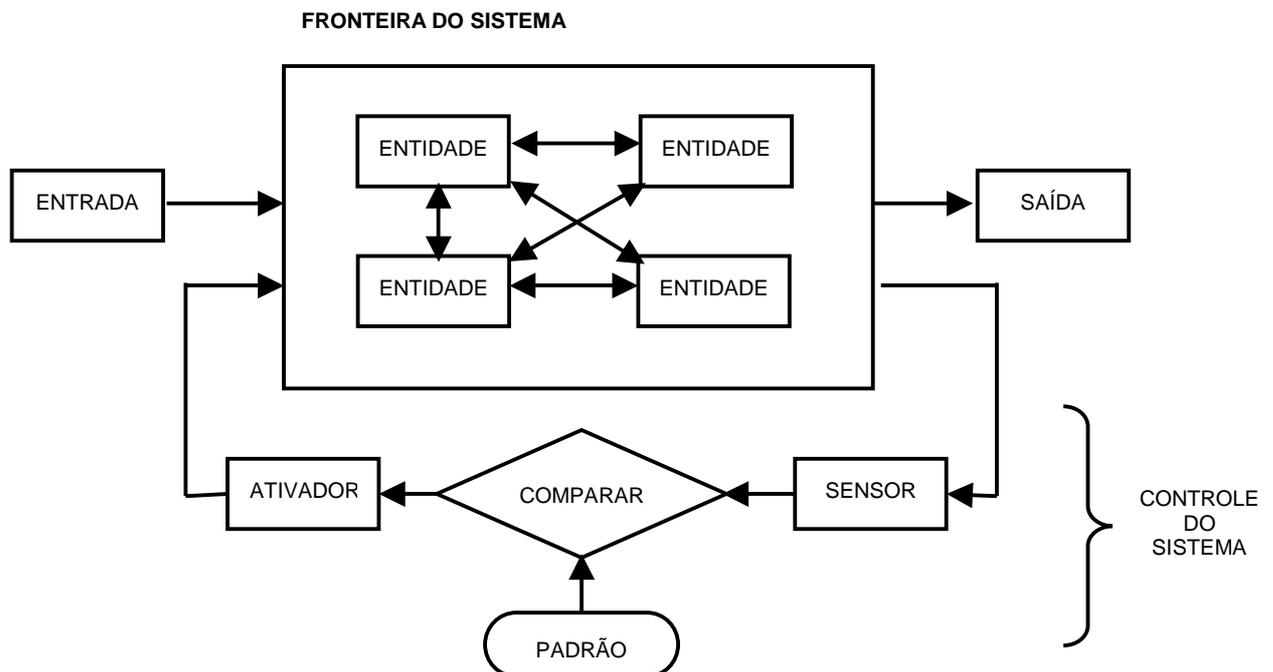


Figura 1
Modelo geral de sistema.

Quadro 1

Sistemas: Principais componentes ou constituintes

- Entidades
- Relações
- Fronteira → ambiente
- Entrada
- Saída

- Interveniências

- Controle {
 - Sensor
 - Ativador
 - Padrão

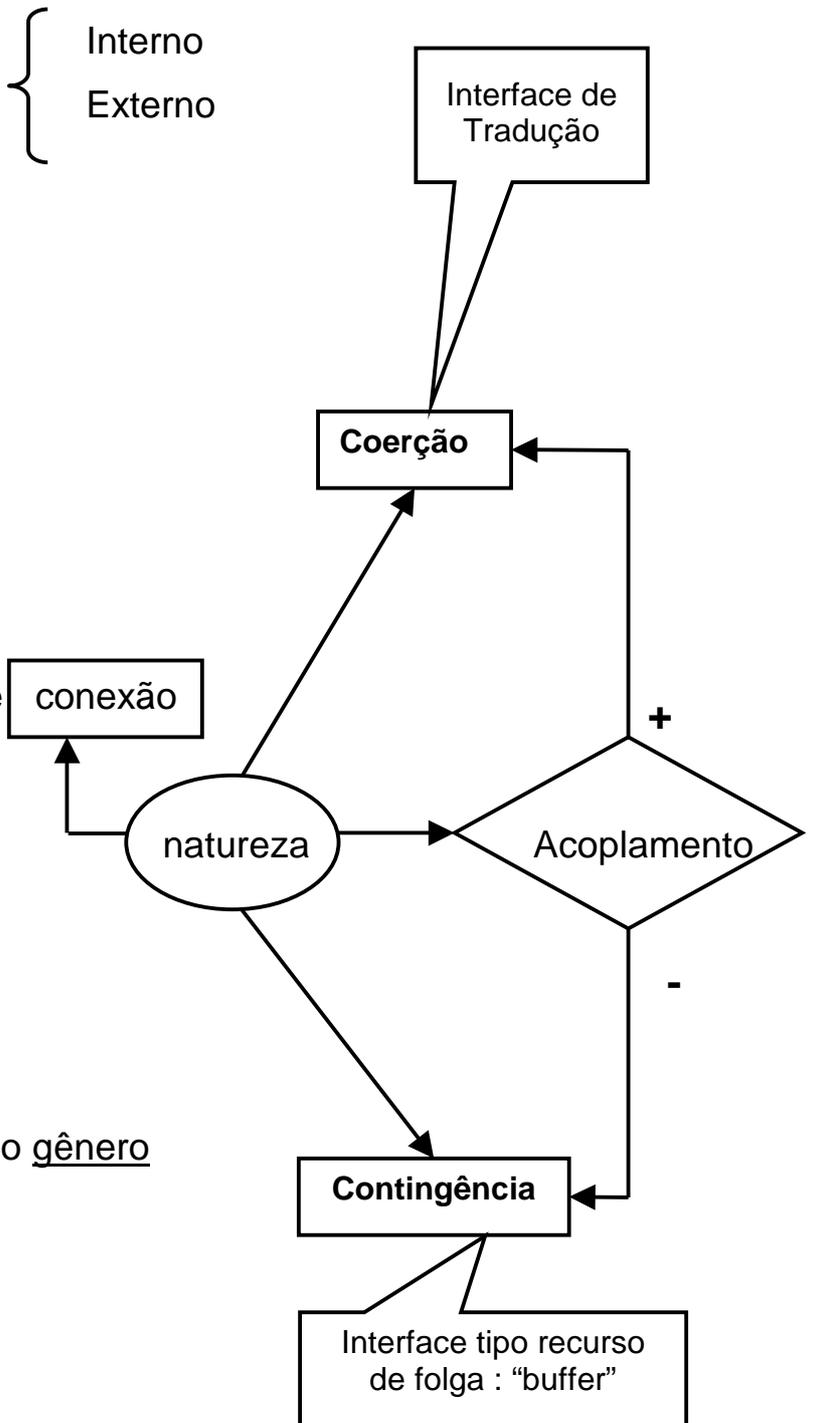
- Interfaces → padrão de

conexão

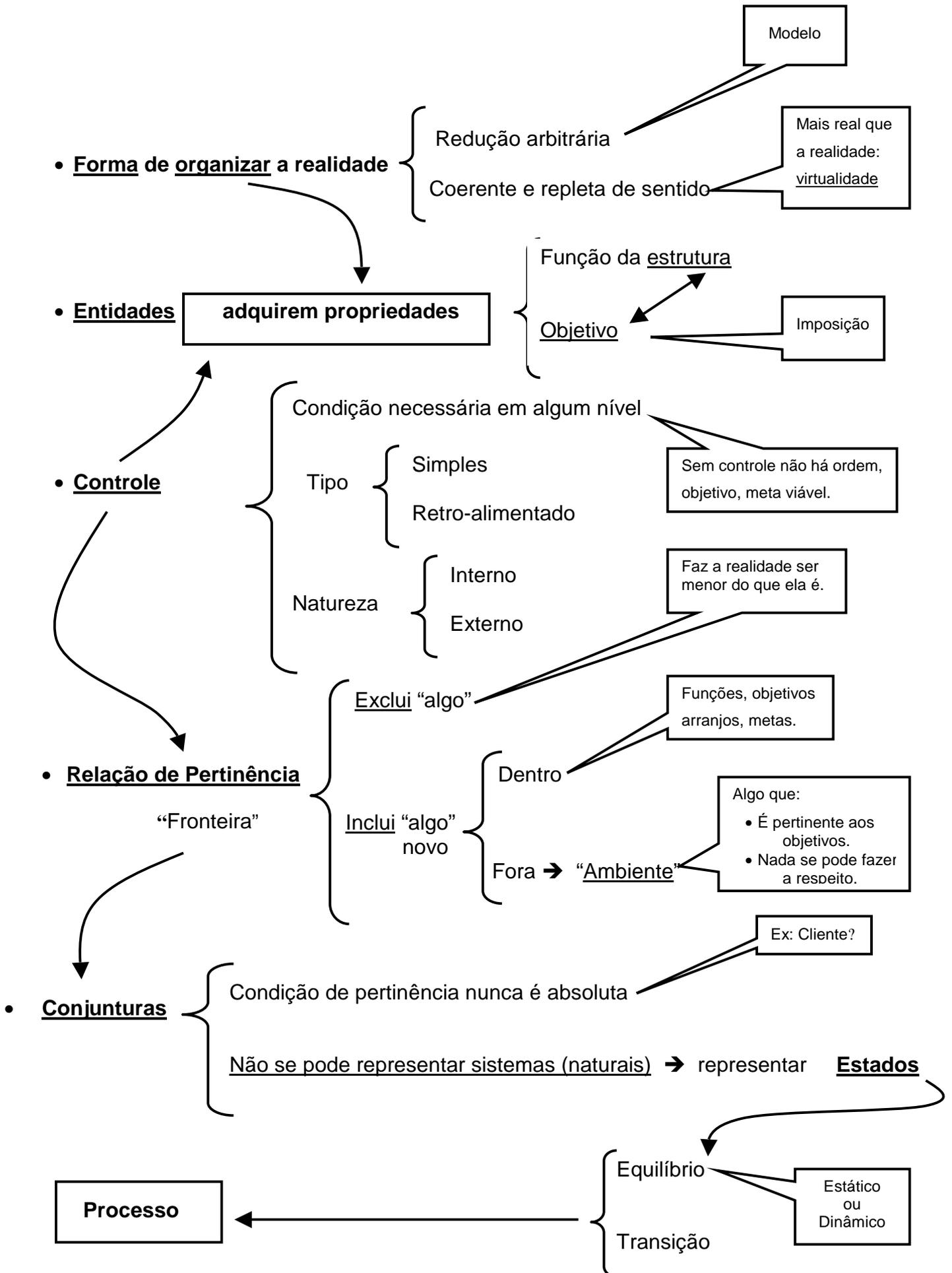
- Hierarquia

- Função/Objetivo → conforme o gênero (?)

- Representação → modelo



Quadro 3



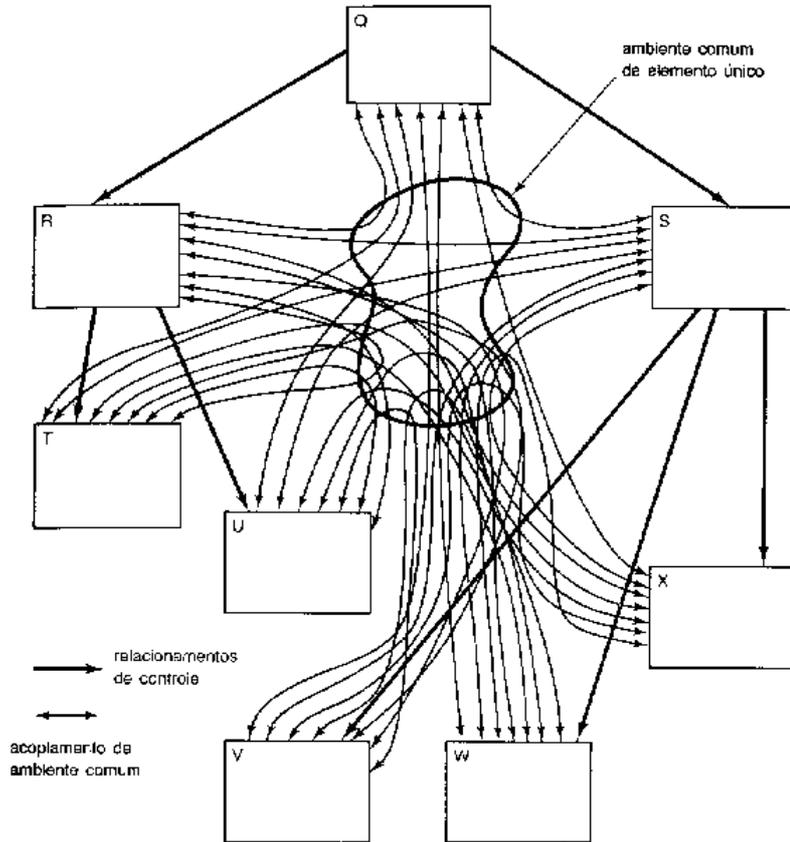
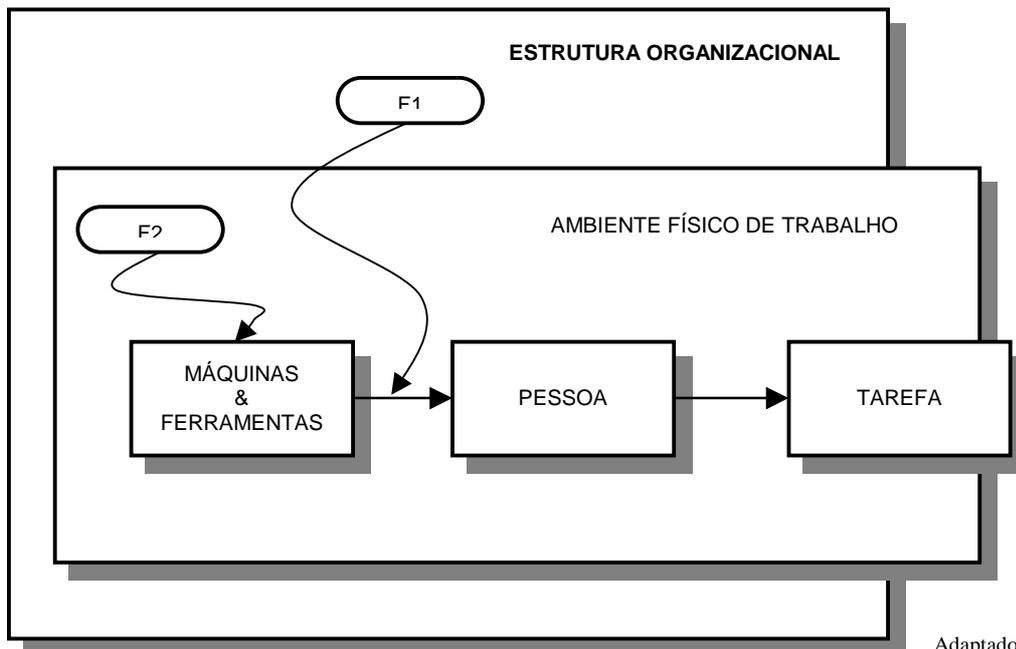


Figura 2

Efeito do acoplamento, produzindo o ambiente interno comum. Conf. Yordon & Constantine, 1979.



Adaptado de Smith & Beringer, 1987

Nota: O trabalhador, a máquina e a tarefa constituem subsistemas que interagem na consecução do trabalho. Tanto os subsistemas como as suas relações sofrem interferências dos macro-sistemas da organização e do ambiente através de fatores específicos (Fn).

Figura 3

Modelo de interação no trabalho destacando as hierarquias. Baseado na concepção original de Smith & Beringer, 1987.³⁸

³⁸ SMITH MJ, BERINGER, DB. Human factors in occupational injury evaluation and control. In: Salvendy, G. Handbook of human factors. NY, J. Wiley, 1987. p.767-89

Quadro 2
Tipos de sistemas (arquétipos) e suas características.

Características ^(a)	Tipos de sistema de acordo com o processo		
	Fechado	Semi-fechado	Semi-aberto ou cibernético ^b
Arquétipo ^(b)	Mecânico	Orgânico	Sociocultural
Natureza	Auto-contido	Auto-organizado	Adaptativo
Interação: - Com ambiente - Entre entidades	Rara Estáveis, previsíveis	Intensa, necessária, seletiva Mutáveis, menos previsíveis	Processamento, intencional. Instáveis, precipitantes.
Estruturação	Maior	Menor	Fluida Alterada ou recriada.
Operação	Estruturada, rotineira	Menos estruturada, pouco rotineira.	Morfogênica
Entrada/saída	Conhecidas	Conhecidas + desconhecidas	Conhecidas + desconhecidas
Viabilidade ^(b) Estado mais provável	Equilíbrio Busca de organização mínima.	Homeostase Variação sob estrutura genética-mente dada.	Transformação Instável, reelaborando as estruturas.
Realimentação ^(b)	Ausente	Presente	Complexa
Maior dependência ^(b)	Espaço, tempo, energia	Informação + energia	Informação
Destino	Decadência Aumento da entropia	Mudanças nas entidades/interações Redução da entropia	Mudanças nas estruturas. Reorganização

a) conf. Metherbe 1986

b) conf. Buckley 1967

Anexo 1

Processos de operação de sistemas

1. Processo de operação mecânico

A concepção de sistema sob o modelo mecânico data do século XVII. Seus princípios decorrem da sistematização dos conceitos de física como espaço, tempo, atração, inércia, força e poder. Com isso, os sistemas são concebidos sob "campos de força", "transformação de energia", "entropia social" e outras analogias. O propósito é representar elementos em mútua relação, buscando um "estado de equilíbrio". O pressuposto é que para toda ação cabe uma reação restauradora. As principais críticas ao modelo mecânico nas ciências sociais decorrem do uso do conceito de equilíbrio. Evidencia-se a escolha arbitrária das normas dadas, simbólicas de equilíbrio. O argumento da preexistência de normas desconsidera, por exemplo, a preexistência de formas alternativas e opostas, tão antigas quanto as assumidas como válidas. Para muitos, o estado de equilíbrio é temporário, efêmero, prestando-se no máximo como artifício heurístico.³⁹

2. Processo de operação orgânico

O modelo orgânico surge em era posterior, acompanhando as descobertas promovidas na ciências biológicas, principalmente de C. Bernard e Cannon. Spencer promove o *organicismo*, concebendo a sociedade em analogia ao corpo vivo. Além da mútua dependência das partes (como no modelo mecânico), o modelo orgânico pressupõe a cooperação com um fim único. A ênfase na ordem, cooperação e consenso (modo organicista de cooperação das partes) caracteriza o *funcionalismo*. A concepção do sistema é o de uma estrutura relativamente fixa com limites rigorosos para demarcação dos desvios. O equilíbrio decorre de processos continuamente ativos, buscando neutralizar as fontes endógenas ou exógenas capazes de alterar a estrutura (*homeostase*). O conceito de equilíbrio inova ao pressupor uma condição dinâmica, processual e mantenedora de sistemas biológicos, basicamente instáveis.

A crítica ao modelo biológico nas ciências sociais decorre da contradição do próprio referencial analógico. Quando se presume a cooperação e o consenso, busca-se referência na condição fisiológica do indivíduo, mas quando se busca justificativas para as desigualdades, a referência é a condição da espécie, ou filogenia (darwinismo social). Além da oposição teórica conflito-consenso no duplo modelo biológico, o funcionalismo, que lhe dá suporte, fala de fatos sociais "que têm" tais e tais "funções", como se fosse verdades auto-suficientes.⁴⁰

3. Processo de operação cibernético ou sócio-cultural

O modelo cibernético concebe o sistema como uma interação complexa, multifacetada e fluida em graus de intensidade nas associações. A estrutura é uma construção abstrata (representação temporária). Nas ciências sociais admite-se que os sistemas socioculturais são inerentemente elaboradores e modificadores de estrutura. Pela mudança contínua das estruturas, o sistema promove adaptações às condições tanto internas como

³⁹ BUCKLEY, op.cit.p. p24-28. Exemplos de uso desse modelos são as concepções de T. Parsons na sociologia, K. Lewin na psicologia e Pareto na economia.

⁴⁰ BUCKLEY, op.cit.p. p28-36.

externas. O equilíbrio social é em si mesmo uma expressão de acomodação temporária e, no curso do tempo, constata-se pela história o processo dialético da emergência de novas estruturas (Marx e Engels). Nesse modelo, constitui erro conceber uma estrutura estática e as mudanças como patológicas. Em consequência dessa orientação dinâmica (sem pressuposto de estabilidade ou de integração funcional), as maiores atenções estão voltadas ao processo e não às estruturas que decorrem deste, mesmo porque, as associações humanas altamente estruturadas não constituiriam regra. Pressupõe-se que a vida do grupo recebe do próprio processo interativo as suas principais características, as quais não podem ser adequadamente analisadas em função de atitudes fixas ou conceituadas por estruturas. O ser humano não é um ser indiferente, arrastado pelo sistema, e as normas não são quadros de referência absoluta.⁴¹

A crítica que pode ser feita nesse modelo de conflito é, evidentemente, a noção absoluta de *progresso*. Pode-se colocar em questão até que ponto há de fato mudança nas estruturas pela ação dos processos. Além disso, é questionável essa condição absoluta de dinamismo, em desprezo a todas as ações voltadas à manutenção das estruturas, ainda que (ou, principalmente porque) elas possam estar sendo mantidas justamente por aqueles que se encontram oprimidos por elas.

4. Processo de operação híbrido e o lugar da "aberração"

Entre esses modelos arquetípicos, há, evidentemente, várias propostas intermediárias. Em particular, para a administração interessa a forma como os cientistas sociais concebem a condição da alteridade, ou do indivíduo colocado em condição de um diferente, em função do seu estado no sistema. Essa é a situação do *desviante* ou do produto da *aberração*. Tanto no modelo mecânico como orgânico e em certo sentido, também no processual, a aberração faz parte da compreensão sistêmica à medida que ela mesma é excluída do próprio sistema.⁴² Mesmo em outros modelos, como *equilíbrio-função* de Parson, a aberração, colocada dentro do sistema, presta-se unicamente como objeto do *controle*, presumindo-se que o objetivo central do sistema é a *preservação da sua ordem*, ao invés da *preservação do próprio sistema*. Ou seja, confunde-se ordem com sistema. Essa proposta, evidentemente, desconsidera que a aberração é um conceito normativo, decorrente de uma escolha arbitrária do sistema de referência, ao incluir só as relações dominantes. As aberrações tornam-se residuais, sem status de parte integrante do sistema. A importância atribuída a um dado controle é unilateral e o fato de contribuir para a parte representada pela estrutura dominante não implica que o seja para o sistema como um todo. Com isso, o espaço de questionamento não se abre para a investigação dos mecanismos que mantêm tais estruturas de tensão ou aberração, limitando-se às considerações de mecanismos de defesa, ajustamento e controle da aberração, como se coubesse unicamente ao ator adaptar-se à estrutura dominante. Desconsidera-se o fato fundamental que as mudanças estruturais também se prestam à salvação do sistema.⁴³

⁴¹ BUCKLEY, op.cit.p. p37-44.

⁴² Se no modelo mecânico e orgânico a aberração constitui, respectivamente, o desequilíbrio e a disfunção, no modelo processual, em particular, o aberrante (ou, o "problema") é, pelo contrário, justamente aquilo que mantém regra. "Aberrante" é aquele que quer se manter como já está, aquele que recusa o conflito ou o processo transformador, ou seja, o "reacionário" ou "tradicionalista". Genericamente, portanto, concebe-se que o sistema só pode "operar" se a aberração for excluída, ou se estiver fora dele.

⁴³ BUCKLEY, op.cit.p. 45-55.

A integração plena do desvio ou da aberração no sistema constitui proposta no *modelo de equilíbrio de Homans*. Seu pressuposto básico é a natureza aberta dos sistemas sociais e a inadequação do modelo mecânico. Na sua compreensão, os sistemas concebidos sob modelo mecânico são incapazes de elaborar estruturas, não criam relações novas e mais complicadas, não revelam causas eficientes favoráveis à causas finais e não progredem sem ajuda de ninguém. Os sistemas sob o modelo mecânico são fechados e entrópicos, ao contrário dos sistemas sociais. Em alternativa, o autor propõe um modelo sem pontos fixos, onde não só a aberração, mas também a tensão e a pressão são partes integrantes do sistema. O pressuposto é que "*manter padrão é um milagre!*", que nada se sustenta automaticamente e que a resistência não é inércia. Além disso, nem todos os estados estão em equilíbrio e nem o sistema mesmo busca equilíbrio. O *sistema em si não tem problemas, quem tem problemas é o líder*, ou a estrutura dominante, diante das mudanças estruturais que o sistema assume. Logo, as estruturas presentes não surgem porque são necessárias ao sistema, como imperativos funcionais, mas sim porque *são produzidas* por forças dos elementos e de suas relações. O sistema não impõe o controle, ele é o próprio controle e este está implícito nas relações de mútua dependência, ao invés de separado delas. Havendo inteligência e idéias, há autoridade. Quando o sistema tenta traduzir *causas finais* em *causas eficientes*, envolvendo comunicação interna e realimentações, descobre "estados constantes" relativamente transitórios e que dão lugar a outros "estados constantes" de estrutura cada vez mais complexa. Tal condição o autor denomina de "*equilíbrio prático*".⁴⁴

⁴⁴ conf. BUCKLEY, op.cit.p. 55-62. Sua interpretação é que o modelo descrito constituiu um enorme avanço nas concepções americanas de teoria sociocultural, embora lamente que o autor venha a complementar a teoria com explicações calcadas em psicologismo reducionista. As expressões *causa eficiente* e *causa final* decorrem da compreensão de causalidade aristotélica e serão melhor estudadas em capítulo seguinte.

Anexo 2

Teoria de sistemas e a atividade profissional

Considere o esquema e as operações exemplificadas abaixo e faça um modelo do seu trabalho. Formalize também a função objetivo.

**Modelo de operação de entrada-processo-saída (acima) e exemplos de aplicação (abaixo)⁴⁵**

Operação	Recursos de entrada	Processo de transformação	Saída
Linha aérea	Aeronave Pilotos e equipe de bordo Equipe de terra Passageiros e cargas	Movimentação de passageiros e cargas ao redor do mundo	Passageiros e cargas transportados
Loja de departamentos	Bens à venda Vendedores Caixas registradoras Consumidores	Exibição de bens Orientação de vendedores Venda de bens	Bens ajustados às necessidades dos consumidores
Dentista	Cirurgiões dentistas Equipamento dentário Enfermeiras Pacientes	Exame e tratamento dentário Orientação preventiva	Pacientes com dentes e gengivas saudáveis
Zoológico	Funcionários Animais Ambientes simulados Visitantes	Exibição de animais Educação de visitantes Procriação de animais	Visitantes entretidos Visitantes informados Espécies não extintas
Gráfica	Gráficos e designers Impressoras Papel, tinta etc.	Design Impressão Encadernação	Materiais impressos
Porto de containers	Navios e cargas Funcionários Equip. para mover containers	Movimentação de cargas do navio para o cais e vice-versa	Navios carregados ou descarregados
Polícia	Policiais Sistema de computador Informações Público (cidadãos e criminos.)	Prevenção de crimes Solução de crimes Prisão de criminosos	Sociedade protegida Público com sentimento de segurança
Fabricante de alimentos congelados	Alimentos frescos Operadores Equipamento de processamento de alimentos Frigoríficos	Preparação de alimentos Congelamento	Alimento congelado
Contabilidade	Funcionários Informações Sistema de computador	Escrituração de contas Orientação contábil	Contas e demonstrativos publicados e certificados

⁴⁵ Conf. SLACK, N. e col. Administração da produção. São Paulo, ed. Atlas, 1999.

Anexo 3

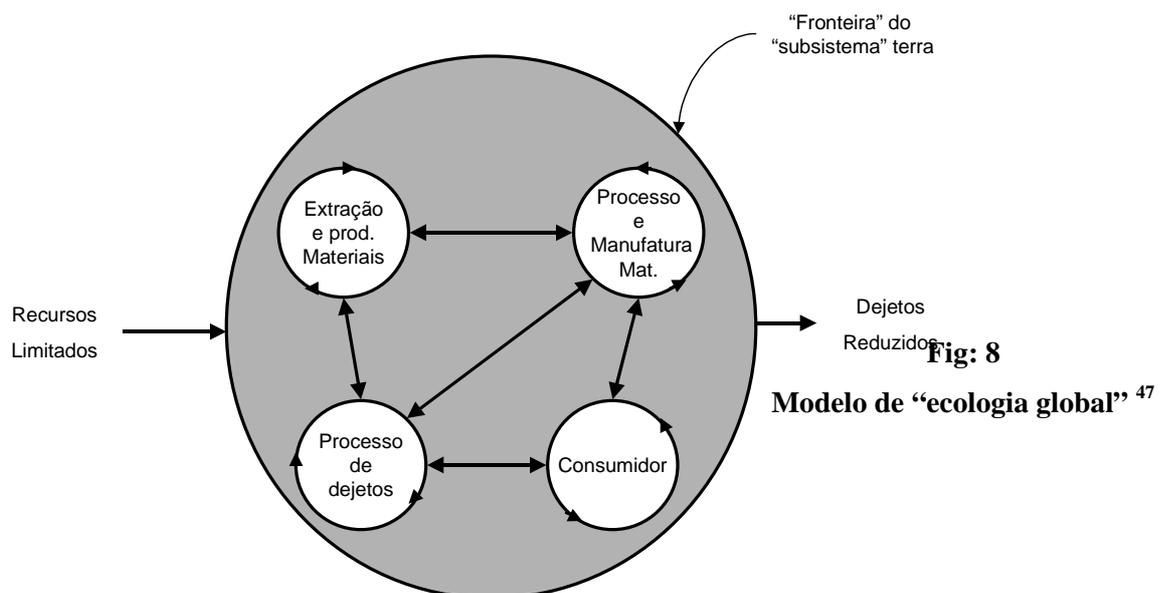
Teoria de sistemas aplicada à preservação ambiental: Paradoxo da sustentabilidade⁴⁶**Caso: Calcinação da gipsita no semi-árido para produção de gesso**

Transformações vigorosas nos ambientes do semi-árido vêm ocorrendo em parte pelo crescimento populacional, fazendo com que os meios e recursos sejam empregados em seus limites, e em parte pelas transformações sociais que agentes internos ou externos promovem.

Ponderar sobre problemas ambientais pressupõe essencialmente a reflexão sobre teoria de sistemas. Mas considerar o ambiente como um *problema* só foi possível a partir de uma abordagem muito particular nessa teoria. Isto porque, o ambiente só torna-se um problema quando ele passa a fazer parte do *meio interno* do sistema, convertendo-se em *objeto de controle*. Os problemas ambientais tornaram-se “problemas” quando os sistemas, até então concebidos como sistemas fechados ou mecânicos, passaram a ser interpretados como sistemas abertos ou semi-abertos. Não é sem razão, portanto, que as soluções de controle propostas (como a *reciclagem*) sejam medidas típicas dos sistemas orgânicos (como a *retroalimentação*).

Mas se por um lado a teoria de sistemas mostra ao analista os princípios da “reciclagem”, ela também mostra a sua *impossibilidade* nas condições vigentes. Tal pode ser deduzido no esquema proposto na figura abaixo para uma “ecologia global”, onde a reciclagem em diferentes níveis opera para preservar “recursos limitados” e para “reduzir dejetos”. Ocorre que os “recursos limitados” são tanto de ordem *financeira* como *não-financeira*. Como os primeiros são bem mais limitados que os segundos, aqueles terão preferência, não se poupando materiais, energia ou esforço humano (recursos não-financeiros). Além disso, o pressuposto que um sistema pode operar com elevadas taxas de trabalho interno (reciclagem) sem algum aporte externo de energia é um pressuposto tipicamente mecânico (o relógio). Sem energia vindo do meio externo, como nos sistemas orgânicos ou sócio-culturais, há consumo de recursos de meio interno. Logo, não é sem razão que países pobres, carentes de recursos financeiros, sofram crescente degradação ambiental e aviltamento da força trabalhadora, enquanto que nos países ricos se observa cada vez mais recursos financeiros direcionados para a reciclagem de lixo, por exemplo, cuja viabilidade não pode ocorrer sem aportes de capital.

Use teoria de sistemas e analise uma proposta sob o ponto de vista de sua sustentabilidade.



⁴⁶ JELINSKI e col. Proc. Natl. Acad. Sci., 1992.

⁴⁷ Conf. LIEBER, RR & ROMANO-LIEBER NS Causalidade e fatores de risco: transcendência e imanência na educação ambiental. In: EPEA (Encontro de pesquisa ambiental), 1º UNESP, Rio Claro, 29-31.07.01. Anais. Educação teoria e prática (n. esp.) (prelo)

Anexo 4

Teoria de sistemas e o risco ambiental: Trabalho e cultura⁴⁸

Caso: Plantação de tomates no açude do Boqueirão-PB

A plantação de tomates na comunidade de Maravilha/Boqueirão (PB) é um exemplo das conseqüências sociais e ambientais das novas formas de obtenção de renda introduzidas no nordeste. O empreendimento vem viabilizando-se com o uso intensivo de agrotóxicos, contaminando os poucos recursos hídricos. Além disso, as relações de trabalho alijaram da renda a maior parte dos trabalhadores que se empregam por tarefa, contribuindo ainda mais para a contaminação ambiental.⁴⁹

O homem encontra-se num sistema *natural*, cujas condições são estabelecidas pelo solo, pela água e pelo ar. Ao mesmo tempo, ele cria ambientes ou sistemas *sintéticos*, como o ambiente doméstico, do trabalho e do lazer. Cabe lembrar que um ambiente absolutamente natural não é de forma alguma adequado ao homem. Nem mesmo o selvagem na floresta admite viver como um animal, pressupondo sempre a modificação da natureza como adequação desta à condição humana. Consequentemente, as condições de vida do homem viabilizam-se num sistema ambiental misto, onde a natureza estabelece os meios e o homem os fins.

Essa condição particular dos sistemas ambientais próprios à vida humana implica que a *natureza deve sempre ser modificada* nas suas condições físicas, químicas e biológicas. Isto quer dizer que, ao interagir com a natureza no sentido de humanizá-la (ou torná-la própria à vida humana) o homem se envolve em condições de riscos ou de incerteza, os quais, classicamente, se distinguem em riscos físicos (calor, ruído, radiação), riscos químicos e riscos biológicos. Mas porque tais interações determinam uma condição de risco?

O homem recusa este estado de indiferença da natureza em relação a si mesmo. Ele recusa a perspectiva da morte combatendo a doença. Aquilo que é natural torna-se um sem sentido e quando a sua luta contra a doença é inglória, ele ultrapassa a morte reinventando a vida. Este exemplo de estado radical de insubordinação pode ser expresso num estado contraditório:

O homem é um ser natural contra a natureza.

Dessa contradição, surge ao homem duas possibilidades em relação à natureza: Intervir no seu curso e sujeitar-se ao “*risco tecnológico*”, ou deixar de intervir e sujeitar-se ao “*risco natural*”, como no furacão ou no vendaval, ou como na *seca*, fig. 9. Como toda vida humana consciente tem uma finalidade, projetada graças à certeza da razão, o homem depara-se com a condição necessária e irremediável de se expor às *incertezas*, tanto àquelas decorrentes da sua *ação* (ou *trabalho*), como daquelas decorrentes da sua *omissão*. Disso pode-se estabelecer o segundo estado contraditório na condição humana:

O homem é um ser para o risco.

Reconhecendo-se um ser para o risco, o homem que busca certeza admite não se contentar com os seus *instintos*, a única certeza que a natureza pode oferecer a cada ser vivo, graças à combinação de genes dos mais aptos. Ao reconhecer-se nessa condição não-natural (ou humana), e obrigando-se ao risco, o homem não só admite a sua *ignorância* em relação a natureza, como mostra a possibilidade de torná-la cognoscível. Isto porque, prevalece tanto o seu estranhamento em relação à ela, como o permanente convívio com a *incerteza* (ou risco), neces-

⁴⁸ LIEBER & ROMANO-LIEBER, 2001, op.cit.

⁴⁹ ADISSI, P e col. O uso de agrotóxicos para além do processo de trabalho: O caso do açude Boqueirão-PB. Produção e sociedade, 2(3):43-55, 1999.

sário à promoção de descobertas. Pois será nesse convívio com o risco que a ignorância poderá ser superada, promovendo-se o *conhecimento*.

Mas tal reconhecimento não é o fim mas é o começo, quando o homem pergunta-se “*qual é o papel do conhecimento* e se dá conta que a resposta não é única. Estas dúvidas, ao contrário das aparências, não constituem obstáculos à promoção humana, mas são os seus degraus de ascensão. O desafio ao espírito lúcido é o seu fomento e preservação, ou, em outra palavras, *não se deixar que a dúvida se perca no conforto dos preconceitos e dos mitos*. E a dúvida se renova a todo instante, quando o homem se vê diante das forças brutas da natureza, onde conta muito pouco o legado natural (os seus gens), e muito mais aquele legado dolorosamente construído nas incertezas, que é a *cultura*. É por isso que a cada cultura caberá uma solução, ou que a cada cultura caberá um conhecimento. É isto que justifica a rejeição à dominação cultural, ao “*aculturação*” ou à industrial cultural de massa.

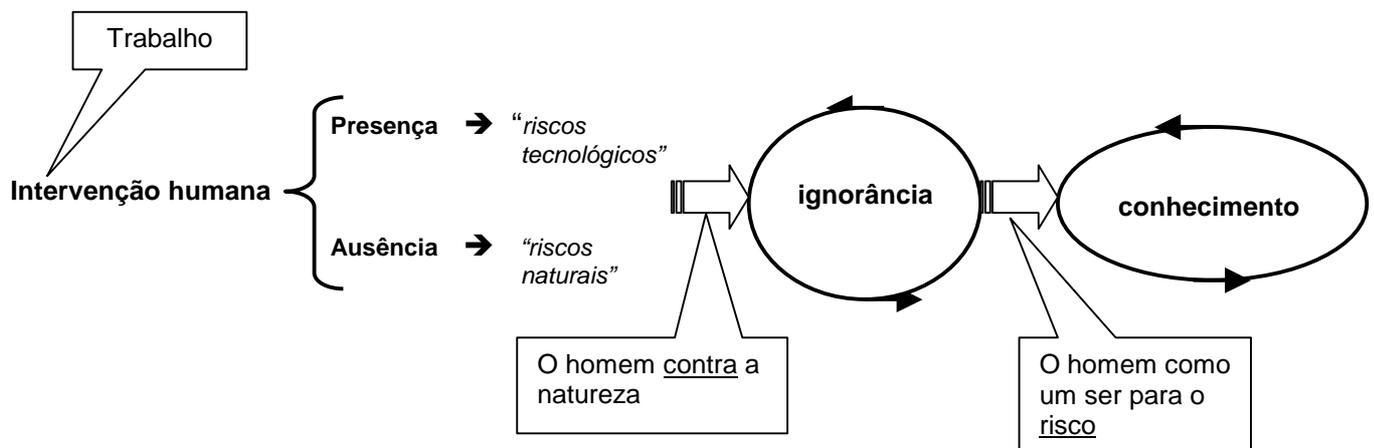


Fig. 9: Esquema das duas condições contraditórias do homem em relação a natureza, mostrando o papel do trabalho como forma de superação da natureza e o papel do risco como forma de superação da ignorância.

O agreste destaca o homem na sua *condição limite*. A adversidade extrema marcando o carácter, as relações sociais e os valores. O homem, contando apenas consigo mesmo, é dependente da força e da resistência, esteja onde estiver. Na sua esperança e a obstinação, o sertanejo sobrevive ultrapassando as limitações da força e da adversidade graças à expressão da *astúcia*, cujas raízes perdem-se na história brasileira, repleta de violências.⁵⁰ e está também na sobrevivência de 400 anos do regime escravo. A astúcia, é o “*jeitinho*”, como é também “*tirar vantagem*”. A astúcia tanto prestou-se para não se ter um regime escravo autêntico, como para se manter a iniquidade até os dias de hoje. A atitude de astúcia é uma via de mão dupla.

Como resultado, as pessoas *sobrevivem, ou simplesmente existem*. Existem sobrevivendo quase tão mal como sobreviviam no século passado. Os riscos ambientais continuam os mesmos, em grande parte pela *omissão* humana, mas também pela *ação* humana. Enquanto as formas modernas de produção dependem cada vez mais do risco para a exploração do trabalho, resta à resistência apenas a reprodução de suas estratégias.

Analise o sistema, estabeleça os níveis hierárquicos e interprete o processo. Mostre como o agreste nordestino “exporta” água.

⁵⁰ A Suassuna no *Auto da Compadecida* apresenta nesta peça como a astúcia se encontra na alma nordestina e a sua forma de uso no enfrentamento das adversidades.

Anexo 5

O problema como um sistema: Inovações tecnológicas e cultura

Caso: A construção de reservatórios do Pe Amâncio (Remanso, BA) e de Joaquim dos Anjos (Sisterna, BA)

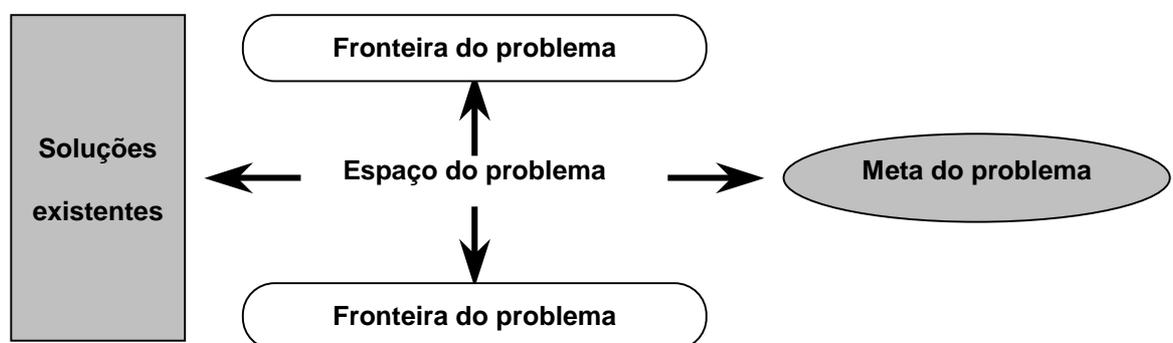
Várias pesquisas nas áreas de clima e meteorologia tem destacado que a condição do semi-árido nordestino não assemelha-se a um deserto. Água há, como há também uma das mais altas taxas de insolação do globo.⁵¹ Como resultado, a água ou evapora-se, ou percola para o lençol freático. Além do acesso difícil, numa ou noutra situação, freqüentemente a água torna-se salobra, quer pela concentração de sais, quer pelo contato com as camadas subterrâneas.

Essa privação conjuntural de um meio necessário à vida não é recente, mas acompanha desde as primeiras ocupações da área no século XVII. Campanhas para combater o flagelo da seca já havia no 2º Reinado e a tensão social decorrente, assim como as formas de tratá-la, ficaram inquestionáveis com o movimento de Canudos, em desafio à República nascente. As soluções propostas deste então, como a construção de açudes, ao invés de potencializar o conhecimento gerado (salinização), tem com freqüência promovido a manutenção da dominação (frentes de trabalho).

A construção de reservatórios, como forma de armazenar água pluvial, tem sido uma proposta que alia a tradição com a inovação tecnológica. O padre Amâncio lidera um programa que ensina a fabricação de placas de concreto armado.⁵² Joaquim dos Anjos, lavrador em Sisterna-BA e pedreiro sazonal na capital paulista, conta com um pequeno financiamento para diversificação econômica. Ele queima tijolos e os assenta com cimento e areia, impermeabilizando o reservatório. Em todas as situações a água de limpeza do captor (telhado) é perdida.

Da mesma forma que o risco não pode ser focado apenas pelo seu lado negativo e nem o ambiente como mero objeto de preservação (anexo 4), também o papel da cultura não pode ser analisado apenas pela conservação de tradições. Se a cultura expressa formas do homem lidar com o seu meio ambiente, e se este está em permanente transformação, a cultura deve estar em permanente renovação, caso contrário, fenece. A cultura brasileira é rica em opções e, portanto, promotora contínua de renovações. A cultura, portanto, não é o problema, mas faz parte da possibilidade de solução. Logo, o primeiro passo é configurar o problema conforme o esquema abaixo proposto por Van Gundy, 1988.⁵³

Configure um problema e o seu contexto onde a cultura faz parte do espaço de soluções.



⁵¹ Ver diversos textos relativos aos problemas climáticos e sociais no Dossiê “Nordeste seco”, Universidade de São Paulo, Instituto de Estudos Avançados (IEA), *Estudos Avançados*, 13(36), 1999.

⁵² “Comitê da água” – Diocese de Juazeiro BA. Email: catedral@lkn.com.br

⁵³ apud: BAXTER, M. Princípios de criatividade. In: ----. *Projeto do produto*. São Paulo, Ed. Edgard Bluecher, 1998.

Anexo 6

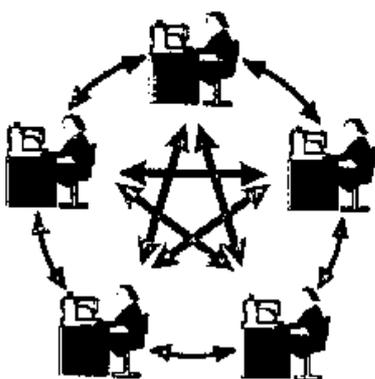
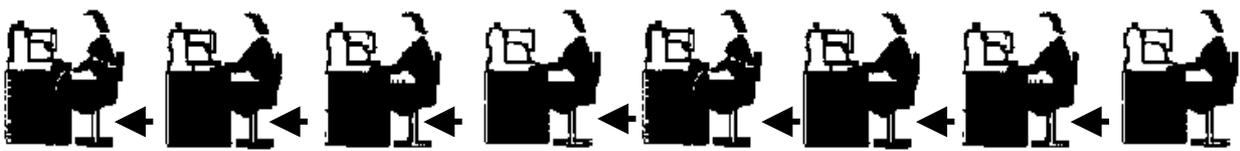
Teoria de sistema e melhoria das condições de trabalho

Caso: Industrialização no CE e a organização de linhas de produção

Entre as diferentes formas de exploração econômica, a indústria tem sido considerada promissora para a região nordestina, particularmente aquelas formas em que o uso da mão de obra é intensivo. Prevalece o pressuposto que a baixa qualificação converte-se em fator de competitividade, graças aos baixos salários oferecidos. De forma coerente, também se adota formas de organização de linhas de produção cujo o desrespeito às necessidades dos trabalhadores só se compara à baixa produtividade global auferida. Aparentemente, a lógica da ação parece só encontrar sentido na harmonia do anacronismo, como se a adoção de medidas dos primórdios da era industrial levasse à administração de problemas do mesmo gênero, cujas soluções se encontram na história.

Sem mesmo entrar no mérito do “fator de competitividade” adotado, pode-se questionar a validade da tradicional linha de produção à luz da teoria de sistemas. Cada uma das três formas abaixo explora de maneira diferente as possibilidades produtivas, pelo fato de pressuporem diferentes processos de operação do sistema.

Quais são os processos presumidos? Quais são as diferenças no gênero das entidades?



↑ Arranjo em linha com correia transportadora

← Arranjo em célula

↓ Arranjo em linha com mini-estoque intermediário



Anexo 7

Teoria de sistemas e educação ambiental

Caso: Controle de vetores no combate da dengue, o uso de capacete entre motociclistas nos EUA e a solução da dna. Cida de São José da Tapera (AL)

O domínio de novos meios de comunicação, assim como a migração interna, tanto de nordestinos que retornam premidos pela recessão econômica no sul, como de empreendedores em busca de novas terras de cultivo, têm promovido o crescente contato intercultural, cuja assimilação põe em risco tradições arraigadas. Por exemplo, o abandono de cultivos de subsistência, como plantações dependentes de chuvas regulares, em prol de outros cultivos mais adequados ao clima. A introdução de formas diversificadas de trabalho (anexo 6), o patrocínio à construção de reservatórios de captação individual (anexo 5) e a introdução de uma economia formal, onde os necessários recursos financeiros são injetados de forma regular (anexo 3), como é o caso das pensões e aposentadorias do INSS, conjugam um quadro favorável à ruptura das tradições patriarcais de oligarquia e latifúndio. Entretanto, a otimização dessas medidas dependem em larga escala do acesso ao conhecimento, o qual não pode ficar meramente dependente de “riscos”, como tentativa e erro, mas sim da instrução e da capacitação formal capaz de proporcionar o acesso aos novos conhecimentos (anexo 4). Isto porque, *as pessoas são pessoas* e não meras “entidades mecânicas” de um sistema, presas às relações de causa-efeito.

A impropriedade do processo mecânico pode ser bem ilustrada em 3 casos distintos de educação ambiental. Para o recente combate da dengue no nordeste, as campanhas enfatizaram o controle de da proliferação dos vetores, recomendando a eliminação de água parada em pneus abandonados e nas plantas ornamentais. Alguém constatou que as caixas d’água não dispunham de tampas. Determinou-se a adição de um dado volume de inseticida piretróide, independentemente do volume de água potável presente! Enquanto isto, o esgoto corria a céu aberto. Em Campinas-SP, a secretaria da saúde popularizou a “camisinha” para vasos. E, mais recentemente, foi demonstrado que a borra de café é um bom larvicida.⁵⁴

No final dos anos 60, devido ao grande número de acidentes fatais, os EUA adotaram uma lei obrigando os motociclistas a usarem capacete. Como a constitucionalidade da lei foi questionada, alguns estados deixaram de aplicá-la a partir de 1975. A partir desta data, o número de acidentes fatais voltou a crescer, mas a taxa de crescimento foi menor naqueles estados que optaram pela revogação da obrigatoriedade.⁵⁵

São José da Tapera (AL) é um dos municípios mais pobres do país. O índice de mortalidade infantil em 1995 era de 147 mortes por 1.000 nascidos vivos, contra a média brasileira de 34. A prefeitura do município contou com ajuda federal e de uma ONG. Entre outras ações, a ONG dou um filtro de água para dna. Cida, fornecendo todas as explicações previstas para o manuseio. Dna. Cida achou que a filtração era muito lenta e decidiu quebrar a vela do filtro para acelerar o processo.⁵⁶

Identifique o arranjo sistêmico e analise o conflito de pressupostos em cada caso ou em algum caso semelhante da sua vivência.

⁵⁴ LARANJA, A O efeito da cafeína e da borra de café em *Aedes Aegypti*. São José do Rio Preto (SP), 2000. [Dissertação de mestrado apresentada no Instituto de ciências e letras de São José do Rio Preto da UNESP].

⁵⁵ Conf. Adams, 1985. Apud. ADAMS, J *Risk*. Londres, ed. UCL, 1995. pp.150.

⁵⁶ CIPOLA, A Município com pior IDH vive “limite”. Folha de São Paulo, 17.09.01, p.A7.