

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE
PRODUÇÃO**

**O Processo de Pensamento Sistêmico: Um Estudo das Principais
Abordagens a partir de um Quadro de Referência Proposto**

Humberto Kasper

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção (PPGEP) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

**Porto Alegre
2000**

FOLHA DE APROVAÇÃO

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre Em Engenharia e aprovado em sua forma final pelo orientador e pela banca examinadora do Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção.

Orientador:

Luis Henrique Rodrigues, PhD. – Lancaster University

Banca Examinadora:

Francisco de Araújo Santos, PhD. - UFRGS

Lia Buarque de Macedo Guimarães, PhD. – University of Toronto

José Antonio Valle Antunes Jr, Dr. - UNISINOS

Coordenador:

Luis Antônio Lindau, PhD. – UFRGS

Porto Alegre, maio de 2000

DADOS DE CATALOGAÇÃO

Kasper, Humberto, 1961-

Título: O Processo de Pensamento Sistêmico:

Um Estudo das Principais Abordagens a partir
de um Quadro de Referência Proposto

Porto Alegre: UFRGS – Universidade Federal do Rio

Grande do Sul - Escola de Engenharia – PPGEP –

Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção,
2000

AGRADECIMENTOS

Esse trabalho, em diferentes situações e circunstâncias, contou com a colaboração e o apoio de muitas pessoas. Algumas foram decisivas e quero aqui agradecer a elas, bem como, às instituições que de algum modo oportunizaram a realização do mesmo.

Agradeço ao PPGEP – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção - UFRGS a oportunidade que me ofereceu de integrar o seu quadro alunos e realizar o mestrado acadêmico.

Agradeço imensamente ao Professor Luiz Henrique Rodrigues pela paciência que teve em ser o meu orientador. Sem o seu incentivo, com certeza, o presente trabalho não teria se tornado uma realidade.

Agradeço ao professor José Antônio Valle Antunes Jr. pelo o incentivo dado para o meu ingresso no quadro de alunos do PPGEP e pela fonte instigadora na busca do conhecimento que tem sido.

Ao longo dessa jornada duas pessoas foram extremamente importantes para o meu aprendizado. Estas pessoas foram o professor Acyr Selene - parceiro de importantes discussões teóricas - e o companheiro, e hoje mestre, Aurélio de Leão Andrade que além de ajudar a iluminar minhas idéias, foi um grande parceiro nesta empreitada.

Sou imensamente grato ao colega Chico, que no momento da conclusão do trabalho foi um colaborador e companheiro incansável.

Quero agradecer aos colegas da TRENURB, aos Engenheiros Sicco, Dóris, Francisco, que estiveram presentes no desenvolvimento de trabalho aplicado, relacionado ao conteúdo da presente dissertação. Também sou muito grato aos meus colegas mais imediatos, Rubenildo, Sandra, Ernesto, Roberto, Mariza, Luizão e Mattos, pelo apoio dado nos momentos decisivos e difíceis da conclusão do trabalho.

Finalmente, quero agradecer a minha esposa Márcia e minhas filhas Bruna e Júlia, às quais eu dedico este trabalho. Espero assim estar retribuindo uma pequena parte do apoio que me deram e da compreensão que tiveram, sem os quais jamais teria sido possível concluir o presente trabalho.

Para Márcia, Bruna e Júlia.

ÍNDICE

Lista De Figuras	XII
Lista De Tabelas	XIV
Lista De Quadros	XV
Capítulo 1.....	1
1 – Introdução	1
1.1 – Objetivos	6
<i>1.1.1 – Objetivo Principal</i>	<i>6</i>
<i>1.1.2 – Objetivos Específicos</i>	<i>6</i>
1.2 – Justificativa Do Trabalho.....	7
<i>1.2.1 – Justificativa Das Abordagens Examinadas.....</i>	<i>9</i>
1.3 – Descrição Da Pesquisa.....	11
<i>1.3.1 – Campo De Pesquisa</i>	<i>11</i>
<i>1.3.2 – A Organização Do Trabalho.....</i>	<i>12</i>
1.4 – Método De Desenvolvimento Do Trabalho	13
1.5 – Delimitação Do Trabalho	15
1.6 – Estruturação Do Trabalho Em Capítulos	16
Capítulo 2.....	18
2. Revisão Teórica	18
2.1 – Do Pensamento Analítico Ao Pensamento Sistêmico	18
<i>2.1.1 – O Pensamento Analítico.....</i>	<i>20</i>
2.1.1.1 – Algumas Conseqüências Do Pensamento Analítico.....	25
<i>2.1.2 – Precedentes Do Pensamento Sistêmico</i>	<i>28</i>
2.1.2.1 – Antecedentes Históricos	29
2.1.2.2 – Dilemas Nas Ciências	30
2.1.2.3 - O Impulso Das Transformações Tecnológicas.....	36
2.1.2.4 – Administrar A Complexidade.....	37
2.2 – Termos E Definições Sistêmicas	38
<i>2.2.1 – Definições Básicas De ‘Sistema’.....</i>	<i>38</i>
2.2.1.1 – Complexidade Organizada.....	40
2.2.1.2 – Organização Sistêmica.....	44
2.2.1.3 – O Sistema Como Totalidade Ou Unidade Complexa.....	46
<i>2.2.2 – Considerações Iniciais Acerca Do Caráter Do Pensamento Sistêmico.</i>	<i>47</i>
.....	47
2.3 – Considerações Finais Do Capítulo	51

Capítulo 3.....	53
3. Tópicos Para Investigação Dos Fundamentos Do Pensamento Sistêmico	53
3.1 – Breves Considerações Acerca Da Situação Do Movimento Sistêmico	54
<i>3.1.1 – Propostas De Ordenamento Das Diversas Formas De Pensamento Sistêmico.....</i>	<i>55</i>
3.2 – O Pensamento Sistêmico Na Perspectiva Do Presente Trabalho	58
<i>3.2.1 – Conclusões Finais Sobre Tópicos De Investigação Das Abordagens</i>	<i>63</i>
Capítulo 4.....	65
4. Investigação Das Abordagens Sistêmicas Fundamentais	65
4.1 – A Teoria Geral Dos Sistemas – TGS	66
<i>4.1.1 – A Concepção Dos Sistemas Abertos E A Teoria Geral Dos Sistemas</i>	<i>67</i>
<i>4.1.2 – A Teoria Dos Sistemas Abertos E As Concepções Sistêmicas Gerais</i>	<i>68</i>
<i>4.1.3 – Posições Acerca Da Natureza Do Conhecimento.....</i>	<i>70</i>
4.2 – Cibernética I: Regulação E Controle	71
<i>4.2.1 – A Descoberta Fundamental.....</i>	<i>72</i>
<i>4.2.2 – A Realimentação De Informação E As Concepções Sistêmicas</i>	<i>73</i>
4.3 – Cibernética II: A Emergência De Novas Formas E Estruturas	75
<i>4.3.1 – O Caráter Generativo Das Amplificações Positivas</i>	<i>75</i>
<i>4.3.2 – Concepções Sistêmicas Gerais.....</i>	<i>77</i>
<i>4.3.3 – Considerações Epistemológicas.....</i>	<i>79</i>
4.4 – Cibernética III – A Lei Da Variedade Requerida	81
<i>4.4.1 – A Importância Do Conceito De Realimentação Nos Trabalhos Iniciais</i>	<i>82</i>
<i>4.4.2 – Sistemas Excessivamente Complexos E Lei Da Variedade Requerida</i>	<i>83</i>
<i>4.4.3 – O Observador E A Descrição Da Organização Sistêmica.</i>	<i>86</i>
4.5 – Dinâmica De Sistemas: A Estrutura Causal Dos Sistemas Complexos	87
<i>4.5.1 – Aspectos Gerais E Específicos Da Dinâmica De Sistemas.....</i>	<i>88</i>
<i>4.5.2 – Complexidade, Comportamento Complexo E Estrutura.....</i>	<i>91</i>
<i>4.5.3 – A Realimentação De Informação Como Característica Essencial Da Realidade.....</i>	<i>94</i>
4.6 – O Conceito De Sistema Como Paradigma Do ‘Pensamento Complexo’	96
<i>4.6.1 – Um Novo Paradigma Ao Invés De Uma Teoria Sistêmica.....</i>	<i>96</i>

4.6.2 – O Conceito De Sistema Como Macro Conceito.....	97
4.6.3 – Organização Recorrente E Causalidade Complexa	99
4.6.4 Princípios Que Comandam As Relações Em Sistemas Complexos	100
4.6.5 – Pressupostos Ontológicos E Epistemológicos	103
Capítulo 5.....	106
5. Investigação De Abordagens Sistêmicas Aplicadas A Conteúdos Científicos Específicos	106
5.1 – Estruturas Dissipativas – Termodinâmica Dos Sistemas Afastados Do Equilíbrio	107
5.1.1 – As Concepções Específicas Da Teoria Das ‘Estruturas Dissipativas’	107
5.1.2 – Não-Equilíbrio, Não-Linearidade E Organização Complexa.	110
5.1.3 – Uma Nova Relação Com A Natureza.....	111
5.2 – Teoria Do Caos: Sistemas Matemáticos Determinísticos ‘Caóticos’	112
5.2.1 – Aspectos Gerais Da Teoria Do Caos	113
5.2.2 – O Caos E O Pensamento Sistêmico.....	114
5.3 – Teoria Da Autopoiese: A Dinâmica Circular Do Processo Da Vida	117
5.3.1 – As Concepções Básicas Da Autopoiese	117
5.3.2 – Concepções Sistêmicas Centrais Na Autopoiese	122
5.3.3 – Algumas Conseqüências Epistemológicas	124
Capítulo 6.....	126
6. Investigação Das Abordagens Sistêmicas Aplicadas A Organizações....	126
6.1 – Revisão Crítica Das Abordagens ‘Clássicas’ Das Ciências Da Administração	127
6.1.1 – Características Específicas Das Abordagens Clássicas.....	127
6.1.2 – As Características Das Abordagens Sistêmicas ‘Clássicas’ Das Ciências Administrativas.....	129
6.1.3 – A Crítica Do Pensamento Sistêmico ‘Hard’	131
6.2 – Organizações Como Sistemas Abertos	132
6.2.1 – Formulações Específicas.....	133
6.2.2 – A Contribuição Para As Noções Sistêmicas Gerais	135
6.3 – O ‘Modelo Do Sistema Viável’ – M.S.V.....	136
6.3.1 – A Conceção Geral Do Modelo	136
6.3.2 – As Concepções Sistêmicas Centrais Do Modelo Do M.S.V.....	141
6.3.3 – A Universalidade Do Modelo.....	142
6.4 – A Abordagem Sistêmica De Russel Ackoff Para Sistemas Sociais	143
6.4.1 – Formulações Teóricas Específicas.....	143
6.4.2 – Concepções Sistêmicas.....	145

6.4.3 – Doutrinas Do Pensamento Sistêmico.....	146
6.5 – Metodologia De Sistemas Soft – SSM.....	148
6.5.1 – Concepções Teóricas Específicas Da SSM.....	148
6.5.2 – As Concepções Sistêmicas Na SSM.....	150
6.5.3 – A Perspectiva Epistemológica Interpretativa	153
6.6 – Pensamento Sistêmico E Aprendizagem Organizacional	156
6.6.1 – Conceção Básica Do Modelo.....	156
6.6.2 – Contribuição Às Concepções Sistêmicas	158
6.6.3 – Posição Acerca Do Debate Científico-Filosófico.....	162
6.7 – Pensamento Sistêmico Crítico – CST.....	163
6.7.1 – Referenciais Teóricos Das Concepções Críticas	165
6.7.2 – Heurística Sistêmica Crítica	174
6.7.3 – Intervenção Sistêmica Total –TSI	179
Capítulo 7.....	184
7. Síntese Das Principais Concepções Sistêmicas Contempladas Nas Abordagens Investigadas	184
7.1 – Princípios Doutrinários E Noções Fundamentais.....	185
7.1.1 – Doutrinas Do Pensamento Sistêmico.....	186
7.1.1.1 – Contextualismo: A Doutrina Que Sustenta Que A Realidade Pode Ser Concebida Em Termos De Padrões De Interações Dentro De Padrões De Interações	187
7.1.1.2 – Causalidade Contingente: A Doutrina Que Sustenta Que A Realidade Concebida Como ‘Complexidade Organizada’ Implica O Reconhecimento De Um Determinismo Gerado Localmente.	190
7.1.1.3 – Síntese: O Procedimento Sistêmico De Investigação.....	194
7.1.1.4 – As Imagens Sistêmicas Da Realidade.....	196
7.1.2 – Organização Sistêmica: A Noção Central Do Conceito De Sistema	199
7.1.2.1 – Três Características Gerais Que Distinguem A Organização Sistêmica Das Idéias Clássicas De Organização	202
7.1.2.2 – As Quatro Noções Operacionais Centrais Da Organização Sistêmica;.....	206
7.1.2.2.1 – Organização Circular E Recorrente.....	207
7.1.2.2.2 – Organização Hierárquica	211
7.1.2.2.3 – Abertura Estrutural E Fechamento Organizacional	213
7.1.2.2.4 – Adaptação.....	215
7.2 – Conclusões Acerca Das Concepções Específicas Das Abordagens, Em Razão Dos Distintos Conteúdos Focalizados.....	217
7.2.1 – O Conceito De Sistema À Luz Das Distintas Formas De Investigar A ‘Complexidade Organizada’	218

7.2.1.1 – As Concepções Sistêmicas E A Investigação Dos Padrões De Comportamento Dinâmico.....	219
7.2.1.2 – Concepções Sistêmicas Para A Compreensão E O Projeto De Mecanismos De Regulação Relacionados E O Seu Controle Externo.....	220
7.2.1.3 – Concepções Sistêmicas Aplicadas À Compreensão Dos Processos De Organização E Auto-Organização.....	221
7.2.1.4 – As Concepções Sistêmicas E A Investigação De Conflitos, Desigualdades, Mudanças E Transformações Estruturais.....	223
7.2.1.5 – As Concepções Sistêmicas Como Base Para Estruturação De Conhecimentos E Aprendizagem.....	225
7.2.1.6 – As Concepções Sistêmicas Como Quadro De Referência Para Administrar A Complexidade Em Organizações Sociais.....	227
7.2.2 – <i>Considerações Finais Acerca Da Relação Entre As Concepções Sistêmicas Gerais E As Formulações Específicas Contempladas Nas Abordagens.....</i>	227
7.2.3 – <i>Conclusões Acerca Da ‘Complexidade Organizada’ A Partir Das Concepções Sistêmicas Específicas Contempladas Nas Abordagens Examinadas.....</i>	230
7.2.3.1 – Complexidade Como Diversidade Partes E Componentes.....	233
7.2.3.2 – Complexidade Referida Às Características E Comportamentos Observados.....	234
7.2.3.3 – Complexidade Como Estrutura Ou Organização Sistêmica.....	236
7.2.3.4 – Complexidade Derivada Da Dimensão Cognitiva E Interações Humanas.....	237
7.2.3.5 – Breves Considerações Quanto À Relevância Das Quatro Dimensões Ou Níveis Da Complexidade Para A Intervenção Na Realidade Organizacional.....	239
7.2.3.5.1 – As Quatro Dimensões Da Complexidade E Os Distintos Interesses Cognitivos Humanos.....	244
7.3 – Pressupostos Acerca Da Natureza Do Conhecimento E Acerca Da Natureza Das Interações.....	246
7.3.1 - <i>Considerações Sobre As Abordagens Sistêmicas Quanto À Posição Adotada Sobre A Natureza Do Conhecimento.....</i>	248
7.3.2 – <i>Considerações Sobre As Abordagens Sistêmicas Quanto À Natureza Das Interações.....</i>	251
7.3.3 – <i>Conclusões Acerca Das Abordagens Sistêmicas Das Ciências Administrativas À Luz Dos Pressupostos Científico-Filosóficos.....</i>	252
7.4 – Um Novo Quadro De Referência Conceptual De Construção Do Conhecimento.....	254
7.4.1 – <i>Considerações Gerais.....</i>	254
7.4.2 – <i>O Pensamento Sistêmico Como Um Processo Dinâmico De Desenvolvimento Contínuo.....</i>	258
7.5 – Conclusão Do Capítulo.....	263

Capítulo 8.....	265
8. Conclusões	265
8.1 – Conclusões Centrais Do Trabalho.....	268
8.2 – Sugestões Para Trabalhos Futuros.....	279
Referência Bibliográfica.....	282

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2. 1 - AS TRÊS FAIXAS DA COMPLEXIDADE (ADAPTADO DE WEAVER, 1948).	41
FIGURA 3. 1 - QUATRO CICLOS DE DESENVOLVIMENTO DO PENSAMENTO SISTÊMICO (ADAPTADO DE FLOOD & CARLSON, 1988).....	57
FIGURA 4. 1 - ESQUEMA BÁSICO DE UM LAÇO FECHADO DE REALIMENTAÇÃO NEGATIVA (JACKSON, 1991, P. 98).....	74
FIGURA 4.2 - EXEMPLO DE “DIAGRAMA DE SINAL DE ENLACE CAUSAL” FORMULADO POR MARUYAMA (1963, P. 176).....	78
FIGURA 4. 3 - DIAGRAMA DE ENLACE CAUSAL PARA A MÁQUINA A VAPOR E REGULADOR DE WATT. RICHARDSON, 1991 P. 111).	82
FIGURA 4. 4 - DISPOSIÇÃO DE UM REGULADOR R PERFEITO PARA UM SISTEMA T SUBMETIDO A PERTURBAÇÕES D E PRODUZINDO INFORMAÇÕES SOBRE AS VARIÁVEIS ESSENCIAIS E. (ASHBY, 1970, P. 247).....	85
FIGURA 4. 5 - DIAGRAMA DE ESTOQUE E FLUXO GENÉRICO PARA REPRESENTAÇÃO VISUAL DE SISTEMAS DINÂMICOS COMPLEXOS (LANE, 1994, P. 103).	90
FIGURA 4. 6 - CIRCULARIDADE PRODUTIVA MÚTUA (A) ENTRE O TODO E AS PARTES E (B) ENTRE O UNIDADE E A DIVERSIDADE.....	101
FIGURA 5. 1 - SISTEMA PROGRESSIVAMENTE AFASTADO DO EQUILÍBRIO COM MÚLTIPLOS CAMINHOS POSSÍVEIS DE EVOLUÇÃO (ADAPTADO DE PRIGOGINE, 1997).....	110
FIGURA 5. 2 - ESTRUTURA DE <i>FEEDBACK</i> DO MODELO DE LORENZ DE ACORDO COM RICHARDSON (1991, P. 309).	116
FIGURA 6. 1 - ESTRUTURA GENÉRICA DO MSV (JACKSON, 1991, P. 107).....	140
FIGURA 6. 2 - A LÓGICA CENTRAL DA SSM (CHECKLAND & SCHOLLES, 1990, P. 7).	150
FIGURA 6. 3 - AS SETE FASES DA METODOLOGIA DE SISTÊMICA SOFT (CHECKLAND, 1981, P. 163).....	I
FIGURA 6. 4 - MODELO GENÉRICO DE UM SISTEMA DE ATIVIDADES HUMANAS (CHECKLAND, 1989, P. 92).	153
FIGURA 6. 5 - PADRÃO DE ORGANIZAÇÃO SISTÊMICO DE UMA ‘ORGANIZAÇÃO QUE APRENDE’ (SENGE ET ALII, 1995).	157
FIGURA 6. 6 - EXEMPLO DE DESCRIÇÃO DE UMA SITUAÇÃO UTILIZANDO O ARQUÉTIPO "LIMITES DO CRESCIMENTO" (EXTRAÍDO DE SENGE ET ALII, 1995, P.123).....	159

FIGURA 6. 7 - EXEMPLO DO ARQUÉTIPO ‘TRANSFERÊNCIA DE RESPONSABILIDADE’ (EXTRAÍDO DE SENGE ET ALII, 1995, P.129).....	160
FIGURA 6. 8 - OS NÍVEIS DO PENSAMENTO SISTÊMICO ILUSTRADO PELA METÁFORA DO <i>ICEBERG</i> (ANDRADE, 1998, P. 91).....	161
FIGURA 6. 9 - OS QUATRO PARADIGMAS DE BURRELL E MORGAN PARA A ANÁLISE DA TEORIA SOCIAL (BURRELL & MORGAN, 1979, P. 22).....	I
FIGURA 7. 1 - COMPARAÇÃO DO PROCESSO LÓGICO DOS PROCESSOS DE PENSAMENTO ANALÍTICO E SISTÊMICO.	196
FIGURA 7. 2 - INTER-RELAÇÃO ENTRE AS QUATRO DIMENSÕES DA COMPLEXIDADE.	241
FIGURA 7. 3 - INTER-RELACIONAMENTO DOS TRÊS ASPECTOS CENTRAIS DAS DISTINTAS FORMAS DE PENSAMENTO SISTÊMICO.....	260
FIGURA 8. 1 - INTER-RELACIONAMENTO DOS TRÊS ASPECTOS CENTRAIS DE DISTINTAS FORMAS DE PENSAMENTO SISTÊMICO (FORMA COMPACTA).....	267

LISTA DE TABELAS

TABELA 6. 1 - PRESSUPOSTOS SOCIOLÓGICOS/METODOLÓGICOS E SUA RELAÇÃO COM O MODO PREFERENCIAL DE PERCEPÇÃO DA REALIDADE OU DESCRIÇÃO DA SITUAÇÃO-PROBLEMA MAIS ADEQUADO DE APLICAÇÃO DA METODOLOGIA (ADAPTADO DE JACKSON, 1993).....	168
TABELA 6. 2 - OS TRÊS INTERESSES CONSTITUTIVOS DO CONHECIMENTO (MINGERS, 1992).....	170
TABELA 6. 3 - CLASSIFICAÇÃO E CARACTERÍSTICAS DE CONTEXTOS-PROBLEMA EM ORGANIZAÇÕES (ADAPTADO DE JACKSON & KEYS,1984; JACKSON, 1990)...	173
TABELA 6. 4 - AS TRÊS FASES DA METODOLOGIA DA TSI (JACKSON, 1991, P.276).	183

LISTA DE QUADROS

QUADRO 2. 1 - COMPLEXIDADE DESMEMBRADA (FLOOD & CARLSON, 1989).	43
QUADRO 3. 1 - A FORMA DO MOVIMENTO SISTÊMICO (CHECKLAND, 1983 P. 669).	56
QUADRO 4. 1 - A ‘DUPLA ENTRADA’ DO CONCEITO DE SISTEMA (MORIN, 1991, P. 135).....	104
QUADRO 6. 1 - DIFERENTES LINGUAGENS COMO REFLEXO DE DIFERENÇAS EPISTEMOLÓGICAS ENTRE AS ABORDAGENS <i>HARD</i> E <i>SOFT</i> (KREHER, 1995, P. 131).....	155
QUADRO 7. 1 - COMPARAÇÃO ENTRE OS FUNDAMENTOS EXPLICATIVOS DA REALIDADE DO PENSAMENTO ANALÍTICO E PENSAMENTO SISTÊMICO.....	198
QUADRO 7. 2 - RESUMO DOS PRINCIPAIS ASPECTOS DA ORGANIZAÇÃO SISTÊMICAS, CONTEMPLADAS NAS ABORDAGENS EXAMINADAS NOS CAPÍTULOS IV, V E VI.	200
QUADRO 7. 3 - PRINCIPAIS CONCEPÇÕES ESPECÍFICAS CONTEMPLADAS PELAS ABORDAGENS INVESTIGADAS.....	229
QUADRO 7. 4 - SÍNTESE DA FORMULAÇÕES ACERCA DA ‘COMPLEXIDADE ORGANIZADA’ OU SISTÊMICA DA ABORDAGENS EXAMINADA NO CAPÍTULO IV.	231
QUADRO 7. 5 – PRESSUPOSTOS CIENTÍFICO-FILOSÓFICOS CONTEMPLADAS PELAS ABORDAGENS INVESTIGADAS.....	247
QUADRO 7. 6 - ‘FATORES’ CONSTITUTIVOS DO PROCESSO DE PENSAMENTO SISTÊMICO.	259

RESUMO

Os grandes desafios para a humanidade nesse final de milênio e os muitos problemas que as novas condições colocam para as organizações, requerem a compreensão da complexidade e da mudança. O maior de todos os desafios é a construção de um modo de pensar adequado para essa nova realidade. O presente trabalho procura examinar uma forma de pensar acerca do mundo que se volta justamente para construção de um novo quadro de referência conceptual para lidar com a complexidade e a mudança. Trata-se do pensamento sistêmico, que emergiu como um novo movimento científico na metade final do século XX. Engloba uma grande variedade de abordagens, modelos teóricos e aplicações, nas mais variadas áreas do conhecimento. Entretanto, embora o pensamento sistêmico já tenha uma certa tradição, uma das suas marcas é ausência de uma perspectiva unificada. Além dos diversos enfoques que conformam várias versões de pensamento sistêmico, outra dificuldade é a ampla difusão do uso do termo 'sistema' sem conexão com tradição sistêmica emergente dos anos quarenta. Uma das dificuldades para aplicação das idéias sistêmicas é a ausência de trabalhos que articulem as concepções sistêmicas, apontando aspectos convergentes e divergentes nas abordagens já desenvolvidas. Este estudo descritivo visa contribuir para suprir essa lacuna. Através de pesquisa teórica serão examinadas diversas abordagens sistêmicas, com o objetivo de sistematizar as idéias centrais em termos de princípios doutrinários, noções básicas e outros aspectos conceptuais relacionados. Além da contribuição geral para a compreensão dos fundamentos do processo de pensamento sistêmico, os resultados da pesquisa serão úteis como base teórica e referência bibliográfica para futuros trabalhos acadêmicos e aplicados que queiram fazer uso dos preceitos sistêmicos.

ABSTRACT

The great challenges of the humanity in the end of the millennium and the many problems that the new situations that arise for organizations, require an understanding of complexity and change. The grater of all these challenges is the construction of an adequate way of thinking for this new reality. The present work seeks to examine a way of thinking about the world, turned exactly towards the construction of a new conceptual reference for dealing with complexity and change. It is about systemic thinking which emerged as new scientific movement at second half of XX century. It involves a great variety of approaches, theoretical models and applications in the most variety areas of knowledge. However though systemic thinking already has a certain tradition, one of its trade marks is the absence of a unified perspective. Beyond the diverse foci that form the various versions of systemic thinking another difficulty is the wide spread of the term 'system' without any connection with the systemic tradition which rose in the forties. One of the difficulties for the application of the systems ideas is the absence of work articulating the systemic concepts, pointing the commonalities and divergences at the developed concepts. This descriptive study has at its aim to fill in this gap. Through the theoretical research several systemic approach will be examined with the aim to systematize the central ideas of the doctrine principles, basic notions and other related conceptual aspects. Beyond the general contribution of the understanding of the basis of the systemic thought process, the result of the research will be useful as a theoretical basis and bibliographic reference for future academic and applied work which would like to use systemic assumptions.

CAPÍTULO 1

1 – INTRODUÇÃO

‘Crise’, ‘mudança’ e ‘interdependência’ são as três palavras que melhor expressam a realidade do mundo contemporâneo. Para alguns se trata de um universo de novas possibilidades. Entretanto, para muitos, é a fonte de ameaças, que traz insegurança aos indivíduos, que impõe novas demandas aos planejadores sociais e que desafia os administradores de organizações.

Crises conduzem a **mudanças** e mudanças geram crises. Assim, a mudança tem estado no centro das preocupações contemporâneas. Enquanto que no passado seu ritmo era lento, tornando possível a adaptação das pessoas, empresas e organizações sociais, no presente, devido à aceleração das transformações tecnológicas e sociais, têm sido mais traumáticas, gerando muitas vezes problemas graves, que acentuam ainda mais as crises.

A **interdependência** de indivíduos, grupos, organizações, instituições, economias e sociedades, num mundo cada vez mais interconectado, somente tem ampliando a possibilidades de crises, agravando as dificuldades acima descritas. Assim, em qualquer dimensão da vida contemporânea, o ambiente ficou mais largo, mais complexo, menos previsível e mais turbulento.

Neste contexto, seja porque se adaptam ou mudam demasiado lentamente, seja porque as mudanças focalizam em soluções imediatas ou de curto prazo, tanto empresas saem de negócios como governos tem agravado problemas econômicos e sociais.

O quadro geral acima descrito, evidencia, cada vez mais, que muitos dos problemas que urgem ser enfrentados não podem mais ser tratados parcialmente, como se fossem problemas isolados.

Ao nível geral, os macros problemas que desafiam a humanidade nesse final de milênio – a administração da economia globalizada, a superpopulação, o colapso das infraestruturas urbanas, a delinqüência e a criminalidade, a poluição ambiental, o superaquecimento e a possibilidade de catástrofes ecológicas que ameaçam a vida no planeta, etc. – apontam para a necessidade de questionar o padrão sócio-cultural e a lógico do pensamento fragmentado que os gerou e suporta.

Ao nível das organizações empresariais, a adoção de modelos que procuram responder à aceleração das mudanças na mesma proporção e intensidade, tem conduzindo, muitas vezes, a ações que geram resultados de curto prazo que, entretanto, comprometem a sobrevivência futura das organizações.

Embora possa ser verdadeiro que muitos dos problemas têm origem na taxa acelerada de mudança, em contextos complexos, é aparente que não é possível lidar adequadamente com os mesmos se não for entendida a sua natureza. Isso significa que ações mais eficazes, mesmo ao nível específico, requerem a compreensão da mudança e da complexidade de um ponto de vista global.

Assim, a mudança mais importante que deve ter lugar para compreender e agir nos contextos de crise, complexidade e mudança, é a mudança do próprio modo de pensar acerca dessas categorias. Em última instância, requer a mudança do modo de entender o mundo e, mais profundamente, o modo de conceber a natureza (Ackoff, 1981).

O presente trabalho insere-se na perspectiva alinhavada no parágrafo anterior. Procura resgatar (pesquisar) os marcos referenciais de uma forma de pensar que, pela sua natureza, volta-se essencialmente para problemas que envolvem complexidade e mudança.

Trata-se do **pensamento sistêmico**, que começou a se constituir como movimento no âmbito ciência em conseqüência de três mudanças fundamentais associadas à sociedade industrial, consolidadas ou ocorridas durante esse século: a emergência de uma nova percepção e compreensão da natureza em razão dos desdobramentos na ciência; os desenvolvimentos tecnológicos impulsionados pela Segunda Guerra Mundial e a necessidade de administrar estruturas organizacionais cada vez mais complexas, especialmente, a partir do pós-guerra.

O pensamento sistêmico, conforme a acepção da expressão utilizada no presente trabalho, é a denominação dada a uma **nova estrutura conceptual** ou **quadro de referência do processo de pensamento**, fundada numa concepção essencialmente processual e dinâmica da realidade, seja ao nível da natureza, sociedade e do próprio do processo de construção conhecimento. Como distinção geral pode-se afirmar que, enquanto o pensamento tradicional focaliza na **análise** das partes, o pensamento sistêmico empenha-se em obter **sínteses**, a partir da totalidade das interações entre as partes relevantes para a existência de um **‘todo’** (Ackoff, 1981).

O conteúdo do pensamento sistêmico pode ser visto como a formulação de concepções teóricas e os princípios que procuram explicar entidades, fenômenos e situações, cujo entendimento não pode ser obtido pelo pensamento analítico. Trata de questões que envolvem vários fatores ou variáveis, que geram as características e propriedades de entidades globais a partir de **padrões organizados de interações**. Ainda nos primeiros anos do movimento sistêmico, esse conteúdo foi denominado **‘complexidade organizada’** (Weaver 1948; Rapoport & Hovarth, 1959).

Pensar em termos de sistemas significa buscar respostas a questões que exibem características que dependem da interdependência de vários fatores. Estes, muitas vezes, não se limitam ao conteúdo de uma única disciplina. Isso é especialmente relevante quando se trata de temas que envolvem a atividade humana em sistemas sociais, incluindo organizações de produção, onde os fatores envolvidos podem referir-se a diferentes domínios do conhecimento, em distintos níveis de investigação.

Em organizações, o pensamento sistêmico, ao fornecer os conceitos para entender a importância do gerenciamento das interconexões, permite romper as barreiras funcionais e visões compartimentadas (Kim, 1997). Oferece assim uma moldura conceptual para visualizar como cada decisão no negócio é uma decisão que afeta a empresa como um todo (Drucker, 1990)¹.

Assim, a reeducação e preparação das pessoas responsáveis pelas decisões e ações organizacionais, na perspectiva sistêmica, é central para uma visão integrada dos desafios representados pelas mudanças e pela complexidade em todos os domínios da sociedade contemporânea.

¹ Este foi um dos aspectos, destacado por Drucker (1990), como justificativa para a necessidade de uma abordagem sistêmica para a fábrica da virada do milênio.

O uso das idéias sistêmicas para a abordagem de problemas e questões gerenciais em organizações remonta à década de cinquenta.

As aplicações iniciais das idéias sistêmicas a organizações partiam da suposição de que ‘problemas’ são independentes do processo cognitivo e dos interesses humanos. **‘Problemas’ e ‘sistemas’ eram vistos como correspondendo a uma realidade dada objetivamente e os modelos uma representação dos mesmos.** Segundo essa perspectiva, cabe ao especialista empregar a metodologia e/ou técnica mais adequada para a formulação de um modelo que explique as causas do problema.

Entretanto, essa forma de aplicação das concepções sistêmicas passou a ser questionada a partir da década de setenta, dando origem a aplicações baseadas em outros pressupostos. Uma das suposições contida nas novas abordagens é de que em sistemas sociais o fator humano não pode ser considerado como uma parte qualquer do sistema. Segundo as novas tendências, associado ao processo cognitivo e às interações a que está integrado no contexto, **o fator humano introduz uma segunda dimensão de complexidade** (Flood & Carlson, 1988).

Assim, embora o pensamento sistêmico já tenha uma certa tradição de aplicação a organizações, trata-se de distintas abordagens que adotam as idéias sistêmicas de modo bastante diverso. Embora compartilhem o conceito de sistema, contemplam formulações teóricas específicas, e ainda, distintos pressupostos sobre a realidade e o conhecimento obtido com o pensamento sistêmico.

Uma observação ampla mostra que o movimento sistêmico abrange hoje uma grande variedade de modelos teóricos e aplicações práticas, em inúmeras áreas do conhecimento. Envolve trabalho teórico abstrato nas concepções sistêmicas em si, aplicação das concepções sistêmicas a problemas do mundo real - como por exemplo nas ciências administrativas e na engenharia – e a utilização dos conceitos sistêmicos como base para construções teóricas acerca do conteúdo de disciplinas e temas interdisciplinares (Checkland, 1979; Flood & Carlson, 1988; Troncale, 1988). De acordo com Checkland (1994), o compartilhamento do conceito de ‘sistema’ e ausência de uma perspectiva unificada são as duas principais características deste extenso e complexo conjunto de desenvolvimentos teóricos e aplicados.

Além das linguagens específicas, consubstanciadas nas diversas abordagens, outra dificuldade que aparece é a ampla difusão do uso do termo ‘sistema’ sem conexão com tradição sistêmica emergente dos anos quarenta. Tanto na linguagem acadêmica como popular tornou-se um hábito usar a palavra ‘sistema’ para assinalar o caráter contemporâneo de um

conteúdo ou processo. Assim, fala-se em sistema de números, sistema de entrega, sistema de trabalho, sistemas de defesa, sistema de vida (para se referir a modos de agir, hábitos e costumes), sistema de classificação, sistema de governo (regime político), etc.. Esse uso indiscriminado do termo ‘sistema’ levou Pidd (1997) a assinalar que o mesmo tornou-se um ‘lugar comum’, muitas vezes não tendo relação com o conteúdo científico originalmente a ele atribuído pelo movimento sistêmico.

Deve-se acrescentar ainda, que no meio acadêmico é bastante comum denominar de ‘perspectiva sistêmica’ a aplicação de um conjunto de procedimentos sistemáticos. Proceder sistematicamente consiste na utilização de uma seqüência lógica de procedimentos metodológicos ou técnicas, com a finalidade de alcançar um resultado ou objetivo, independente do quadro de referência conceptual adotado. Embora toda abordagem sistêmica contemple uma ‘sistemática’, esta não se confunde com o adjetivo ‘sistêmico’. **‘Sistêmico’ conota uma forma organizada de pensar e proceder, em que é adotado como idéia nuclear o pressuposto da existência de ‘todos complexos’** (Checkland, 1990).

Assim, considerando: i) a relevância do pensamento sistêmico como um novo quadro de referência intelectual para a estruturação do conhecimento em geral, alternativo à perspectiva analítica tradicional; ii) a existência de várias abordagens e metodologias sistêmicas já desenvolvidas para aplicação no campo da intervenção organizacional; iii) a diversidade das linguagens específicas contempladas nas diversas abordagens e iv) a necessidade de bem fundamentar o emprego dos conceitos sistêmicos numa perspectiva científica para aplicações acadêmicas, evidencia-se como uma das dificuldades para a aplicação do pensamento sistêmico a **ausência de trabalhos que articulem e sintetizem as concepções sistêmicas**, apontando aspectos convergentes e divergentes nas abordagens e os respectivos temas complexos aos quais melhor se ajustam as distintas formulações.

Embora o uso de uma ‘abordagem sistêmica’ seja declarada nos mais diversos campos do conhecimento humano, o movimento sistêmico ainda não consolidou algo como uma **teoria geral** ou uma **epistemologia** - conjunto de noções e princípios gerais que comandam o processo de pensamento e construção de conhecimentos - que seja universalmente aceita e, portanto, aos quais possam recorrer pesquisadores de distintas áreas de conhecimento.

O presente trabalho pretende contribuir para suprir essa lacuna. Através de pesquisa teórica pretende-se escrutinar diversas abordagens sistêmicas com o objetivo de sintetizar as idéias centrais em termos de princípios doutrinários, noções e conceitos básicos, e os outros aspectos conceptuais relacionados. Além da contribuição geral para a

compreensão e síntese dos fundamentos do processo de pensamento sistêmico, os resultados da pesquisa poderão servir de referência bibliográfica para outros trabalhos teóricos e aplicações em geral.

Resumidamente o argumento geral consiste na hipótese de que existe **um conjunto de concepções sistêmicas - noções, conceitos, princípios e teorias -**, que vem sendo consolidadas no tratamento de questões de natureza complexa em diferentes áreas do conhecimento - ciências naturais, sociais e administrativas -, que são **relevantes para a aplicação a temas de interesse de organizações de produção, tanto ao nível da formulação teórica e aprendizagem como em aplicações práticas de campo.**

1.1 – OBJETIVOS

A seguir, sucintamente, são descritos os objetivos que se buscará atingir com a realização do presente trabalho.

1.1.1 – OBJETIVO PRINCIPAL

O presente trabalho tem como objetivo principal investigar os fundamentos básicos – princípios doutrinários, noções e conceitos gerais -, concepções específicas e outros aspectos do processo de pensamento sistêmico, como quadro de referência conceptual para a abordagem de questões e problemas complexos.

1.1.2 – OBJETIVOS ESPECÍFICOS

O objetivo principal virá acompanhado dos seguintes objetivos específicos:

- Contribuir como base de referência bibliográfica para futuros trabalhos que pretendam adotar o pensamento sistêmico como base conceptual;
- Contribuir teoricamente, através da formulação da síntese, para a consolidação do pensamento sistêmico;

- Estabelecer parâmetros de comparação entre processo de pensamento sistêmico e processo de pensamento analítico;
- Contribuir para construção de critérios de comparação e investigação das concepções teóricas e princípios do pensamento sistêmico;

1.2 – JUSTIFICATIVA DO TRABALHO

A justificativa geral do trabalho está relacionada à necessidade de contribuições que busquem ajudar a suprir lacunas existentes no pensamento sistêmico, diante da inexistência de uma perspectiva unificada na comunidade sistêmica. Uma das lacunas consiste na insuficiência de trabalhos que estabeleçam conexões entre o grande número de abordagens e modelos sistêmicos já desenvolvidos. Parece relevante, portanto, investigar os aspectos conceptuais fundamentais, apontando os princípios e noções gerais convergentes, distinguindo-as das formulações divergentes ou diversificadoras, em função dos múltiplos conteúdos e/ou dos enfoques específicos adotados. Assim, a partir do exame de diversas abordagens sistêmicas, pretende-se sintetizar as idéias centrais em termos de princípios doutrinários e conceitos básicos e outros aspectos conceptuais relacionados.

Sinteticamente, a importância do presente trabalho pode ser avaliada pelas contribuições que realiza em três níveis distintos: (I) como referência bibliográfica para futuros trabalhos que adotem o pensamento sistêmico; (II) como contribuição teórica pela pesquisa dos fundamentos do pensamento sistêmico e; (III) pela contribuição específica para a prática da engenharia de produção descurtinando alternativas de pesquisa e aplicação, baseadas na perspectiva sistêmica. A seguir são apresentados argumentos para a importância do trabalho relacionado aos três níveis acima citados:

- I. Parte considerável do trabalho consiste na pesquisa de aspectos gerais relacionados ao pensamento sistêmico - o pensamento sistêmico como alternativa ao pensamento analítico, pressupostos básicos, noções e termos sistêmicos, domínios de aplicação do pensamento sistêmico, distinção de modos de aplicação dos conceitos sistêmicos e o exame dos enfoques descritivos da organização sistêmica – através do exame de vários autores com o objetivo de sintetizar os elementos teóricos centrais que fundamentam suas concepções. Esta etapa, além

de ser essencial para a realização do objetivo do trabalho, é importante para a constituição de uma base de referência de consulta para futuros trabalhos que tenham como objeto o pensamento sistêmico e suas aplicações. Sob esse ponto de vista o presente trabalho assume o *status* de pesquisa básica, na medida em que possibilitará estabelecer as bases para o desenvolvimento futuro do conteúdo.

II. Contrariando as expectativas iniciais dos seus fundadores, o movimento sistêmico não consolidou uma perspectiva única. Ao invés disso vem sendo desenvolvidos uma grande variedade de trabalhos teóricos e práticos, nos quais, supostamente, os conceitos e princípios sistêmicos são utilizados. Tais trabalhos desenvolvem-se, separadamente, sem o suporte de uma teoria sistêmica comum. Conforme já apontado, os maiores avanços ocorreram no uso dos conceitos sistêmicos em aplicações específicas como, por exemplo, na resolução de problemas nas ciências administrativas e em aplicação a conteúdos dentro de várias disciplinas tradicionais e temas interdisciplinares. Entretanto, muitas aplicações supostamente sistêmicas, quando examinadas com rigor, consistem tão somente na aplicação sistemática de uma metodologia ou técnica. Em outros casos, o objeto da investigação é denominado de ‘sistema’, consistindo, entretanto, apenas de um conjunto de partes relacionadas de um modo qualquer, sem que possa ser caracterizado como um sistema na acepção atribuída ao termo pelo movimento emergente nos anos 40. Assim, a ausência de um corpo teórico bem estabelecido, além de propiciar a proliferação de várias versões de pensamento sistêmico, permitiu também o uso indiscriminado do termo sistema, sem qualquer laço com conteúdo científico original a ele atribuído. Tendo em vista as considerações anteriores, a importância do presente trabalho também deve ser avaliada pela síntese que procura constituir, numa perspectiva científica, e, pelas ligações que estabelece entre trabalhos sistêmicos que se caracterizam por diferentes ‘linguagens e credos’ (Richardson, 1994). Mesmo não sendo objetivo do trabalho a proposição de algo inédito, no atual estágio do movimento sistêmico a pesquisa dos elementos teóricos gerais (teoria substantiva) e a proposição de uma síntese baseada nos trabalhos de diferentes autores, é uma contribuição para o próprio desenvolvimento do pensamento sistêmico em si.

III. Além da contribuição geral, os resultados do trabalho poderão ser úteis para orientar pesquisas através da visualização de múltiplas formas em que as

abordagens sistêmicas podem ser aplicadas a organizações. O objetivo do trabalho, entretanto, não está em examinar ou testar modelos e metodologias já desenvolvidas, ou na formulação de um modelo ou metodologia inéditos. No plano específico a importância do presente trabalho está em apontar um quadro de referência geral para estruturar questões complexas, sem desmerecer a utilização de outras abordagens com tradição aplicação em organizações.

1.2.1 – JUSTIFICATIVA DAS ABORDAGENS EXAMINADAS

As abordagens selecionadas para investigar os fundamentos do pensamento sistêmico no capítulo IV podem ser agrupadas em três distintos grupos: **abordagens sistêmicas fundamentais, abordagens sistêmicas aplicadas a conteúdos científicos específicos e abordagens sistêmicas aplicadas a organizações.**

As ‘abordagens sistêmicas fundamentais’ são aquelas que estão na origem movimento sistêmico. A justificativa para sua inclusão na pesquisa reside no fato de contemplarem as concepções sistêmicas que impulsionaram o desenvolvimento do pensamento sistêmico como um novo quadro de referência para construção do conhecimento. Entre as abordagens que se enquadram nestas características estão:

- **Teoria Geral dos Sistemas –TGS**, na perspectiva de Bertalanffy (1975);
- **Cibernética I**, que contempla a contribuição de Wiener (1970; 1984);
- **Cibernética II**, que contempla as concepções de Maruyama (1963);
- **Cibernética III**, que trata da contribuição fundamental de Ashby (1970);
- **Dinâmica de Sistemas** que trata do modelo de Forrester (1961, 1990).

Embora as concepções iniciais da Dinâmica de Sistemas tenham sido formuladas para aplicação a corporações industriais, a sua inclusão entre as abordagens sistêmicas básicas deve-se às concepções básicas que contempla e pela influência que exerce sobre toda uma tendência de desenvolvimento do pensamento sistêmico.

As ‘abordagens sistêmicas aplicadas a conteúdos científicos específicos’ comprovam a relevância do pensamento sistêmico como quadro de referência para o desenvolvimento do conhecimento em geral. Os modelos que serão examinados são:

- **A teoria das estruturas dissipativas;**
- **O estudo caos determinístico;**
- **A teoria da *autopoiese*.**

A escolha dessas abordagens deve-se à relevância das formulações que as mesmas contemplam para as ciências contemporâneas e pela sua relação com as abordagens sistêmicas básicas: a teoria das **estruturas dissipativas** amplia a compreensão da natureza dos processos internos em sistemas físicos abertos; o **caos determinístico**, embora seja um desenvolvimento matemático independente, contempla preocupações similares às da Dinâmica de Sistemas, quanto ao comportamento dinâmico de sistemas complexos; a teoria da ***autopoiese*** é um desdobramento das concepções cibernéticas, aplicadas à explicação do fenômeno vivo e do processo cognitivo.

As ‘abordagens sistêmicas aplicadas a organizações’ consistem na aplicação das idéias sistêmicas, na forma de modelos teóricos e metodologias, ao tratamento de questões problemáticas e o gerenciamento de organizações. As abordagens examinadas são:

- **As Abordagens ‘clássicas’ das ciências da administração;**
- **Organizações como sistemas abertos;**
- **O Modelo do Sistema Viável;**
- **A abordagem para organizações sociais de Russel Ackoff;**
- **A Metodologia de Sistemas *Soft* – SSM;**
- **Pensamento sistêmico e aprendizagem organizacional;**
- **As abordagens sistêmicas críticas das ciências da administração.**

A escolha dessas abordagens deve-se ao fato de que na literatura consultada aparecem como uma amostra relevante na aplicação das concepções sistêmicas dentro do campo das ciências da administração. Cabe salientar que essas abordagens serão investigadas quanto às concepções sistêmicas que contemplam e não quanto à relevância e seu potencial como modelo ou metodologia no tratamento do conteúdo específico a que se referem.

A exceção aos três grupos de abordagens acima justificados, incluída na investigação, é a abordagem de Morin (1977). Este autor discute o conceito de sistema sob o ponto de vista epistemológico como noção básica de um novo paradigma de pensamento que

denominou de ‘pensamento complexo’. A justificativa para a inclusão desse autor deve-se ao fato de que o tema abordado tem relação direta com os objetivos do presente trabalho.

1.3 – DESCRIÇÃO DA PESQUISA

Nessa seção será descrito o modo como a pesquisa proposta será realizada para atingir-se os objetivos estabelecidos para o trabalho. Antes, porém, serão descritos os campos de pesquisa no qual o trabalho se inscreve e a questão central que norteará a realização o trabalho.

1.3.1 – CAMPO DE PESQUISA

O presente trabalho situa-se num vasto campo de investigações e conhecimentos, descrito na literatura como ‘ciências sistêmicas’. ‘Sistemas’ como designação do conteúdo de investigação que se refere à ‘complexidade organizada’ e o pensamento sistêmico, como estrutura conceptual que dela emerge, não estão vinculados a questões de uma área específica de conhecimentos, nem tampouco tem como foco um conjunto particular de fenômenos (Checkland, 1981). Ao se referir a todo agrupamento de partes, da qual emergem propriedades que somente podem ser compreendidos como resultado da interação de todos os componentes, a noção de ‘sistema’ se aplica a qualquer campo de conhecimentos (Rosnary, 1975). Dito de outro modo, como estrutura conceptual, o pensamento sistêmico aplica-se a qualquer entidade, física ou abstrata, observada ou imaginada , que deve ser descrita como função da interdependência de múltiplos fatores e por exibir características de totalidade (*wholeness*) (Roberts et alii, 1996, p. 5), independente do nível de análise ou a natureza particular do conteúdo investigado. Esta aplicabilidade universal do conceito de sistema pode ser resumida em duas propriedades que caracterizam o pensamento sistêmico: interdisciplinaridade, e meta-disciplinaridade. O estudo de sistemas, em particular sistemas sociais complexos, rompe com as barreiras entre as disciplinas, pois as interações entre fatores são, muitas vezes, mais importantes que o conteúdo interno de um fator, em relação à sua disciplina (Forrester, 1969, p. 109). Já para Checkland (1981, p. 5) ‘sistema’ como conteúdo de investigação não deve ser colocada no mesmo plano das outras disciplinas. O autor caracteriza o seu conteúdo como meta-

disciplinar, pois versa sobre como construir conhecimentos acerca do conteúdo de outras disciplinas (op. cit., p. 5).

Em função das características acima descritas, o pensamento sistêmico recebe contribuições de inúmeras fontes. Desde conhecimentos oriundos de disciplinas tradicionais, como a biologia, a física e matemática, onde antigas e novas questões passam a ser tratados com a nova abordagem, até aplicações e desenvolvimentos interdisciplinares já em sua origem, como por exemplo, a cibernética e as ciências administrativas, em que uma parcela dos cientistas desenvolve aplicações com base nos conceitos sistêmicos. Também a engenharia contribuiu significativamente, principalmente, a partir da década de cinquenta, quando em muitas áreas a preocupação central deixou de ser o projeto de partes isoladas e passou a ser a interação entre as partes. Outras áreas que trazem contribuições para o pensamento sistêmico são: sociologia, teoria das organizações, economia, ciências políticas, ecologia e ciências cognitivas.

1.3.2 – A ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

A execução do trabalho será efetivada em duas partes, conforme descrito sucintamente nos próximos parágrafos.

Através de pesquisa bibliográfica buscar-se-á constituir uma síntese teórica dos fundamentos do pensamento sistêmico, ampla o suficiente, para que possa servir de base para a abordagem das questões complexas em diversos campos do conhecimento humano. A pesquisa consistirá do exame de várias abordagens sistêmicas – teorias, modelos e metodologias – centrais para as conformações das concepções sistêmicas contemporâneas. A opção pela investigação do pensamento sistêmico como estrutura de pensamento e não por um dos seus múltiplos desdobramentos, é consistente com objetivo central do presente trabalho. Fundamentalmente buscar-se-á constituir uma base para trabalhos futuros que venham a adotar o pensamento sistêmico nas abordagens de questões complexas. O conjunto desses trabalhos não poderá ser enquadrado nos limites de uma perspectiva sistêmica específica pois, os conteúdos envolvidos, podem referir-se a diferentes tipos de complexidade e requerer distintos enfoques quanto ao modo de utilização do conceito de sistema.

A pesquisa teórica dos fundamentos do pensamento sistêmico ocorrerá em dois momentos. Inicialmente, através de revisão da literatura, serão pesquisados aspectos

relacionados à origem e outros aspectos gerais do pensamento sistêmico. Serão objeto de investigação dessa etapa do trabalho a revisão dos fundamentos do pensamento analítico e a emergência do pensamento sistêmico, a revisão do conceito de sistema e de noções e termos que integram a terminologia corrente do movimento sistêmico, considerações acerca do caráter do pensamento sistêmico, considerações sobre os domínios de aplicação do pensamento sistêmico e a definição dos tópicos de referência para o exame das abordagens no capítulo IV, V e VI.

O objetivo principal da primeira etapa do trabalho é preparação da segunda etapa que consiste: (1) no exame das abordagens selecionadas com base nos tópicos definidos no capítulo III e (2) na consolidação dos resultados da pesquisa numa síntese teórica dos fundamentos do pensamento sistêmico (capítulo VII).

1.4 – MÉTODO DE DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

As abordagens examinadas nos capítulos IV, V e VI representam apenas uma pequena fração sobre o que tem sido escrito acerca de ‘sistemas’ e sobre o pensamento sistêmico de um modo geral. As abordagens selecionadas são, portanto, uma amostra restrita. Embora todo trabalho científico consista sempre de uma seleção é adequado apresentar os argumentos ou critérios que justificam a seleção feita. Três foram os critérios centrais:

- **Contemplar os conceitos fundamentais que estão na origem do pensamento sistêmico.** Quanto à esse critério é amplamente reconhecido na literatura sistêmica (Checkland, 1981; Flood & Carlson, 1988) que foram as abordagens cibernéticas e as formulação da Teoria Geral dos Sistemas que estabeleceram as bases iniciais do pensamento sistêmico. Foi acrescentada uma terceira tendência, a Dinâmica de Sistemas, por representar uma abordagem cibernética diferenciada, relevante para os estudo das características dinâmicas de sistemas complexos (Richardson, 1991). O acréscimo das concepções sistêmicas gerais de Edgar Morin, entre as abordagens sistêmicas básicas, deve-se ao fato de que sua abordagem refere-se às concepções sistêmicas fundamentais. O autor, partindo das formulações sistêmicas já existentes, trabalha no plano teórico, procurando desenvolver o conceito de sistema como noção básica de um novo paradigma de pensamento.

- **O segundo critério foi incluir trabalhos relacionados a disciplinas tradicionais, de grande relevância para as ciências contemporâneas, que pudessem ser relacionadas às idéias sistêmicas básicas.** Essa é a justificativa para a escolha da teoria das estruturas dissipativas, um dos mais destacados desenvolvimentos da física contemporânea; da teoria do caos, que trabalho com a matemática dos sistemas complexos e da teoria da *autopoiese*, um importante modelo teórico que traz contribuições importantes para a elucidação do fenômeno vivo e do processo cognitivo.
- **O critério de escolha das abordagens aplicadas a organizações, procurou combinar: (i) relevância em termos de continuidade com as idéias sistêmicas básicas e, (ii) atualidade.** Assim, as abordagens selecionadas constituem uma linha evolutiva do pensamento sistêmico aplicado a problemas organizacionais. As abordagens escolhidas aparecem nas fontes bibliográficas como as mais relevantes na aplicação das concepções sistêmicas no campo das ciências da administração.

A seguir serão apresentadas, sumariamente, as etapas de desenvolvimento do trabalho:

1. *Revisão bibliográfica.*

A pesquisa bibliográfica possui três etapas, cada uma caracterizada por objetivos distintos, conforme pontuado a seguir:

- Primeira etapa: levantamento de referências teóricas básicas sobre o pensamento sistêmico como estrutura geral;
- Segunda etapa: Investigação preliminar da literatura para a definição de tópicos de investigação das abordagens selecionadas;
- Terceira etapa: Pesquisa dos autores selecionados;

2. *Formulação de uma síntese teórica.*

A formulação de uma síntese teórica dos fundamentos do pensamento sistêmico consistirá na tentativa de integrar num ‘todo’ os elementos teóricos pesquisados com base nos tópicos do esquema de investigação descrito no capítulo III.

3. *Conclusões finais*

A elaboração das conclusões finais consistirá na descrição sintética da investigação.

4. *Formalização da pesquisa e de seus resultados.*

A formalização da pesquisa e de seus resultados se dará com a redação do presente trabalho, o qual procura descrever todos os aspectos envolvidos ao longo do desenvolvimento do mesmo.

1.5 – DELIMITAÇÃO DO TRABALHO

O interesse de investigação e a forma da pesquisa proposta, estão estreitamente vinculados ao seu objetivo maior: a pesquisa dos fundamentos do processo de pensamento sistêmico. Para situar a abrangência do trabalho, a seguir serão apresentadas as suas principais delimitações:

1. A investigação dos fundamentos do pensamento sistêmica é feita a partir da definição de tópicos de investigação. A escolha desses tópicos deve-se exclusivamente aos propósitos da pesquisa: pesquisar os aspectos conceptuais convergentes, diferenciadores e divergentes das abordagens selecionadas.
2. A revisão dos fundamentos do pensamento analítico é restrita a posição de autores do movimento sistêmico.
3. Os autores e trabalhos relevantes para a pesquisa serão examinados somente em função das contribuições que realizam para as concepções sistêmicas e não em razão de aspectos teóricos ou metodológicos relacionados aos conteúdos específicos que abordam.
4. O exame dos fundamentos do pensamento sistêmico, como estrutura conceptual ou processo de pensamento, abrange o uso do conceito de sistema tanto na investigação

e/ou representação de fenômenos, como técnica de projeto e planejamento de novas estruturas e ações, e ainda, como noção para a estruturação e aprendizagem sobre situações complexas que envolvem atividade humana.

5. Não faz parte dos objetivos examinar qualquer modelo, metodologia e a teoria específica de nenhum dos autores e trabalhos que serão pesquisados. Referências ou descrições de aspectos metodológicos têm o único intuito de ajudar a elucidar as concepções sistêmicas contempladas na abordagem.
6. Não serão examinados todos os trabalhos que, de algum modo, integram a perspectiva sistêmica. Alguns autores serão referidos somente na medida em que forem necessários para explicar ou suportar algum elemento teórico importante no contexto do trabalho.
7. Não é objeto do presente trabalho o teste, em alguma aplicação específica, das conclusões geradas pela pesquisa.

1.6 – ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO EM CAPÍTULOS

O trabalho desenvolvido foi estruturado nos seguintes capítulos:

CAPÍTULO I

O capítulo I introduz o trabalho explicitando as razões que o originaram e descreve seus objetivos. São ainda apresentados, neste capítulo, a justificativa do trabalho e das abordagens investigadas, a descrição do trabalho, a importância do trabalho, a delimitação e a estrutura do trabalho em capítulos.

CAPÍTULO II

Este capítulo serve como preparação aos próximos cinco capítulos. Através de revisão de várias fontes literárias do movimento sistêmico é feita uma revisão dos fundamentos do pensamento analítico, são descritos aspectos históricos que estão na origem do movimento sistêmico e revisadas noções e termos-chave da terminologia corrente do movimento sistêmico.

CAPÍTULO III

Neste capítulo serão definidos e justificados os tópicos que servirão de esquema básico de investigação dos autores selecionados.

CAPÍTULO IV

No capítulo IV, com base no estabelecido nos tópicos selecionados no capítulo anterior, serão examinadas as abordagens sistêmicas fundamentais.

CAPÍTULO V

No capítulo V, serão examinadas as abordagens sistêmicas que se referem a conteúdos científicos específicos.

CAPÍTULO VI

No capítulo VI, serão examinadas as abordagens sistêmicas voltadas a problemas e questões em organizações.

CAPÍTULO VII

Este capítulo é central para a realização dos objetivos iniciais estabelecidos para o trabalho. Neste capítulo, serão apresentadas as conclusões acerca dos fundamentos do processo de pensamento sistêmico.

CAPÍTULO VIII

O capítulo VIII apresenta as conclusões gerais e sugestões para trabalhos futuros.

CAPÍTULO 2

2. REVISÃO TEÓRICA

Este capítulo constitui a primeira parte da pesquisa dos fundamentos do processo de pensamento sistêmico. Dentro da organização geral do trabalho a revisão teórica cumpre duas funções principais: (i) estabelecer como referência de comparação ao pensamento sistêmico, o pensamento analítico e (ii) introduzir as noções e terminologia básica do pensamento sistêmico. Inicialmente serão revisados os fundamentos doutrinários do pensamento analítico segundo a ótica de autores que se inscrevem na perspectiva sistêmica. Em seguida serão descritos alguns precedentes históricos que contribuíram para a emergência do pensamento sistêmico, como alternativa ao processo de pensamento analítico. Para finalizar serão revisados termos e definições básicas do pensamento sistêmico.

2.1 – DO PENSAMENTO ANALÍTICO AO PENSAMENTO SISTÊMICO

Esta seção tem por objetivo delinear as principais características do processo de pensamento analítico que fundamenta a ciência moderna. Em seguida será contextualizada a emergência do pensamento sistêmico, que nasce em continuidade a essa tradição, buscando superar as limitações da perspectiva analítica no tratamento de vasto conjunto de novas questões

que não encontram no seu arcabouço a abordagem adequada. A revisão iniciará com uma importante caracterização, proposta por Ackoff (1974; 1981), quanto aos contextos históricos de emergência dos dois quadros de referência.

Para Ackoff (1974; 1981), aproximadamente por volta da Segunda Guerra, uma profunda mudança começa a se esboçar na sociedade industrial contemporânea. A ‘era das máquinas’, associada à revolução industrial, começa a dar lugar à ‘era dos sistemas’.

Na ‘era das máquinas’, conforme aponta Ackoff (1981), o universo foi concebido como uma grande máquina e todas as coisas nele contidas, incluindo o Homem, eram vistas como partes dessa máquina. Todos os fenômenos, nesse universo, poderiam ser entendidos isolando e analisando as partes que os compõem. Já a ‘era dos sistemas’, numa perspectiva sociológica, emerge como consequência do crescimento extraordinário da interdependência, devido aos sistemas complexos construídos pelo homem. Segundo o autor, o novo período histórico é caracterizado pela mudança permanente e requer uma nova concepção da realidade.

Na ‘era dos sistemas’, segundo Ackoff (1981), o **pensamento analítico**, na medida em que trata a natureza de todas as coisas a partir dos seus elementos básicos, obscurece as características e qualidades singulares dos fenômenos e situações que envolvem a complexidade organizada. O **pensamento sistêmico**, conforme sugere, propõe-se justamente a desenvolver uma nova estrutura intelectual que procura descrever a ‘complexidade organizada’ como redes dinâmicas de interações, baseado no conceito de sistema.

No presente trabalho as expressões ‘pensamento analítico’ e ‘pensamento sistêmico’ serão adotadas, respectivamente, para designar o processo de pensamento que deriva da estrutura intelectual analítica que subscreve a visão de mundo mecânica e o processo de pensamento cuja organização intelectual é baseada na noção contemporânea de sistema. A partir dessa distinção, adotar uma ‘abordagem analítica’² consiste apoiar-se nos preceitos do pensamento analítico para investigar um conteúdo em qualquer campo de conhecimento. Analogamente, adotar uma ‘abordagem sistêmica’ implica em utilizar os preceitos do processo de pensamento sistêmico no processo de investigação e estruturação de conhecimentos em qualquer área ou nível de investigação.

² O termo ‘abordagem’ é empregado aqui com o significado atribuído a ele por Checkland (1981). O autor distingue abordagem, metodologia, método e técnica. ‘Abordagem’ para Checkland tem o sentido de filosofia: um conjunto de diretrizes amplas para a ação. Sob uma mesma abordagem pode haver uma grande variedade de metodologias: programas genéricos para desdobrar diretrizes em ações. Uma metodologia, por sua vez, utiliza várias técnicas - programas específicos de ações - e ferramentas para operacionalizar a investigação dos problemas dentro de cada disciplina.

Tanto as ‘ciências analíticas’ como as chamadas ‘ciências sistêmicas’, em seus múltiplos desdobramentos, são atividades direcionadas a conteúdos específicos. São suportadas ao nível fundamental, respectivamente, pelos modos analítico e sistêmico de pensar. Estes, como quadros de referência conceituais gerais, envolvem doutrinas e noções conceituais que conformam distintas visões de mundo e processos racionais. Tais princípios e noções gerais fornecem a base sobre o qual são desenvolvidos procedimentos metodológicos e várias linguagens para descrever os fenômenos, situações e problemas distinguidos na realidade.

Desse modo, **o pensamento analítico e o pensamento sistêmico, como estruturas intelectuais genéricas, fornecem as concepções profundas “acerca de como alguém pode começar a entender o mundo e comunicar este conhecimento a outros seres humanos” (Burrell e Morgan, 1979, p. 1).** Portanto, constituem o substrato sobre o qual são constituídas epistemologias ou linguagens que subscrevem as várias versões teóricas e metodológicas utilizadas na prática da ‘ciência analítica’ e ‘ciência sistêmica’. O exame do pensamento analítico, como fundamentação epistemológica³ da ciência clássica, será o tema dos próximos parágrafos.

2.1.1 – O PENSAMENTO ANALÍTICO

O nascimento da racionalidade moderna deve-se à revolução científica que ocorreu nos séculos XVI e XVII. Seus principais expoentes foram Kepler, Copérnico, Galileu, Descartes e Newton. No centro das concepções que deram origem à ciência moderna esteve a crença num modo racional de pensar e testar idéias, essencialmente distinto das idéias que sustentavam a ciência da Antiguidade, ou ‘aristotélica’.

Embora o momento de ruptura inicial com a visão de mundo antiga tenha sido a formulação do modelo heliocêntrico por Copérnico, o começo da ciência moderna normalmente é creditado a Galileu, quando o mesmo suplantou as concepções teleológicas⁴ que

³ Aqui, comparativamente a Burrell e Morgan (1979), introduz-se uma distinção entre epistemologia e ‘pressupostos de natureza epistemológica’. No presente trabalho, uma ‘epistemologia’, como linguagem descritiva da realidade, além de se apoiar em pressupostos sobre o caráter do conhecimento (pressupostos epistemológicos), inclui outras doutrina, conceitos e teorias. Desse modo uma epistemologia, como linguagem lógica que conforma um processo de pensamento específico, não se confunde com os ‘pressupostos epistemológicos’, que são suposições mais básicas acerca do conhecimento obtido com a mesma.

⁴ Comportamento teleológico, segundo a concepção aristotélica, significava que o movimento ou a trajetória de algo está pré-determinada por um suposto fim, ou seja, sua “posição natural” relacionada às várias substâncias. O

predominavam na ciência aristotélica (Rapoport, 1976; Checkland, 1981). Galileu sustentou que as causas do movimento eram forças que agiam sobre os corpos, mudando instantaneamente suas velocidades, ao invés de ser determinado em função de causas finais associado à natureza dos corpos. Essa idéia, aparentemente simples para os padrões do conhecimento atual, desencadeou uma revolução profunda, que desconstituiu os alicerces da maioria das crenças científicas da antigüidade.

De acordo com Checkland (1981), a revolução científica teve seu apogeu quando Newton sintetizou em um todo coerente⁵ a nova concepção do universo derivada da astronomia de Kepler⁶ e da mecânica de Galileu. Segundo o autor, Newton forneceu o arcabouço completo da ciência moderna: a experimentação, a matemática como a linguagem fundamental e a explanação teórica na análise dos fenômenos da natureza e das leis fundamentais que os governam. O autor cita uma passagem de Buchdahl para destacar o grande impacto que teve o modelo newtoniano:

“Esta síntese de dados empíricos e as relações matemáticas abstratas que foram unificados numa teoria e que podiam ser verificados com grande precisão através da observação, impressionaram os contemporâneos de Newton por aparentemente conferir ao conhecimento dos fenômenos físicos a certeza matemática e, dando-lhes, um novo sentido de poder sobre a natureza” (Buchdahl, 1961, Apud Checkland, 1981, p. 44).

As principais características do pensamento consolidado por Newton – pensamento analítico na terminologia do presente trabalho –, de acordo com Ackoff (1981), podem ser sintetizadas no conteúdo de quatro termos: **análise, reducionismo, determinismo e mecanicismo**⁷.

A) Análise significa adotar como fundamento de investigação a suposição de que todos fenômenos, sejam eles simples ou compostos, podem ser compreendidos examinando

movimento e o estado final de um objeto eram determinados por uma suposta “posição natural” associada à natureza intrínseca da substância (Rapoport, 1976). Nesta estrutura de pensamento, por exemplo, a queda de uma pedra devia-se à natureza da pedra ou a elevação da fumaça pela natureza da fumaça. Tratava-se de propriedades inerentes a todos os corpos que não necessitavam de nenhuma explicação.

⁵ Newton unificou as chamadas mecânica celeste e terrestre quando formulou a lei da gravitação universal que possibilitou a descrição do mundo através de um conjunto de leis simples (Rapoport 1976).

⁶ Checkland (1981) atribui a Kepler a origem da idéia de um universo mecânico operando segundo leis que poderiam ser expressas matematicamente, leis que, para Kepler, “Deus criou e que homem poderia descobrir”.

⁷ Na literatura sistêmica um ou mais desses termos aparecem com frequência para caracterizar o pensamento científico clássico.

separadamente as partes que os constituem (Rapoport, 1959; 1968; 1976; Ackkoff, 1974; 1981; Checkland, 1981).

Segundo Checkland (1981), o método analítico presume a existência de duas condições fundamentais: (a) que as interações entre os demais elementos, excetuando os dois em consideração, não existam ou sejam fracas o suficiente para que possam ser desconsideradas e (b) que as relações que descrevem os processos ou interações parciais sejam lineares. Somente nessas condições aplica-se a condição de aditividade, ou seja, as equações que descrevem o todo são da mesma forma que as equações que descrevem o comportamento das partes, permitindo que os seus resultados possam ser adicionados. Fenômenos complexos resultariam, assim, da sobreposição e encadeamento de relações simples entre as partes em que os mesmos podem ser desmembrados. Nos termos de Rapoport (1959), proceder analiticamente implica em pressupor

“[...] que é possível ‘construir’ um entendimento da complexidade através da sobreposição do funcionamento das várias partes constituintes” (Rapoport, 1959, in Buckley 1968, p. 71).

Ackoff (1981) resumiu o procedimento analítico como um processo de três estágios:

- Separação do objeto material ou conceptual a ser investigado nas partes que o constituem;
- Tentativa de compreensão das partes constituintes, separadamente;
- Reunião do conhecimento alcançado para a compreensão do todo.

A lógica desse procedimento geral deriva de dois princípios doutrinários que estão no núcleo ontológico do pensamento analítico, quais sejam:

- (i) **Toda a complexidade do universo pode ser explicada a partir dos seus componentes básicos. No extremo tudo pode ser reduzido às partes elementares da física e;**
- (ii) **As relações entre os componentes de qualquer entidade ou fenômeno do universo são determinadas por relações de causa e efeito simples (Ackoff, 1974; Rapoport, 1976; Checkland, 1981).**

B) O reducionismo foi o principal legado da concepção cartesiana. Estabelece que o mundo pode ser descrito em termos de ‘naturezas simples’ e ‘naturezas compostas’, onde a descrição das últimas pode ser feita em termos das primeiras (Checkland, 1981). Qualquer fenômeno pode ser convenientemente explicado partindo-se de causas particulares movendo-se em direção a causas cada vez mais gerais (Rapoport, 1959).

Checkland (1981) aponta três significados distintos que o termo reducionismo pode assumir nas ciências: (a) simplificação e seleção pela necessidade de diminuir a variedade do mundo na definição de um experimento científico; (b) como redução de uma explicação ao essencial, possibilitando o ganho de coerência lógica na explicação e (c) como desmontagem dos fenômenos para análise, conforme o método proposto por Descartes. Segundo Checkland (1981), a ciência adotou a proposição de Descartes e, hoje, ‘pensamento científico’ seria quase que sinônimo de pensamento analítico. O lugar preponderante do reducionismo, entre as características das ciências experimentais, Checkland assinalou na citação que segue:

“Podemos *reduzir* a complexidade da variedade do mundo real com experimentos cujos resultados são validados pela sua *repetibilidade*, e podemos construir conhecimento pela *refutação* de hipóteses. A abordagem reducionista da ciência é a maior fonte do seu poder. Por isolar somente uma parte da natureza como o objeto de preocupação e investigando sistematicamente poucas variáveis no mundo artificial simples do laboratório, podemos ajudar a assegurar que os resultados serão inteligíveis e, esperançosamente, inequívocos (Checkland, 1976, p. 128).

A **doutrina reducionista** (Ackoff, 1981) legou como principais conseqüências a fragmentação do processo de aquisição de conhecimentos em diferentes disciplinas e dentro de cada disciplina, a redução dos fenômenos a seus componentes mais básicos (Checkland, 1976).

Entretanto, como destacou Ackoff (1981), a explicação de um objeto em função das suas partes introduz um problema de natureza ontológica. Segundo a lógica da sucessiva redução dos fenômenos aos seus elementos, o processo seria ilimitado. Assim, a compreensão racional do mundo seria algo inalcançável⁸. Esse problema foi contornado, como explica Ackoff (1981), na medida em que a concepção cartesiana incorpora a idéia atômica da antigüidade - **a crença de que existem partes indivisíveis**. Uma vez assumida a concepção atomista, reducionismo implica que “toda realidade e a nossa experiência com a mesma pode ser

⁸ Segundo Ackoff (1981), isso estaria em conflito com o contexto intelectual da revolução científica: o renascimento. Neste, crença predominante era de que seria possível alcançar a compreensão racional plena do universo.

reduzida a elementos últimos e indivisíveis” (op. cit., p. 9). Em última instância, todos os objetos seriam redutíveis a partículas indivisíveis, possuindo “apenas duas propriedades intrínsecas: massa e energia” (op. cit., p. 9).

C) Determinismo é a doutrina científica que estabelece que todas as relações entre os fenômenos e entre as partes de um fenômeno, podem ser reduzidas a relações causais simples. Tudo o que acontece no universo teria uma causa definida e originaria um efeito definido (Ackoff, 1981). Não somente os fenômenos podem ser explicados em termos das partes, como também as interações poderiam ser reduzidas a “relações elementares” (op. cit., p. 10). Assim, conforme anotou Rapoport (1959), todo o universo seria uma grande cadeia de relações causais, onde cada efeito é visto como uma nova causa para a interação subsequente. No extremo, segundo Stewart (1996), o determinismo conduz ao ideal laplaciano, segundo o qual, tanto o futuro como o passado de qualquer parte do universo poderia ser calculado, uma vez sendo conhecidos todos os seu estado atuais.

Rapoport (1968) chama atenção para o fato de que, na prática, várias causas podem convergir para gerar um mesmo efeito. Nesses casos, segundo o autor, o uso da linguagem comum torna muitas vezes a descrição de entidades com complexidade acentuada incompreensível. A linguagem matemática aparece como o principal recurso utilizado pela ciência clássica para suprimir essa limitação (Rapoport, 1968). Nas equações da matemática analítica a propriedade da sobreposição e aditividade está incorporada no próprio modelo matemático⁹.

Outra vantagem da linguagem matemática sobre a linguagem comum, apontada por Rapoport (1968), é a capacidade dos modelos genéricos de contemplar, implicitamente, todas as relações causais possíveis.

D) Mecanicismo é a designação dada à visão de mundo derivado das duas doutrinas anteriores. Assim, o ‘pano de fundo’ da ciência analítica é visão de que o universo é uma grande máquina à semelhança do mecanismo de um relógio mecânico.

Máquinas mecânicas são complexos de componentes que se relacionam de modo serial ou aditivo (Rapoport, 1959, p. 75). Seu funcionamento é uma cadeia de eventos onde cada evento decorre do evento precedente. Um exemplo, citado pelo autor, é a transmissão de uma força através de uma alavanca mecânica que gera, como efeito, um torque numa roda;

⁹ Isso ocorre porque nas equações matemáticas é assumido que todas as relações são conhecidas de uma só vez. Cada relação pode ser determinada separadamente sendo mantidas constantes todas as outras variáveis exceto as duas sob investigação.

quando a roda gira um relé é acionado, que permite que a corrente circule nos fios condutores; por sua vez, a rotação do fio condutor gera um campo magnético e assim por diante. **Sistemas desse tipo ou mecânicos não tem como requisito da sua construção “‘laços fechados’ de relações na cadeia”** (op. cit., p. 75) de eventos. Para compreender seu funcionamento é suficiente entender a seqüência de ligações entre seus componentes (Rapoport, 1959; Ackoff, 1981).

Uma outra característica importante das máquinas mecânicas é que sua operação é independente do ambiente. **Nesse sentido, sistemas mecânicos são estruturas fechadas.** De modo semelhante, o pensamento analítico aborda o universo e suas partes como estruturas fechadas, redutíveis a relações de causa e efeito simples, sem influências externas (Ackoff, 1981).

2.1.1.1 – ALGUMAS CONSEQÜÊNCIAS DO PENSAMENTO ANALÍTICO

Sistemas mecânicos foram o principal produto da ciência clássica e constituíram a base para a revolução industrial que criou as condições para a sociedade contemporânea.

A idéia de um universo mecânico passou a predominar quando os conhecimentos da revolução científica, especialmente em função dos desdobramentos na física¹⁰, passaram reverter-se em tecnologia e alteraram a vida em sociedade. A revolução industrial, onde dispositivos mecânicos passaram a substituir o trabalho físico humano e de animais, segundo Ackoff (1981), foi a conseqüência mais importante do pensamento analítico. Realizando tarefas elementares, homens e máquinas foram agregados para realizar trabalho, sendo a linha de montagem um dos resultados mais proeminentes da Revolução Industrial.

¹⁰ Como ressalta Rapoport (1976), o sucesso da física clássica deve-se em grande parte, ao fato de que a chamada “mecânica celeste” é um caso especial, pois as interações entre os planetas puderam ser desprezadas. Eram suficientemente fracas em comparação com força entre um planeta e sol isoladamente de maneira que o seu movimento podia ser calculado como boa aproximação como se o planeta e o sol fossem os únicos dois corpos do universo. Segundo o autor esse sucesso da física no tratamento matemático da natureza específica do sistema solar, ao mesmo tempo que alçou a física a desenvolver métodos matemáticos bastante rigorosos, que até hoje permanecem modelos nas ciências, *fixou* os espíritos dos que trabalham em matemática aplicada na medida que procuram formular problemas de forma a torná-los tratáveis por esses métodos.

Um quadro completo das conseqüências gerais da ciência clássica, para civilização humana, foi sintetizado por Checkland (1981):

“Mais do que ser meramente um produto, entretanto, a ciência é uma *invenção* de nossa civilização – uma invenção cultural – e é provavelmente a mais potente invenção jamais feita em toda a história da espécie humana. Nosso mundo no século vinte é essencialmente o mundo criado pela atividade da ciência, e não somente fisicamente em nossas cidades, nosso transporte e nossos sistemas de comunicação, mas também criado institucionalmente em nossos procedimentos políticos e administrativos, no modo como organizamos a sociedade. Racionalismo e empiricismo, resultados gêmeos da Revolução científica do século dezessete, tem influenciado toda a nossa civilização, não somente em sua tecnologia mais recente. Os frutos da ciência moderna estão agora todos permeados pela sua influência. A ciência deu-nos conhecimento testável sobre o modo como o mundo natural funciona e forneceu-nos no mínimo a possibilidade do bem estar material, mesmo num planeta de recursos finitos; deu-nos também os meios de destruir toda a vida em nossa planeta” (Checkland, 1981, p. 23, 24).

A seguir serão pontuadas as principais conseqüências do pensamento analítico em termos dos aspectos mais relevantes que o caracterizam como quadro geral de referência do processo de pensamento.

- **A busca dos elementos.** O sucesso alcançado na física levou à generalização da perspectiva analítica como modelo de investigação e estruturação de conhecimentos nas ciências em geral. Embora as denominações mudem ao longo tempo, em razão da teoria adotada, é possível identificar a busca por elementos básicos nas mais variadas disciplinas: na química os elementos da tabela periódica; na biologia as células e depois gens; na psicologia as mônadas ou impulsos, necessidades e instintos, ou ainda, id, ego e superego com Freud; na lingüística os fonemas. Estes são alguns exemplos salientados por Ackoff (1981).
- **A exclusão do ambiente.** Uma conseqüência importante do determinismo, assinalada por Ackoff (1981), é a ausência do conceito de ambiente nas abordagens clássicas. A física clássica procura eliminar todas os fenômenos perturbadores, estudando as relações de interesse isoladamente¹¹. Foi a crença de que é possível isolar as relações entre dois elementos que deu origem ao chamado ‘experimento controlável’ (Checkland, 1981). Ao sacar as relações do seu contexto, acabam sendo eliminadas as possibilidades do reconhecimento de interações complexas. Experimentos de

¹¹Ackoff (1981), cita como exemplo, a ‘lei da queda livre’ onde é suposto a ausência de influências ambientais. A aparente universalidade desta e de outras leis, segundo o autor, deriva do fato de que são boas aproximações na maioria das situações que experimentamos em nosso ambiente cotidiano.

laboratório, onde são isoladas relações de causa e efeito, fazem com que o pesquisador não tenha meios para enxergar as mesmas (Ackoff, 1981; Checkland, 1981).

- **A concepção da realidade e a natureza do conhecimento.** Conforme visto, o reducionismo e determinismo são os dois pilares mestres da ciência clássica. São essas duas doutrinas que suportam a crença na ‘objetividade científica’. Ou seja, a crença da existência de um universo constituído de **objetos** que, por natureza, são separados ou isolados e que podem ser relacionados de modo causal, a partir de **leis objetivamente universais** que os governam.

“Nesta visão o objeto existe de modo positivo, sem que o observador/construtor participe da sua construção com as estruturas do seu entendimento e as categorias da sua cultura. [...]. Determinamos sua realidade objetiva quando o isolamos experimentalmente. Assim, a objetividade do universo dos objetos mantém sua dupla independência, em relação ao observador humano e em relação ao meio natural” (Morin, 1977, p. 93-94).

- **O método do pensamento analítico.** Do ponto de vista metodológico, as duas doutrinas fundamentais do processo de pensamento analítico regem os procedimentos no chamado ‘método científico’ ou analítico. Qualquer objeto pode ser definido a partir de leis gerais que o governam e das unidades elementares de que é constituído (Morin, 1977). Ou seja, em toda explicação dita científica a descrição das características (propriedades e qualidades) de um objeto ou fenômeno composto, implica em “descobrir os elementos simples e as regras simples a partir das quais se operam as combinações variadas de construções complexas” (op. cit., p. 94). Por fim, tendo o objeto existência objetiva, suas características “podem e devem converter-se em grandezas mensuráveis” (op. cit., p. 94) que poderão ser verificadas, repetindo-se as condições originais.

Rapoport (1968) questiona quanto às razões do sucesso do método analítico nas ciências, especialmente nas ciências físicas. Procurando responder pondera que é justamente sob a denominação de ‘ciências físicas’ que são investigados aqueles fenômenos em que o método analítico poderia obter maior sucesso. Entretanto, conforme assinala, nas ‘ciências biológicas’ e nas ‘ciências sociais’, excetuando aquelas situações em que as entidades vivas são estudadas como objetos físicos, a aplicabilidade do método analítico é bastante limitada. O autor assinala, por exemplo, que a partir das leis da física pode ser explicado o diâmetro necessário das

pernas de um elefante para suportar seu peso; ou aspectos aerodinâmicos relacionados ao vôo de um pássaro; ou ainda, processos fisiológicos orgânicos com base em princípios físico-químicos. Porém, Rapoport (1968) chama atenção para o fato de que as leis da física não servem para explicar, por exemplo, por que um pássaro levanta vôo num momento particular, nem por que um elefante usa sua habilidade e resolve manter-se de pé. Também não servem para explicar por que a partir de um embrião se desenvolve um organismo e a diferenciação celular, nem tampouco por que quantidades grandes de pessoas resolvem entrar em guerra e atirar umas nas outras.

A emergência do movimento sistêmico é uma resposta à incapacidade da ciência analítica de lidar com as diversas formas de complexidade. Na próxima subseção serão examinados antecedentes históricos e aspectos relacionados ao desenvolvimento científico, tecnológico e social que desembocaram na emergência das concepções sistêmicas atuais.

2.1.2 – PRECEDENTES DO PENSAMENTO SISTÊMICO

Nesta seção será examinada a conjunção de desenvolvimentos que levaram à emergência do pensamento sistêmico como alternativa para a abordagem de amplo espectro de fenômenos e situações, em relação às quais, a abordagem analítica tem se mostrado insuficiente ou inadequada. Nos próximos parágrafos, primeiramente serão apontados alguns antecedentes históricos quanto à presença das idéias sistêmicas em várias áreas do conhecimento em diferentes épocas. Em seguida serão discutidas algumas insuficiências do pensamento analítico no tratamento de questões cruciais que emergiram na física e biologia e da complicação introduzida pela autoconsciência humana, principalmente nas ciências sociais. Finalmente, serão examinados aspectos relacionados aos desenvolvimentos tecnológicos e a acentuação da complexidade da organização social decorrente, como pano de fundo para a emergência do pensamento sistêmico na sua forma contemporânea.

2.1.2.1 – ANTECEDENTES HISTÓRICOS

Embora o termo ‘sistema’ não fosse ainda empregado, algumas das idéias básicas contempladas nas concepções sistêmica, ficam raízes nos primórdios da filosofia e ciência ocidental.

Como assinala Capra (1997), **as idéias sistêmicas aparecem como tema recorrente na ciência através de concepções holistas em oposição a concepções mecanicistas**. Segundo o autor, as raízes dessa tensão remontam à antiga dicotomia entre substância - entendida como matéria, estrutura, quantidade - e forma – entendida como padrão, ordem, qualidade - oriunda das escolas filosóficas gregas.

Esta dicotomia se manteve, segundo o autor, durante todo o período medieval, período em que predominou o pensamento aristotélico. Entretanto, conforme já revisado, a revolução científica foi um golpe nas concepções teleológicas antigas.

Ao suplantando a crença de que o movimento dos corpos era determinado pela natureza intrínsecas das substâncias, de um só golpe a revolução iniciada por Galileu eliminou todos os aspectos qualitativos da ciência, restringindo-a ao estudo dos fenômenos que podiam ser analisados através de medição e quantificação.

Segundo assinala Capra (1997), o primeiro movimento de oposição ao pensamento analítico, foi esboçado pelos poetas românticos alemães. Entre estes se encontrava Goethe, apontado como o pioneiro no uso do termo ‘morfologia’ na biologia, no sentido dinâmico e de desenvolvimento de formas vivas.

Um outro importante antecessor do pensamento sistêmico, citado por Capra (1997), é o filósofo Immanuel Kant. Kant é apontado como o introdutor da noção de ‘auto-organização’, como característica distintiva dos sistemas vivos.

Capra (1997) ainda menciona os trabalhos do geólogo escocês James Hutton e o naturalista alemão Alexander Von Humboldt como formuladores de importantes idéias acerca da unidade do planeta como ecossistema. Estes teriam antecipado as modernas formulações ecológicas sistêmicas, segundo as quais os sistemas vivos e o clima da terra são o resultado de um processo de co-evolução.

Bertalanffy (1975) cita como antecedentes das idéias sistêmicas a ‘filosofia natural’ de Leibniz, as idéias de Nicolau de Cusa sobre a coincidência dos opostos e a dialética de Hegel e Marx.

Além das idéias dialéticas de Hegel e Marx, Richardson (1991) destaca as teorias de Adam Smith quanto às tendências auto-regulatórias dos ciclos econômicos e a oscilação do crescimento populacional na teoria malthusiana como importantes trabalhos que contemplam embrionariamente idéias sistêmicas. Conforme mostra Richardson (1991), os trabalhos desses autores envolvem descrições que implicitamente envolvem as noções de *feedback* e causalidade mútua, idéias centrais nas concepções sistêmicas contemporâneas.

O trabalho de Claude Bernard, fundador da moderna medicina experimental, é apontado por Bertalanffy (1975) como o principal precursor da chamada biologia organísmica. Conforme será examinado, as concepções dos biólogos organísmicos foram fundamentais no estabelecimento das bases do movimento sistêmico.

Como precursores mais imediatos, já no nosso século, aparecem nomes como o de Köeler, autor que através de uma obra publicada em 1924 postulou a formulação de uma teoria dos sistemas destinada aos sistemas inorgânicos, tendo como referência os sistemas orgânicos (Bertalanffy, 1975); Alfred North Whitehead, filósofo e matemático inglês que propugnou a necessidade de uma concepção científica orgânica (Bertalanffy, 1975) e orientada para os processos (Capra, 1997); o trabalho de Lotka – Volterra sobre os padrões dinâmicos do comportamento das populações de espécies (Bertalanffy, 1975; Richardson, 1991) e o trabalho de Walter Cannon, fisiologista que estudou a capacidade auto-regulatória ou homeostase do organismo humano frente a variações no seu ambiente interno e externo (Bertalanffy, 1975; Richardson, 1991).

2.1.2.2 – DILEMAS NAS CIÊNCIAS

O primeiro grande abalo da concepção mecânica do universo ocorreu ainda durante o século XIX, com a formulação do conceito de entropia. Antes da descoberta da entropia e da formulação do segundo princípio da termodinâmica, segundo Morin (1977), outras idéias que poderiam questionar a concepção clássica, como é o caso das teses evolucionistas,

foram reabsorvidas dentro da idéia de um universo mecânico¹². Entretanto, a descoberta da entropia revelou uma anomalia que abalou profundamente os alicerces da ciência analítica.

Conforme já assinalado, matéria e energia foram dois principais conceitos da concepção mecânica do universo. Tudo poderia ser reduzido a essas duas unidades. A energia foi concebida como uma entidade que se conservava e podia ser transformada sem restrições quanto à sua reversibilidade (Morin, 1977).

Com a formulação do segundo princípio da termodinâmica essa suposição básica foi negada. Nem toda a energia pode ser re-convertida. Na medida em que todo o processo de conversão energética libera calor, uma parte da energia se degrada irreversivelmente¹³.

A formulação do segundo princípio teve importantes conseqüências para a emergência do pensamento sistêmico. Contrariamente à concepção mecânica de Newton, sem fornecimento de energia externa sistemas mecânicos fechados degeneram para estados cada vez menos organizados. Tendem ao equilíbrio térmico, perdendo totalmente a sua capacidade de realizar trabalho¹⁴. Como bem notou Morin (1977), o segundo princípio colocou em xeque as convicções num universo bem organizado e mecanicamente estruturado:

“A partir do momento em que se estabeleceu que os estados de ordem e organização são, não apenas degradáveis, mas também improváveis, a evidência ontológica da ordem e da organização é derrubada. O problema já não consiste em saber por que razão existe desordem no universo se nele reina a ordem universal. Consiste em saber por que razão existe ordem e organização no universo. A ordem e a organização, deixando de ser evidências ontológicas, tornam-se problema e mistério: têm de ser explicadas, justificadas e legitimadas” (Morin, 1977, p. 41).

¹² Segundo Morin (1977) as idéias de mudança associadas às teses evolucionistas foram absorvidas na perspectiva de que se tratam de aperfeiçoamentos no caminho de um universo cada vez mais ordenado e racional. Dentro dessa perspectiva, a vida obedeceria às leis da evolução e seleção natural e as sociedades seriam governadas por leis que as conduziriam no sentido do progresso. Assim, na perspectiva da ciência clássica, as leis da evolução descrevem um universo que caminha no sentido do aparecimento de uma ordem racional superior, cujo ápice seria o aparecimento do *homo sapiens*. (Morin, 1977, p. 38).

¹³ O calor, segundo a termodinâmica clássica, origina-se do aumento do estado de agitação das moléculas. Calor é a energia despreendida devido ao aumento do movimento desordenado das moléculas. Devido à perda de energia, sob a forma de calor, o estado original nunca é restabelecido espontaneamente. Assim, nem toda a energia se converte em trabalho, conforme supunha a física clássica. Parte se converte em desordem molecular.

¹⁴ O Segundo Princípio aplicado ao universo como um todo, concebido como um sistema fechado, portanto com energia finita, sugere que este tenderá à morte térmica, o que significa a sua completa desorganização.

Como se explica o aparecimento das formas biológicas e sociais altamente organizadas que contrariam o crescimento da entropia? Como se mantêm e evoluem? Como a progressão irreversível em direção à entropia é compatível com o desenvolvimento organizador do universo material e, na seqüência, da vida que conduz ao *homo sapiens*? Estas eram algumas das interrogações que passaram a escapar do arcabouço conceptual da ciência clássica (Morin,1977). Constituíram o terreno fértil para que germinassem novas idéias, algumas das quais contribuíram para o nascimento do pensamento sistêmico contemporâneo.

Nesse século, problemas apareceram em duas outras áreas da física. Com o desenvolvimento da física quântica, a idéia do elemento último ou partícula elementar da matéria também passou a ser questionada. Na base do mundo físico, de acordo com a física quântica, em vez de elementos existem padrões probabilísticos de interconexões, cuja localização no tempo e no espaço dependendo do processo de observação (Capra, 1997). Assim, salienta o autor, partículas subatômicas não existem isoladamente como “blocos de construção” (op. cit., p. 41) e sim, como complexas redes de relações cujo comportamento é determinado pelo todo. Capra (1997) faz a seguinte comparação entre a mecânica clássica e a física quântica:

“No formalismo da teoria quântica, essas relações são expressas em termos de probabilidade, e as probabilidades são determinadas pela dinâmica do sistema como um todo. Enquanto que na mecânica clássica as propriedades e o comportamento das partes determinam as do todo, a situação é invertida na mecânica quântica: é o todo que determina o comportamento das partes” (Capra, 1997, p. 42).

Já as novas descobertas da astronomia, segundo Morin (1977), definitivamente destruíram a ilusão no universo como uma máquina perfeita que funcionaria de acordo com leis eternas. A partir dos anos vinte, uma série de descobertas revelou que milhares de galáxias, com quasares, pulsares e ‘buracos negros’ constituem o universo e, o que é mais importante, em vez de ser uma máquina bem regulada, concluíram os astrônomos que o universo se dilata e se dispersa, podendo ter se originado de uma explosão. Planetas e estrelas continuam a se formar, enquanto outras explodem e desaparecem. Tais descobertas reforçaram a convicção de que a ordem que existe no sistema solar é episódica e provisória.

Embora a nova visão de mundo proveniente da física indicasse limitações na concepção mecânica da natureza, não foi na física que os primeiros conceitos que apontaram no

sentido de uma nova estrutura intelectual, para a superação das limitações da perspectiva analítica, foram formulados.¹⁵

Por volta do início do século estabeleceu-se uma forte disputa teórica dentro da biologia. O embate ocorreu entre duas tendências opostas quanto a pressupostos ou crenças sobre as causas ou origem do fenômeno vivo. Vários biólogos, não conformes com as explicações mecanicistas, passaram a defender que algo a mais era necessário para explicar a vida, além de processos físicos e químicos parciais. Segundo a perspectiva denominada de ‘vitalista’, uma força não-física (força vital) deveria ser acrescentada às leis da física e da química (Bertalanffy, 1974; Checkland, 1981; Rapoport, 1968). Foi da controvérsia entre os defensores do vitalismo e do mecanicismo que surgiu a biologia organísmica, como tendência alternativa. Os biólogos organísmicos, ao buscarem transcender as limitações das duas posições em conflito, formularam os primeiros conceitos que estão na origem das idéias sistêmicas modernas.

Embora os biólogos organísmicos reconhecessem que as leis físicas e químicas se aplicavam ao organismo, afirmavam que eram insuficientes para a compreensão do fenômeno vivo. **Sustentavam que a chave estava relacionada ao conceito de ‘organização’ ou ‘relações organizacionais’** (Capra, 1997). Relações organizadoras, para os biólogos organísmicos, eram **“padrões de relações imanentes na estrutura física”** (op. cit., p. 38) e dispensavam a necessidade de uma entidade não-física para originar o fenômeno vivo.

Das teses dos biólogos organísmicos nasceram as primeiras noções que aprimoradas, estão na origem do ‘pensamento sistêmico’. Resumidamente essas noções, segundo Capra (1997), são:

- O conceito de **organização** como um padrão ou “configuração de relações ordenadas” (op. cit., p. 39);
- O conteúdo do termo **‘sistema’** que passou a significar um ‘todo’ cujas propriedades provém da organização das relações entre as partes que o constituem;
- A definição de **‘pensamento sistêmico’** como “a compreensão de um fenômeno dentro de um contexto” (op. cit., p. 39), estabelecendo-se a totalidade das interações envolvidas, em oposição à busca das relações causais simples entre partes isoladas.

¹⁵ Cabe notar que as descobertas e formulações teóricas da física foram durante mais de três séculos o principal suporte de cientistas e engenheiros na resolução dos problemas tecnológicos que serviram de base para a edificação da sociedade industrial. Ao nível da realidade cotidiana, às aproximações da física newtoniana continuavam suficientemente razoáveis.

- A expressão ‘**complexidade organizada**’ como a denominação para caracterizar a existência de diversos tipos e vários níveis de complexidade que podem ser descritos ou capturados pelo conceito de sistema;
- A noção de **hierárquica** como designação para a tendência dos sistemas vivos de estruturar-se em múltiplos níveis: células, tecidos, órgãos, organismos, sociedade e ecossistema;
- A expressão ‘**propriedades emergentes**’ como designação das características – propriedades, qualidades e comportamento – pelas quais são identificados os fenômenos complexos organizados, descritos pelo conceito de sistema.

Os problemas do pensamento analítico, discutidos até aqui, estão relacionados à complexidade de fenômenos naturais. Quando se trata de problemas nos quais o ser humano é parte, dificuldades ainda maiores aparecem. Parte dessas dificuldades, do mesmo modo que na biologia, decorrem da **complexidade do objeto de investigação**.

Conforme assinalou Checkland (1981), fenômenos relacionados ao comportamento humano e social são densamente interconectados, tornando difícil a redução requerida para a realização de experimentos controláveis¹⁶, ou então, segundo Rapoport (1968), sem utilidade, pois mesmo que o comportamento humano seja o resultado de “impulsos impingidos ao sistema nervoso”, os “eventos do comportamento humano somente podem ser percebidos como totalidades” (op. cit., p. XVII).

Para complicar, quando o tema envolve o fator humano, além da complexidade relacionada a qualquer conteúdo complexo, aparece um outro problema crucial, relacionado à natureza específica do fenômeno humano. Checkland (1981) **aponta a ‘autoconsciência’ humana e a possibilidade de escolha que enseja, como aspecto que complica ou torna mais confuso os fenômenos sociais**. Autoconsciência envolve crenças, valores e conhecimentos que podem mudar de indivíduo para indivíduo e num mesmo indivíduo ao longo do tempo.

Em decorrência, Checkland (1981) aponta três características que tornam inadequado a aplicação do método analítico a áreas onde o fator humano é um elemento ativo do objeto de investigação:

- Fenômenos naturais normalmente são localizados em ambientes específicos onde é possível a definição precisa das variáveis. Isso, normalmente, torna possível reduzir o

¹⁶ Instituições sociais não estão disponíveis para experimentos mesmo que experimentos com controle possam ser projetados (Checkland, 1981, p. 68)

fenômeno a uma forma explícita simples - o postulado de uma lei - que pode ser testada experimentalmente. Assim são reduzidas drasticamente as diferenças de pontos de vista possíveis. O mesmo não ocorre em fenômenos sociais, uma vez que não factível nem adequada a redução analítica. Em razão da autoconsciência e liberdade de escolha humana, a grande variedade de perspectivas que podem ser adotadas amplia sobremaneira o número de interpretações possíveis.

- A característica anterior está relacionada à natureza especial dos componentes de um sistema social. Os indivíduos como participantes ativos do fenômeno investigado, sendo dotados de consciência “atribuem significados e modificam as situações” (op. cit., p. 69) dependendo de suas condições particulares e do modo como estão inseridos dentro do contexto social. Deste modo, indivíduos humanos não podem ser considerados como se fossem simples componentes físicos, como se fossem unidades inanimadas.
- Relacionada às duas características anteriores está a dificuldade de realização de previsões em sistemas sociais. Em parte isso é devido à complexidade do objeto, devido ao grande número de partes e relações e à natureza não-linear dessas interações. Mas, adicionalmente, em sistemas sociais, modificações de comportamentos humanos podem originar-se de novas interpretações e percepções (atribuição de novos significados) a partir de novas experiências e novos conhecimentos adquiridos, modificando as condições inicialmente assumidas.

Em razão do que foi posto, Checkland (1981) sugere que quando se trata de fenômenos sociais, não existe um único resultado que possa ser considerado como a única possibilidade. Em vez de leis, na melhor das hipóteses seria possível revelar ‘tendências’, conforme explicita na passagem abaixo:

“[...] no máximo sistemas sociais irão revelar tendências ao invés de leis e o cientista social estará limitado, não a estudar exatamente a realidade social, mas a lógica de situações, produzindo descobertas do tipo ‘Na situação A, um provável resultado é B’ sem qualquer garantia de que esse será o resultado numa situação particular” (Checkland, 1981, p. 71)

Assim, na medida em que as decisões humanas fazem parte da lógica de uma situação, eventos sociais estão imersos em contextos em que a lógica da situação, descrita de acordo com uma determinada perspectiva, pode ser constantemente modificada.

2.1.2.3 - O IMPULSO DAS TRANSFORMAÇÕES TECNOLÓGICAS

De acordo com Bertalanffy (1975), somente a partir dos anos quarenta, como decorrência das grandes transformações tecnológicas impulsionadas pela Segunda Guerra, que o clima intelectual se tornou propício à adoção de uma nova estrutura de referência.

Conforme descreve Ackoff (1974; 1981), a origem das transformações tecnológicas tem suas raízes no século passado, com o advento da eletricidade. Foi com a eletricidade que passaram a ser desenvolvidos instrumentos com capacidade de observar dados e converte-los em símbolos, ou seja, estabeleceram-se condições para a geração de informação. Com o desenvolvimento posterior dos meios de comunicação, os símbolos puderam ser transmitidos¹⁷. Entretanto, foi somente com o advento de técnicas de computação, nos anos quarenta, que observações e comunicação puderam ser integrados¹⁸.

A maior contribuição para o desenvolvimento dessa tecnologia veio das aplicações militares, durante a Segunda Guerra Mundial. Pesquisas para construção de dispositivos automáticos de correção de desvios e de previsão de alvos futuros aceleraram o desenvolvimento de tecnologia para máquinas de computação automática com capacidade de processar grandes quantidades de informação (Porter, 1969). A compreensão das características das novas máquinas escapava do arcabouço explicativo analítico. A capacidade de fazer ‘escolhas’, realizar propósitos ou metas era incompatível com o princípio determinista, segundo o qual, fenômenos complexos podem ser explicados a partir da adição de relações causais simples.

A nova tecnologia levou a pensar não mais em máquinas isoladas, mas em termos de ‘sistemas’. Segundo Ackoff (1981), a integração das funções de observação, comunicação e computação possibilitaram que as novas **máquinas fossem utilizadas para**

¹⁷ De acordo com Ackoff (1981), diferentemente das máquinas da Revolução Industrial que foram concebidas para realizar trabalho – “aplicar energia à matéria para transformá-la” -, amperímetros, voltímetros, ohmímetros e também termômetros velocímetros e posteriormente o radar, são instrumentos de *observação* que geram símbolos, ou seja, “dados que representam propriedades de objetos ou eventos” (op. cit., p. 23). Com o desenvolvimento do telégrafo, o telefone, o rádio e a televisão os símbolos puderam ser *transmitidos* (Ackoff, 1981).

¹⁸ Computadores, diferentemente das máquinas da revolução industrial, não processam energia mas informação. A energia envolvida serve somente como base para a geração e manipulação de símbolos. Ao *manipular símbolos logicamente*, essa tecnologia passou a realizar tarefas que antes somente eram atributos do cérebro humano (Ackoff, 1981 p.23).

controlar outras máquinas, ou seja, para **automatizar**. “Automatizar é essencialmente diferente de mecanizar. Mecanização tem a ver com a substituição de *músculos*; automatização com a substituição da *mente*” (op. cit., p. 24). Assim, as máquinas complexas tornaram possível realizar de modo integrado várias tarefas. Isso acentuou a complexidade das organizações industriais, sociais e políticas de um modo geral.

2.1.2.4 – ADMINISTRAR A COMPLEXIDADE

Com o aumento da complexidade das organizações sociais, conforme apontou Bertalanffy (1975), entraram em cena inumeráveis macro problemas econômicos, sociais e políticos. Cidades e seus sistemas de transporte, sistemas de tráfego aéreo, escoamento de mercadorias, entre outros, passaram a requerer planejamento e organização.

Assim, com o crescimento da complexidade das organizações humanas, cada vez mais engenheiros e administradores passaram a ser confrontados com situações complexas que envolvem um grande número de elementos. Não apenas com as conseqüências oriundas das interações de elementos físicos mas, principalmente, com as interações de natureza organizacional envolvendo o fator humano. As relações entre o homem e a máquina passaram a ser importantes.

Problemas relacionados ao gerenciamento e ao controle de sistemas complexos não podiam ser desmembrados e tratados em disciplinas específicas. A descoberta de que as interações das soluções eram mais importantes do que consideradas separadamente, levou a novos campos de investigação. Constituiu-se, assim, o ambiente favorável à emergência das idéias sistêmicas (Ackoff, 1981).

Por volta dos anos cinqüenta, vários campos de investigação interdisciplinares surgiram. Além da cibernética, podem ser citados: a teoria das organizações, a teoria da decisão, as ciências da computação, a teoria da informação, as ciências políticas, entre outras.

No campo das ciências da administração despontavam as primeiras abordagens que eram proclamadas apoiarem-se nas idéias e princípios sistêmicos. Destacava-se a engenharia de sistemas, a análise de sistemas, a administração cibernética, além da pesquisa operacional. Seus formuladores afirmavam a necessidade dos administradores e dos engenheiros de sistemas serem capazes de compreender as propriedades que provinham das interações entre vários

elementos, propriedades essas que não poderiam ser entendidas através da análise das partes isoladas (Checkland, 1981).

Das considerações alinhavadas nessa subseção, a emergência do pensamento sistêmico pode ser visto como um produto gerado pelo desenvolvimento científico, técnico e social da sociedade humana, que envolve:

- Uma nova percepção e concepção dos fenômenos da natureza;
- Uma revolução na capacidade de projetar novos dispositivos tecnológicos e;
- A necessidade de melhorar a capacidade de administrar os problemas de organizações humanas cada vez mais complexas.

Conclusivamente é possível afirmar que **na ‘era dos sistemas’, de alguma maneira, é necessário lidar com questões complexas, com ‘totalidades’ ou com sistemas em todos os campos do conhecimento** (Bertalanffy, 1975). Mais do que uma mera resposta a novas necessidades tecnológicas, o pensamento sistêmico conduz a uma mudança na concepção das categorias básicas do pensamento (Bertalanffy, 1975; Checkland, 1982). Trata-se de uma resposta para fazer frente aos grandes desafios colocados pelos três eixos de desenvolvimento da sociedade humana, acima destacados.

2.2 – TERMOS E DEFINIÇÕES SISTÊMICAS

Nesta seção inicialmente serão examinadas várias definições de ‘sistema’, agrupadas de acordo com os aspectos distintos enfatizados pelas mesmas. Na sequência serão examinadas algumas formulações acerca do caráter do pensamento sistêmico.

2.2.1 – DEFINIÇÕES BÁSICAS DE ‘SISTEMA’

Na literatura é possível encontrar uma profusão de definições do termo ‘sistema’. O ponto de partida aqui adotado é a investigação realizada por Jordan (1974). Este autor examinou quinze definições de ‘sistema’, de genéricas a específicas, encontradas em dicionários, e conclui que existe um padrão comum a todas elas: **um sistema é visto como um**

conjunto de entidades ou elementos unidos por alguma forma de interação ou interdependência regular, que forma um todo integral.

Checkland & Scholes (1990) referindo-se ao trabalho de Jordan (1974) avançam a caracterização de que um sistema é:

“[...] um conjunto de elementos mutuamente relacionados de modo que o conjunto constitui um todo tendo propriedades como uma entidade. Secundariamente vem a idéia crucial de que o todo pode ser capaz de sobreviver em um ambiente de mudança ao tomar ações de controle em resposta aos choques do ambiente” (Checkland & Scholes, 1990, p. 4).

Checkland (1994), ao referir-se à existência de diversas versões sistêmicas, sugere que o que dá coerência ao movimento sistêmico é o compartilhamento do conceito de sistema. Sintetiza os principais elementos constitutivos do conceito sistema do seguinte modo:

“[...] um todo adaptativo; uma entidade com propriedades emergentes; estruturado em níveis e processos de comunicação e controle que permitem a adaptação a um ambiente de mudança” (Checkland, 1994, p. 191).

Examinando a conclusão de Jordan (1974), as definições de Checkland & Scholes (1990) e Checkland (1994) é possível destacar três aspectos constitutivos centrais, a partir dos quais é possível discutir o conceito de sistema:

- **Elementos ou objetos inter-relacionados**, como o conteúdo ao qual se aplica o conceito de ‘sistema’, é referido na literatura como **complexidade organizada**;
- **Processos de comunicação e controle**, bem como **estruturação em níveis**, como aspectos identificados na literatura com a **organização sistêmica** e;
- **Propriedades emergentes, capacidades adaptativas**, etc., como características pelas quais um sistema é identificado como um **todo integral, totalidade ou unidade complexa**.

No restante dessa seção serão examinados outras definições e termos sistêmicos de acordo com o seu melhor enquadramento quanto aos três aspectos do conceito acima destacados.

2.2.1.1 – COMPLEXIDADE ORGANIZADA

‘Complexidade organizada’ foi a expressão cunhada, nos primeiros anos do movimento sistêmico, para caracterizar o conteúdo do conceito de sistema (Weaver, 1948). A expressão procura assinalar que se trata de fenômenos cujas características dependem das interações entre várias variáveis.

As primeiras definições apresentadas a seguir basicamente destacam essa característica do conceito de sistema. Sistemas são definidos como partes ou elementos inter-relacionados.

“Sistema é um conjunto de objetos juntamente com relações entre os objetos e entre seus atributos” (Hall & Fagen, 1956)

“Sistema é um todo que funciona como um todo em virtude da interdependência de suas partes” (Rapoport, 1968, p. XXII)

“Sistema é um todo com partes inter-relacionadas” (Ackoff, 1974, p. 3).

“Sistema é um complexo de elementos ou componentes direta ou indiretamente relacionados em uma rede causal, de modo tal que no mínimo alguns de seus componentes estejam relacionados a alguns outros de um modo mais ou menos estável em qualquer tempo” (Buckley, 1968, p. 493).

Levin (1994) entrevista vários pesquisadores contemporâneos das chamadas ‘ciências da complexidade’¹⁹. Segundo descreve, o que pode ser considerado consensual quanto à caracterização da complexidade é de que a mesma **ocorre numa região situada entre a ordem total e acaso total**. Essa caracterização separa, claramente, complexidade de casualidade ou aleatoriedade. Estados caóticos - com o sentido de aleatório -, como o gás contido num recipiente, praticamente não possuem ordem alguma. Já fenômenos ou entidades complexas, como células, ecossistemas ou uma firma, possuem graus variados de organização.

A forma acima de caracterizar a complexidade reafirma a definição pioneira formulada por Weaver (1948). Weaver situou a ‘complexidade organizada’ na faixa

¹⁹ O autor se refere aos estudos da complexidade do Instituto Santa Fé nos EUA.

intermediária de um contínuo, em que num extremo estão os ‘problemas simples’ e, no outro, as questões que envolvem ‘complexidade desorganizada’, conforme mostra a Figura 2.1.

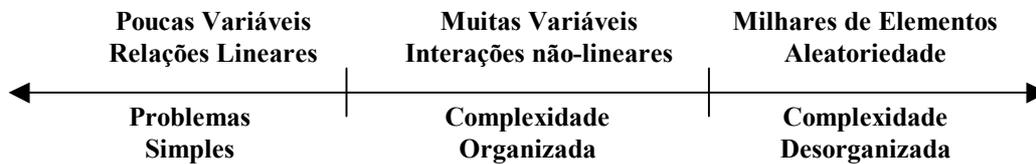


Figura 2. 1 - As três faixas da complexidade (adaptado de Weaver, 1948).

O que é comum no tratamento dado aos problemas em ambos os extremos, pela ciência clássica, é o uso de técnicas quantitativas (Flood & Carlson, 1988). No caso de um pequeno número de variáveis isso é feito concentrando-se em atributos específicos dos elementos, utilizando as técnicas da matemática analítica. Quando se trata de uma grande quantidade de elementos, geralmente, são calculadas as propriedades médias dos atributos de milhares de elementos agregados, utilizando as técnicas estatísticas (Weaver, 1948; Flood & Carlson, 1988).

A ‘complexidade organizada’, por sua vez, envolve várias variáveis inter-relacionadas (Weaver, 1948). A natureza do inter-relacionamento não permite concentrar-se em relações de causa e efeito simples utilizando o método analítico. **Em ‘complexos organizados’, a complexidade aumenta na medida em que aumenta o grau de organização da configuração de relações entre as variáveis destacadas para descrever o fenômeno.**

Do ponto de vista matemático, uma característica distintiva fundamental da complexidade sistêmica é a não-linearidade. Gleick (1990) utiliza uma imagem para tornar mais concretas as propriedades de sistemas lineares e distinguí-las de sistemas não-lineares. Sistemas lineares, descreve o autor, “têm características modulares: podem ser desmontados e novamente montados – as peças se encaixam” (op. cit., p. 21). O peso relativo de uma variável não se modifica em função das variações ao longo do tempo.

Assim, modelos lineares são totalmente inadequados para modelar as características de organizações e de processos sociais (Forrester, 1961).

Embora relevante, a complexidade vista como característica exclusiva do objeto, impondo-se ‘de fora’ à percepção humana, tem sido questionada por vários autores.

Flood & Carlson (1988), autores empenhados no desenvolvimento do pensamento sistêmico nas ciências administrativas, procuraram estender a compreensão da complexidade para além da perspectiva positivista, incorporando uma segunda dimensão, relacionada ao observador humano. Segundo esse ponto de vista, a complexidade não pode ser dissociada da percepção e dos objetivos de quem descreve a situação ou fenômeno. Mesmo fenômenos físicos, são sempre “situações percebidas por pessoas” (op. cit., p. 20).

Segundo Klir (1985), além da caracterização aceita pelo senso comum - a complexidade relacional, associada ao número de partes e do número de interações do **objeto** de investigação -, o termo ‘complexidade’ contempla sempre uma conotação subjetiva introduzida pelo **observador**:

“[...] a complexidade de um objeto para um ser humano particular depende do modo como ele interage com o objeto (do seu interesse e capacidade). [...] podemos dizer que *a complexidade de um objeto está nos olhos do observador*”²⁰ (Klir, 1985, p. 131).

Flood & Carlson (1988) procuraram especificar os componentes da complexidade nas duas dimensões acima apontadas (ver Quadro 2.1). Uma vez estabelecido que a **complexidade** consiste de fenômenos, situações ou **objetos descritos como sistemas**, segundo a percepção das **pessoas**, Flood & Carlson (1988) desagregaram essas duas noções, conformando o segundo nível da complexidade:

- (i) Sistemas envolvem **número de partes e relações entre partes**;
- (ii) Pessoas possuem diferentes **noções/percepções, capacidades e interesses**.

A partir dessa perspectiva, as partes e relações selecionadas para descrever um fenômeno ou situação, não podem ser separadas das percepções e noções de quem procura explicar ou constituir o sistema. **Percepções** dizem respeito ao modo particular como as pessoas constituem modelos abstratos em suas mentes (Flood & Carlson, 1988). **Noções** estão diretamente “relacionadas às percepções e podem ser consideradas como o entendimento ou opinião que temos dos modelos que construímos em nossas mentes (nossas percepções)” (op. cit., p. 21). Já as **capacidades** e os **interesses** dos indivíduos e grupos, não podem ser separados

²⁰ Itálico no original.

das percepções e noções, pois influenciam-nas diretamente. Finalmente, Flood & Carlson (1988) apontam três características de sistemas complexos, que tornam inadequada qualquer tentativa de tratamento analítico da complexidade: **não-linearidade**, **quebra de simetria** e **restrições não-holonômicas**²¹.

Quadro 2. 1 - Complexidade desmembrada (Flood & Carlson, 1989).

1º nível	2º nível	3º nível	4º nível
COMPLEXIDADE			Não-linearidade
	Sistema	Número de partes	Quebra de simetria
		Número de relações	Restrições não-holonômicas
		Interesses	
	Pessoas	Capacidades	
		Noções/percepções	

Segundo o modelo acima, as chamadas ciências sistêmicas ‘duras’, que abordam basicamente temas relacionados a sistemas naturais e sistemas físicos construídos pelo homem, trabalham somente na ‘**linha de Weaver**’ (ver Figura 2.1). No Quadro 2.1 a ‘linha de Weaver’ corresponde à **complexidade relacionada ao ‘sistema’**.

Entretanto, como ‘sistemas’ são sempre descrições feitas por pessoas, a complexidade não pode ser associada somente à dimensão relacional ou à delimitação de um padrão lógico de relações. Especialmente, na abordagem de fenômenos sociais (incluindo organizações produtivas), a consideração da dimensão da complexidade introduzida pelo fator humano torna-se central. Flood & Carlson (1988) denominaram essa dimensão humana da complexidade de ‘**linha do *homo sapiens***’, por estar **relacionada ao aparecimento do homem e a emergência da autoconsciência**.

²¹ Restrições holonômicas, segundo Flood & Carlson (1988), têm a haver com as leis (*nomie*) do todo (*holos*). A existência de todos, em termos sistêmicos, estaria relacionada à existência de restrições (leis) que preservam sua integridade, por exemplo, através de mecanismos auto-regulação e controle. O inverso, restrições não-holonômicas, significa o reconhecimento de que sistemas comportam situações temporárias onde partes estão fora do controle das leis globais, possibilitando que novas formas complexas possam surgir a partir situações localizadas de ‘anarquia’ (Flood & Carlson, 1988).

2.2.1.2 – ORGANIZAÇÃO SISTÊMICA

Embora ausente da maioria das definições, a organização é uma noção central desde as primeiras formulações do movimento sistêmico contemporâneo. Alguns autores, entretanto, referem essa noção em suas definições:

“Sistema é uma unidade global organizada de inter-relações entre elementos, ações ou indivíduos” (Morin, 1977, p.100)

“Uma descrição sistêmica de uma situação é: uma reunião de elementos relacionados em um todo organizado.” (Flood & Carlson, 1988, p. 7)

A importância da noção de organização para as concepções sistêmicas pode ser afirmada com a seguinte passagem de Buckley (1968):

“[...] a noção de *sistema* pode ser visto, simplesmente, como um termo mais auto-consciente e genérico para o inter-relacionamento dinâmico de componentes que podem se estabilizar em uma de um diferente número de organizações, de significância variada para o sistema em si e para os seus arredores ou ambiente (General Introduction de Buckley, 1968, p. XXIV).

Assim, primeiro, **a organização é uma noção que está sempre relacionado à característica de interesse observada**, seja na relação do sistema com o seu ambiente, seja na distinção de uma característica do sistema em si; segundo, **por suposição, as características associadas ao sistema descrito persistirão enquanto a sua organização não for modificada, destruída ou desconstituída**.

Operacionalmente a natureza da organização sistêmica passou a ser compreendida com as formulações cibernéticas, cujos estudos, ligaram a auto-regulação e a auto-organização aos processos de realimentação de informação.

Mecanismos com capacidade de decisão, apoiados em ‘programas’, envolvendo armazenagem, recuperação e processamento de informação, passaram a ser vistos como responsáveis pelas características de estabilidade e outros comportamentos finalistas exibidos por sistemas complexos de um modo geral. Segundo Capra (1997), os cibernicistas, ao

apontarem a realimentação de informação como mecanismo central presente na estabilidade e no comportamento finalista de sistemas complexos, foram pioneiros no reconhecimento das **interações circulares como princípio fundamental para a compreensão dos padrões da organização em geral.**

Também Rapoport (1968) assinalou que a cibernética, ao revelar que o comportamento proposital em máquinas complexas é determinado pela sua lógica organizacional, possibilitou estabelecer paralelos com os comportamentos propositalis e inteligentes em sistemas vivos. Segundo o autor, isso tornou possível a “[...] generalização do conceito de ‘organismo’ para o conceito de ‘sistema organizado’” (op. cit., p. XX).

A idéia anterior, de que organismos vivos também são dotados de mecanismos com capacidade de processar sinais, constituiu-se numa das mais importantes diretrizes de pesquisa em vários campos de conhecimentos. As chamadas abordagens ‘biocibernéticas’, cuja referência teórica básica é o trabalho Ashby (1970), tiveram e continuam tendo enorme influência sobre a biologia molecular, ciências cognitivas e inteligência artificial. Segundo essa perspectiva, a natureza comum de vários padrões de organização em máquinas e seres vivos permite que, em muitos aspectos, sistemas vivos e não-vivos possam ser tratados como análogos (Ashby, 1970).

Um outro ângulo que ajuda a compreender a natureza da organização sistêmica é a sua relação com a idéia de ‘condicionalidade’, referida por Ashby (1962). Para clarificar o seu significado Ashby (1962) explica que o inverso de condicionalidade, não-condicionalidade, do ponto de vista matemático significa redutibilidade. Relações matemáticas são não-condicionais quando uma função possui partes cujas ações ou mudanças não dependem das ações e mudanças de outras partes (Ashby, 1962). Por sua vez, há presença da condicionalidade quando existe dependência das partes entre si. Assim, existe um componente de organização sempre que duas entidades ‘A’ e ‘B’ tornam-se condicionais a uma terceira entidade ‘C’ (Ashby, 1962). Desse modo, condicionalidade implica a existência de ‘comunicação’ restritiva entre variáveis. Ou seja, para que um elemento de organização exista entre ‘A’ e ‘B’ deve haver comunicação em que ‘A’ restringe a ação de ‘B’, a partir de uma condição oriunda de ‘C’ e/ou vice-versa.

As idéias acima descritas, passaram a ser o substrato sobre o qual a noção de organização sistêmica foi enriquecida. Este será um dos aspectos da investigação nos capítulos IV, V e VI.

2.2.1.3 – O SISTEMA COMO TOTALIDADE OU UNIDADE COMPLEXA

Um sistema é identificado a partir de características ou regularidades observadas nas mais variadas condições (Ackoff, 1981). As **propriedades emergentes**, como são denominadas estas características, podem ser observadas na forma de comportamentos, qualidades, produtos e na própria existência e continuidade dos processos que constituem o fenômeno ou entidade complexa. Na literatura sistêmica, a irredutibilidade das propriedades de um sistema complexo às partes que o explicam ou constituem, muitas vezes é expresso através da formulação de que “o todo é maior que a soma das suas partes” (Flood & Carlson, 1988).

Para explicar determinadas características globais exibidas por sistemas complexos o movimento sistêmico reabilitou palavras tais como ‘**função**’, ‘**finalidade**’ e ‘**propósito**’. Conforme visto anteriormente, estes termos haviam sido eliminados do vocabulário científico devido ao conteúdo teleológico a eles atribuído. Sua re-introdução na investigação científica ocorreu com a cibernética, em decorrência da necessidade de explicar normas, fins e estados regulados, relacionados a noções como ‘programa’, comunicação e controle, segundo os quais operam as máquinas cibernéticas (Morin, 1977).

Comportamento funcional, finalista ou proposital denota agora um modelo de comportamento que pode ser descrito como busca ou realização de ‘objetivos’ (Ackoff, 1974 e 1981; Rapoport & Horvath, 1959; Jordan, 1974). Com o pensamento sistêmico estas noções deixam de ter o caráter forças ou propriedades de origem desconhecida, guiando o destino dos fenômenos. Trata-se propriedades que derivam de processos imanentes aos sistemas complexos, das quais derivam as características globais e a capacidade de realizar metas, a despeito das mudanças no contexto. De acordo com Ackoff (1981), são características que decorrem da forma como os componentes do sistema se subordinam (relacionam) dentro do todo, realizando determinadas funções, e das interações do sistema no contexto maior.

Assim, ‘função’, ‘finalidade’ e ‘propósito’ passam a ser termos para designar propriedades sistêmicas derivadas da organização. Descrevem características relacionadas à retroação de informação, ausente no determinismo clássico. Relações cíclicas e circulares são assim responsáveis por formas de comportamento e propriedades que sistemas descritos por relações de causa e efeito simples (não-cíclicas e não-circulares) não possuem (Rapoport & Horvath, 1959).

Alguns autores incluem em suas definições palavras que denotam características sistêmicas descritas como finalistas:

“Um sistema é um conjunto de elementos em interação dinâmica, organizado para uma meta” (Rosnay, 1975)

“Sistema significa um agrupamento de partes que operam juntas para um propósito comum” (Forester, 1971, p. 1-1).

“Um sistema é um todo percebido, cujos elementos se mantêm juntos por que afetam continuamente uns aos outros ao longo do tempo, e atuam para um propósito comum” (Senge, 1995, p. 84).

Atividades finalistas podem ser relacionadas a propósitos externos ou internos (Jordan, 1974). Considerando uma organização produtiva, atividades voltadas para realizar propósitos externos são atividades que buscam criar um estado desejado no ambiente, como por exemplo, ações com vistas a aumentar o número de clientes, ou mesmo, medidas para atender um requisito imposto pelo contexto social, como por exemplo, questões relacionadas à preservação ambiental. Atividades ‘finalistas’ relacionadas a propósitos internos são, por exemplo, a manutenção de um padrão de qualidade de um produto e/ou a as atividades para melhorar determinados fatores internos, com objetivo de aumentar o ganho da organização.

Aqui se encerra a revisão teórica do pensamento sistêmico quanto à suas idéias elementares. Na próxima subseção serão revisadas as idéias que num exame preliminar da literatura podem ser destacadas quanto ao caráter do pensamento sistêmico.

2.2.2 – CONSIDERAÇÕES INICIAIS ACERCA DO CARÁTER DO PENSAMENTO SISTÊMICO.

Embora possam ocorrer variações quanto ao significado da expressão ‘pensamento sistêmico’, na literatura podem ser destacadas duas tendências quanto ao seu caráter:

- (i) **Como expressão que se refere a abordagens aplicadas, na forma de modelos teóricos, metodologias e técnicas, segundo enfoques específicos e;**

(ii) **Como um conjunto de noções e princípios básicos de uma nova organização intelectual do processo de conhecimento.**

Como exemplo do uso da expressão com o significado subordinado a uma abordagem específica, Lane (1994) aponta o significado atribuído ao pensamento sistêmico na ‘Dinâmica de Sistemas’ (ver seção 4.5). Esta abordagem, segundo autor, incorporou recentemente o termo ‘pensamento sistêmico’ em sua linguagem, popularizando-o através de Senge (1990).

Embora Senge (1990) defina pensamento sistêmico como

“[...] uma estrutura conceitual, um conjunto de conhecimentos e instrumentos desenvolvido nos últimos cinquenta anos, que tem por objetivo tornar mais claro o conjunto e nos mostrar as modificações a serem feitas para melhorá-lo” (Senge, 1990, p. 16).

Lane (1994) entende que o uso efetivo do termo, feito por Senge (1990), refere-se somente a aspectos qualitativos e modelagem de micro-mundos, restritos à visão particular da Dinâmica de Sistemas.

Forrester (1994), pai da Dinâmica de Sistemas, ao criticar uso qualitativo dado por Senge (1990) aos seus conceitos, alerta sobre os riscos da popularização do ‘pensamento sistêmico’ no campo da administração, sem a fundamentação de uma disciplina sistêmica rigorosa. Forrester (1994) concluiu pela reafirmação da importância da construção rigorosa de modelos de simulação, na forma proposta pela Dinâmica de Sistemas.

Para Lane (1994), a dedução lógica que deriva dos argumentos de Forrester leva à conclusão de que o mesmo vê o pensamento sistêmico somente como um elemento da Dinâmica de Sistemas. Essa conclusão, segundo o autor, também depõe contra a aceitabilidade da posição de Senge (1990). Embora sejam inegáveis as contribuições da Dinâmica de Sistemas para a visão sistêmica como um todo, entretanto, como afirma Lane (1994), é apenas uma abordagem de uma rica matriz de abordagens que conformam o pensamento sistêmico.

A seguir serão examinadas as posições de autores onde prepondera a visão de que o pensamento sistêmico está na base de uma nova organização intelectual ou processo lógico-racional do processo de construção do conhecimento. Isso não significa dizer que, para esses autores, o pensamento sistêmico não possa assumir inúmeras formas particulares, em abordagens aplicadas.

Flood & Carlson (1989) claramente distinguem o pensamento sistêmico, como estrutura de pensamento, de uma teoria sistêmica aplicada:

“O pensamento sistêmico é uma estrutura de pensamento que nos ajuda a lidar com coisas complexas de um modo holístico. A formalização do pensamento (dar uma forma explícita, definida e convencional) é o que denominamos de teoria sistêmica. Convenções são subseqüentemente adotadas no processo de pensamento. Contudo, teoria e pensamento não são nunca sinônimos, na medida em que o último fica mais solto e fornece o lubrificante para a aplicação” (Flood & Carlson, 1988, p. 4).

Checkland (1981b) vê o pensamento sistêmico como o desenvolvimento de uma nova referência intelectual de pensamento, não ao nível de um paradigma disciplinar específico, mas ao nível de uma nova epistemologia, baseada no conceito de sistema. Checkland detalhou os componentes do conceito de sistema que, segundo o seu ponto de vista, são as noções básicas dessa nova epistemologia:

“O pensamento sistêmico tenta desenvolver uma epistemologia que possa tanto descrever o universo, bem como, tentar elucidar alguns dos seus mistérios; suas noções básicas são que entidades globais (*tendo propriedades emergentes*) são *hierarquicamente* arranjadas, sendo as entidades caracterizadas por processos de *comunicação e controle*, estes últimos no sentido dos engenheiros de controle de processos que buscam manter a integridade do todo frente a uma mudança do ambiente externo” (Checkland, 1981b, p. 4).²²

Checkland (1981b) distingue ainda o termo ‘pensamento sistêmico’ do termo ‘abordagem sistêmica’. Uma ‘abordagem sistêmica’ é vista como uma forma de proceder no exame de problemas do mundo real que “implica em não ser reducionista, usando as idéias de complexidade organizada que o pensamento sistêmico incorpora” (op. cit., p. 4). Ou seja, consiste na utilização dos conceitos e princípios sistêmicos para a formulação de abordagens aplicadas (modelos, metodologias) a conteúdos de interesse em qualquer campo de investigação. Para o autor, a expressão ‘abordagem sistêmica’ tem um caráter análogo à expressão ‘abordagem experimental’ da ciência tradicional.

Ackoff (1974; 1981) demonstra suas preocupações com o caráter amplo do pensamento sistêmico, ao procurar distinguir seus traços gerais, como processo racional de uma nova forma de pensamento. Segundo Ackoff (1974; 1981), **síntese** é o termo mais adequado para

²² Itálico no original.

caracterizar o processo de pensamento sistêmico. ‘Síntese’ é o termo chave do pensamento sistêmico. Implica em compor um todo, inversamente à lógica do processo de pensamento analítico:

“No modo sintético de pensar a explicação de algo deve ser vista como parte de um sistema maior e explicado em termos de seu papel nesse sistema maior” (Ackoff, 1974, p. 3).

Capra (1997) definiu pensamento sistêmico como uma nova forma de pensar, “[...] em termos de conexidade, de relações e de contexto” (op. cit., p. 46). No entendimento do autor, o pensamento sistêmico envolve a complementaridade entre pensamento contextual e como pensamento processual.

Como **pensamento contextual**, Capra (1997) aponta cinco aspectos ou critérios que caracterizam o pensamento sistêmico:

- (i) **Mudança das partes para o todo.** Um sistema surge das “[...] relações de organização [...] da configuração de relações ordenadas[...]” (op cit p 46);
- (ii) **Capacidade de deslocar a atenção entre níveis sistêmicos.** É possível encontrar sistemas aninhados dentro de outros sistemas e aplicar os mesmos conceitos a diferentes níveis;
- (iii) **Inversão da relação entre as partes e o todo.** Para o pensamento sistêmico, as propriedades das partes somente podem ser entendidas dentro de um contexto maior, o que envolve explicá-las considerando o seu ambiente;
- (iv) **Pensar em termos de redes de relações.** Com o pensamento sistêmico, “a metáfora do conhecimento como um edifício, está sendo substituída pela da rede. Quando percebemos a realidade como uma rede de relações, nossas descrições também formam uma rede interconectada de concepções e modelos, no qual não há fundamentos” (op. cit., p. 48);
- (v) **Mudança epistemológica.** A realidade concebida como uma rede de relações implica uma mudança epistemológica profunda em relação à concepção tradicional de objetividade científica. No paradigma sistêmico “[...] a epistemologia – a compreensão do processo de conhecimento – precisa ser explicitamente incluído na descrição dos fenômenos naturais” (op. cit., p. 48).

As características contextuais do pensamento sistêmico, acima descritas, são todas interdependentes. A visão de mundo que delas desponta foi sintetizada por Capra do seguinte modo:

“A natureza é vista como uma teia interconexa de relações, na qual a identificação de padrões específicos como sendo ‘objetos’ depende do observador humano e do processo de conhecimento. Essa teia de relações é descrita por intermédio de uma rede correspondente de conceitos e de modelos, todos igualmente importantes” (Capra 1997, p. 49)

O **aspecto processual** do pensamento sistêmico decorre da centralidade das interações. Para o pensamento sistêmico as estruturas são vistas como a manifestação de processos subjacentes (Capra, 1997; Jackson, 1991). Estruturas sistêmicas são estabilizações temporárias de relações e processos que persistem, e não o resultado das propriedades dos componentes estruturais isolados que lhes servem de suporte. Buckley (1971) descreve esse modo de conceber estruturas sistêmicas, no plano sociológico, do seguinte modo:

“A ‘estrutura’ é uma construção abstrata e não algo distinto do processo iterativo em marcha, mas a sua representação temporária e acomodativa em qualquer tempo. [...]. O foco no processo, portanto, são as ações e interações dos componentes do sistema em evolução, de maneira tal que surgem, persistem, desenvolvem-se, ou se alteram em graus variados de estruturação” Buckley (1971, p. 37).

O pensamento processual, na tradição ocidental, tem suas raízes na filosofia de Heráclito. Está presente no trabalho de vários autores e pensadores que durante esse século retomaram a idéia de ‘processo’ como noção central para explicar inúmeros fenômenos (Capra 1997). Em particular, está no núcleo das concepções sistêmicas contemporâneas, através do trabalho de Bertalanffy e dos padrões dinâmicos circulares da cibernética.

2.3 – CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

Neste capítulo, inicialmente foram descritos aspectos gerais do pensamento sistêmico e do pensamento analítico, como quadros conceptuais gerais de construção do conhecimento. Em seguida, na subseção 2.1.1, foram examinados os fundamentos do pensamento analítico, a partir da ótica de vários autores sistêmicos. Na subseção 2.1.2 foi

examinada a confluência de desenvolvimentos que levaram à emergência do pensamento sistêmico no âmbito da ciência. Foram identificadas três mudanças fundamentais - ocorridas ou consolidadas durante esse século - que estão na origem da perspectiva sistêmica: a emergência de uma nova concepção da natureza em função dos desdobramentos na ciência; uma mudança profunda na capacidade de projetar novos dispositivos tecnológicos e a necessidade de administrar formas de organização social mais complexas.

Na subseção 2.2.1 foram examinadas várias definições de 'sistema', em função de três aspectos destacados na literatura: o 'sistema' como denominação para a complexidade organizada, o 'sistema' como dotado de organização ou estrutura sistêmica e o 'sistema' como forma de referir-se a totalidades caracterizadas por propriedades emergentes.

Finalmente foram apresentadas algumas formulações, presentes na literatura revisada, quanto ao caráter do pensamento sistêmico. Verificou-se que para a maioria dos autores revisados trata-se de uma nova perspectiva ou quadro de organização intelectual do conhecimento. De acordo com os autores revisados o pensamento sistêmico consiste:

- Numa nova estrutura de pensamento para lidar com a complexidade (Flood & Carlson, 1988);
- Na busca do desenvolvimento de uma epistemologia para descrever a realidade e para elucidar alguns de seus problemas (Checkland, 1981b);
- Num processo de pensamento que vê algo como parte de um sistema maior e em termos do papel que cumpre no mesmo, invertendo a lógica que caracteriza o pensamento analítico (Ackoff, 1981);
- Em pensar em termos de contexto e em termos de padrões de interações dentro de padrões maiores de interações (Capra, 1997);
- Em mudar o foco das partes para os processos, onde estruturas são concebidas como estabilizações temporárias de relações entre partes e processos (Buckley, 1971).

Concluída a revisão teórica, no próximo capítulo será discutida a perspectiva assumida quanto ao caráter do pensamento sistêmico no presente trabalho e definidos os tópicos que servirão de referência para a investigação das abordagens sistêmicas, a ser realizada no capítulo IV.

CAPÍTULO 3

3. TÓPICOS PARA INVESTIGAÇÃO DOS FUNDAMENTOS DO PENSAMENTO SISTÊMICO

Este capítulo tem por objetivo fundamentar os tópicos que servirão de referência para a investigação das abordagens sistêmicas.

A definição de tópicos para o exame das abordagens reveste-se de importância central dentro da estrutura do trabalho. Decorre da razão principal que justifica o próprio trabalho: a ausência de uma perspectiva unificada no movimento sistêmico e o objetivo de produzir uma ‘**síntese teórica**’ das concepções gerais para as quais convergem as principais abordagens sistêmicas, distinguindo-as das concepções específicas que as mesmas incorporam em função dos temas focalizados e dos enfoques adotados.

A expressão ‘síntese teórica’, conforme empregada no presente trabalho, difere portanto da expressão ‘revisão teórica’. ‘Síntese teórica’, na perspectiva do presente trabalho, consiste na tentativa de *articular* as concepções fundamentais do pensamento sistêmico, a partir da investigação de distintas abordagens, não se restringindo à *revisão* das concepções já consolidadas em uma ou várias abordagens.

Preliminarmente à discussão dos tópicos serão apresentadas algumas considerações gerais sobre o atual estágio de desenvolvimento do pensamento sistêmico e

apontadas três proposições gerais de ordenamento do amplo espectro de atividades teóricas e aplicadas que compõem o movimento sistêmico.

3.1 – BREVES CONSIDERAÇÕES ACERCA DA SITUAÇÃO DO MOVIMENTO SISTÊMICO

O exame da literatura sistêmica mostra a inexistência de um corpo teórico e doutrinário básico consolidado (universalmente aceito), seja na forma de uma teoria geral ou, alternativamente, como um conjunto de noções e princípios básicos de uma epistemologia ou linguagem sistêmica geral. Mesmo que genericamente haja compartilhamento do conceito de sistema, a ausência de uma perspectiva unificada constitui uma das marcas do movimento sistêmico (Richardson, 1994; Checkland, 1994; Jackson, 1991).

Checkland (1994), referindo-se ao desenvolvimento do pensamento sistêmico nas ciências da administração, assinala que somente é possível falar em ‘versões de pensamento sistêmico’ e não do pensamento sistêmico como algo único.

A ausência de uma perspectiva teórica unificada foi destacada por Capra (1997). Conforme constata, diferentemente do que Bertalanffy idealizara, a formulação de uma teoria geral dos sistemas, aplicável a diversos campos de investigação, não se concretizou. Esse malogro, levou o movimento sistêmico a um declínio durante os anos setenta (Capra, 1997). Alguns teóricos, como por exemplo Berlinski e Liiendfild, referidos por Checkland (1981), chegaram a questionar a capacidade do movimento sistêmico de se alçar a uma alternativa efetivamente viável no âmbito da ciência.

Entretanto, importantes desenvolvimentos paralelos não estavam sendo percebidos pelos críticos. Muitos pesquisadores, preocupados com o uso prático das idéias sistêmicas, vinham aplicando os conceitos iniciais em suas áreas específicas. Modelos teóricos em disciplinas específicas e novas abordagens para resolução de problemas vinham sendo testados. Entre os exemplos mais relevantes estão a teoria das estruturas dissipativas na física, a *autopoiese* na biologia e ciências cognitivas, o estudo de sistemas dinâmicos não lineares e as formulações da teoria do caos na matemática. Também no campo das ciências da administração, durante os anos setenta e oitenta, ocorreram importantes aprimoramentos e a formulação de novas abordagens aplicadas a problemas operacionais e gerenciais.

Assim, nos termos de Capra (1997), embora não exista hoje “uma *teoria sistêmica* formal” (op. cit., p. 76), já existem “uma série de *modelos sistêmicos* bem sucedidos” (op. cit., p. 76), bem como, inúmeros modelos e metodologias aplicadas a temas específicos. Entre essas, o desenvolvimento de metodologias aplicadas a questões organizacionais e administração, foi destacado por Checkland (1994), como “a parte mais ativa do movimento sistêmico” (op. cit., p. 192).

Entretanto, segundo Richardson (1994), os distintos modelos e abordagens configuram o movimento sistêmico como um movimento amplo, constituído de distintas comunidades sistêmicas, cada uma com sua própria linguagem e credo.

A seguir serão apresentadas três proposições gerais de ordenamento das diversas formas de pensamento sistêmico. São proposições que provém de autores que atuam no campo das ciências da administração.

3.1.1 – PROPOSTAS DE ORDENAMENTO DAS DIVERSAS FORMAS DE PENSAMENTO SISTÊMICO.

Os múltiplos desdobramentos que constituem o movimento sistêmico abrangem um extenso e complexo conjunto de trabalhos teóricos e práticos em inúmeras áreas do conhecimento humano. Checkland (1979) procurou ordenar numa classificação as diversas formas de atividade sistêmica.

De acordo com Checkland (1979), os desenvolvimentos sistêmicos podem ser mapeados distinguindo, num primeiro momento, o desenvolvimento teórico do pensamento sistêmico - como por exemplo a cibernética - das aplicações em outras áreas ou disciplinas – como por exemplo na biologia, geografia, economia e psicologia. A partir dessa classificação ampla o autor sugere uma segunda distinção: o desenvolvimento teórico puro, citando como exemplo a Teoria Geral dos Sistemas, e o desenvolvimento teórico a partir da aplicação a problemas do mundo real, exemplificando com Engenharia de Sistemas, Análise de Sistemas da *RAND Corporation* e Metodologia de Sistema *Soft* - SSM. O formato do movimento sistêmico, segundo essa proposição, é mostrado no Quadro 3.1.

Troncale (1988) sugere ‘quatro domínios’ de trabalho em que podem ser agrupadas as ‘ciências sistêmicas’: teorias sistêmicas gerais – consiste na construção de modelos

genéricos “integrando um espectro bem amplo de teorias sistêmicas pela identificação de padrões e processos comuns” (op. cit., p. 13); teorias sistêmicas baseadas em disciplinas – construção de modelos teóricos sistêmicos através da “unificação de medidas reducionistas e modelos analíticos dentro de uma área limitada” (op. cit., p. 13); análise de sistemas – que consiste na “construção de modelos empíricos de interações que está firmemente acoplado a um sistema real singular humano ou não” (op. cit., p. 13); e aplicações sistêmicas – que “busca resolver e melhorar, ou redefinir um problema de um nível sistêmico particular em um sistema humano particular” (op. cit., p. 13). Excetuando o fato de que Troncale (1988) separa a aplicação das concepções sistêmicas a problemas práticos do mundo real em duas categorias - “análise de sistemas” e “aplicações sistêmicas” – no essencial, esta proposição é similar à anterior.

Quadro 3. 1 - A forma do movimento sistêmico (Checkland, 1983 p. 669).

1. Movimento sistêmico	
	2.1 Estudo das idéias sistêmicas em si
	3.1 Desenvolvimento teórico das idéias sistêmicas
	3.2 Desenvolvimento das idéias sistêmicas pela aplicação do pensamento sistêmico a problemas do mundo real
	4.1 Trabalho com sistemas <i>hard</i> (concretos) 4.2 Ajuda à tomada de decisão 4.3 Trabalho em sistemas <i>soft</i> (conceituais)
	2.2 Aplicação do pensamento em outras disciplinas

Flood & Carlson (1988) propuseram um modelo dinâmico para visualizar o processo de desenvolvimento do pensamento sistêmico. Segundo os autores, o pensamento sistêmico pode ser descrito como um processo de quatro ciclos interligados (Figura 3.1) que correspondem ao trabalho sistêmico nos níveis teórico e metodológico, em abordagens de resolução de problemas e em aplicação ao conteúdo de outras disciplinas. O primeiro ciclo promove o pensamento sistêmico através da sua formalização em teoria sistêmica. O segundo promove o pensamento sistêmico via a formulação de teorias sistêmicas para explicar a estrutura e o comportamento em outras disciplinas. O terceiro ciclo promove a eficácia administrativa em

outras disciplinas via aplicação do pensamento sistêmico. O último ciclo promove o pensamento sistêmico, melhorando o gerenciamento de problemas, via aplicação das concepções sistêmicas.

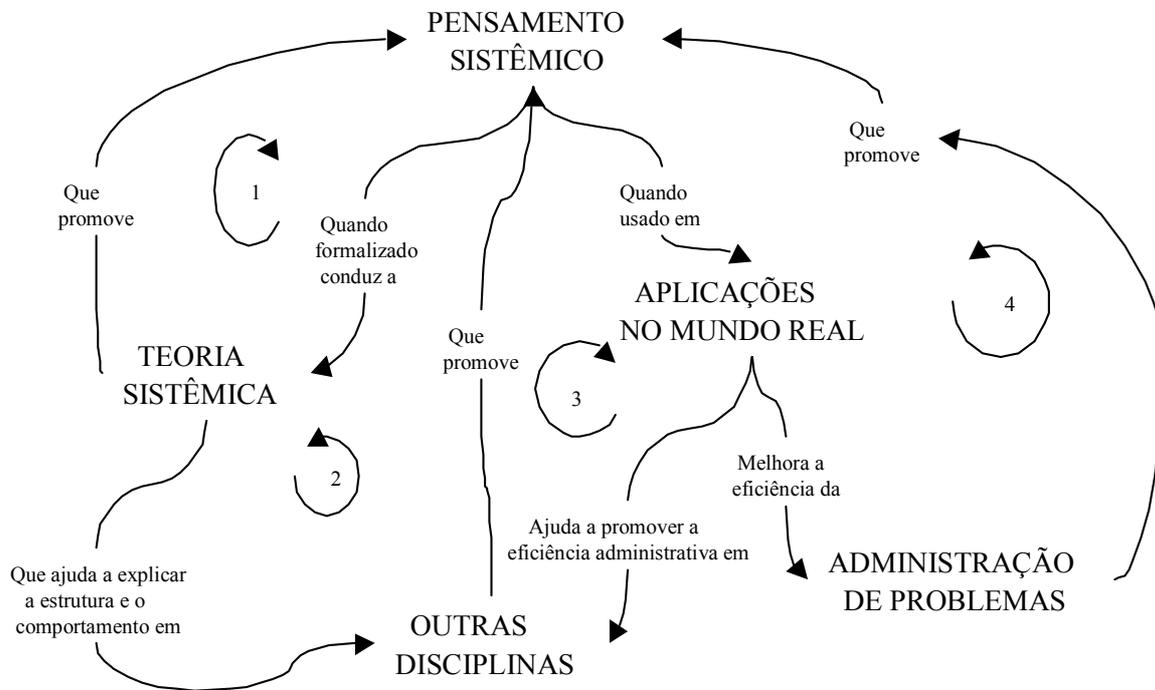


Figura 3. 1 - Quatro ciclos de desenvolvimento do pensamento sistêmico (adaptado de Flood & Carlson, 1988).

De um modo geral o exame das três proposições anteriores mostra que as diversas formas de aplicações das concepções sistêmicas envolvem dois tipos de desenvolvimentos que se inter-relacionam e complementam:

- Formulações de modelos e abordagens sistêmicas aplicadas a fenômenos e situações complexas identificadas na realidade. Por exemplo na construção de teorias e modelos acerca de inúmeros conteúdos disciplinares ou como fundamentação de metodologias de análise, resolução e estruturação de situações complexas.
- O desenvolvimento de concepções sistêmicas gerais como um novo quadro de referência intelectual. Consiste na sedimentação de um conjunto de princípios e noções gerais que conformam uma nova concepção ou linguagem descritiva da realidade.

Esta conclusão é uma importante referência para a formulação de uma hipótese para a continuidade do trabalho de investigação das abordagens sistêmicas, conforme será fundamentado na próxima seção.

3.2 – O PENSAMENTO SISTÊMICO NA PERSPECTIVA DO PRESENTE TRABALHO

Nos próximos parágrafos será alinhavada a perspectiva adotada quanto ao pensamento sistêmico no presente trabalho. Como ponto de partida é relevante rever uma importante comparação, feita por Checkland (1981), entre o desenvolvimento das ciências clássicas e das ciências sistêmicas.

De acordo com Checkland (1981), o estado atual das ciências sistêmicas é similar aos primórdios da ciência clássica, quando se separou da filosofia. A ‘filosofia natural’, como era então denominada a ciência, abarcava todas as teorias e investigações que se referiam ao mundo natural. Ao longo de mais três séculos a ciência desdobrou-se, sucessivamente, em inúmeros campos de investigação, dando origem à multiplicidade de disciplinas hoje conhecidas. A separação em inúmeras disciplinas e o progressivo estreitamento do foco a tópicos específicos, torna hoje difícil enxergar os pressupostos comuns a todas as abordagens que, de distintas formas, adotam o ‘método científico’. De modo similar, de acordo com Checkland (1981), a aplicação das concepções sistêmicas a uma grande diversidade de conteúdos, a partir de distintos enfoques, faz emergir vários resultados em termos teóricos e práticos. Apesar da amplitude e da diversidade do leque de trabalhos, o que os unifica é voltarem-se à “elucidação dos fenômenos sistêmicos” (Troncale, 1988 p. 11) ou adotarem como fundamento conceptual básico, na abordagem dos seus conteúdos interesse, a noção de ‘sistema’ (Checkland, 1994).

A comparação anterior implicitamente induz ao questionamento do modo de desenvolvimento das concepções sistêmicas nos termos inicialmente propostos pelos fundadores da Teoria Geral dos Sistemas. A questão colocada é: será adequada a pretensão de buscar enquadrar a abordagem da quase ilimitada diversidade do mundo real, numa única teoria sistêmica geral?

Para uma reflexão preliminar, retomando a comparação com o pensamento analítico, ao lançar-se um olhar sobre a ciência clássica, não se encontra algo similar a uma

teoria geral como ‘guarda-chuva’ da multiplicidade de formas específicas que a atividade científica assume nas diversas disciplinas. Conforme visto na seção 2.1.1, o pensamento analítico, que subjaz a todas formas específicas de desenvolvimento da ciência clássica, fornece não somente o corpo doutrinário básico, aplicável a qualquer teoria ou abordagem, independente do conteúdo disciplinar específico. O fato de prover as noções e princípios básicos para a obtenção de conhecimento em qualquer campo de atividade intelectual humana e não uma teoria geral, assinala o caráter epistemológico geral do pensamento analítico. Ou seja, provê os elementos básicos gerais (supostos universalmente válidos) de uma linguagem genérica ou meta linguagem para a obtenção de conhecimentos sobre a realidade em qualquer um dos seus aspectos.

Semelhantemente, conforme revisado na subseção 2.2.2, a perspectiva adotada por vários autores do movimento sistêmico aponta no sentido do caráter epistemológico do pensamento sistêmico – ou um novo paradigma de conhecimento –, ao invés do caráter de ‘teoria geral’ inicialmente propugnado por Bertalanffy. Como epistemologia ou como paradigma o desenvolvimento do pensamento sistêmico consistiria, assim, na consolidação de **um conjunto de noções e princípios doutrinários gerais que fundamentam o desenvolvimento de teorias e abordagens nas diversas áreas e em diferentes níveis de complexidade do conhecimento.**

Segundo a formulação anterior, o pensamento sistêmico deve ser entendido como o desenvolvimento e aprimoramento combinado do **quadro de concepções gerais e de inúmeras abordagens, metodologias e modelos teóricos, voltadas aos mais diversos temas complexos da realidade.** Segundo essa perspectiva, as concepções de nenhuma abordagem específica poderão capturar satisfatoriamente todos os aspectos conceptuais do pensamento sistêmico.

O entendimento acima alinhavado é a diretriz central que orienta a continuidade do presente trabalho. Traduzido-a para uma hipótese de trabalho pode ser formulada do seguinte modo: **a despeito da ausência de uma teoria geral ou de uma perspectiva sistêmica única, a hipótese é de que, a partir da investigação das várias abordagens, seja possível destacar um conjunto de noções, princípios e pressupostos, articulá-los como um todo coerente, embora necessariamente se revistam de aspectos teóricos específicos, em função dos vários temas a que se referem e dos distintos enfoques adotados nas diversas abordagens.**

Assim, a investigação das abordagens envolverá:

- **Distinguir as concepções gerais que podem ser destacadas por subscrever o pensamento sistêmico como um quadro de referência geral, alternativo ao pensamento analítico;**
- **Apontar aspectos conceptuais específicos, tanto quanto ao enfoque adotado como em razão de formulações teóricas necessárias para a adequação das concepções ao tema focalizado pela abordagem.**

Quanto à investigação das concepções gerais, conforme indicado na subseção 2.1.2, o desenvolvimento do pensamento sistêmico provém de interrogações quanto à universalidade dos fundamentos de concepção da realidade provenientes do pensamento científico clássico, em especial, a adequação das doutrinas do reducionismo e determinismo.

Conforme indica a inspeção da seção 2.2, o pensamento sistêmico envolve **doutrinas alternativas de explicação da realidade e noções e conceitos** que tornam possível a utilização das doutrinas em aplicações práticas. Em especial, as concepções que dizem respeito à **organização sistêmica** são centrais. Tais concepções tornam possível a utilização das idéias sistêmicas gerais na construção de conhecimentos teóricos e aplicados nos mais variados domínios do conhecimento.

Quanto à investigação das concepções específicas, o ponto de partida é a constatação de que as diversas abordagens, por serem formuladas para lidar com distintos aspectos da realidade, requerem a ‘tradução’ das idéias sistêmicas gerais para linguagens operacionais apropriadas à natureza específica do conteúdo em questão. Parece razoável reconhecer que fenômenos e situações complexas em áreas tão diversas como sistemas de engenharia, administração de organizações sociais e o estudo da cognição humana, requeiram elaborações teóricas e linguagens apropriadas aos seus conteúdos.

Nesta linha das argumentações Troncale (1988) aponta a grande “variedade de interesses independentes e as distintas necessidades humanas” (op. cit., p. 13) como a razão para o surgimento da larga diversidade de abordagens sistêmicas.

Tomando a idéia da existência de ‘interesses independentes’ como razão de diversificação do pensamento sistêmico, deve-se observar que a expressão pode assumir dois significados:

- (i) **Pessoas possuem interesse em compreender e manipular uma grande variedade de fenômenos e situações complexas**, em razão de diversos objetivos e necessidades humanas e;
- (ii) **Pessoas podem descrever ou examinar o mesmo fenômeno ou situação, a partir de enfoques particulares**, devido a percepções pessoais ou interesses distintos, bem como em função das noções e pressupostos contemplados na abordagem empregada.

Conforme será justificado a seguir, as duas formas de interpretação são relevantes para compreender a diversidade do pensamento sistêmico.

Uma forma de visualizar a diversidade de fenômenos e questões complexas de interesse humano, são as classificações e tipologias de sistemas que podem ser encontrados na literatura. Sistemas físicos e sistemas abstratos, sistemas vivos e não-vivos, sistemas determinísticos e estocásticos, sistemas naturais e sistemas feitos pelo homem, entre outros, são alguns exemplos tradicionalmente citados na literatura.

Alguns autores procuraram formular tipologias para enquadrar um amplo espectro de sistemas, como suporte às suas abordagens ou interesses de investigação. Algumas tipologias relevantes são a **hierarquia de sistemas de controle da cibernética** (Porter, 1969), a **hierarquia da complexidade sistêmica** (Boulding, 1956), a **tipologia de classes de sistemas** (Checkland, 1981) e a **classificação de contextos-problemas organizacionais** (Jackson & Keys, 1984).

As classificações que acabam de ser referidas são uma pequena amostra, reveladora da variedade de formas em que a complexidade do mundo real pode ser examinada. A perspectiva cibernética focaliza nos mecanismos e na estrutura de níveis de controle, como um princípio básico da organização complexa. A hierarquia de Boulding (1956) chama atenção para os distintos níveis de sofisticação dos comportamentos associados a níveis cada vez mais complexos de descrição sistêmica. Checkland (1981) está preocupado com melhorias em organizações sociais enfatizando as diferentes visões de mundo como um aspecto chave em situações problemáticas que envolvem atividades humanas propositais. Por sua vez Jackson & Keys (1984) e Jackson (1990) ressaltam a necessidade de considerar a natureza do sistema e do tipo de relação entre as pessoas responsáveis pelas ações, quando se trata de situações problemáticas em organizações.

Em que nível o problema está localizado? Que configuração de interações explica o comportamento observado? Que mudanças devem ser feitas para melhorar o controle? Que modelos podem ser destacados como relevantes ou representativos das distintas visões sobre de uma situação organizacional problemática? Essas são indagações que subscrevem as tipologias de sistemas acima citadas. Revelam interesses em temas diversos, relacionados às distintas formas complexas da realidade.

Com base no acima exposto, **a investigação das concepções específicas, formuladas em função do tema focalizado, é um tópico fundamental que deverá fazer parte da investigação das abordagens.**

Acerca da segunda razão de diversificação - os distintos enfoques adotados nas abordagens -, Richardson (1994) assinala que as várias linguagens das comunidades de pensamento sistêmico, além de expressarem preocupação com diferentes questões de interesse, refletem, muitas vezes, distintas crenças acerca de um mesmo tema.

O suporte teórico para a posição acima, no campo das ciências sociais, encontra-se em Burrell & Morgan (1979). Conforme mostram esses autores, toda abordagem ou concepção teórica incorpora suposições ontológicas, epistemológicas, sobre a natureza das interações humanas e metodológicas, que conformam o suporte de pressupostos científico-filosóficos mais profundos. Jackson (1993) por sua vez mostra que é possível adaptar a tese de Burrell e Morgan para examinar os pressupostos dos distintos enfoques sistêmicos nas ciências da administração e avaliar o tipo de situação para a qual cada uma mais se ajusta.

Assim, além das abordagens sistêmicas terem como ‘pano de fundo’ idéias sistêmicas gerais, requererem a adequação dessas idéias gerais aos diversos temas de interesse, num nível mais profundo são suportadas por convicções de natureza científico-filosófica que, em grande medida, formatam as características de uma abordagem ou modelo específico. Tais concepções envolvem principalmente pressupostos quanto à natureza dos conhecimentos obtidos com a aplicação do pensamento sistêmico e quanto ao caráter das interações entre os fatores que integram a realidade descrita pelo modelo.

É o modelo uma representação que corresponde a uma entidade ou fenômeno complexo da realidade ou o modelo é apenas uma forma de explicação entre várias outras explicações possíveis? As interações identificadas na realidade, conduzem a um mundo ordenado e equilibrado ou tensões e conflitos são aspectos presentes nas interações constitutivas

da realidade? Estas questões dizem respeito a pressupostos de natureza científico-filosóficos e implícita ou abertamente estão incorporadas nas abordagens sistêmicas.

Assim, subscrevendo os diferentes modelos e abordagens sistêmicas, num nível mais abstrato, o pensamento sistêmico pode ser investigado em função de um conjunto de convicções que adota acerca da **natureza do conhecimento obtido sobre a realidade**, e ainda, suposições sobre a **natureza das interações** que conformam essa realidade, especialmente quando se tratam abordagens relacionadas a organizações humanas. Tais suposições influenciam decisivamente as noções teóricas específicas, através das quais as idéias sistêmicas gerais são convertidas em linguagens operacionalmente viáveis para aplicação às questões complexas da realidade.

3.2.1 – CONCLUSÕES FINAIS SOBRE TÓPICOS DE INVESTIGAÇÃO DAS ABORDAGENS

A partir das considerações contidas no presente capítulo, para realizar os objetivos do trabalho, as diferentes abordagens sistêmicas podem ser escrutinadas em torno de três tópicos centrais:

- **Concepções sistêmicas gerais.** Refere-se às doutrinas básicas do pensamento sistêmico, que contemplam as suposições acerca da natureza da realidade, bem como as noções conceituais que torna possível aplicar essas doutrinas a diferentes conteúdos;
- **Concepções voltadas aos temas de interesse da abordagem.** Consiste na distinção das concepções específicas que estão na origem do modelo, abordagem ou metodologia particular. Aqui ‘específico’ não quer dizer que estas concepções não possam assumir importância geral para o pensamento sistêmico;
- **Pressupostos acerca da natureza do conhecimento e das interações.** Consiste na distinção dos pressupostos assumidos quanto ao caráter do conhecimento obtido com a abordagem sistêmica e quanto à natureza das interações que conformam essa realidade, em especial quando se trata de contextos sociais.

O caráter genérico dos tópicos acima estabelecidos, permite que sejam utilizados não somente como esquema básico para apontar os aspectos distintivos de cada

abordagem, mas também para investigar as contribuições relevantes realizadas para as concepções sistêmicas de um modo geral, influenciando deste modo o desenvolvimento do pensamento sistêmico como um processo contínuo global. Assim, os tópicos não devem ser visto isoladamente. Trata-se de distinções que podem ser abstraídas do processo dinâmico que caracteriza o desenvolvimento do pensamento sistêmico como um todo.

Cabe salientar ainda, que a tentativa de articulação de uma síntese com base nos tópicos acima definidos, não significa a formulação de uma nova teoria que englobe as diferentes formulações, nem tampouco que deva resultar numa perspectiva sistêmica unitária.

Nos próximos capítulos, com base nos tópicos acima estabelecidos, serão examinadas as diversas abordagens selecionadas (ver subseção 1.2.1). No capítulo IV serão examinadas as abordagens que contemplam as concepções sistêmicas fundamentais. No capítulo V serão examinadas as idéias sistêmicas contempladas em teorias e aplicações dentro de disciplinas específicas. No capítulo VI serão examinadas as concepções sistêmicas contempladas em abordagem voltadas a questões e problemas relacionados à administração de organizações.

CAPÍTULO 4

4. INVESTIGAÇÃO DAS ABORDAGENS SISTÊMICAS FUNDAMENTAIS

Neste capítulo será examinado um conjunto de abordagens que contemplam as concepções sistêmicas básicas que estão na origem do movimento sistêmico. Entre as abordagens que se enquadram diretamente nessa caracterização, que serão examinadas no presente capítulo, estão:

- Teoria Geral dos Sistemas –TGS, na perspectiva de Ludwig Von Bertalanffy;
- Cibernética I, que contempla as concepções básicas de Norbert Wiener;
- Cibernética II, que contempla as concepções de Mogorah Maruyama;

- Cibernética III, que trata da contribuição fundamental de Ross Ashby;

Também foram incluídos para serem examinadas nesse capítulo a Dinâmica de Sistemas, cujas concepções básicas foram formuladas por Jay Forrester (1961) e as concepções sistêmicas de Edgar Morin. Embora a Dinâmica de Sistemas tenha sido inicialmente formulada para aplicação na administração de problemas industriais, a natureza geral dos conceitos que a fundamentam, comprovada pela sua aplicação no estudo do comportamento dinâmico de sistemas complexos em múltiplas áreas, levou à inclusão dessa abordagem no presente capítulo. Já as concepções sistêmicas gerais de Edgar Morin foram incluídas no presente capítulo por se tratarem de formulações que discutem o conceito de sistema como noção básica de um novo paradigma de pensamento, diretamente relacionadas às abordagens fundamentais acima referidas.

4.1 – A TEORIA GERAL DOS SISTEMAS – TGS

A Teoria Geral dos Sistemas - TGS foi a primeira tentativa de desenvolvimento das idéias sistêmicas como um novo quadro de referência do conhecimento científico. A inadequação do modelo analítico e a necessidade de contrabalançar a progressiva fragmentação da ciência foram as principais razões apontadas para a necessidade do seu desenvolvimento (Rapoport; 1976). A crítica de Whitehead, quanto ao **esgotamento da perspectiva mecanicista** como fonte de inspiração para novas idéias científicas e a necessidade de uma perspectiva orgânica, foi a principal referência dos fundadores da Teoria Geral dos Sistemas no plano filosófico (Bertalanffy, 1975; Rapoport, 1976).

Conforme registrou Rapoport (1976), a Teoria Geral dos Sistemas foi concebida não para ser uma nova disciplina e sim **uma nova perspectiva geral para as ciências**. Seu objetivo era investigar as características gerais dos sistemas, bem como, o desenvolvimento de modelos aplicáveis a mais de uma disciplina. Desse modo poderia ser eliminada a redundância de esforços. Seriam, ainda, criadas condições para integração de disciplinas e a reconstituição da unidade da ciência (Bertalanffy, 1975).

Bertalanffy (1975) caracterizou a Teoria Geral dos Sistemas como:

“[...] uma ciência geral da ‘totalidade’ [...] uma disciplina lógico-matemática, em si puramente formal mas aplicável às várias ciências empíricas”. (Bertalanffy 1975, p. 61).

A possibilidade de descrições abstratas, não dependentes da natureza específica de um sistema, foi apontada como a razão para a escolha dos sistemas de equações diferenciais para o estudo dos sistemas em geral (Bertalanffy, 1975; Rapoport, 1976).

4.1.1 – A CONCEPÇÃO DOS SISTEMAS ABERTOS E A TEORIA GERAL DOS SISTEMAS

A Teoria Geral dos Sistemas possui sua base na biologia, nas formulações gerais acerca da organização e do funcionamento dos sistemas vivos contempladas pela teoria dos sistemas abertos.

As concepções da teoria dos sistemas abertos foram publicadas em 1950, no artigo intitulado ‘*The Theory of Open Systems in Physics and Biology*’.²³ Neste artigo Bertalanffy distinguiu entre sistemas fechados, não abertos ao fluxo de matéria e energia, de sistemas abertos, que trocam matéria e energia com o seu ambiente.

A teoria dos sistemas abertos foi a resposta dada a um paradoxo que intrigava vários cientistas deste a formulação do segundo princípio da termodinâmica. Este princípio anunciava que todos os sistemas físicos, com o transcurso do tempo, evoluiriam para estados de maior entropia, ou ainda, para estados de maior desordem. A consequência mais dramática do segundo princípio da termodinâmica foi o prognóstico da inevitável desconstituição de todas as formas organizadas existentes na natureza.

Entretanto, este postulado estava em flagrante contradição com a observação empírica, especialmente no que diz respeito aos sistemas vivos. Estes, num período significativo da sua existência, através da diferenciação orgânica, aumentam sua complexidade e organização, o que contraria ou no mínimo não é explicado pelo segundo princípio (Bertalanffy, 1975).

²³Este artigo é apontado como o documento fundador do movimento sistêmico por Emery (1969).

O quebra-cabeça foi resolvido somente quando Bertalanffy reconheceu que sistemas abertos não obedecem ao segundo princípio. Conforme aponta, esse diz respeito a sistemas fechados. **A propriedade fundamental de um sistema aberto é a sua capacidade de manter seu estado organizado realizando trocas contínuas com o seu ambiente** (Bertalanffy, 1975). Desta forma, na linguagem da termodinâmica, “sistemas abertos podem conservar-se em um estado de alta improbabilidade estatística de ordem e de organização” (op. cit., p. 196).

A estabilidade de um sistema aberto é de natureza distinta do equilíbrio de um sistema fechado. A estabilidade de um organismo ocorre através de processos que o mantêm em ‘equilíbrio dinâmico’, afastado do verdadeiro equilíbrio termodinâmico, através da contínua importação de matéria e energia. Envolve a manutenção de gradientes energéticos que tornam possível a realização de trabalho. Tais gradientes são essenciais para que os processos (metabólicos no caso de organismos vivos) não sejam interrompidos. Inversamente, é através da continuidade dos processos internos que o ‘equilíbrio dinâmico’ é conservado. Tornam possível que a matéria e energia livre sirva para renovar as estruturas, impedindo a degradação do sistema.

Uma outra propriedade importante dos sistemas abertos é sua capacidade de compensar alterações temporárias do seu meio através de flutuações reversíveis de seus estados internos (Bertalanffy, 1975). Via mecanismos auto-reguladores, que fazem parte da sua organização, que sistemas abertos se adaptam a novas situações.

Segundo Bertalanffy (1975), o modelo conceitual que melhor define a organização de um sistema vivo como sistema aberto é o de “uma máquina composta de combustível que se consome continuamente e, no entanto, se conserva a si próprio” (op. cit., p. 193). **Sua característica básica é manter e encontrar sua organização no próprio fluxo do processo.**

4.1.2 – A TEORIA DOS SISTEMAS ABERTOS E AS CONCEPÇÕES SISTÊMICAS GERAIS

Os resultados alcançados pelo modelo do sistema aberto encorajaram Bertalanffy a uma nova hipótese de trabalho. Para Bertalanffy (1975)

“[...] certos princípios dos sistemas abertos continuam sendo verdadeiros e podem ser aplicados com êxito a campos mais amplos da ecologia, que estuda a competição e o equilíbrio de espécies, à economia humana e outros do campo sociológico (Bertalanffy, 1975, p. 203).

A noção de sistema aberto não somente teria uma importância científica particular mas “metacientífica” (op. cit., p. 208) e poderia ser generalizada como alternativa à perspectiva analítica. **O conceito de sistema aberto tornava visíveis princípios de interação entre múltiplas variáveis e processos dinâmicos, incompatíveis com a concepção predominante baseada em cadeias causais lineares.**

Bertalanffy (1976) definiu sistema como um complexo de elementos em interações não fortuitas, ou seja, dotado de interações de natureza ordenada ou organizada. Aponta que um sistema caracteriza-se por exibir propriedades novas ou emergentes e é constituído pelas interações simultâneas entre as partes. Enquanto que um agrupamento de elementos não-sistêmico caracteriza-se por **relações somativas**, os elementos quando formam um sistema mantém **interações constitutivas**. **Enquanto que as características somativas são idênticas dentro e fora do complexo, as características constitutivas dependem das interações que ocorrem no complexo** (Bertalanffy, 1975).

Assim, embora sistemas abertos realizem trocas com o meio, as suas características e transformações não são função dos intercâmbios materiais e energéticos. Segundo Bertalanffy (1975), características como diferenciação, desenvolvimento, ordem hierárquica, dominância, competição e comportamento finalista, tanto quando se trata de sistemas vivos como num sistema social, dependem da organização interna do sistema.

A importância atribuída às características internas pode ser visualizada a partir do conjunto de equações diferenciais simultâneas proposta por Bertalanffy (1975) para a descrição de sistemas:

$$dX_1/dt = f_1(X_1, X_2, \dots, X_n)$$

$$dX_2/dt = f_2(X_1, X_2, \dots, X_n)$$

.....

$$dX_n/dt = f_n(X_1, X_2, \dots, X_n)$$

onde X_i é um atributo dos elementos p_i ($i = 1, 2, \dots, n$) que constituem o sistema, ou seja, uma variável de estado do sistema.

O conjunto de equações descreve de maneira genérica que os vários estados X_i dos elementos p_i se influenciam mutuamente. Qualquer alteração de estado em qualquer X_i é função de todos os outros estados X_i a X_n . Inversamente, uma alteração de qualquer X_i acarreta a mudança de todos os outros estados de X_i a X_n (op. cit., p. 84).

Embora não referido por Bertalanffy, um sistema descrito na forma genérica acima é constituído por um conjunto de interações causais mútuas (Richardson, 1991). Isso não significa a ausência de relações com o meio, mas sim, que a evolução de um sistema aberto, quando sujeito a alterações externas, depende da sua organização interna, da sensibilidade dos seus parâmetros às alterações oriundas do ambiente.

4.1.3 – POSIÇÕES ACERCA DA NATUREZA DO CONHECIMENTO

Para Bertalanffy (1975) o que emerge da ciência contemporânea é a relatividade das categorias do pensamento. Fatores biológicos, culturais e lingüísticos são vistos como centrais na modelagem do conhecimento em geral, incluindo o conhecimento científico:

“As categorias da experiência ou formas da intuição, [...], não são um universal a priori, mas ao contrário, dependem da organização psicofísica e das condições fisiológicas do animal submetido à experiência, inclusive o homem” (Bertalanffy, 1975, p. 308).

Bertalanffy (1975) sustenta que os padrões lingüísticos são determinantes daquilo que é percebido e o modo como é percebido. De acordo com o autor os esquemas lingüísticos modelam a percepção humana. Assim, para o autor, o processo cognitivo humano não possui uma estrutura lógica anterior e independente de comunicação.

A partir dessa compreensão Bertalanffy (1975) sustenta que **construções científicas são sempre modelos que representam certos aspectos ou perspectivas da realidade. Possuem validade relativa, a partir de um ponto de vista determinado.**

Igualmente, segundo Bertalanffy (1975), distintos modelos sistêmicos podem ser concebidos para representar diferentes aspectos de um mesmo fenômeno. Por exemplo,

certos aspectos poderiam ser tratados por meio da cibernética e outros por meio da teoria geral dos sistemas, ou ainda, por algum outro meio²⁴. O autor define essa posição de ‘**perspectivista**’, em oposição à perspectiva reducionista da física clássica²⁵.

Quanto ao aspecto metodológico, a Teoria Geral dos Sistemas apregoa como perspectiva para a formulação dos princípios gerais dos sistemas uma posição empiricista. Centralmente, a partir do exame dos vários sistemas encontrados na realidade, consiste na formulação de enunciados válidos para as regularidades observadas em distintos sistemas - fisiológico, zoológico, ecológico, etc (Bertalanffy, 1975).

4.2 – CIBERNÉTICA I: REGULAÇÃO E CONTROLE

Embora o termo ‘cibernética’²⁶ seja imediatamente associado aos desenvolvimentos tecnológicos que impactam a sociedade contemporânea, como movimento intelectual, a cibernética teve um papel decisivo na evolução do pensamento em geral, a partir da metade final do século XX. Influenciou, sobremaneira, o movimento sistêmico emergente nos anos quarenta, o qual ajudou a constituir como uma de suas fontes teóricas mais importantes. Checkland (1981) chega a apontar o trabalho de Wiener, principal fundador da cibernética, como a contribuição individual mais importante para o pensamento sistêmico.

Entre as principais pesquisas que constituíram a cibernética como campo de estudos estiveram o desenvolvimento de dispositivos eletromecânicos para operações computacionais e previsões futuras, os estudos sobre os mecanismos regulatórios da atividade orgânica, a investigação dos processos lógicos relacionados aos sistemas neurofisiológicos e o desenvolvimento da teoria da informação (Porter, 1969).

²⁴ Bertalanffy (1975) sugere que toda afirmação seja sempre suplementada por uma posição antiética ou contrária.

²⁵ Mesmo na física os desdobramentos mais recentes mostram que leis e modelos representariam somente certos “aspectos relacionais da realidade” (Bertalanffy 1975, p. 239). Átomos e partículas longe de ser “blocos metafísicos constitutivos” de uma suposta realidade última, seriam apenas “modelos conceituais muito complicados, inventados para explicar certos fenômenos observados” (op. cit. p., 130). O mesmo valeria para as diferentes teorias sistêmicas.

²⁶ O termo ‘cibernética’ foi proposto primeiramente por Wiener e seu significado original vem da palavra grega (*kybernetes*) que em português significa ‘timoneiro’ ou ‘homem guia’. Os gregos relacionavam esse conceito inicialmente a pilotagem em navegação marítima. Seu uso foi mais tarde estendido à política, por Platão, onde passou a significar ‘governar’ ou ‘conduzir’ estados. O regulador de Watt, inventado por James Watt em 1786, é apresentado por Wiener (1970) como exemplo clássico e, provavelmente, o primeiro mecanismo de realimentação deliberadamente inventado pelo homem.

4.2.1 – A DESCOBERTA FUNDAMENTAL

O nascimento da cibernética normalmente é creditado ao trabalho pioneiro de Rosenblueth et alii (1943), associado ao desenvolvimento de máquinas com capacidade de previsão de posições futuras para armamento antiaéreo. Conforme relatam Rosenblueth et alii (1943), a tentativa de controlar oscilações indesejáveis nesses dispositivos levaram à busca no organismo humano de um comportamento análogo que pudesse servir de referência para a elucidação do fenômeno. Ao investigar um comportamento similar numa doença do cerebelo Wiener e seus colegas chegaram à conclusão fundamental de que, para que houvesse controle de uma ação com um objetivo final (direcionada a um propósito), **a informação necessária para o controle precisaria formar um laço ou circuito fechado, de modo que os efeitos das ações ou performances do passado e do presente sejam a referência para o ajuste da conduta futura.**

Assim, segundo a cibernética, qualquer comportamento auto-regulador depende do processo de troca de informação, via realimentação ou *feedback* negativo. Conforme descreveu Wiener (1970),

“[...] quando desejamos que um movimento siga um dado padrão, a diferença entre esse padrão e o movimento realmente efetuado, é usada como uma nova entrada para levar a parte regulada a mover-se de uma maneira a aproximar seu movimento daquele fornecido pelo padrão” (Wiener, 1970, p. 31).

Assim, a realimentação de informação permite a redução da incerteza pois torna o comportamento de um sistema mais previsível (Porter, 1969). Para Beer (1959) a introdução do controle em sistemas muito complexos torna possível a redução da complexidade ao possibilitar a simplificação da sua manipulação. Para Wiener (1984) **a realimentação de informação está presente em todos os processos sistêmicos de controle cuja regulação se dá com base no comportamento efetivo e não no desempenho previsto.**

Assim, a cibernética passou a ser a disciplina de estudo do controle e da comunicação em máquinas e seres vivos (Wiener, 1970). Como ciência formal teria por objeto a busca dos princípios gerais que governam o comportamento regulador de um amplo espectro de fenômenos. A descoberta desses princípios seria de grande valia para o avanço do conhecimento

humano. Os mesmos estariam presentes em uma grande variedade de processos e fenômenos, como por exemplo no controle da temperatura e em outros mecanismos de homeostáticos do corpo humano; em dispositivos de navegação em geral; nos mecanismos de regulação dos mercados e sistemas econômicos; nos dispositivos de tomada de decisão em sistemas políticos e no processo cognitivo.

4.2.2 – A REALIMENTAÇÃO DE INFORMAÇÃO E AS CONCEPÇÕES SISTÊMICAS

A Figura 4.1 representa o esquema básico de um dispositivo de controle de realimentação negativo de informação. Como mostra a figura, um sistema de controle baseado na realimentação de informação é uma estrutura de laço ou circuito fechado. A informação sobre a ‘saída’ atual do processo é realimentada e comparada a uma meta. Havendo alguma discrepância, ações de correção são ‘**decididas**’ para trazer a saída o mais próximo da meta desejada.

Em todos os mecanismos de retroação podem ser identificados os seguintes elementos:

- Uma ‘meta’ ou valor desejado, determinado por uma fonte externa ao mecanismo, que pode ser um outro mecanismo acoplado ao primeiro;
- Um elemento sensor que detecta as alterações ocorridas na saída do sistema;
- Um elemento comparador que compara o estado atual com o resultado desejado;
- Um ativador ou elemento de tomada de decisão que opera ações sobre um fluxo de matéria ou energia com objetivo de trazer o sistema para o estado desejado.

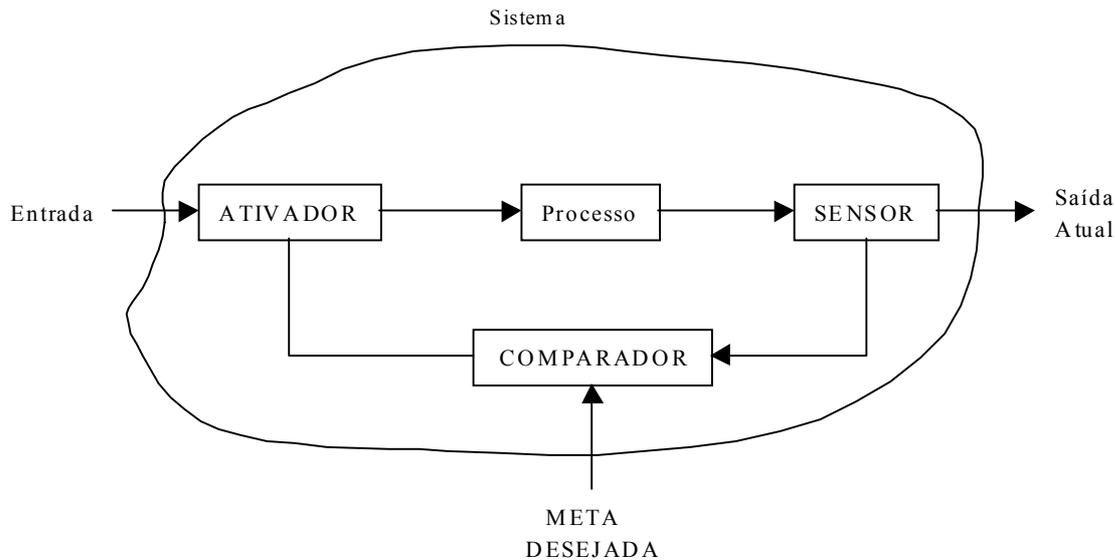


Figura 4. 1 - Esquema básico de um laço fechado de realimentação negativa (Jackson, 1991, p. 98).

Dois tipos de interações básicas são necessários para configurar comandos e controles auto-regulados: **interações sensitivas** e **interações ativas** que dizem respeito, respectivamente, (i) à transmissão da informação sobre o estado da grandeza regulada e (ii) às ações geradas pelo mecanismo de controle sobre fluxos de matéria ou energia para realizar ajustes em função da discrepância detectada. **A combinação dessas interações em laços de retroação (em um mesmo nível e em níveis diferentes) é o princípio básico de organização de entidades complexas do ponto de vista cibernético.**

Assim, a partir das concepções cibernéticas básicas, a ‘complexidade organizada’ remete à discussão de graduações de níveis de realimentação. Sistemas complexos envolvem organização hierárquica cujo mecanismo central são os processos de controle exercidos entre níveis distintos.

Rosenblueth et alii (1943) distinguiram entre os sistemas de retroação simples e os de níveis mais elevados. No nível inferior encontram-se os sistemas que dizem respeito ao sucesso ou falha de uma performance em condições dadas. Já os mecanismos de retroação mais sofisticados, além de controlarem sua performance, fazem ajustes nas ‘políticas’ e ‘estratégias’. São capazes de detectar alterações no ambiente e reavaliar as normas e metas pelas quais as ações são comandadas nos níveis inferiores. Tais sistemas de controle possuem algum grau de adaptabilidade, pois podem ‘escolher’ entre várias respostas diferentes ou mesmo alterar a meta desejada em função de mudanças no contexto.

As formulações cibernéticas, que envolvem noções como ‘mensagem’, ‘controle’ e o princípio da realimentação, tem implicações que vão muito além do seu uso prático em dispositivos tecnológicos. Para Wiener (1970) os processos circulares, baseados na realimentação de informação, estão no núcleo de todas as formas organizadas. Tanto dos padrões de organização da natureza como da sociedade. **São o fundamento de todos os processos organizacionais que caminham no sentido oposto da tendência ao aumento geral da entropia sugerido pelo segundo princípio da termodinâmica** (Wiener, 1984).

4.3 – CIBERNÉTICA II: A EMERGÊNCIA DE NOVAS FORMAS E ESTRUTURAS

Até a publicação do artigo de Maruyama – *THE SECOND CYBERNETICS: Deviation-Amplifying Mutual Causal Processes* -, em 1963, os estudos cibernéticos concentravam-se nos processos de realimentação negativa. A realimentação positiva, por causar processos de desestabilização, comportamentos explosivos ou de aniquilamento, era tratada como indesejável, devendo ser eliminada. Maruyama (1963), entretanto, mostrou que os processos de ampliação de desvios são tão fundamentais quanto os primeiros para a compreensão dos fenômenos e processos da realidade, especialmente quando se tratam de processos geradores de mudança e a emergência de novas formas estruturais.

4.3.1 – O CARÁTER GENERATIVO DAS AMPLIFICAÇÕES POSITIVAS

Maruyama (1963) associou às duas faces da causalidade mútua (negativa e positiva) a duas novas dimensões conceituais: **morfoestase** e **morfogênese**. Morfoestase, segundo o autor, significa forma ou estrutura estática e está associada aos processos de neutralização de desvios e, morfogênese, criação de novas formas e estruturas, estando associado aos processos de ampliação de desvios.

Maruyama (1963) voltou-se principalmente para a compreensão da evolução, mudança e emergência de novas estruturas complexas. Enxergou os processo de ampliação de

desvios como o padrão básico subjacente a inúmeros fenômenos responsáveis pelos processos de mudança e geração de novas estruturas:

“[...] acumulação de capital em indústrias, evolução de sistemas vivos, o surgimento de culturas de vários tipos, processos interpessoais que produzem doenças mentais, conflitos internacionais e os processos que são vagamente denominados como ‘círculos viciosos’ e ‘juros compostos’; em resumo, todos os processos de relações de causalidade mútua que ampliam um insignificante ou acidental ‘chute’ inicial, desenvolvem desvios e divergem das condições iniciais.” (Maruyama, 1963, p. 164)

Maruyama (1963) mostrou ainda que **a propriedade essencial dos processos de realimentação positiva é sua característica de ampliar um ‘chute’ inicial** - um evento aleatório, um incidente ou mesmo um estímulo planejado -, **colocando em movimento processos cumulativos de mudança que originam novas formas e estruturas.**

Segundo Maruyama (1963) é esse o processo que ocorre quando, por exemplo, **a estrutura econômica de um país subdesenvolvido** recebe um estímulo inicial que é reforçada durante um certo período de tempo na direção e com a intensidade desejada, de modo a maximizar a eficiência do desenvolvimento gerado pelo investimento inicial.

Outro exemplo descrito é **a gênese de uma estrutura ecológica complexa** - o aparecimento de uma vegetação a partir de um evento aleatório inicial e a ampliação dos seus efeitos. Conforme descreve Maruyama (1963), uma pequena fenda numa rocha, ao armazenar uma pequena quantidade de água, pode desencadear um processo de realimentação positivo. A água inicialmente acumulada, ao congelar, pode ampliar o tamanho da fenda, tornando possível que mais água se armazene. Este processo pode eventualmente permitir um acúmulo de água suficiente para que a vida de pequenos microorganismos seja possível e, assim, que elementos inorgânicos se somem a elementos orgânicos, propiciando condições para que germine uma semente. O aparecimento de plantas com raízes pode ampliar ainda mais a fenda inicial e, desse modo, uma rocha pode converter-se num lugar com vegetação.

Um terceiro exemplo é **o nascimento de uma cidade a partir de um assentamento inicial**. Por algum motivo um lavrador é atraído e se instala numa planície cultivável. Este ‘chute’ inicial poderá ser reforçado por outros fazendeiros que ali se instalam. Um deles opta por instalar uma loja de ferramentas, que servirá de lugar de encontro dos lavradores. Em torno dela, lentamente, se forma um vilarejo. O vilarejo, por sua vez, facilita o

comércio de produtos agrícolas. Isso impulsiona o aumento da atividade agrícola e encoraja a instalação de uma indústria e o aparecimento de uma cidade.

Nos três exemplos descritos, uma ocorrência inicial cria diferenciação que torna possível o início de processos de ampliação que culminam na geração de novas estruturas. Entretanto, conforme destaca Maruyama (1963), uma ocorrência inicial somente disparará processos de mudança **quando encontrar condições adequadas para colocar em movimento processos de ampliação do desvio inicial** (o disparo de processos de auto-reforço positivo). Por exemplo, se a planície é cultivável e houver agricultores com necessidade de novas terras para cultivar, pouco importa o local em que o primeiro fazendeiro se instala. Igualmente, pouco importa o local da rocha em que surge a fenda, caso as condições climáticas sejam adequadas.

Desse modo, para Maruyama (1963), a chave para compreender o aparecimento de novas estruturas - a cidade na planície e a vegetação na rocha - está nos processos de ampliação de desvios e não em virtudes especiais intrínsecas ao 'chute' inicial. **Fenômenos aleatórios, acidentes ou iniciativas, somente iniciarão processo de mudança quando ocorrerem em contextos em que iniciam conexões de ampliação de desvios.**

Em determinadas condições os acúmulos de mudanças quantitativas poderão ser estabilizados por processos de realimentação negativa, dando lugar a novas estruturas. Tais estruturas, por sua vez, poderão servir de substrato para que novos acontecimentos originais ocorram e novos processos de ampliação de desvios sejam disparados.

4.3.2 – CONCEPÇÕES SISTÊMICAS GERAIS

Maruyama (1963) concebe **sistemas como redes de múltiplas interações circulares, tanto de ampliação de desvios como de neutralização de desvios**. Entretanto o autor chama atenção para a existência de relações de influência entre dois ou mais elementos, em ambas as direções, que não implicam necessariamente causalidade mútua. Cita o exemplo de uma empresa A que produz matéria-prima e, outra B, que produz equipamentos usando a matéria-prima de A (A compra equipamentos de B). Supondo que uma terceira empresa C demande tanto uma grande quantidade de matéria-prima de A como de equipamentos de B, simultaneamente crescerão as vendas de A e de B. Entretanto, nesse caso, o aumento da atividade não é causado por relações de causalidade mútua, mas sim por um terceiro fator, a

industria C. Assim, se duas empresas mantêm relações entre si e se ambas as empresas mantêm relações com outras empresas, é necessário distinguir as relações de causalidade mútua entre A e B das demais interações que podem provocar resultados semelhantes.

Outra importante contribuição de Maruyama (1963) foi o ‘**diagrama de sinal de enlace causal**’, ou simplesmente ‘**diagrama de enlace causal**’, concebido para descrever as interações de sistemas complexos.

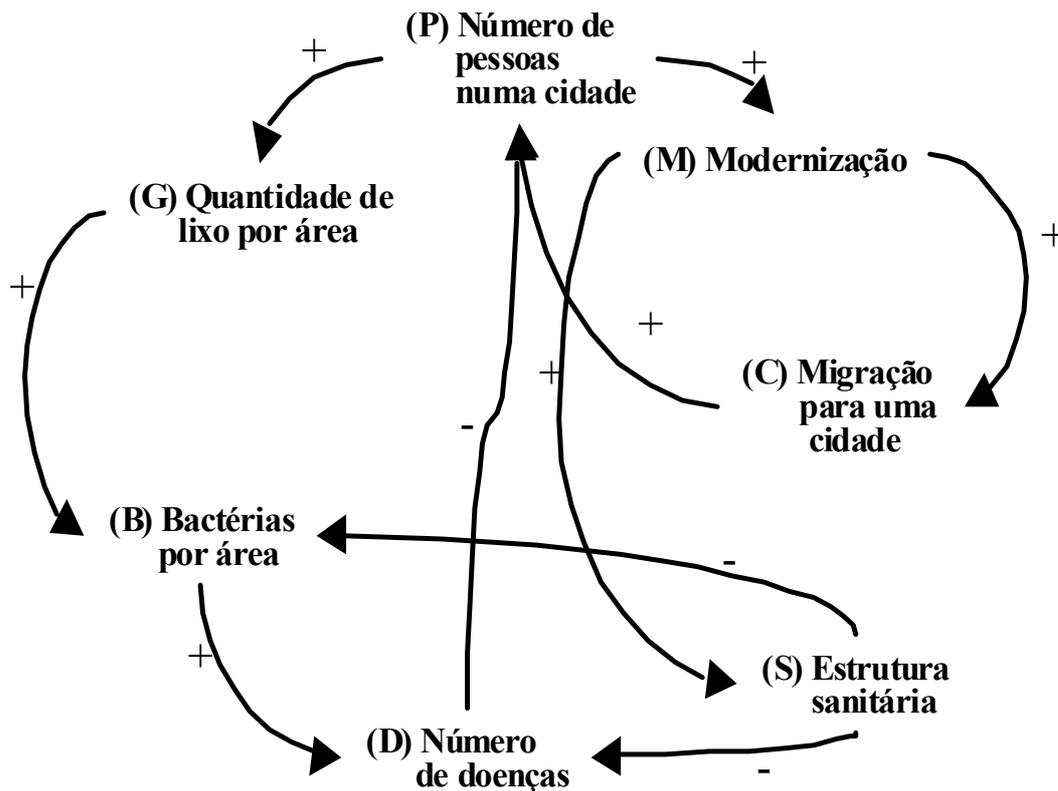


Figura 4.2 - Exemplo de “diagrama de sinal de enlace causal” formulado por Maruyama (1963, p. 176).

A Figura 4.2 mostra a representação dos fatores relacionados ao crescimento de uma cidade através de um diagrama de enlace causal. Maruyama (1963) definiu que o **sinal (+) significa que o elemento que está na ponta da flecha muda na mesma direção que a variável que está na origem da flecha**. No exemplo, o aumento da modernização de uma cidade traz um aumento de migração em direção à mesma. O sinal (+) também indica que a diminuição no ritmo de modernização diminuirá a migração. **Sinais negativos (-) tem significado inverso: uma variação no elemento de origem da flecha causa mudança na direção oposta no elemento**

indicado pela ponta da flecha. No exemplo, o aumento de instalações sanitárias levará a uma diminuição do número de doenças.

A característica central do diagrama é que algumas interações formam laços fechados, indicando relação de causalidade mútua. Ou seja, a mudança de um elemento retorna sobre ele próprio através dos outros elementos.

Interações de causalidade mútua podem ser formadas por mais de dois elementos. No diagrama da Figura 4.2 são apresentados enlaces positivos que envolvem vários elementos, como por exemplo, o que envolve população, modernização e migração; outro envolve população, modernização, instalações sanitárias e número de doenças. Neste último aparecem dois sinais negativos, o que torna o enlace positivo. Num enlace, sempre que aparecer um número par de influências negativas, trata-se de um processo de ampliação de desvios. Já, quando aparecer um número ímpar de influências negativas, trata-se de um processo de neutralização de desvios.

Sistemas naturais ou sociais, de acordo com Maruyama (1963), envolvem múltiplos enlaces, alguns de natureza positiva outros de natureza negativa. A compreensão de qualquer sistema, segundo Maruyama, somente será obtida estudando ambos os tipos de enlaces. Para o autor, a definição sobre se um sistema como um todo é ampliador ou neutralizador de desvios depende da força de cada enlace.

Finalmente, deve ser assinalada a ênfase dada à estrutura endógena na determinação dos processos sistêmicos por Maruyama (1963). É significativo, como apontou Richardson (1991), que no exemplo do diagrama de enlace causal da Figura 4.2 não apareçam representações de influências externas.

4.3.3 – CONSIDERAÇÕES EPISTEMOLÓGICAS

A descoberta do princípio da causalidade mútua tem importantes implicações teóricas e filosóficas para as ciências, segundo o autor. Conforme assinala Maruyama, de acordo com o princípio da causalidade da ciência clássica, causas similares produzem efeitos similares. Entretanto, à luz dos processos causais mútuos de ampliação de desvios, causas similares podem dar origem a efeitos distintos. Isso ocorre, segundo Maruyama (1963), sem a necessidade da introdução do indeterminismo ou probabilismo, pois, “processos de ampliação de desvios podem

ocorrer mesmo em um universo determinado” (op. cit., p. 167). Porém, o fato de que processos de ampliação de desvios poderem estar combinados com indeterminações, levaram Maruyama a sugerir a modificação da lei da casualidade, de modo a incorporar a seguinte formulação:

“Um pequeno desvio inicial, que está dentro de uma alta probabilidade, pode desenvolver-se em um desvio de baixa probabilidade (ou mais precisamente num desvio que é muito improvável dentro da estrutura probabilística unidirecional)” (Maruyama, 1961, p. 167).

Ou seja, um princípio causal mais abrangente deve ser capaz de explicar como acontecimentos de alta probabilidade, como o acúmulo de água numa fenda ou a fixação de um fazendeiro numa planície cultivável, produzem desvios de baixa probabilidade, como o nascimento de uma árvore numa fenda ou o surgimento de uma cidade.

O segundo aspecto diz respeito ao debate teórico-filosófico sobre o segundo princípio da termodinâmica e o processo de evolução biológico que contrária esse princípio. Segundo Maruyama (1963), o crescimento biológico, que implica o aumento da estrutura e da heterogeneidade, pode encontrar no caráter generativo da realimentação positivo ajuda para a solução desse paradoxo. **Processos de ampliação de desvios podem ser vistos como responsáveis pelo aumento da informação incorporada num sistema, o que equivale ao aumento da complexidade ou organização dos mesmos.**

Quanto à natureza do processo de conhecimento, Maruyama (1965) adota a posição de que estruturação da informação para compreender ou descrever algo depende do modo como as pessoas organizam o universo em suas mentes. Ou seja, o conceito de informação depende dos princípios epistemológicos escolhidos para codificar a informação acerca do universo. O autor descreve três modos básicos a partir dos quais a informação pode ser examinada e conceituada, em função da concepção de organização do universo que geram: **o universo relevante, o universo classificador e o universo relacional.**

O **universo relevante** é aquele que se constitui no interesse e no envolvimento dos indivíduos no mundo cotidiano. A informação nesse universo é situacional. É necessária à ação imediata em cada caso e em momentos específicos. ‘Isso tem valor para mim?’, ‘devo realizar tal ação?’, ‘o meu esforço será recompensado?’ Estas são questões típicas do universo relevante apontadas por Maruyama (1965).

No **universo classificador** a realidade é vista como sendo constituída de substâncias materiais ou espirituais que persistem no tempo e são mutuamente exclusivas (Maruyama, 1965). As categorias podem ser subdivididas, combinadas e hierarquizadas, sendo que a categoria mais ampla, que engloba as demais, é o próprio universo. Segundo autor, este é modo de organização da informação que fornece as premissas da organização social, bem como da maneira de enxergar e pensar acerca dos eventos e construir teorias, do processo de conhecimento ocidental.

No **universo relacional**, mais característico das culturas orientais, **predominam as interações mútuas ao invés de causas primeiras ou ontológicas** (Maruyama, 1965). A substância, segundo o autor, não é um pressuposto. Nenhum elemento tem prioridade causal. Elementos são elos numa cadeia de causalidade circular. Um modo de organizar a informação nesse universo é a sua codificação em diagramas que indicam a totalidade dos circuitos ou interações, a exemplo do diagrama da Figura 4.2.

4.4 – CIBERNÉTICA III – A LEI DA VARIEDADE REQUERIDA

Esta subseção aborda a contribuição de Ross Ashby, autor que se destacou como teórico, sistematizador e difusor das idéias cibernéticas. As principais concepções de Ashby estão contempladas no livro publicado em 1956 – *An Introduction to Cybernetics*. Esta publicação, que servirá de referência básica de investigação, notabilizou-se por expor de modo sistemático a principal contribuição teórica pessoal do autor: **a lei da variedade requerida**. Esta, teve grande repercussão no desenvolvimento posterior das concepções sistêmicas.

O trabalho de Ashby pode ser dividido em três momentos: (i) o uso do conceito de realimentação, nos termos formulados Wiener; (ii) a formulação da lei da variedade requerida sua contribuição mais importante e (iii) o reconhecimento do papel do observador como central na determinação da complexidade sistêmica.

4.4.1 – A IMPORTÂNCIA DO CONCEITO DE REALIMENTAÇÃO NOS TRABALHOS INICIAIS

Os primeiros trabalhos de Ashby, segundo Richardson (1991), partiram do reconhecimento da realimentação negativa informação como conceito fundamental para discutir questões relacionadas à estabilidade de sistemas dinâmicos.

Ashby foi também o primeiro autor a esboçar a forma de um diagrama de influência causal, ferramenta de amplo uso no mapeamento de sistemas (Richardson, 1991). A Figura 4.3 foi o diagrama utilizado pelo autor para apresentar a relação de realimentação circular do regulador centrífugo de Watt. No diagrama as flechas indicam que o fator que está na origem tem uma influência direta sobre o fator que está na ponta da flecha.

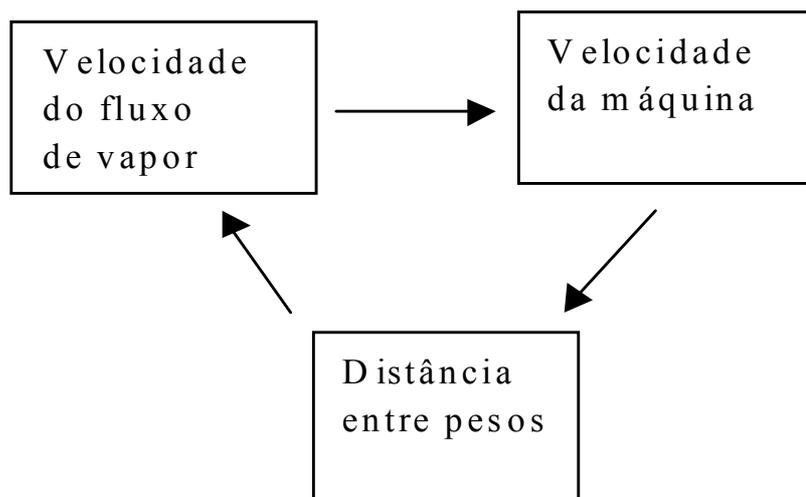


Figura 4. 3 - Diagrama de enlace causal para a máquina a vapor e regulador de Watt (Richardson, 1991 p. 111).

Outro momento relevante em que o conceito de realimentação aparece em Ashby é na definição da noção de ‘ultraestabilidade’. Ultraestabilidade foi a denominação escolhida para designar as características adaptativas dos sistemas complexos, similares à capacidade adaptativa dos sistemas vivos (Ashby, 1960). Esta seria uma propriedade de certos tipos de sistemas, denominados pelo autor de ‘absolutos’. Para exemplificar as características de

um sistema ultraestável Ashby (1960) utilizou como analogia um sistema simples de equações simultâneas do tipo:

$$2x + y - 3z = 2$$

$$x - y + 2z = 0$$

$$-x - 3y + z = 1$$

Nesse sistema, cada valor de x é condicionado pelos valores de todos os coeficientes das demais variáveis em todas as equações. Ashby (1960) aponta que qualquer tentativa de controle será muito difícil devido à alta conectividade das variáveis. Qualquer alteração ou ajuste alterará a configuração total, modificando as condições anteriores cujo controle era o objetivo.

4.4.2 – SISTEMAS EXCESSIVAMENTE COMPLEXOS E LEI DA VARIEDADE REQUERIDA

A contribuição fundamental de Ashby, embora também relacionada à regulação e controle, afasta-se do conceito de realimentação informação. Os novos termos e expressões que agora passam a ser centrais são as noções de ‘variedade’, ‘estado’, ‘transformação do estado’ de um sistema e a noção de ‘caixa preta’.

Segundo Ashby (1970), sociedades corporações e cérebros são sistemas ‘excessivamente complexos’ para serem compreendidos em todos os seus detalhes. O grande número de elementos e conexões possíveis, bem como, a grande variedade de influências externas e internas a que sistemas dessa ordem estão sujeitos, impede que sejam abordados analiticamente.

Não sendo possível determinar as causas internas que geram o comportamento de um sistema ‘excessivamente complexo’, o mesmo somente poderá ser abordado como uma ‘caixa preta’. O investigador poderá assim descobrir regularidades e deduzir as regras de operação do sistema manipulando ou observando as entradas (*inputs*) e classificando as respostas na saída (*output*) (Ashby, 1970).

Quanto ao controle de tais sistemas, o problema passa a ser em como manter as variáveis de estado do sistema próximo do estado desejável diante de uma grande variedade de distúrbios ou entradas que precisam ser reguladas.

Para lidar com o problema do controle Ashby (1970) introduziu o conceito de **variedade**. A variedade de um sistema foi definido como sendo o número de estados possíveis que o mesmo pode exibir em função do propósito pelo qual é examinado. Ou seja, a variedade ou complexidade de sistema passa a ser uma função dos estados ou ‘saídas’ de interesse na investigação.

Definido o propósito pelo qual um sistema será examinado, o mesmo poderá ser então tratado como ‘caixa preta’. Significa que os estados das variáveis de interesse ou saídas do sistema podem agora ser mapeados em função de um conjunto relevante de variações de entrada.

Assim, para Ashby (1970), embora muitos fenômenos sejam excessivamente complexos, em termos do número de partes e variáveis envolvidas, são, muitas vezes, relativamente simples quanto aos estados de saída que produzem. Por exemplo, uma máquina, embora seja composta por um grande número de partes e relações, pode ser extremamente simples quanto às saídas de interesse que produz.

A grande novidade introduzida por Ashby (1970) foi a formulação da lei da variedade requerida, concebida a partir de analogias com os sistemas biológicos.

Para Ashby (1970) o processo seletivo da evolução favoreceu aqueles padrões genéticos que de alguma maneira foram capazes de dotar o sistema com mecanismos que se interpõem entre as perturbações ameaçadoras e as variáveis essenciais do sistema. Ou seja, **sistemas excessivamente complexos, como os sistemas biológicos, sobrevivem e evoluem por possuírem mecanismos de regulação capazes de bloquear a variedade oriunda dos distúrbios ambientais**, antes que a mesma atinja as variáveis essenciais do sistema.

Sinteticamente a lei estabelece que somente a variedade no regulador pode anular a variedade na entrada de um sistema complexo ou ‘caixa preta’: **“somente a variedade pode destruir a variedade”** (op. cit., p. 244). Segundo o autor, é sobre esse princípio que repousa o controle inerente aos sistemas vivos e é com base no mesmo que devem ser concebidos os mecanismos de controle nos sistemas complexos feitos pelo homem.

A solução técnica apontada por Ashby (1970), coerente com o princípio estabelecido, foi o projeto de um regulador que tenha a capacidade de contrabalançar ou anular a

possível variedade que possa vir a ameaçar o sistema. **A principal condição para que o controle seja obtido é que a variedade do regulador seja no mínimo igual à variedade da situação a ser controlada.**

Controlar significa agora dotar sistemas com mecanismos que, mesmo diante do grande número de combinações de entradas possíveis, sejam capazes de manter as ‘variáveis essenciais’ dentro de limites de variação aceitáveis para preservar a sua integridade. Esta forma de controle pode ser vista como uma outra ‘caixa preta’ acoplada ao sistema, com capacidade de lidar no mínimo com tanta variedade quanto for a variedade ambiental detectada. Ashby (1970) representou essa forma de regulação num diagrama que denominou de ‘diagrama de efeitos imediatos’ (Figura 4.4).

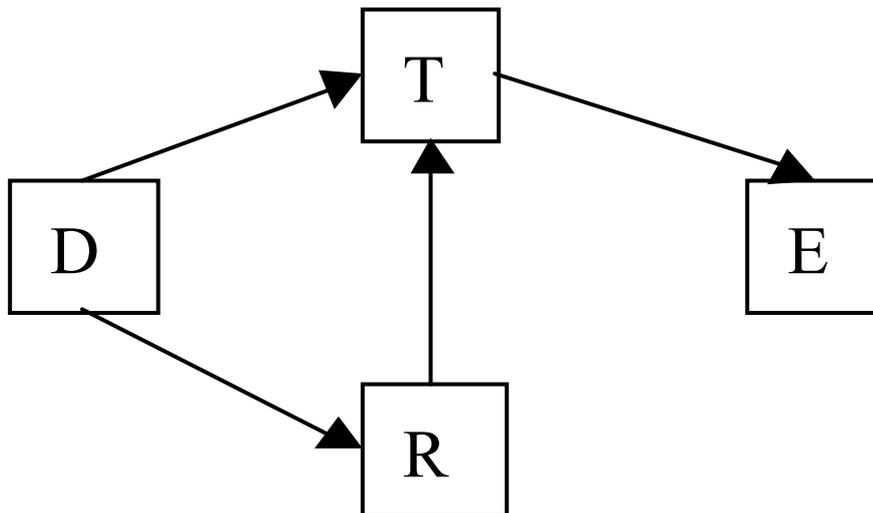


Figura 4. 4 - Disposição de um regulador R perfeito para um sistema T submetido a perturbações D e produzindo informações sobre as variáveis essenciais E. (Ashby, 1970, p. 247).

No diagrama as flechas representam canais de comunicação. **Para que R seja um regulador perfeito sua variedade deve ser uma transformação da variedade de D (fonte de perturbações) de modo que ao atuar sobre T impeça que os efeitos indesejados atinjam E (Ashby, 1970).**

Segundo esse esquema, para que haja regulação perfeita, o regulador deve ser capaz de perceber os distúrbios antes que causem impactos disfuncionais no sistema. Por isso, segundo Ashby (1970), um controlador baseado somente em realimentação negativa de

informação não pode ser perfeito, pois atua somente após as variáveis essenciais já terem sido atingidas pelas perturbações.

4.4.3 – O OBSERVADOR E A DESCRIÇÃO DA ORGANIZAÇÃO SISTÊMICA.

A terceira contribuição de Ashby teve profundas repercussões sobre as abordagens sistêmicas posteriores. Diz respeito à natureza do processo de conhecimento.

Ashby (1962) esteve entre os primeiros autores que reconheceram o lugar central do observador na descrição de modelos sistêmicos, rejeitando a idéia de que a complexidade seja algo absoluto, intrínseco ao objeto.

Ashby (1962) exemplifica sua posição descrevendo o exemplo de dois observadores estudando um mesmo sistema - uma colméia de abelhas. Um deles, segundo o autor, pensando em termos da colméia como a interação de cinqüenta mil abelhas pode achar as mesmas como dotadas de ‘organização’, enquanto que o outro, observando os estados globais da colméia, como grau de atividade, a agregação do enxame, etc., pode não ver essa forma de organização, mas somente trajetórias relacionadas a estes estados.

Mesmo um sistema sendo descrito do ponto de vista puramente quantitativo, para Ashby (1973), a complexidade do sistema é sempre relativo ao observador. **Assim, é necessário distinguir entre o objeto ou unidade complexa do sistema formulado pelo observador para descreve-lo.**

Assim, um sistema, como abstração descritiva de um objeto observado, é apenas uma de infinidade de maneiras de descrição possíveis, como exemplifica Ashby (1970):

“A essa altura, devemos estar esclarecidos sobre como o “sistema” deve ser definido. Nosso primeiro impulso é apontar para o pêndulo e dizer “o sistema é isto aqui”. Tal método, entretanto, oferece uma desvantagem básica: *cada objeto material contém nada menos do que uma infinidade de variáveis e, portanto, de possíveis sistemas.* O pêndulo real, por exemplo, não tem apenas comprimento e posição; possui também massa, temperatura, condutividade elétrica, estrutura cristalina, impurezas químicas, alguma radioatividade, velocidade, poder refletor, força de tensão, uma película superficial de umidade, contaminação bacteriológica, absorção ótica, elasticidade, forma, gravidade específica, e assim por diante. Qualquer sugestão de que deveríamos estudar “todos” os fatos não é

realista, e na verdade a tentativa nunca é feita. O que é preciso é escolher e estudar os fatos relevantes com respeito a algum interesse anteriormente dado.

O **sistema** passa a significar agora, não uma coisa, mas uma lista de variáveis.” (Ashby, 1970, p. 47).

A introdução do observador e a distinção entre o objeto e o sistema, conduzem à necessidade de introduzir a referência e/ou explicitação dos propósitos de quem descreve o mesmo. O sistema, assumido como modelo descritivo, deixa de ser um conceito baseado na suposição (positivista) de que representa ou corresponde à realidade objetiva. Passa a ser visto como inseparável das motivações, propósitos e das noções da linguagem específica do modelo ou metodologia utilizado na descrição.

4.5 – DINÂMICA DE SISTEMAS: A ESTRUTURA CAUSAL DOS SISTEMAS COMPLEXOS

A Dinâmica de Sistemas foi desenvolvida durante os anos 50, pelo engenheiro Jay W. Forrester, com o objetivo inicial de auxiliar a administração de sistemas industriais complexos. Os fundamentos básicos e o detalhamento do modelo foram publicados no livro *Industrial Dynamics*, em 1961.

A abordagem integra três campos de conhecimentos: engenharia de controle e os conceitos de realimentação e auto-regulação; a cibernética e o papel da informação em sistemas de controle e a teoria da decisão em organizações humanas (Medows, 1980). Forrester (1961) aponta ainda os avanços na tecnologia de computação digital como fundamental para o modelo. Esta tornou possível a construção de modelos de simulação complexos, aspecto central na elaboração da abordagem.

O foco da abordagem voltava-se inicialmente para problemas dinâmicos da administração industrial, como por exemplo, problemas gerais de gerenciamento, problemas de flutuação de inventário, queda das ações de uma empresa e a instabilidade da força de trabalho (Forrester, 1961). Entretanto, a abordagem passou a ser aplicada na modelagem de sistemas complexos num vasto leque de campos de estudo, incluindo, por exemplo, sistemas urbanos, econômicos e ecológicos.

4.5.1 – ASPECTOS GERAIS E ESPECÍFICOS DA DINÂMICA DE SISTEMAS

Embora no mundo praticante a ênfase seja aplicações para intervenção em organizações, a Dinâmica de Sistemas envolve aspectos teóricos sobre sistemas complexos de um modo geral. A seguir serão examinados esses dois aspectos da abordagem.

Sem reivindicar originalidade Forrester (1968) vê a Dinâmica de Sistemas contribuindo em dois diferentes planos teóricos: para uma teoria geral dos sistemas e para a formulação de teorias sobre a estrutura de classes específicas de sistemas.

Como teoria geral a Dinâmica de Sistemas contempla a suposição de que o comportamento dinâmico em sistemas complexos decorre de **estruturas causais** constituídas de múltiplos laços de realimentação negativos e positivos, que se realizam via fluxos de recursos e informações (Forrester, 1961; 1990).

Medows (1980) aponta que a Dinâmica de Sistemas, em sistemas sociais, concebe as estruturas causais complexas como o resultado de imposições ou restrições físicas, metas sociais, recompensas e pressões, etc. Segundo a autora, estes fatores fazem as pessoas agir em conformidade com determinados padrões, gerando tendências recorrentes e cumulativas que configuram um sistema total. Os elementos teóricos que fundamentam a Dinâmica de Sistema, quando aplicada a sistemas sociais, de acordo com Medows (1980), são:

- Decisões sociais ou individuais derivam da informação acerca do estado do sistema ou ambiente que circunda a tomada de decisões;
- Decisões conduzem a ações que tem a intenção de mudar o estado do sistema. Nova informação, acerca de mudanças de estado, produz novas decisões e mudanças;
- Cada cadeia fechada de relações forma um laço de realimentação;
- Modelos dinâmicos de sistemas complexos são constituídos vários laços ligados entre si;
- Sistemas complexos devem ser representados, basicamente, como um padrão fechado de interações circulares (as variáveis são endógenas ao sistema);
- Relativamente poucas variáveis são representadas exogenamente. Tais variáveis influenciam o sistema mas não são influenciadas por ele.

Assim, num plano menos geral, de acordo Forrester (1968), a Dinâmica de Sistemas serve para construir teorias acerca da estrutura e do comportamento dinâmico para diferentes classes de sistemas.

Sistemas pertencem à mesma classe se podem ser representados pela mesma estrutura (Forrester, 1968). Por exemplo, um sistema estoque-contratação simples, em que a taxa de contratação de trabalhadores é inversamente proporcional à discrepância quanto ao estoque desejado ou de equilíbrio, pode ser descrito pela mesma estrutura genérica (isomórfica) de um pêndulo em que a aceleração (taxa de mudança da velocidade) é inversamente proporcional à discrepância da posição em relação à posição de equilíbrio (Forrester, 1968). Aqui se observa uma preocupação teórica semelhante à de Bertalanffy, que propugnou a construção de modelos sistêmicos genéricos isomórficos, em diferentes campos do conhecimento, como propósito central da Teoria Geral dos Sistemas.

Entretanto, a constituição de uma teoria geral ou específica não foi a preocupação primeira que motivou a formulação da Dinâmica de Sistemas. Forrester desenvolveu os conceitos acima descritos como parte de suas preocupações com problemas complexos em organizações industriais. Para a Forrester (1958) uma companhia deve ser concebida nos seguintes termos:

“A companhia virá a ser reconhecida não como uma coleção de funções separadas mas como um sistema em que os fluxos de informação, materiais, força de trabalho, equipamentos de capital e dinheiro disparam forças que determinam a tendência básica ao crescimento, flutuações e declínio. [...] não são somente as três simples relações tridimensionais das funções que contam, mas o constante refluxo, fluxo e a mudança dessas três funções – suas relações como atividades dinâmicas (Forrester, 1958, p. 26).

Quanto à necessidade da abordagem experimental, através da construção de modelos e simulação de sistemas complexos, Forrester (1968) sustenta que as simplificações das soluções analíticas fornecidas pelas ciências da administração tornam seus modelos irrealis e inadequados para modelagem de sistemas complexos. Foi essa a razão alegada pelo autor para afastar-se da Pesquisa Operacional e desenvolver o modelo da Dinâmica de Sistemas.

A Dinâmica de Sistemas, conforme explica Forrester (1961, 1968, 1990), preocupa-se com o inter-relacionamento entre as **decisões** e os **estados dos sistemas** através de **laços de realimentação de informação**.

A Figura 4.5 mostra a representação de um modelo genérico através de um ‘diagrama de estoque e fluxo’. Tais diagramas são utilizados na modelagem gráfica de sistemas complexos na Dinâmica de Sistemas. Neste diagrama, a notação do elemento que representa decisão, ação ou mudança (não necessariamente induzidas por decisões humanas) é denominado de **razão de fluxo (R)** e é representado na figura pela ‘válvula’. Uma razão de fluxo representa a equação que descreve a taxa em que os recursos provêm ou se dirigem a um **nível (L)**.

Um nível corresponde a uma variável de estado do sistema. Assim, os estados do sistema mudam em função do fluxo de recursos (linhas flechadas contínuas), expresso pela variável de fluxo R. Num ponto de decisão o valor de R é continuamente atualizado, através da realimentação de informações (representada pelas linhas flechadas pontilhadas) sobre os estados relevantes do sistema para cada decisão.

Comparando a Pesquisa Operacional com a Dinâmica de Sistemas, Forrester (1968) assinala que esta focaliza somente no processo decisão na área B (ver Figura 4.5). Tende a concentrar-se em decisões individuais e não em fluxos de decisões variáveis no tempo. O gerenciamento do processo de informação, segundo o autor, preocupa-se em como a informação sobre variáveis de estado ou níveis deve ser obtida e transferida aos pontos de decisão. Já a Dinâmica de Sistemas, segundo Forrester, está interessada nas interações em torno do laço como um todo. Nos pontos de decisão R são projetadas as políticas e suas relação com a informação.

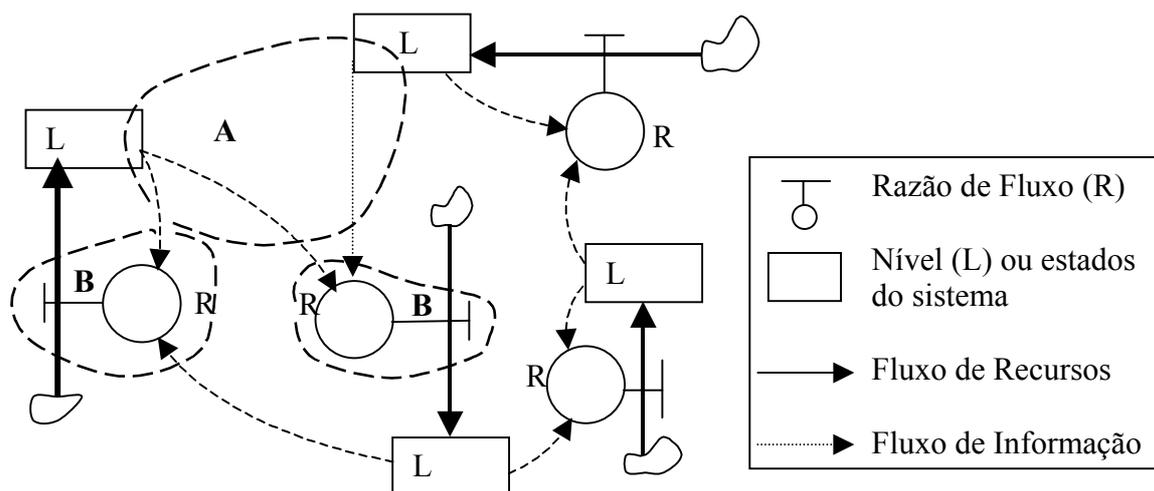


Figura 4. 5 - Diagrama de estoque e fluxo genérico para representação visual de sistemas dinâmicos complexos (Lane, 1994, p. 103).

Finalmente, cabe assinalar que para a Dinâmica de Sistemas ‘decisões’ não se referem ao nível individual, mas sim, a pontos (ou nós) nos quais, a partir da confluência de informações, são operacionalizadas as políticas que modulam os fluxos que determinam a lógica global de um sistema.

4.5.2 – COMPLEXIDADE, COMPORTAMENTO COMPLEXO E ESTRUTURA

Forrester (1969) define ‘sistemas complexos’ como expressão para referir-se a estruturas de realimentação, não lineares, de ordem elevada, constituídas de múltiplos enlaces de *feedback* (op. cit., p. 107). A ‘ordem’ de um sistema, segundo o autor, é definida como número de variáveis de estados existentes num sistema. Assim, para a Dinâmica de Sistemas, a complexidade de um sistema decorre de três aspectos:

- Número de estados (níveis);
- Número de enlaces de realimentação;
- Natureza não-linear das interações entre os enlaces de realimentação.

A combinação desses aspectos pode dar origem a comportamentos inusitados que escapam da percepção comum. Forrester (1961) aponta **três características básicas em sistemas complexos para compreender suas flutuações, instabilidades e comportamentos contraintuitivos: a própria estrutura, os atrasos e as amplificações.**

Como já apontado, as interações que conformam as estruturas sistêmicas, são compostas de vários enlaces de realimentação interconectados. A natureza dessas interações é essencialmente não-linear (Forrester, 1961).

Já a defasagem da informação nos pontos de tomada de decisão conduz a decisões que provocam comportamentos oscilatórios.

As amplificações são o resultado de ações mais potentes do que as necessárias. São geradas em função da discrepância da informação disponível nos pontos de decisão, (informação aparente) em comparação com o estado real ou efetivo do sistema.

A partir de experimentos baseados em simulação computacional, especialmente a partir da simulação do comportamento de sistemas urbanos, Forrester (1969)

identificou sete propriedades em sistemas complexos, que decorrem da natureza não-linear das suas interações:

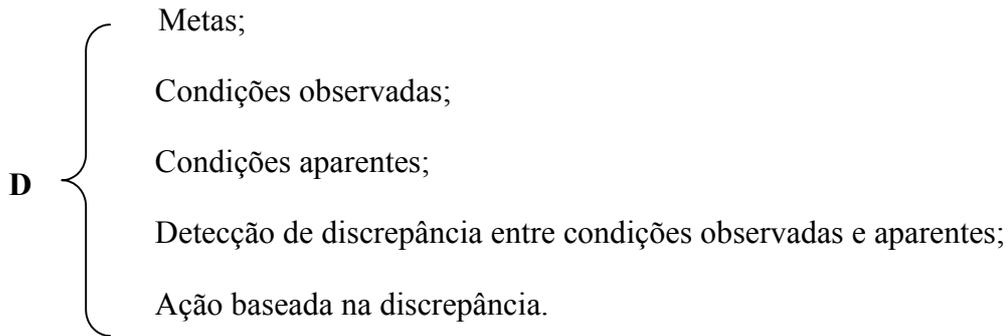
- Sistemas complexos apresentam comportamento contraintuitivo;
- Em sistemas complexos muitos parâmetros são notavelmente insensíveis a mudanças;
- Sistemas complexos atuam contra ou compensam esforços corretivos aplicados externamente;
- Sistemas complexos resistem à maioria das mudanças de políticas;
- Sistemas complexos contém pontos de pressão e influência muitas vezes em lugares inesperados do qual irradiam forças de instabilidade e balanceamento;
- Sistemas complexos muitas vezes reagem à mudança nas políticas, a longo prazo de um modo oposto às reações que exibem a curto prazo;
- Sistemas complexos tendem em direção a condições de pior performance.

Forrester (1969; 1990) descreve a estrutura de um sistema complexo como constituído por quatro níveis:

A - Fronteira fechada em torno do sistema.

B - Enlaces de *feedback* como estrutura básica dentro da fronteira.

C { Variáveis de nível (estados) que representam acumulações dentro dos enlaces de *feedback*;
 Variáveis de taxa (razões de fluxo) que representam atividades dentro dos enlaces de *feedback*;



A **fronteira fechada do sistema** é determinada pelo padrão de laços de realimentação inter-relacionados. Tal padrão se fecha sobre si e gera as características e o comportamento do todo. Deve ser observado que a expressão ‘sistema fechado’, na Dinâmica de Sistemas, não significa fechamento à troca de matéria e energia com o meio, e sim ‘fechamento causal’ (Richardson, 1991). Ou seja, embora as características dinâmicas de um sistema sejam determinadas pelo padrão endógeno de interações, sistemas complexos interagem com o ambiente.

A **estrutura de enlaces de realimentação** é a causa do comportamento dinâmico de um sistema. Pode envolver vários enlaces de realimentação acoplados. Todas as estruturas causais são concebidas em termos de dois tipos de laços básicos de realimentação: positivos e negativos.

Razões de fluxo e níveis, conforme já examinado, são as denominações para as duas variáveis genéricas que integram todos os ‘blocos de construção’ de sistemas complexos. **Níveis, estoques ou estados** são acumulações ou integrações que mudam em função dos fluxos de entrada e de saída, determinados pelas razões de fluxo. **Razões de fluxo são equações que expressam a formulação das políticas no sistema.** Estabelecem como a informação disponível é convertida em uma torrente de ações.

Em cada equação que expressa uma razão de fluxo existem **metas** em direção às quais ou para longe das quais o ponto de decisão está forçando. Também existe algum processo de detecção das **condições observadas**. A **discrepância** constatada entre as condições observadas e a meta é base para as próximas **ações**, conforme estabelecido pelas regras de decisão expressas através da equação da razão de fluxo.

As noções de estrutura acima alinhavadas são a base para construir modelos na Dinâmica de Sistemas. Os modelos são concebidos para descrever as tendências de

comportamento das variáveis no tempo e são representados na forma de diagramas de ‘estoque e fluxo’ (Figura 4.5) e linguagem de simulação computacional²⁷.

4.5.3 – A REALIMENTAÇÃO DE INFORMAÇÃO COMO CARACTERÍSTICA ESSENCIAL DA REALIDADE

Para Forrester a realimentação de informação é um aspecto constitutivo essencial dos fenômenos. Desconhecê-la significa desconsiderar uma parte vital da realidade (Richardson, 1991, p. 150). O lugar fundamental da realimentação de informação pode ser verificado na citação que segue:

“Um sistema de feedback de informação existe quando o ambiente conduz a uma decisão que resulta numa ação que afeta o ambiente e por isso influencia futuras decisões”²⁸.

Esta definição engloba todas as decisões conscientes e subconscientes tomadas por pessoas. Também inclui as decisões mecânicas feitas por equipamentos chamados servomecanismos.

Sistemas de controle de *feedback* de informação são fundamentais para toda a vida e empreendimento humano, do lento ritmo da evolução biológica até o lançamento do último satélite espacial” (Forrester, 1961, p. 15)

Forrester (1990) sustenta ainda que os princípios sistêmicos são a base para uma nova estrutura de conhecimentos. Essa posição assume dois significados ao longo de seu trabalho. Uma de caráter geral, segundo a qual os princípios e conceitos da Dinâmica de Sistemas são vistos como a base para a construção do conhecimento sobre a estrutura de todos os sistemas da realidade, conforme expresso na seguinte passagem:

“A dinâmica industrial é uma teoria da estrutura de sistemas e do comportamento dinâmico em sistemas e não uma teoria limitada à descrição de um sistema particular (de fato o nome tornou-se um nome inadequado na medida em que as áreas de aplicação rapidamente se ampliaram)” (Forrester, 1968, p. 606).

²⁷ Forrester usa computação digital para simular os modelos construídos na forma de digramas fluxo. Usa equações diferenciais, convertendo-as em equações discretas, para descrever a variação dos estados do sistema ao longo do tempo.

²⁸ Itálico no original.

O segundo significado diz respeito à importância dada pelo autor ao conhecimento da estrutura para o processo de conhecimento de um modo geral. Segundo Forrester (1990), dominar um conteúdo “[...] requer aprender como as coisas estão relacionadas” (op. cit., p. I-3).

Forrester (1990) caracteriza ‘modelos’ como regras e relações que servem para descrever algo. Para o autor, tudo o que concebemos através do pensamento são de fato modelos. Modelos podem ser abstratos, como por exemplo “imagens mentais, descrições literais, regras de comportamento para jogos e códigos legais” (op. cit., p.3-1). São também modelos abstratos todos os modelos matemáticos, seja na forma analítica ou em linguagem computacional. Embora Forrester (1990) acredite que todos os modelos mentais possam representar a realidade com algum grau de fidelidade, isso não deve ser visto como sua representação absoluta:

“Quando nos movemos para modelos que representam as pessoas, suas decisões e suas reações à pressão do ambiente é bom manter em mente a medida relativa e não absoluta da realidade de um modelo. A representação não precisa ser defendida como perfeita, mas somente que clarifica o pensamento, captura e registra o que sabemos e nos permite ver as conseqüências dos nossos pressupostos, se estes pressupostos são percebidos, ao final das contas, como certos ou errados. Um modelo é bem sucedido se abre caminho para melhorar a acurácia com que representamos a realidade” (Forrester, 1990, p. 3-4).

O objetivo principal dos modelos na Dinâmica de Sistemas é ajudar o processo mental a lidar com o comportamento de sistemas complexos ao longo do tempo. Forrester (1990) nomeou as vantagens em representar os modelos mentais em formulações explícitas, como por exemplo na forma de diagramas de fluxo e equações matemáticas de simulação:

- (a) Permite definir os modelos mentais em torno do seu propósito, fixar seu conteúdo, testar os pressupostos adotados e a sua coerência com o comportamento observado ou esperado;
- (b) Torna explícitos os pressupostos presentes num modelo mental;
- (c) Facilita a comunicação por fornecer formulações concretas, tornando menos nebulosa uma imagem mental;
- (d) Facilita a manipulação quando se trata de modelos de sistemas dinâmicos, evitando que sejam tiradas conclusões a partir de analogias com o passado, incoerentes com os pressupostos feitos quanto à estrutura de interações do sistema (Forrester, 1990).

4.6 – O CONCEITO DE SISTEMA COMO PARADIGMA DO ‘PENSAMENTO COMPLEXO’

O epistemólogo Edgar Morin critica as abordagens sistêmicas que, segundo a sua leitura, se fixaram em demasia na noção genérica de sistema e deixaram de desenvolver o conteúdo radical que este conceito deve assumir. Morin (1992) propugna o desenvolvimento do conceito de sistema ao nível paradigmático, como conceito-chave para avançar na construção de um ‘conhecimento complexo’. Segundo o autor, como noção paradigmática o conceito de sistema deve ser formulado como um ‘macro conceito’ para a construção do conhecimento nos mais variados campos. Para tanto, entende Morin (1992), o ‘sistema’ não deve ser concebido como um conceito fechado, no sentido de completo. Deve somente fornecer as noções, os princípios e as relações para a construção de um novo tipo de conhecimento. Não deve ser concebido preso a uma teoria geral que, supostamente, serviria para entender e descrever todos os fenômenos complexos do mundo real.

4.6.1 – UM NOVO PARADIGMA AO INVÉS DE UMA TEORIA SISTÊMICA

Morin (1992) assinala como um dos principais problemas do desenvolvimento do conceito de sistema a pretensão de querer formular uma teoria sistêmica geral para impor à realidade complexa. Aponta esse equívoco assinalando que se as abordagens sistêmicas (teorias, modelos, metodologias, etc.), nas distintas áreas do conhecimento, forem, por exemplo, moldadas pela Teoria Geral dos Sistemas, a focalização dos fenômenos será reduzida à dimensão privilegiada por essa teoria - a abertura do sistema à transação de matéria, energia e informação com o meio. Segundo Morin (1992), tentar abordar as diferentes formas de complexidade em função da sua abertura ao meio é insuficiente pois “cada fenômeno a ser descrito possui a sua própria física, química, termodinâmica, natureza e organização” (op. cit., p. 137). Assim, para o autor, o conceito de sistema ao invés de ser pensado como um termo geral para enquadrar a complexidade deve ser encarado como um conceito generativo de conhecimentos, tanto gerais

como específicos, independente do domínio no qual vier a ser aplicado. Deve permanecer aberto ou incompleto fornecendo

“[...] as relações básicas de associação/e ou oposição entre um número limitado de noções que comandam e controlam nosso pensamento, discursos e teorias” (Morin, 1992, p. 126).

Como base de um novo paradigma o conceito deve deixar de ter o caráter globalista, ou nas palavras do autor, ‘sistema’ deve deixar de ser uma “palavra-mestre para a totalidade” e converter-se na “palavra raiz para a complexidade” (op. cit., p. 137).

O outro aspecto da crítica do autor dirige-se à crença de que a complexidade possa ser um substituto eficaz da simplificação que, à semelhança da simplificação do pensamento analítico, tornaria possível “programar e esclarecer” (Morin, 1996, p. 176). A suposição central que fundamenta essa perspectiva, segundo o autor, é de que seria possível encontrar uma explicação para os fenômenos complexos a partir de alguns princípios simples responsáveis por um número infinito de combinações de alguns elementos (Morin, 1992). Para Morin (1977; 1996), ao contrário, a complexidade implica o reconhecimento de que a complicação e a obscuridade são desafios incontornáveis da realidade.

4.6.2 – O CONCEITO DE SISTEMA COMO MACRO CONCEITO

Para Morin (1992) o desenvolvimento do conceito de sistema como novo paradigma de conhecimento envolve dois aspectos centrais: (a) o desenvolvimento do conceito de organização como noção chave do conceito de sistema e (b) o estabelecimento de um conjunto de princípios e regras que comandam as relações entre essas noções.

Morin (1992) propõe a formulação do conceito de sistema em torno de **três noções constitutivas básicas: (i) o sistema como manifestação emergente da unidade complexa; (ii) o sistema como relações entre partes ou variáveis qualitativamente distintas, que mantém interações, e não somente ações simples entre si e (iii) o sistema como configuração das interações que constitui a organização sistêmica.** O autor descreve do seguinte modo a relação entre as três noções:

“De fato o conceito de sistema é um conceito de três lados²⁹: o sistema expressa a unidade complexa e a natureza fenomenal do todo bem como as relações entre o todo e as partes; interações, que expressam o conjunto de relações, ações e *feedbacks* que são entretecidas em um sistema; e a organização, que expressa o caráter formativo das interações por compor, proteger, regular, direcionar e renovar as interações, assim servindo como espinha dorsal ao conceito de sistema (Morin, 1992, p. 126).

Ou seja, o **sistema** como forma descritiva de um fenômeno global origina-se de **interações**, cuja configuração constitui sua **organização**. O conceito de sistema é, portanto, inseparável da noção de organização que o produz. A organização é o “[...] nó que liga a idéia de interação à idéia de sistema” pois a organização “liga e transforma os elementos num sistema, produz e mantém esse sistema” (op. cit., p. 125).

Para Morin (1992) o conteúdo do termo ‘organização’, na perspectiva sistêmica, é substancialmente distinto da perspectiva clássica. Nas ciências clássicas a ‘organização’ é um conceito estático, de ordem e regras invariáveis, associado à noção de ‘estrutura’ da visão mecanicista. Na perspectiva sistêmica é uma noção com características dinâmicas, que se refere a processos que se auto-mantém em sistemas naturais ou que são mantidos em sistemas construídos pelo homem.

A organização como noção sistêmica central, segundo Morin (1992), engloba as seguintes características:

- A organização em sistemas físicos e em todos os biológicos ativos envolve “suprimento, estoque, distribuição e controle de energia, bem como, consumo e dissipação de energia em seu trabalho” (op. cit., p. 127);
- Como consequência da característica anterior, a organização produz entropia - degradação do sistema e da própria organização – e neguentropia – a regeneração do sistema, incluindo a reorganização permanente das relações que especificam a própria organização do mesmo;
- A organização envolve interações que especificam a abertura do sistema (trocas com o seu ambiente) ao mesmo tempo em que mantém o ‘fechamento organizacional’ (manutenção de um padrão de interações fechadas, responsáveis pela autonomia e integridade do sistema);

²⁹ No original em inglês *three-sided*.

- Organização significa a criação de ordem onde impera o determinismo sistêmico. Entretanto, esta ordem pode ser flexível, contemplando zonas de incerteza, disputa e liberdade. A desordem é um ingrediente inevitável, gerado complementarmente à própria atividade organizacional;
- Em função da característica anterior - a presença simultânea da ordem e desordem -, a organização envolve incertezas e antagonismos;
- O ‘ser’ e a ‘existência’ são características relacionadas à organização sistêmica, quando essa assume a forma auto-organizadora. A “auto-organização gera ser e existência” (op. cit., p. 128).

4.6.3 – ORGANIZAÇÃO RECORRENTE E CAUSALIDADE COMPLEXA

A organização recorrente é vista como a característica fundamental da organização complexa (Morin, 1977; 1992; 1996). Organização recorrente é definida como “um círculo produtivo ininterrupto” em que “os produtos são necessários à produção daquilo que os produz” (Morin, 1996, p. 182). Como exemplo o autor cita as sociedades humanas em que as interações entre os indivíduos geram o todo social, o qual, por sua vez, retroage sobre os indivíduos para co-produzi-los.

O princípio auto-regulador da cibernética é visto por Morin (1977) como uma situação especial da causalidade complexa. A relação produto-produtor é apontada como a noção complexa mais geral.

Para Morin (1977) a organização recorrente é responsável pela **causalidade complexa**. Segundo explica o autor, para o determinismo clássico causas são impingidas aos objetos a partir de uma perspectiva externa. O efeito não retroage sobre a causa que lhe deu origem e, nas mesmas condições, devem resultar no mesmo efeito. A organização baseada em interações recorrentes rompe com essa idéia de causalidade linear. Laços fechados, constituindo de redes de interações recorrentes, podem provocar efeitos locais distintos dos presumíveis a partir do determinismo clássico (op. cit., p. 238). A lógica causal dos processos circulares e recorrentes gera determinações locais, sem as quais entidades complexas não são concebíveis diante das múltiplas determinações externas.

A seguir serão pontuadas duas implicações cruciais relacionados à noção de causalidade complexa, segundo Morin (1977):

- **Causalidade finalista.** Ao opor-se à determinação externa a lógica causal interna envolve recursos que mantém determinadas condições estáveis e preserva características de identidade do sistema, ou ainda, desdobra-o em uma forma modificada no transcorrer do tempo. Enquanto que para a causalidade determinista os efeitos são imediatos e diretos, os efeitos da causalidade complexa podem permanecer latentes e invisíveis. Podem demandar tempo e/ou condições favoráveis para manifestarem-se, revelando a plenitude dos seus efeitos somente quando o ‘fim’ tiver sido realizado. Para um observador isso pode parecer como a busca ou manutenção de um objetivo ou a realização de um propósito. Assim, a causalidade complexa (local) pode ser descrita como causalidade finalista (op. cit, p. 248).
- **Causalidade generativa.** Processos circulares recorrentes estão na gênese de todo fenômeno organizacional. Sistemas complexos, ao mesmo tempo em que se relacionam com as causas externas - são abertos a fluxos de matéria, energia e informação do meio -, criam uma disjunção entre as determinações ou causas externas e seus efeitos locais, via processos circulares. Sua manutenção implica a geração e manutenção de graus de autonomia organizacional em relação ao meio. É isso que permite compreender o desenvolvimento de **estratégias** e **decisões**. Nos sistemas biológicos, estratégias e decisões são imanentes aos processos físicos. São o resultado de um processo seletivo de milhões de anos. Nos sistemas humanos, estratégias são verbalizadas racionalmente na linguagem.

4.6.4 PRINCÍPIOS QUE COMANDAM AS RELAÇÕES EM SISTEMAS COMPLEXOS

Morin (1992) concebeu as regras e princípios que comandam as relações em sistemas complexos a partir de duas formas ‘circularidade construtiva’ (ver Figura 4.6):

- (i) A interação circular em que o todo é explicado pelas partes e as partes em função do todo;

- (ii) A interação circular entre a unidade e diversidade, em que as unidades complexas são constituídas a partir da diversidade e a diversidade é resultante da unidade.

Quanto à primeira forma de circularidade, Morin (1997) explica que o reconhecimento de um nível de oposição e disputa entre os dois processos de explicação - a explicação das partes pelo todo e o todo pela partes - significa a introdução da complexidade ao nível paradigmático. Ou seja, a complexidade não deve ser vista apenas ao nível de fenômeno, mas, em primeiro lugar, como princípio explicativo.

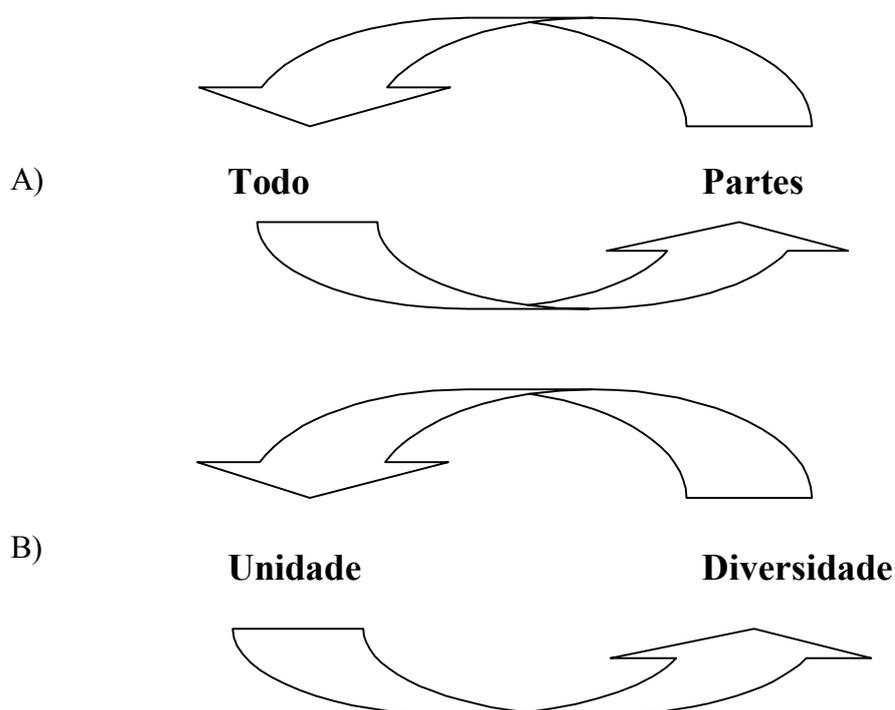


Figura 4. 6 - Circularidade produtiva mútua (a) entre o todo e as partes e (b) entre o unidade e a diversidade.

Quanto à segunda forma de circularidade, Morin (1992) argumenta que o conceito de sistema, ao referir-se à descrição da complexidade, se refere à ‘unidade do diverso’³⁰. A experiência mostra, segundo o autor, que as entidades físicas, biológicas e sociais não são somente unidades compostas a partir da diversidade, sendo a própria diversidade produto

³⁰ Aqui ‘unidade’ não tem o significado de unidade impositiva ou totalitarista. A unidade sistêmica, como manifestação global da complexidade organizada, pode envolver conflitos e contradições e várias formas de ‘disputa’, especialmente quando se trata das formações complexas no campo social.

da unidade. As partes “possuem uma dupla identidade: uma identidade individual não redutível ao todo e uma identidade comum, como cidadão do sistema” (op. cit., p. 133).

A partir da concepção anterior, Morin (1977; 1992) formulou um conjunto de princípios quanto ao caráter complexo das relações que, segundo seu entendimento, devem integrar o conceito de sistema como noção nuclear de um novo paradigma do conhecimento.

- **O todo é maior que a soma das partes.** Este princípio assinala que o todo possui propriedades globais - qualidades, propriedades, comportamentos – não observáveis nos componentes em separado.
- **O todo é inferior que a soma das partes.** Este princípio assinala que muitas qualidades e propriedades das partes desaparecem quando sob o efeito das restrições do todo.
- **O todo é maior que o todo.** Este princípio assinala que existe um ‘circuito construtivo’ entre o todo e as partes em que são desenvolvidas potencialidades maiores que a realidade global do sistema revela.
- **As partes são ao mesmo tempo mais e menos que as partes.** Este princípio assinala que ao mesmo tempo em que a organização inibe propriedades potenciais das partes (por isso as partes são menores que as partes) pode criar condições que permitem os desvios e a expansão de novos potenciais nos seus componentes.
- **O todo é menor que o todo.** Este princípio assinala que sistemas comportam ‘zonas de sombra’, desconhecimento mútuo, “brechas, rupturas entre o reprimido, o latente e o expresso, entre o imerso e o que emerge, entre o generativo e o fenomenal” (Morin, 1992, p. 134)³¹.
- **O todo é insuficiente.** Este princípio decorre do anterior. Totalidades são sempre incompletas, comportando insuficiências reconhecíveis, zonas desconhecidas, situações fora de controle, que incluem rupturas e conflitos.
- **O todo é incerto.** Este princípio estabelece a relatividade do conceito. Não existe forma ‘certa’ ou ‘absoluta’ de isolar um sistema de outros sistemas aos quais está ligado.

³¹O autor exemplifica que ao nível dos sistemas sociais, não somente é o indivíduo que desconhece a totalidade social, mas o todo social é ignorante e inconsciente das aspirações, pensamentos e sonhos dos indivíduos.

- **O todo é conflitual.** Todos contemplam relações antagônicas, fontes de cisões, conflitos e riscos à sua perpetuação. Essas forças são permanentemente reprimidas por mecanismos de realimentação negativa ou mesmo usadas de modo positivo, construtivamente.

4.6.5 – PRESSUPOSTOS ONTOLÓGICOS E EPISTEMOLÓGICOS

Para Morin (1992), o conceito de sistema, como base de um novo paradigma de construção do conhecimento, deverá substituir a concepção ontológica que está no núcleo do paradigma clássico, ou seja, a idéia de objeto substancial e elementar:

“A noção se torna revolucionária quando substitui a noção de coisa ou objeto, que foi conceptualizada como tendo forma e substância, decomponível em elementos primários, nitidamente separados no espaço, e sujeitos às leis externas da ‘natureza’. A nova noção deve romper a ontologia clássica do objeto. Devemos ver que o objeto da ciência clássica é um segmento, uma aparência, uma construção simplificada, mutilando e abstraindo uma realidade complexa que está enraizada simultaneamente na organização física e na organização psicocultural” (Morin, 1992, p. 126).

No novo paradigma,

“Os objetos dão lugar ao sistema. Em lugar das essências e das substâncias, a organização; em lugar de unidades simples e elementares; as unidades complexas; em lugar de agregados formando corpos, sistemas de sistemas de sistemas” (Morin, 1977, p. 119).

Do ponto de vista epistemológico o autor rejeita as duas alternativas, segundo as quais, no seu ponto de vista, a noção de sistema normalmente é apresentada: de um lado a **perspectiva realista/positivista** em que o sistema reflete as características dos objetos da realidade empírica se impondo à percepção do observador, podendo ser descrito acuradamente como entidade física mensurável (Morin, 1992) e, de outro, **o sistema como um modelo ideal/formal abstrato (categoria mental) aplicável aos fenômenos** - “uma heurística construída mentalmente e/ou um modelo pragmático usado para controlar, entender ou simular um fenômeno” (op. cit., p. 135).

Como alternativa Morin (1992) propõe uma perspectiva epistemológica em que a noção de sistema possui uma dupla determinação ou “dupla entrada” (op. cit., p. 135), conforme descrito no Quadro 4.1. Uma ‘entrada’ física, experimentada empiricamente, em que é reconhecida: (i) a existência de condições físicas de formação e existência das interações que mantém o sistema; (ii) limites físicos de existência fora dos quais o sistema se desintegra ou transforma e (iii) as características emergentes que tornam possível distinguir o sistema (Morin, 1977). Ao mesmo tempo, aquilo que é experimentado como fenômeno, por mais evidente que pareça, depende também do ‘espírito’ humano, do processo cognitivo através do qual o observador/conceptor opera as abstrações (Morin, 1977).

Quadro 4.1 - A ‘dupla entrada’ do conceito de sistema (Morin, 1991, p. 135).

Física	Psíquica
Por formação e por existência (interações, combinação de circunstâncias ecológicas, condições energéticas e termodinâmicas e operações). Mesmo um sistema de pensamento tem um componente físico (processos físico-bioquímicos relacionados à atividade cerebral).	Por distinção e isolamento, pela escolha de conceitos sucessivamente aninhados (subsistema, sistema, suprasistema, ecossistema).
<p>Do qual obtemos:</p> <p>Um princípio da arte (de diagnóstico);</p> <p>Um princípio de reflexão crítica (da relatividade da noção de fronteiras de um sistema);</p> <p>Um princípio de incerteza.</p>	

O reconhecimento do caráter simultaneamente psíquico e físico do sistema, segundo Morin (1977), remete para a indivisibilidade da relação sujeito/objeto. Isso significa que a distinção de algo é sempre uma transação (relação) entre o observador e o sistema observado. A importância do observador no processo de descrição de um modelo sistêmico pode ser avaliada pelas duas citações que a seguem:

“A determinação do caráter sistêmico, subsistêmico, ecossistêmico, etc., depende de seleções, interesses, escolhas e decisões, que por sua vez dependem de condições culturais e sociais onde se inscreve o observador/conceptor. É sistema aquilo que o observador considera do ponto de vista da sua autonomia e das suas emergências (ocultando por isso mesmo as dependências que, sob outro ângulo, o definiram como subsistema). É subsistema aquilo que um observador considera do ponto de vista da sua integração e das suas dependências” (Morin, 1977, p. 134).

“Há portanto sempre, na extração, no isolamento, na definição de um sistema, alguma coisa de incerto ou arbitrário: há sempre decisão e escolha, o que introduz no conceito de sistema a categoria do sujeito. O sujeito intervém na definição do sistema nos e pelos seus interesses, seleções e finalidades, quer dizer que traz ao conceito de sistema, através de sua sobredeterminação subjetiva, a sobredeterminação cultural, social e antropológica” (Morin, 1977 p 119-120).

Assim, mesmo que um modelo sistêmico se refira a uma entidade de natureza exclusivamente física, a sua descrição sempre envolve interesses, a subjetividade e os valores culturais de quem seleciona e delimita o sistema.

Aqui se encerra o exame das abordagens sistêmicas fundamentais. No próximo capítulo serão examinados três desenvolvimentos teóricos, relacionados a disciplinas científicas tradicionais, onde as concepções sistêmicas são da base da formulação de modelos de relevância para a ciência contemporânea.

CAPÍTULO 5

5. INVESTIGAÇÃO DE ABORDAGENS SISTÊMICAS APLICADAS A CONTEÚDOS CIENTÍFICOS ESPECÍFICOS

Neste capítulo serão examinadas concepções sistêmicas contidas em modelos e teorias relacionadas a conteúdos disciplinares específicos. Foram selecionadas a teoria das **estruturas dissipativas**, as idéias básicas dos estudos do **caos determinístico** e a teoria da *autopoiese*.

Conforme justificado no capítulo I, a escolha dessas abordagens deve-se à relevância das formulações que as mesmas contemplam, para as ciências contemporâneas. Uma segunda justificativa para o exame dessas abordagens, é a sua relação com as abordagens sistêmicas básicas. A teoria das **estruturas dissipativas** pode ser visto como uma ampliação da compreensão sobre o papel dos fluxos materiais e energéticos, em sistemas físicos abertos, para a emergência de novas estruturas. O **caos determinístico**, embora seja um desenvolvimento matemático independente, contempla preocupações similares às da Dinâmica de Sistemas quanto ao comportamento dinâmico de sistemas complexos. A teoria da *autopoiese* é um dos desdobramentos das concepções cibernéticas à explicação do fenômeno vivo e do processo cognitivo, com grande repercussão em vários domínios do conhecimento.

5.1 – ESTRUTURAS DISSIPATIVAS – TERMODINÂMICA DOS SISTEMAS AFASTADOS DO EQUILÍBRIO

A teoria das ‘estruturas dissipativas’, que estuda a termodinâmica dos sistemas afastados do equilíbrio, é uma das mais importantes aplicações das concepções sistêmicas num campo disciplinar tradicional. Trata-se da ampliação teórica da termodinâmica clássica, formulada por Ilya Prigogine, para suprir a insuficiência do segundo princípio da termodinâmica na explicação das características de sistemas abertos, em especial, a emergência de novas formas complexas.

Entre as principais formulações contempladas pela teoria está a conclusão de que os processo de organização e a emergência de níveis superiores de ordem complexa, em sistemas materiais, está associado à dissipação de energia, na medida em que o sistema se afasta ou é afastado do equilíbrio termodinâmico (Prigogine, 1997).

5.1.1 – AS CONCEPÇÕES ESPECÍFICAS DA TEORIA DAS ‘ESTRUTURAS DISSIPATIVAS’

Sistemas, do ponto de vista termodinâmico, podem existir basicamente em três estados: equilibrados, próximo do equilíbrio e afastados do equilíbrio (Lazlo, 1996). A formulação clássica do segundo princípio da termodinâmica refere-se a sistemas equilibrados ou próximos ao equilíbrio. Em sistemas químicos, por exemplo, em estado de equilíbrio, os fluxos de energia e matéria eliminaram os gradientes energéticos (por exemplo diferenças de temperatura). São aleatórios e desordenados. Sistemas próximos ao equilíbrio possuem pequenas diferenças de temperatura e concentração. Quando isolados, progridem até atingirem um valor máximo de entropia, quando então é alcançado o equilíbrio termodinâmico. Em equilíbrio, tais sistemas, deixam de ter ‘energia livre’ para realizar de trabalho.

Já o estado afastado do equilíbrio é radicalmente distinto dos (dois) estados anteriores, conforme aponta (Lazlo, 1996). Sistemas afastados do equilíbrio não tendem a estados de energia mínima. São abertos a fluxos, ao recebimento de ‘energia livre’ ou entropia negativa, mantendo sua estrutura constante ou mesmo ampliando a sua organização com a

incorporação de novas estruturas. Isso se deve ao fato de que a dissipação de energia, relacionado à existência e manutenção do sistema, é compensada permanentemente pelo fornecimento de energia.

De acordo com Prigogine (1997), sistemas como organismos e cidades, somente mantêm sua existência em condições de não-equilíbrio, através do consumo e dissipação de energia livre, originando processos irreversíveis configurados em estruturas cada vez mais complexas.

O alcance de estados de maior complexidade, por sua vez, amplia ainda mais o processo irreversível de dissipação energética. Daí a origem da denominação ‘estruturas dissipativas’. Ou seja, a emergência de formas mais complexas sempre envolve processo em que ocorre aumento da dissipação de energia (Prigogine, 1997).

Um aspecto central relacionado ao aumento do fluxo de energia num sistema e o seu afastamento do equilíbrio termodinâmico, descrito por Prigogine, é o alcance de pontos de instabilidade onde novas estruturas complexas podem emergir. Tais pontos, denominados de ‘pontos de bifurcação’, são pontos onde o sistema deixa de ter comportamento simétrico (Prigogine, 1997). Significa que as soluções que ocorrem nos ‘pontos de bifurcação’- as novas formas de ordem complexa que emergem – não mais são sujeitas às equações determinísticas que prevaleciam até então. Ou seja, não são uma seqüência do padrão que até então prevalecia. Prigogine (1997) descreve ‘pontos de bifurcações’ também como pontos em que ocorre “manifestação de diferenciação intrínseca entre partes do sistema em si e entre o sistema e seu ambiente” (op. Cit., p. 69).

Num ponto de bifurcação a trajetória se ramifica (ver Figura 5.1). O sistema pode seguir diferentes caminhos, ‘escolhendo’ entre várias novas ramificações estáveis possíveis. Cada ramificação corresponde a um tipo de configuração distinta dos processos internos. As equações que descreviam o sistema até então, não determinam qual ramo, entre os possíveis, que o sistema irá seguir. Próximo aos pontos de bifurcação fatores estocásticos são essenciais na escolha do caminho preferencial. O acaso torna-se assim um elemento importante nas flutuações. Flutuação é termo usado para descrever o mecanismo que conduz à modificação das equações termodinâmicas próximo aos pontos de bifurcação (Capra, 1997).

A Figura 5.1 representa a evolução de sistema que pode ‘escolher’ entre pontos de bifurcação sucessivos. Refere-se a uma reação química que progressivamente é afastada do

equilíbrio (conhecida como bifurcação de Pitchfork)³² através do aumento do fluxo de produtos iniciais da reação. Quando $\lambda=0$ o sistema está em equilíbrio. O braço termodinâmico permanece estável entre $\lambda=0$ até $\lambda=\lambda_c$. Após λ_c , o braço termodinâmico torna-se instável e um par simétrico de novas soluções estáveis emerge.

Como mostra a Figura 5.1, a descrição da evolução no tempo de um sistema que é progressivamente afastado do equilíbrio envolve tanto processos determinísticos - entre as bifurcações - como processos probabilísticos - na escolha de uma ramificação no ponto de bifurcação. Prigogine (1997) enfatiza ainda a existência de uma dimensão histórica envolvida na evolução. Na Figura 5.1 é possível observar que se o sistema está no estado d_2 , isso significa que para chegar a esse estado teve que passar pelos estados b_1 e c_1 . Ou seja, a história anterior do sistema delimita o leque de possibilidades de ‘escolha’ nos pontos de bifurcações.

³² Prigogine (1997) descreve o que ocorre em sistemas afastados do equilíbrio com o exemplo de uma reação química simples, que é levada a estados afastados do equilíbrio a partir de um estado inicial de equilíbrio. Seja uma reação química $\{A\} \leftrightarrow \{X\} \leftrightarrow \{F\}$ em que $\{A\}$ é o conjunto inicial de produtos da reação, $\{X\}$ os componentes intermediários e $\{F\}$ o conjunto de produtos finais. No equilíbrio químico, existe um balanceamento em que existem muitas transições de $\{A\}$ para $\{X\}$ como de $\{X\}$ para $\{A\}$, com o mesmo ocorrendo de $\{X\}$ para $\{F\}$. Em equilíbrio a fração de produtos iniciais e finais $\{A\}/\{F\}$ tem um valor bem definido correspondendo à entropia máxima se o sistema estiver isolado. Considerando agora um sistema aberto, como por exemplo um reator químico. Através do controle do fluxo de matéria, podem ser fixadas as quantidades de produtos iniciais e finais $\{A\}$ e $\{F\}$. A partir de então progressivamente é aumentada a fração $\{A\}/\{F\}$, partindo do valor de equilíbrio. O que irá acontecer com o produto intermediário quando o sistema é afastado do equilíbrio? Existem muitas soluções possíveis para a concentração intermediária $\{X\}$ para determinados valores de $\{A\}$ e $\{F\}$, mas somente uma corresponde ao equilíbrio termodinâmico e máxima entropia. Esta solução, denominada ramo termodinâmico, pode ser estendida até o domínio do não equilíbrio. O resultado inesperado é que este ramo geralmente se torna instável a partir de certa distância crítica do equilíbrio. O ponto em que isso ocorre é conhecido como ‘ponto de bifurcação’.

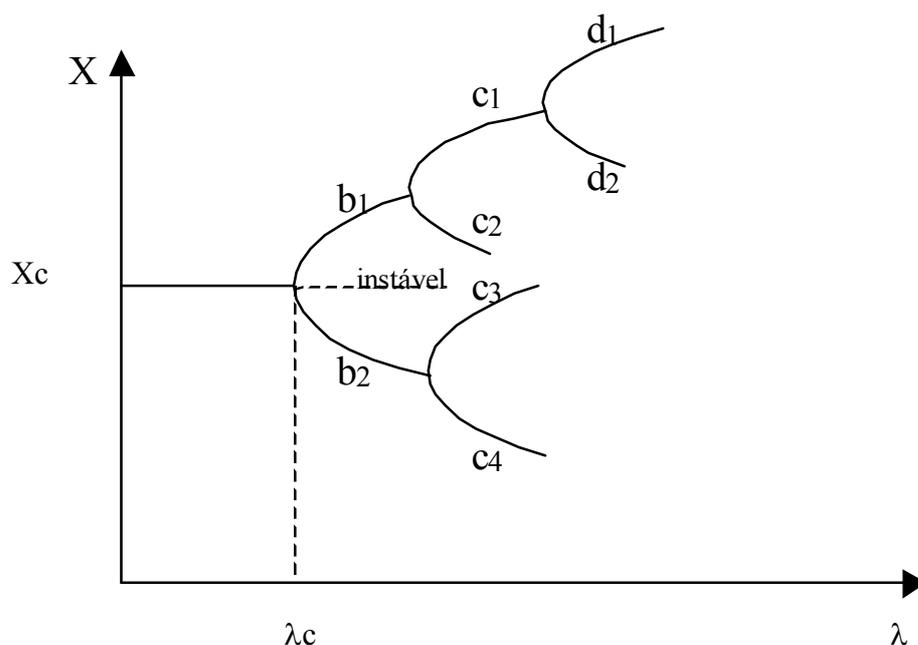


Figura 5. 1 - Sistema progressivamente afastado do equilíbrio com múltiplos caminhos possíveis de evolução (adaptado de Prigogine, 1997).

Segundo Prigogine (1997), ao contrário do que acontece com sistemas próximos do equilíbrio, sistemas afastados do equilíbrio caracterizam-se por mecanismos específicos de irreversibilidade. Para autor, isso indica que próximo ao equilíbrio as leis da natureza são universais. Entretanto, quando o sistema está longe do equilíbrio, as leis passam a ser dependentes do seu mecanismo específicos. Assim, afastamento do equilíbrio significa movimento “[...] do universal para o único, em direção à riqueza e a variedade” (Capra, 1996, p.151), ou seja, a formas de organização cada vez mais complexas.

5.1.2 – NÃO-EQUILÍBRIO, NÃO-LINEARIDADE E ORGANIZAÇÃO COMPLEXA.

Uma das conclusões mais importantes da teoria das estruturas dissipativas, em termos do foco do presente trabalho, é a ligação entre o fluxo e dissipação de energia e a sua relação com flutuações que disparam processos de realimentações positivas, generativas de novas formas de complexidade. Para o pensamento sistêmico essa é uma conclusão de grande relevância, pois comprova experimentalmente a relevância de concepções sistêmicas básicas (ver capítulo IV) ao nível da realidade física.

Próximo ao equilíbrio, onde os fluxos energéticos são fracos, as relações podem ser tratadas através da matemática linear. **Em condições de fluxos energéticos elevados, a matéria adquire novas propriedades relacionadas aos processos internos. Os mesmos ocorrem via laços de realimentação (Prigogine, 1997), cuja característica matemática é a não-linearidade.** Quanto mais afastada do equilíbrio uma estrutura dissipativa (sistema aberto) estiver, maior a sua complexidade e mais elevado é o grau de não-linearidade das interações.

Assim, em sistemas afastados do equilíbrio, existe uma relação entre não equilíbrio e auto-organização. O fluxo de energia que passa através do sistema organiza sua estrutura e componentes, que passam a usar e estocar mais energia livre (Laszlo, 1996).

Laszlo (1996) descreve as experiências químicas de Prigogine, as quais demonstraram que sistemas com unidade e autonomia significativa, ou seja, que passam a exibir estruturas e comportamentos cada vez mais ordenados, podem emergir se os reagentes são submetidos a fluxos energéticos de suficiente densidade. O autor aponta ainda que experiências com **sistemas mais complexos exibem vários ciclos de *feedback* e ciclos catalíticos entre seus subsistemas ou componentes principais. Tais ciclos, devido a sua capacidade de persistência diante de várias condições ambientais, tendem a ser selecionados**³³.

Finalmente, as características de estruturas dissipativas não podem ser derivadas das propriedades das partes - dependem da estrutura da ‘organização supramolecular’ (Capra, 1997). Correlações de longo alcance aparecem nos pontos de transição do equilíbrio para o não equilíbrio e, a partir desse ponto, o sistema passa a se comportar como um todo, até o próximo ponto de instabilidade (Prigogine, 1997).

5.1.3 – UMA NOVA RELAÇÃO COM A NATUREZA

As várias idéias presentes na teoria das estruturas dissipativas implicam uma mudança conceitual na relação da ciência com a natureza (Capra, 1997). Noções como não-equilíbrio, não-linearidade, instabilidade e indeterminação, nunca antes bem vistas pela ciência clássica, passam a ser noções fundamentais. Além disso, características como sensibilidade a pequenas variações, a importância da história anterior para determinar as ‘escolhas’ do sistema

³³ Laszlo (1996) se refere às experiências de Manfred Eigen sobre o processo de auto-organização envolvendo ciclos catalíticos, as quais demonstram a persistência de estruturas complexas, tornando possível a emergência da vida.

nos pontos críticos, a incerteza e a imprevisibilidade do futuro, são concepções revolucionárias na ciência (Capra, 1997).

Uma outra consequência central é a ruptura com a visão clássica de um mundo completamente causal, determinado e reversível, onde tanto o futuro e o passado de qualquer sistema supostamente poderiam ser calculados com absoluta certeza. Prigogine introduziu uma mudança fundamental ao mostrar que dissipação de energia desempenha um papel construtivo indispensável, tornando irreversíveis seus processos no tempo (Capra, 1997, p.152).

De acordo com Prigogine (1989), o mundo que emerge é bastante distinto daquele concebido pela física clássica. Não-equilíbrio e instabilidade conduzem a uma nova racionalidade que coloca fim no sonho do controle do homem sobre o mundo e uma sociedade idealizada e absolutamente controlável. A realidade não seria controlável na forma propugnada pela ciência, pois, de acordo com a nova percepção, “ordem e desordem estão intimamente conectados - um implica o outro” (op. cit., p. 398). Isso conduz, segundo Prigogine (1989), à necessidade do abandono do “sonho do conhecimento total do universo” (op. cit., p. 400). O reconhecimento da instabilidade como componente central significa que, embora possam ser conhecidas as condições iniciais, o futuro permanecerá imprevisível. Para Prigogine (1989), a nova visão convida para uma preocupação com o global, na perspectiva holística, sem isso significar necessariamente o abandono do rigor analítico da ciência ocidental.

5.2 – TEORIA DO CAOS: SISTEMAS MATEMÁTICOS DETERMINÍSTICOS ‘CAÓTICOS’

Embora a não-linearidade, como característica de sistemas complexos, já viesse sendo destacado pelo movimento sistêmico, nada se compara à relevância que passou a assumir a partir das décadas de sessenta e setenta, com a descoberta do ‘caos determinístico’. O caos, como um novo campo de estudos, nasceu com trabalho do meteorologista Edward Lorenz. Ao simular o tempo atmosférico, Lorenz descobriu que formas de comportamento caótico podem emergir de um sistema de equações determinísticas simples (Gleick, 1990).

O ‘**caos determinístico**’, ou teoria do caos, envolve hoje estudos matemáticos sobre um vasto conjunto de fenômenos, cujo comportamento aparentemente caótico ou aleatório procura explicar via modelos determinísticos não-lineares e simulação computacional.

5.2.1 – ASPECTOS GERAIS DA TEORIA DO CAOS

O estudo do caos nasceu marginalmente às grandes correntes das ciências físicas que predominaram no século XX (Stewart, 1996)³⁴. Tem como conteúdo-objeto o estudo do lado irregular, descontínuo e incerto da natureza (Gleick, 1990).

O problema clássico do cálculo do caminho de um objeto sob o efeito da atração do campo gravitacional de dois ou mais corpos, é um dos exemplos citados na literatura, com frequência, para descrever o problema básico que esteve na origem da teoria do caos.

Conforme relata Levy (1994), embora seja simples prever a órbita dos planetas usando as equações de Newton, quando se trata de dois ou mais campos gravitacionais a matemática envolvida se torna intratável. O problema pode ser ilustrado por uma experiência similar, envolvendo o movimento de uma bola de metal suspensa entre dois ou mais magnetos, os quais substituem os campos gravitacionais. Em movimento, a bola irá traçar uma série de padrões que nunca se repetirão exatamente, sem entretanto caracterizar um movimento totalmente randômico. O paradoxo, que esteve no núcleo das preocupações dos teóricos do caos, consistia em explicar como sistemas determinísticos, como o descrito, podiam dar origem a comportamentos tão imprevisíveis. Com as formulações da teoria do caos, passou a ser compreendido que minúsculas variações no movimento da bola são ampliadas a cada tempo de oscilação entre os magnetos. **Ou seja, o comportamento caótico deve-se à divergência resultante da amplificação de pequenas variações, em função das interações repetitivas** (Levy, 1994).

Matematicamente, sistemas caóticos podem ser representados por equações diferenciais não-lineares. Isso torna impossível o cálculo do estado do sistema num instante futuro 't' específico. Para superar esse problema os cientistas do caos recorreram a abordagens experimentais, modelando sistemas complexos com equações de diferenças discretas. Isso tornou possível especificar o estado do sistema no tempo 't+1' a partir do estado do sistema no instante

³⁴ Segundo assinala Stewart (1996), a linearização – a substituição de modelos não-lineares por aproximações lineares – tornou um hábito tão arraigado na tradição científica que um grande número de fenômenos irregulares e não-lineares permaneceram a grande lacuna da ciência. Entretanto, fenômenos que não podem ser reproduzidos em condições especiais de laboratório, como por exemplo, redemoinhos e vórtices gerados por um fluido em movimento tinha permanecido um desafio para os matemáticos por muitos anos.

't'. Assim, utilizando simulação computacional, tornou-se possível traçar a evolução de um sistema no tempo, uma vez conhecidas as condições iniciais.

Procedimento semelhante ao anterior foi adotado no estudo do tempo atmosférico que originou as primeiras formulações da teoria do caos (Gleick, 1990). Embora as equações utilizadas fossem aproximações simplificadas, representavam o essencial da atmosfera real. Simulando repetitivamente o clima hipotético, Lorenz descobriu que variações mínimas nas condições iniciais produziam resultados muito diferentes, não sendo possível fazer previsões (Gleick, 1990).

O **caos determinístico** - como ficou conhecida a teoria do caos por ser gerado por sistemas de equação determinísticas - lida assim com sistemas dinâmicos não-lineares, que produzem comportamentos divergentes imprevisíveis. Aparentemente é acaso, entretanto, trata-se do resultado de equações que podem ser especificadas (Gleick, 1990).

De um modo geral, a nova matemática envolvida na teoria do caos volta-se para o estudo das relações e dos padrões, ao invés de se fixar em objetos; enfatiza características qualitativas, ao invés de aspectos quantitativos e substâncias (Stewart, 1996). Envolve também técnicas especiais para a geração de imagens gráficas, principalmente, através de computadores. Estas técnicas servem para capturar formas inusitadas, descrevendo a complexidade na forma de padrões gráficos em espaços de fase³⁵.

5.2.2 – O CAOS E O PENSAMENTO SISTÊMICO

O estudo dos sistemas dinâmicos complexos, empreendido pela teoria do caos, fortalece a perspectiva sistêmica de um modo geral.

A teoria do caos mostra que muitos fenômenos aparentemente randômicos ou caóticos em sua aparência manifesta, escondem uma estrutura sistêmica subjacente. Embora sistemas caóticos nunca retornem exatamente ao mesmo estado, seu exame em diversos horizontes de tempo pode mostrar padrões globais relativamente bem ordenados (Gleick, 1990). Assim, sua compreensão requer a obtenção de um padrão organizado de interações que descreva sua configuração lógica, ao invés de supor que o seu comportamento inusitado ou imprevisível seja determinado simplesmente pelo acaso. A teoria do caos mostra que mesmo interações

³⁵ Para uma visão geral da nova matemática dos sistemas complexos ver Stewart (1996).

determinísticas simples podem produzir resultados que possuem um padrão de comportamento complexo, aparentemente, destituído de qualquer ordenamento. Quando observados em intervalos curtos de tempo, a sensibilidade desses sistemas a pequenas variações gera imprevisibilidade e aleatoriedade.

A teoria do caos mostra assim que, em sistemas complexos, pequenos estímulos podem levar a conseqüências dramáticas completamente imprevisíveis. **Isso ocorre devido a interações de natureza não-linear, envolvendo laços de realimentação.** Do ponto de vista matemático a realimentação consiste num tipo especial de interação não-linear que descreve processos que operam recorrentemente. Trata-se de processos iterativos em que uma função opera repetidamente sobre si mesma (Stewart, 1996). Assim, **com o caos determinístico, interações circulares passaram a ser reconhecidas como centrais para a compreensão de muitos fenômenos imprevisíveis ou caóticos em sua forma aparente.**

Richardson (1991) convida a pensar acerca do comportamento de sistemas caóticos em função dos processos de interação entre as variáveis que integram de um sistema de equações não-lineares. Descreve, através de diagrama de influência causal, a estrutura sistêmica configurada pelas equações do tempo atmosférico de Lorenz. Este sistema exhibe comportamento caótico para determinados valores dos parâmetros e alta sensível às variações iniciais. Por exemplo, $\sigma = 10$, $r = 28$ e $b = 8/3$ é um conjunto de parâmetros, para os quais, o sistema exhibe alta sensibilidade a pequenas variações (Richardson, 1991).

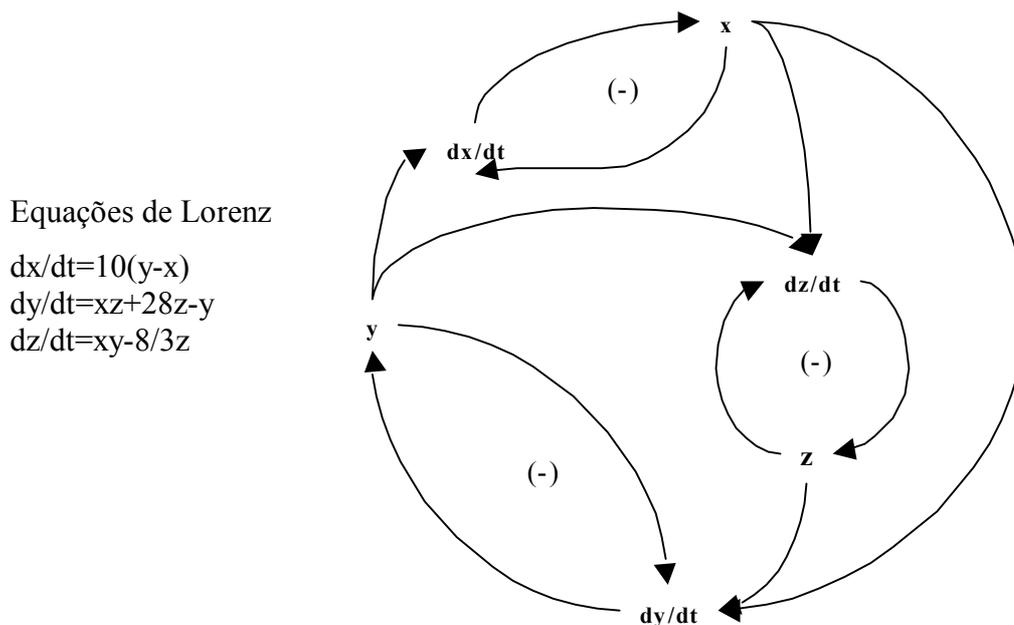


Figura 5. 2 - Estrutura de *feedback* do modelo de Lorenz de acordo com Richardson (1991, p. 309).

Um aspecto intrigante dos padrões traçados por sistemas caóticos é que os mesmos podem ser independentes da escala. Ou seja, padrões similares são traçados qualquer que seja o horizonte de tempo em que são observados. Por exemplo, Levy (1994) aponta que os preços das ações de muitas empresas podem exibir uma notável similaridade tanto quando são observadas as variações nas cotações dia-a-dia como num horizonte de um ou dois anos, ou ainda, quando observadas minuto a minuto num mesmo dia. Estas imagens, de padrões dentro de padrões, são denominadas de fractais.

Finalmente, a teoria do caos sugere que **mudanças e novas estruturas complexas podem ser geradas endogenamente**. A perspectiva científica tradicional, baseada no pressuposto das interações lineares, conduz à conclusão de que pequenas mudanças nos parâmetros irão resultar em pequenas mudanças no estado de equilíbrio de um sistema. A teoria do caos obriga a reconsiderar essa conclusão. Quando se trata de sistemas que apresentam características não-lineares, grandes flutuações podem ser geradas pela estrutura de interações. Pequenos ‘erros’ e oscilações, geradas internamente ao sistema, podem provocar tais flutuações. Assim, **a teoria do caos sugere que, muito freqüentemente, novas formas de organização poderão surgir de processos internos, ao invés de serem o resultado apenas de mutações aleatórias** (Levy, 1994).

5.3 – TEORIA DA *AUTOPOISE*: A DINÂMICA CIRCULAR DO PROCESSO DA VIDA

Durante a década de sessenta questões sobre a natureza do processo vivo eram parte das preocupações do neurofisiologista chileno Humberto Maturana. Duas perguntas principais estavam no centro das suas indagações: (i) quais as propriedades que demarcam nitidamente a distinção entre sistemas vivos e sistemas não-vivos e (ii) a conexão entre processos de auto-organização e fenômeno vivo. *Autopoiese* foi o termo escolhido para denominar a teoria que contempla a resposta a essas indagações. **Significa ‘autocriação’, ou ainda, ‘autoprodução’, característica básica que distingue a organização dos sistemas vivos em relação a outros sistemas** (Maturana, 1997).

As respostas formuladas por Maturana e Varela, entretanto, não se restringiram à biologia. A da teoria da *autopoiese* tem implicações sobre questões fundamentais relacionadas ao sistema nervoso, linguagem e o processo cognitivo de todos os sistemas vivos. Segundo Mingers (1989), tem também conseqüências significativas para as ações em sistemas de atividades humanas, principalmente, do ponto de vista metodológico.

5.3.1 – AS CONCEPÇÕES BÁSICAS DA *AUTOPOIESE*

O ponto de partida de Maturana & Varela (1997) foi o estabelecimento de um conjunto de premissas (derivadas das suas investigações anteriores) acerca dos sistemas vivos. Mingers (1989) resume essas afirmações básicas nos seguintes itens:

- I. Entidades vivas possuem **autonomia** individual. Embora pertençam a espécies e grupos, e sejam afetadas pelo seu ambiente, são delimitados e auto-definidas.
- II. Sistemas vivos são essencialmente **mecanicistas**. Seu comportamento e desenvolvimento dependem somente das propriedades e relações que tecem entre seus componentes e elementos vizinhos.
- III. Qualquer explicação deve ser **não-teleológica**. Isto é, a explicação do processo vivo não deve apoiar-se nas idéias de ‘função’ e ‘propósito’.

IV. Todas as explicações são feitas por **observadores**, entretanto, a descrição explicativa de um observador não deve ser confundida com aquilo que pertence ao objeto observado.

Inicialmente é necessário esclarecer que, para os autores, ‘explicação mecanicista’ de fato significa uma explicação sistêmica, conforme pode ser verificado na seguinte passagem:

“[...] o que nos interessa não são as propriedades de seus componentes, mas os processos, e relações entre processos, realizados por meio de seus componentes”
(Maturana & Varela, 1997, p. 67).

A segunda observação a ser feita é que, para Maturana & Varela (1997), a explicação sobre o funcionamento de um sistema vivo deve partir da rejeição de qualquer explicação teleológica, ou seja, baseado em ‘funções’ ou ‘propósitos’ do sistema. A distinção de funções e propósitos, em sistemas vivos, segundo advogam os autores, diz respeito às descrições feitas por observadores. Estes, de fora da operação do sistema, podem distinguir partes, o todo e o ambiente, e estabelecer relações entre os mesmos. Entretanto, tais distinções não dizem respeito à operação do sistema em si. Este é auto-referido e a continuidade da sua existência depende somente da continuidade da operação dos processos que o constituem.

Finalmente, de acordo com Maturana & Varela (1997), a explicação do funcionamento de um sistema vivo também não poderá ser baseada na natureza particular dos seus componentes. Os mesmos podem ser encontrados em outras condições na natureza. Para Maturana & Varela (1997) **são as interações entre os componentes e os processos que determinam as propriedades de uma unidade viva.**

Assim, as características de uma célula (a teoria da *autopoiese* é toda centrada na explicação do mecanismo de funcionamento de uma célula básica) dependem exclusivamente daquilo que ocorre entre os componentes químicos que ela própria produz dentro da fronteira que a delimita (Maturana & Varela, 1997). Segundo os autores, o que a distingue uma célula de uma outra máquina ou fábrica construída pelo homem é que os complexos químicos produzidos na célula permanecem no interior da mesma, passando a fazer parte do próprio processo de produção, enquanto numa fábrica os produtos são exportados ao meio.

Maturana (1997) descreve que a descoberta fundamental, que deu origem à explicação da organização *autopoietica* dos sistemas vivos, ocorreu quando tentava explicar o processo celular e percebeu que o desenho que havia feito – a ADN participando da produção

das proteínas e estas, por sua vez, participando da síntese dos ADN - capturava a dinâmica produtiva básica da vida:

“[...] percebi que era essa circularidade a dinâmica produtiva molecular constitutiva do vivo. [...] me dei conta de que o que definia e de fato constituía os seres vivos como entes autônomos que resultavam auto-referidos em seu simples operar era o fato de que se tratavam de unidades separadas que existiam como tais na contínua realização e conservação da circularidade produtiva de todos os seus componentes, de maneira tal que tudo o que acontecia na realização e na conservação dessa dinâmica produtiva, que os definia ao mesmo tempo, os constituía em sua autonomia. Naquele momento, também percebi que não é o fluxo de matéria ou o fluxo energia como fluxo de matéria e energia, nem nenhum componente particular como componente com propriedades especiais, o que de fato faz e define o ser vivo como tal (Maturana, 1997, p. 14).

Assim, **na teoria da *autopoiese*, a característica distintiva básica dos sistemas vivos é a organização circular do processo de produção dos componentes, onde cada etapa do processo é necessária à produção dos componentes da etapa subsequente. É essa organização circular, num processo causal fechado, “que produz, realiza e mantém os sistemas vivos”** (op. cit., p. 11).

Um outro aspecto fundamental da teoria da *autopoiese* se refere à compreensão do processo cognitivo. De fato, as primeiras descobertas que estabeleceram a base da teoria ocorreram em pesquisas relacionadas à cognição, relacionadas à percepção da cor. Estas investigações haviam levado Maturana a concluir que o sistema nervoso opera como uma rede fechada de interações, na qual, cada mudança nas interações dos componentes repercute sempre em mudanças nas interações entre outros componentes. De acordo com Maturana & Varela (1997), sendo o sistema nervoso uma rede fechada, não possui entradas nem saídas. Como rede fechada não possui “relações intrínsecas em sua organização que lhe permitem discriminar, através da dinâmica das suas mudanças de estado, entre causas externas e internas para tais mudanças de estado” (op. cit., p. 126).

A conclusão mais importante que resulta dessa compreensão da operação do sistema nervoso é de que, além de ser um sistema auto-organizador, é um sistema auto-referente. Quer dizer, todos os processos que nele ocorrem são processos dinâmicos determinados internamente ao próprio sistema nervoso.

As duas conclusões fundamentais que Maturana & Varela (1997) extraíram da conclusão acima foram:

- (i) Os processos que ocorrem no sistema nervoso são exclusivamente mudanças de estados (mudanças bioquímicas e morfológicas) dos próprios neurônios em função das suas propriedades como rede neural fechada;
- (ii) Como consequência, a percepção não é a representação da realidade exterior como é suposto. O sistema nervoso, enquanto rede neural fechada, não faz distinção entre ‘dentro’ e ‘fora’.

As categorias ‘dentro’ e ‘fora’ são construções humanas na linguagem, externas à operação física do sistema nervoso em si, conforme explicitam:

“Esta distinção, entre causas externas e internas, na origem das mudanças do sistema nervoso somente pode ser feita por um observador que observa o organismo como unidade e define um dentro e outro fora ao delimitar suas fronteiras” (Maturana & Varela, 1997, p. 126).

Uma noção chave para a compreensão das características de uma unidade viva, bem como do sistema nervoso, é o conceito de **acoplamento estrutural**. Sistemas vivos e o sistema nervoso têm plasticidade na sua estrutura para variar de modo acoplado as mudanças do meio, enquanto preservam sua organização básica constante (Maturana, 1995).

Mudanças estruturais são disparadas em inúmeros pontos de acoplamento do sistema com o meio. Nestes pontos, interações recorrentes se estabelecem. Entretanto, o ambiente não determina ou especifica quais serão as mudanças de estado do sistema. Na linguagem da *autopoiese* sistemas vivos são determinados estruturalmente (Maturana, 1995). Significa que as mudanças atuais dos estados que a estrutura experimenta dependem somente dos estados da estrutura em si em cada instante particular. Assim, embora um observador possa distinguir que a mudança estrutural do sistema ocorre em consonância com as mudanças do ambiente, as mesmas irão ocorrer somente em função da dinâmica interna. O modo correto de descrever isso é afirmar que ‘**perturbações** no ambiente **disparam** mudanças de estado no organismo’ (Capra, 1997). Entretanto, o meio não especifica (não associa nenhum significado particular às perturbações) nem dirige a dinâmica da estrutura de um organismo. É a própria estrutura do sistema vivo que especifica quais as perturbações do meio que desencadeiam mudanças estruturais e quais não.

Portanto, nem todas as perturbações que atingem um organismo desencadeiam mudanças estruturais. Este é um aspecto que deve ser explorado pois é central para compreender

a teoria cognitiva da *autopoiese*. Por exemplo, um organismo cuja estrutura neurofisiológica é ‘cega’ a perturbações oriundas de determinadas frequências da luz, não irá sofrer alterações em sua estrutura de modo a constituir uma história de estados neurais associados a estas cores. Em outras palavras, há muitas perturbações que não causam mudanças estruturais porque são ‘estranhas’ ao sistema. **Dessa maneira, cada sistema vivo constrói seu próprio mundo, de acordo com a sua própria história de acoplamento estrutural.** Este é o sentido da noção de acoplamento estrutural, que está no núcleo da teoria cognitiva da *autopoiese*.

De fato, para a Maturana & Varela (1997) o processo de conhecer é identificado com o próprio processo de realização da vida em seu acoplamento estrutural ao meio. Assim, toda a atividade envolvida na auto-produção e auto-perpetuação da organização *autopoietica* é uma atividade cognitiva. Ou seja, **a vida é um processo cognitivo independente da presença do sistema nervoso.**

“Conhecer é o processo de viver ações ou condutas adequadas em acoplamento estrutural em contexto ou em um meio de existência” (Maturana, 1997).

O desenvolvimento da linguagem tem um lugar central no processo cognitivo humano, para a *autopoiese*. Somente com a emergência da linguagem tornou-se possível falar metaforicamente em ‘representações mentais’. O ‘languageamento’, como característica próprio do *homo sapiens sapiens*, surge como modo peculiar de coordenação de condutas ou comportamentos humanos num domínio consensual existência (Maturana, 1995). Isto é, a linguagem pode ser vista como uma forma ‘sofisticada’ de acoplamento estrutural entre o organismo e o ambiente.

Finalmente, cabe assinalar que Maturana (1997) marca, claramente, sua diferença em relação à abordagem dos sistemas abertos de Bertalanffy. Enquanto este ressalta a natureza aberta dos sistemas, em termos de trocas com o meio, **Maturana & Varela (1997) ressaltam a organização circular que confere autonomia e independência ao ser vivo.**

5.3.2 – CONCEPÇÕES SISTÊMICAS CENTRAIS NA *AUTOPOIESE*

Para Maturana & Varela (1997), qualquer sistema é definido pela sua organização, que é especificada em termos das relações entre elementos ou relações entre processos que configuram sua identidade.

Num sistema, segundo Maturana & Varela (1997), as propriedades dos componentes somente tem significação na medida que estão referidas às relações que se estabelecem no sistema, integrando o seu funcionamento e participando da realização da sua organização como um todo. Um fenômeno biológico não se define, em circunstância alguma, pelas propriedades dos elementos que nele participam, mas sim, pela concatenação de processos e relações subordinadas a *autopoiese* (Maturana & Varela, 1997, p. 129).

Maturana & Varela (1997) fazem uma importante distinção entre a organização de um sistema e a estrutura de um sistema. A **organização** de um sistema é o padrão ou configuração genérica de relações que define uma unidade como pertencendo a um tipo de classe particular (Maturana & Varela, 1997). ‘**Estrutura**’ é definida como os componentes reais e as relações reais que incorporam a organização numa unidade específica. **Enquanto que a organização consiste no mapeamento abstrato das relações, a estrutura é a descrição da composição física do sistema.** A organização de um sistema permanece constante enquanto que a sua estrutura pode variar.

A distinção fundamental, conforme destaca Mingers (1989), é entre a realidade concreta do sistema (a estrutura) – os componentes e os processos físicos de uma entidade – e a generalidade abstrata das relações e propriedades necessárias (a organização), subjacente a tais entidades³⁶. Assim, inúmeras estruturas podem realizar a mesma organização.

Estruturas poderão ter propriedades e relações não especificadas pela organização. Por exemplo, para a descrição da organização (identidade) de um carro é essencialmente irrelevante o aspecto particular da estrutura, como por exemplo, a forma, a cor, o tamanho de um carro específico. E mais, a estrutura pode mudar ou ser mudada sem necessariamente alterar a organização. Por exemplo, com o tempo o carro pode requerer troca de partes e reparos. Mesmo assim, ele mantém sua identidade como carro. Outro exemplo é o

³⁶ Este é um modo bastante peculiar de definir estrutura. Conforme assinala (Mingers 1989) *estrutura* em geral é contrastado com *processo* nas descrições sistêmicas. Serve para se referir àquelas partes do sistema que mudam lentamente, sendo, muitas vezes, intercambiável com o significado de organização.

organismo vivo. Enquanto estiver vivo renova ciclicamente todos os componentes (muda sua estrutura). Já a configuração básica das relações no organismo deve permanecer constante, como condição básica da sua existência.

Assim, para Maturana & Varela (1997), o que define a identidade geral de uma unidade complexa como parte de uma classe particular – relógios, carros, fábricas, sistema vivo, etc. – é a descrição da organização ou o padrão subjacente de interações que define as características observadas nessa classe particular. Num sistema vivo, a organização básica é denominada de *autopoiese*. É definida pela dinâmica circular e autônoma de auto-produção dos componentes e interações celulares, dentro da própria rede que constitui a célula³⁷.

Várias idéias relacionadas à organização *autopoética* têm conseqüências para as concepções sistêmicas de um modo geral. A seguir serão pontuadas algumas dessas implicações:

- O termo *autopoiese* se refere a um processo de organização circular. **Na autopoiese a noção organização circular assume o caráter de noção sistêmica central.** A identidade e a existência do sistema vivo está claramente a ela relacionada. É também o mecanismo através do qual as propriedades emergentes do sistema se constituem.
- Vinculado ao item anterior está a noção de **fechamento organizacional.** **As características distintivas do sistema são produzidas dentro de uma rede fechada de relações.** No caso dos sistemas *autopoieticos*, a característica distintiva é produção da própria organização do sistema. Sistemas *autopoieticos* não transformam uma entrada numa saída, exceto no sentido de transformarem eles neles mesmos.³⁸
- A *autopoiese* amplia a idéia tradicional de regulação homeostática. **Sistemas autopoieticos são sistemas homeostáticos que mantêm a sua própria organização constante** (Maturana & Varela, 1997). Isso ocorre de dois modos distintos: (i) toda referência a homeostase ocorre através de interconexões mútuas entre os processos

³⁷ Os componentes moleculares que são produtos e produtores dessa rede, possuem as seguintes características:

- a) Geram a rede de produções e transformações que as produziu ou transformou;
- b) Constituem os limites e a extensão da rede, como parte que são da operação da rede, de maneira que essa fica dinamicamente fechada sobre si mesma;
- c) Configuram um fluxo de moléculas que ao se incorporarem na dinâmica da rede são parte ou componentes dela e, ao deixarem a dinâmica da rede, deixam de ser componentes e passam a fazer parte do meio (Maturana, 1997).

³⁸ Isto não significa dizer que são interativamente fechados, uma vez que a estruturalmente tem interações com seu ambiente, por exemplo, envolvendo a entrada de componentes químicos básicos e saída de produtos sem utilidade.

internamente ao sistema em si, (ii) esta interdependência, como já visto, é a fonte de identidade do sistema (Kreher, 1995);

- A noção autonomia, entendida como a capacidade de um sistema de dar continuidade a sua existência, na *autopoiese* está relacionada ao processo de auto-produção circular dos próprios componentes do sistema. A idéia de autonomia resultante é de que **quanto maior a capacidade de um sistema de produzir seus próprios componentes maior sua autonomia.**

5.3.3 – ALGUMAS CONSEQÜÊNCIAS EPISTEMOLÓGICAS

Segundo a teoria da *autopoiese*, a cognição concebida como processamento de informação é baseado numa suposição equivocada que parte da idéia geral de que o mundo, do modo como se afigura à percepção humana, é pré-dado e independente do observador. Assim, envolveria **representações mentais que correspondem à realidade objetiva.**

Para Maturana Varela a cognição não é um processo de representação da realidade exterior. Ao invés vez disso, consiste na **especificação de uma realidade** a partir do processo de organização circular fechado do sistema nervoso (Capra,1997). Tampouco a cognição envolve processos de manipulação de símbolos e processamento de informação. Na sua interpretação da *autopoiese* Mingers (1989) assinala que:

“Idéias como informação e representação pertencem somente à descrição feita por observadores que podem enxergar tanto as interações internas de uma unidade composta e o comportamento do todo num ambiente particular e relacionar os dois (Mingers, 1989, p. 169).

Assim, de acordo com a teoria da *autopoiese*, todas as crenças baseadas no pressuposto de que a cognição é um processo de representação confundem a descrição feita por um observador com a operação real de um sistema *autopoietico*. Ignoram que as distinções que ocorrem no sistema nervoso, embora disparadas pelo meio, são determinadas somente pelas mudanças estruturais que nele ocorrem. Ou seja, os estados assumidos pela rede neural provém e conduzem somente a outros estados de atividade neural, de uma modo auto-referente (Maturana

& Varela, 1997). Isto significa que a cognição de um observador nunca pode escapar do domínio da descrição e ter acesso a uma realidade absoluta e objetiva.

Assim, para a *autopoiese*, a cognição não é a representação de um mundo pré-existente e independente. Conhecer é a criação de um mundo, conforme interpretou Capra (1997):

“O que é criado por um determinado organismo no processo do seu viver não é o mundo mas sim *um* mundo, um mundo que é sempre dependente da estrutura do organismo. Uma vez que os organismos no âmbito de uma espécie tem mais ou menos a mesma estrutura, eles criam mundos semelhantes. Além disso, nós, seres humanos, partilhamos um mundo abstrato de linguagem e pensamento por meio do qual criamos junto o nosso mundo” (Capra, 1997, p. 213).

Maturana e Varela não negam a existência de um substrato físico material. Há um mundo material. Entretanto, as formas pelo qual esse mundo é descrito nos diversos domínios de atividade humana, incluindo a ciência, não é determinado pelo mundo físico impondo-se a mente humana. As ‘coisas’ no domínio descritivo não são reflexos do mundo físico. Elas não são independentes do processo de cognição. Por isso deve haver uma clara distinção entre o domínio real de operação de um organismo e o domínio de descrição de um observador (Maturana & Varela, 1997).

Aqui se encerra o exame das abordagens sistêmicas relacionadas a conteúdos científicos específicos. No próximo capítulo serão examinadas as abordagens sistêmicas aplicadas a questões organizacionais.

CAPÍTULO 6

6. INVESTIGAÇÃO DAS ABORDAGENS SISTÊMICAS APLICADAS A ORGANIZAÇÕES

Neste capítulo serão examinadas as abordagens que contemplam aplicações das concepções sistêmicas a questões e problemas relacionados à administração de organizações.

Como introdução ao capítulo serão revisadas as primeiras tentativas de aplicação das idéias sistêmicas às ciências da administração. Estas aplicações, desenvolvidas durante os anos quarenta e cinquenta a partir da prática da engenharia, consistiram basicamente na formulação metodologias para o projeto, análise de alternativas econômicas e resolução de problemas em organizações humanas. Estas abordagens serão aqui denominadas de abordagens ‘clássicas’ das ciências da administração, para distingui-las das abordagens sistêmicas mais recentes.

Em seguida serão examinados modelos e abordagens que começaram a ser consolidados a partir dos anos sessenta, respectivamente:

- Organizações como sistemas abertos;
- O Modelo do Sistema Viável – M.S.V.;
- A abordagem para organizações de Russel Ackoff;
- A Metodologia de Sistemas *Soft* – SSM;
- Pensamento sistêmico e aprendizagem organizacional;
- As abordagens sistêmicas críticas.

A escolha dessas abordagens deve-se a constatação de que, na literatura consultada, são as tendências mais relevantes na aplicação das concepções sistêmicas dentro do campo das ciências da administração. Cabe lembrar que as abordagens serão examinadas somente quanto às concepções sistêmicas que contemplam e não quanto ao potencial e deficiências no tratamento dos temas a que se referem. Referências a aspectos metodológicos tem o único objetivo de ajudar a esclarecer as concepções sistêmicas contempladas nas abordagens.

6.1 – REVISÃO CRÍTICA DAS ABORDAGENS ‘CLÁSSICAS’ DAS CIÊNCIAS DA ADMINISTRAÇÃO

Uma importante forma de difusão das idéias sistêmicas foi à tentativa aplicação dos conceitos sistêmicos a questões relacionados à complexidade de empreendimentos humanos. As abordagens ‘clássicas’ das ciências da administração nasceram da prática da engenharia, como resposta à necessidade de desenvolver meios eficientes para projetar, otimizar e operar organizações complexas. As três principais aplicações citadas na literatura (Checkland, 1981; Rosenhead, 1989; Jackson 1991) que se enquadram nessas características são a Engenharia de Sistemas (*Systems Engeneering*), Análise de Sistemas (*Systems Analysis*) e a Pesquisa Operacional (*Operation Reasearch*). Nos próximos parágrafos essas abordagens serão descritas sucintamente. Em seguida serão destacadas suas principais características comuns e as críticas a elas formuladas.

6.1.1 – CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS DAS ABORDAGENS CLÁSSICAS

Engenharia de Sistemas. Essa metodologia, como sugere seu nome, consiste na extensão das aplicações da engenharia a complexos formados por várias partes em interação. O termo ‘engenharia de sistemas’ provém do projeto de sistemas telefônicos da *Bell Telephone*, durante os anos quarenta. Na sua forma original a engenharia de sistemas estava voltada,

principalmente, para o projeto de sistemas físicos. De acordo com Checkland (1981), nessa perspectiva, sistemas foram concebidos como estruturados hierarquicamente, devendo o plano de um projeto de um sistema de engenharia ser, igualmente, arranjado numa hierarquia. Ao engenheiro de sistemas caberia assegurar a consistência interna entre os planos, com vistas à otimização do sistema quanto aos seus objetivos. Desenvolvimentos posteriores (Jenkins, 1972) procuraram estender as aplicações para além das interações entre componentes físicos, incluindo também na concepção dos modelos de projetos a utilização ótima de outros recursos, como por exemplo recursos humanos e financeiros. Checkland (1981) aponta que a estrutura subjacente à metodologia de Engenharia de Sistemas consiste basicamente em três tipos de atividades: (i) definição da performance a realizar ou propósito a atingir; (ii) geração de alternativas possíveis e (iii) seleção de uma entre as alternativas possíveis.

Análise de sistemas. A Análise de Sistemas foi desenvolvida quase que simultaneamente ao desenvolvimento da Engenharia de Sistemas. O seu objetivo era o apoio operações militares. De acordo com Checkland (1981) e Jackson (1991), a metodologia consiste num meio de apreciação econômica de todos os custos e as conseqüências de formas alternativas de alcançar um determinado objetivo. Envolve o teste de viabilidade e performance dos requisitos (tarefas, equipamentos ou o sistema completo), cuja provisão supostamente irá resolver o problema em exame. Segundo Checkland (1981), trata-se de uma abordagem que está centrada na preocupação com a eficiência econômica. É baseada em análises quantitativas para a tomada de decisão sobre as alternativas de alocação dos recursos de modo mais eficiente. De acordo com Checkland (1981), a implementação de um projeto de Análise de Sistemas consiste de três tipos de investigações: (i) definição dos objetivos e dos critérios relevantes para decidir entre as opções alternativas para a solução do problema; (ii) identificação das alternativas e o exame da sua viabilidade em termos de eficiência e custo, levando em consideração o tempo necessário e o risco e (iii) estudo do desempenho de alternativas melhores e seleção de outras metas, se as previamente escolhidas forem consideradas inconvenientes.

Pesquisa Operacional. Semelhantemente à análise de sistemas, a Pesquisa Operacional teve sua origem em operações militares ocorridas durante a Segunda Guerra. Após a guerra passou a ser aplicada a questões industriais e de produção, tanto nos EUA como no Reino Unido. Segundo o ponto de vista de Checkland (1981), a Pesquisa Operacional é uma abordagem muito próxima da Análise de Sistemas. Enquanto a Análise de Sistemas é voltada para questões estratégicas a Pesquisa Operacional aplica-se mais em questões tático-operacionais, utilizando métodos quantitativos mais refinados. As soluções para os modelos

envolvem principalmente cálculo econômico, utilizando as técnicas do cálculo clássico, métodos numéricos e computacionais. Também são usadas regras específicas de decisão e métodos heurísticos, as quais podem ser testados através de simulação. Outra técnica, amplamente utilizada, é a ‘árvore de decisão’. Esta permite avaliar distintos cursos de decisão, quando não se trata de um grande número de alternativas. De um modo geral as principais fases de projeto de pesquisa operacional são: (i) formulação do problema; (ii) construção de um modelo matemático que representa o sistema; (iii) derivação de uma solução do modelo; (iv) teste do modelo e da solução derivada do mesmo; (v) estabelecimento de controles sobre a solução e (vi) implementação (Jackson; 1991).

6.1.2 – AS CARACTERÍSTICAS DAS ABORDAGENS SISTÊMICAS ‘CLÁSSICAS’ DAS CIÊNCIAS ADMINISTRATIVAS

A principal característica comum às abordagens clássicas, assinalada por Checkland (1981), é a ausência de uma formulação teórica ampla sobre sistemas. Segundo o autor, trata-se de aplicações cuja origem se relaciona ao campo profissional da engenharia, como consequência da necessidade de projetar e administrar as novas estruturas complexas que emergiram durante e no imediato pós-guerra. Apesar da referência, em muitas publicações da época, à necessidade de levar em consideração as propriedades emergentes do sistema total, a ênfase dessas abordagens é a aplicação sistemática de um conjunto de procedimentos dentro da lógica do pensamento da engenharia, com vistas à construção e otimização de modelos, a partir de objetivos previamente estabelecidos (Checkland, 1981).

A similaridade mais importante das três abordagens está na suposição de que qualquer problema pode ser resolvido estabelecendo-se uma meta e descobrindo, entre várias alternativas possíveis, aquela que irá satisfazer otimamente este objetivo. De acordo com Checkland (1981), a classe de problemas aos quais se referem essas abordagens pressupõe:

- I. A existência de um estado desejado S1 conhecido;
- II. Um estado presente S0, não desejado;
- III. Caminhos alternativos para ir de S0 a S1;
- IV. A existência de ‘um melhor caminho’ para ir de S0 para S1.

‘Resolução problemas’, segundo essa visão, significa definir S1 e S0 e selecionar os melhores meios de reduzir a diferença entre os mesmos. Ainda de acordo com Checkland (1981), na Engenharia de Sistemas (S1-S0) define a necessidade ou o objetivo a ser alcançado e, na Análise de Sistemas, fornece um modo ordenado de selecionar a melhor entre as alternativas de sistemas que preencha essa necessidade. “A crença de que os problemas do mundo real possam ser formulados dessa maneira é a característica distintiva de todo o pensamento sistêmico ‘hard’” (op. cit., p. 138).

Com base na apreciação de Checkland, Rosenhead (1989) define pensamento sistêmico ‘hard’ como sendo

“[...] pensamento sistematicamente ordenado preocupado com a definição de meios, em problemas bem estruturados, nos quais podem ser estabelecidos os fins desejados” (Rosenhead, 1989, p. 5).

Essa definição agrega a idéia de que para as abordagens ‘hard’ não há dúvida quanto à estrutura de um problema. Trata-se, conforme chama atenção Rosenhead (1989), de problemas que são únicos e existem ‘lá fora’ e cabe ao analista reconhecê-los e manipulá-los analiticamente.

Essa forma de pensamento é fortemente influenciado pelo tipo de racionalidade técnica, natural a engenheiros de projeto (Checkland, 1981). Seu “papel é fornecer um meio eficiente de atingir uma necessidade definida em situações em que *o que*³⁹ é necessário tem sido definido e ele precisa examinar como isso pode ser realizado” (op. cit., p. 139). Ou seja, a sistemática da construção de modelos das abordagens sistêmicas ‘clássicas’ das ciências da administração orienta-se para a resolução de problemas em situações bem estruturadas, o que pressupõe a existência de objetivos claramente definidos.

De acordo com Rosenhead (1989), a suposição de que problemas pertencem a sistemas que existem num mundo de objetos exteriores é complementada pela visão determinista quanto à natureza humana. Assim, os atributos das partes do sistema possuem características universais que podem ser medidos objetivamente. Através do uso de técnicas quantitativas, é suposto ser possível construir modelos ou sistemas como representações em correspondência com o mundo real.

³⁹ Itálico no original.

Problemas típicos em situações estruturadas (*hard*) são, por exemplo, problemas envolvendo o projeto, re-projeto ou otimização de uma planta industrial. São questões que se caracterizam pela facilidade de identificação dos objetivos, procedimentos de decisão claramente definíveis e facilidade de obtenção de medidas de performance (Checkland, 1978).

6.1.3 – A CRÍTICA DO PENSAMENTO SISTÊMICO ‘*HARD*’

Para concluir essas considerações acerca das abordagens sistêmicas ‘clássicas’ das ciências da administração, serão apresentadas as principais críticas dirigidas às mesmas, baseado na síntese produzida por Jackson (1991).

A primeira crítica se refere à limitação do domínio de aplicação, uma vez que as abordagens ‘*hard*’ requerem situações claramente definidas no início da aplicação da metodologia. A grande maioria das questões administrativas em organizações, entretanto, envolvem situações em que o fim a ser alcançado é, muitas vezes, a parte principal do problema a ser resolvido. Porém, as abordagens ‘*hard*’ não contemplam procedimentos adequados para buscar acordos quando houver pontos de vistas distintos acerca da definição de um objetivo. Tentativas de superar tais dificuldades acabam levando os proponentes das abordagens ‘*hard*’ a distorcer a natureza da situação, formatando-a às regras e procedimentos das metodologias. Assim, **as abordagens ‘*hard*’ são aplicáveis somente naquelas circunstâncias onde existe convergência de visão de mundo e unanimidade quanto aos objetivos e a performance a ser alcançada pelo sistema.**

A segunda crítica, associada à primeira, diz respeito à **ausência de pressupostos capazes de lidar adequadamente com as características especiais do fator humano, principal componente dos sistemas sócio-técnicos.** Pessoas são vistas como se fossem simples componentes mecânicos, como quaisquer outras partes do sistema. O fato de seres humanos poder agir distintamente, em função de entendimentos e motivações diversas, é completamente ignorado. O determinismo das abordagens ‘*hard*’ coloca o sistema na frente da percepção das pessoas e da capacidade dos indivíduos de controlar seu próprio destino.

A necessidade de quantificação e otimização é a terceira razão de crítica. **Qualquer modelo sistêmico quantitativo, que se refere a uma situação bastante complexa, é sempre um processo altamente seletivo.** Assim, embora o modelo quantitativo possa ser otimizado, muitas vezes pode desconsiderar vários fatores ou não reconhecer fatores latentes, em

razão daqueles selecionados para integrar o modelo. **Uma outra consequência da ênfase na quantificação é a desconsideração de fatores qualitativos, ou então, sua distorção através de processos de quantificação que procuram adaptá-los ao modelo.**

A tendência a oferecer suporte ou socorro ao *status quo* das organizações, é o quarto tipo de crítica às abordagens sistêmicas ‘hard’. **Por não contemplar procedimentos de negociação entre objetivos distintos ou conflitantes, a implementação de proposições acaba sempre favorecendo aqueles membros da organização que detém mais poder.** Esse aspecto das abordagens sistêmicas ‘hard’ é encoberto pelo encorajamento a ‘cientificização’ e ‘despolitização’ do tratamento dos problemas. A complicação matemática dos modelos contribui para as pessoas comuns acreditarem que não tem nada a contribuir com a decisão a ser tomada. **A ideologia de que a racionalidade científica e as ferramentas utilizadas pelos especialistas possam dirimir diferenças de opiniões e de interesse, é outra razão pela qual as metodologias clássicas inibem as pessoas comuns de se manifestarem, escondendo seus pontos de vista.**

A última crítica relaciona-se à herança da racionalidade da engenharia. Esta enxerga todas as coisas governadas por leis previsíveis. De acordo com Jackson (1991), teorias sistêmicas que adotam tal posição devem ser consideradas ‘ideologias’, pois se desenvolvem pelo serviço que prestam às elites científicas e tecnocráticas. O pensamento sistêmico ‘hard’ justificaria a posição dessas elites, na medida que apresenta uma visão de sistemas como entidades que podem ser manipuladas ‘de fora’ pelos *experts*.

6.2 – ORGANIZAÇÕES COMO SISTEMAS ABERTOS

Os teóricos organizacionais Katz & Kahn (1978) estiveram entre os pioneiros na aplicação dos conceitos sistêmicos a organizações sociais. A partir do conceito de sistema aberto destacaram o lugar central dos processos de importação, transformação e exportação de energia (produtos) como fonte básica da auto-perpetuação das organizações.

As formulações de Katz & Kahn (1978) não caracterizam diretamente o desenvolvimento empírico das concepções sistêmicas. Os autores partem de algumas concepções sistêmicas já elaboradas e aplicam-nas a uma classe específica de entidades complexas: **organizações sociais**. Entretanto, há um ciclo que se fecha. Os autores, ao aprimorar o conteúdo

de concepções já elaboradas, adaptando-as a um conteúdo específico, contribuem para a consolidação das noções e princípios sistêmicos gerais. **A ênfase nos processos recorrentes de energia é um dos aspectos centrais da contribuição dos autores.** Quanto a este aspecto teórico, o trabalho de Katz & Kahn (1978) é extremamente relevante no esclarecimento dos processos circulares cíclicos como princípio básico da organização complexa.

6.2.1 – FORMULAÇÕES ESPECÍFICAS

Katz & Kahn (1978) procuraram inicialmente identificar o que é uma organização de um ponto vista geral. A idéia básica dos autores é de que organizações possuem objetivos relacionados à funções que desempenham no ambiente. Criticam entretanto as posições tradicionais, por conceberem as funções das organizações sociais a partir dos propósitos dos seus líderes ou grupos predominantes. Para os autores, a função e objetivos de organizações devem ser examinados a partir dos resultados dos seus processos internos de transformação, em estreita ligação com as interações estabelecidas com o ambiente. Como fonte energética que são, tais resultados, determinam a continuidade ou não dos processos que constituem a organização.

Katz & Kahn (1978) estavam especialmente interessados em organizações de grande escala, que dependessem explicitamente das suas entradas e saídas para se renovar os seus padrões cíclicos internos. A concepção geral dos autores está transcrita a seguir:

“Todos os sistemas sociais, incluindo organizações, consistem de atividades padronizadas de um número de indivíduos. Além disso, essas atividades padronizadas são complementares ou interdependentes com respeito a uma saída comum ou resultado; são repetitivas, relativamente duradouras e limitadas no espaço e no tempo. Se o padrão de atividades ocorre somente uma vez ou em intervalos não previsíveis, não podemos falar de uma organização. A estabilidade ou recorrência de atividades pode ser examinada em relação à *entrada energética* no sistema, a *transformação das energias dentro do sistema*, e o produto resultante ou *saída energética*⁴⁰ (Katz & Kahn 1969, p. 89)

Tomando por referência uma fábrica, as entradas de energia são as matérias-primas e o trabalho; a transformação da energia ocorre através das atividades padronizadas de produção e as saídas energéticas são os produtos finais.

⁴⁰ Itálico no original

Para que uma organização se perpetue deve ser capaz de manter ou contínua renovação do seu fluxo energético central. O resultado de cada ciclo do processo, em última instância, fornece a energia para a continuidade das atividades cíclicas internas que realizam os processos da qual depende o ciclo maior de importação, transformação e exportação.

Para Katz & Kahn (1978), o padrão organizacional acima descrito, deriva da natureza aberta dos sistemas sociais. Embora sistemas abertos possam diferir significativamente em muitos aspectos, revendo as concepções de Bertalanffy os autores destacaram as principais características que são comuns aos mesmos.

1. **Entrada de energia** – importação de energia do meio externo.
2. **O ganho (through-put)** – resultante do processo de transformação das entradas energéticas do sistema.
3. **Saída de energia** – exportação de energia para o ambiente.
4. **Sistemas como ciclos de atividades** – a saída é a própria fonte de energia para os próximos ciclos de atividades.
5. **Entropia negativa** – sistemas abertos ‘sobrevivem’ no seu ambiente obtendo mais energia do que gastam.
6. **Entrada de informação, realimentação negativo e o processo de codificação** – sistemas selecionam e codificam informação do ambiente e da sua própria atividade para decidir ações de controle e correção.
7. **O estado estacionário e a homeostase dinâmica** – embora haja contínua importação e exportação de energia, sistemas abertos possuem mecanismos que conservam as suas características.
8. **Diferenciação** – o padrão difuso inicial, progressivamente, tende a ser substituído por funções especializadas, aumentando a diferenciação e a elaboração do sistema.
9. **Equifinalidade** - é a capacidade dos sistemas aberto de atingir os mesmos estados finais a partir de diferentes condições iniciais e via distintos caminhos.

Katz & Kahn (1978) reconheceram cinco tipos de subsistemas genéricos de atividades recorrentes para satisfazer as necessidades funcionais de uma organização:

- **Subsistema de produção** – é o subsistema técnico relacionado com o trabalho feito diretamente com o ganho da empresa.

- **Subsistema de suporte** – subsistema preocupado com a obtenção de entradas (*inputs*) e a disposição das saídas (*outputs*).
- **Subsistema de manutenção** - subsistema cujo objetivo é assegurar a adequação do papel das pessoas, através de seleção, recompensa e sanções.
- **Subsistema adaptativo** – subsistema preocupado em assegurar respostas adequadas às variações do ambiente.
- **Subsistema de administrativo** – subsistema que direciona, coordena e controla os outros subsistemas e atividades através de vários mecanismos regulatórios.

Finalmente, organizações devem preocupar-se em controlar o seu ambiente para reduzir as incertezas ou adaptar a sua própria estrutura às demandas do contexto.

6.2.2 – A CONTRIBUIÇÃO PARA AS NOÇÕES SISTÊMICAS GERAIS

Do ponto de vista das concepções sistêmicas gerais, a formulação mais importante agregada por Katz & Kahn (1978) foi a identificação dos padrões de estruturas sociais com as cadeias energética de eventos - entrada de energia, sua transformação, até o fechamento do ciclo que realimenta o processo. A partir dessa conclusão apontaram dois critérios básicos para a identificação de um sistema social e a determinação da sua função:

- Traçar o padrão básico das trocas de energia ou atividades das pessoas, quando resultar em alguma saída e;**
- Determinar como a saída é traduzida em energia que reativa o padrão.**

Os autores explicitamente reconhecem que estruturas sistêmicas, na organização social, constituem-se a partir de eventos inter-relacionados que retornam sobre eles próprios. Ou seja, sistemas sociais emergem de interações mútuas, conforme explicitam:

“Para criar estrutura, a resposta de A deve extrair uma reação de B de modo tal que estimule uma nova resposta em A” (Katz & Kahn, 1969, p 94).

Já estruturas mais complexas, são vistas pelos autores como constituídas a partir da interligação de estruturas cíclicas mais simples:

“Um ciclo simples de eventos com um caráter de auto-fechamento dá-nos uma forma simples de estrutura. Mas tais ciclos simples podem também se combinar e formar uma grande estrutura de eventos ou um sistema de eventos. Um sistema de eventos pode consistir de um círculo de círculos menores [...], cada um fazendo contato com vários outros. Os ciclos podem também ser tangenciais a outros de outros subsistemas” (Katz & Kahn, 1969, p. 94).

Deste modo, entre outras contribuições, Katz & Kahn (1978) ajudaram a consolidar a idéia dos processos cíclicos recorrentes como uma idéia-chave para a compreensão da organização sistêmica.

6.3 – O ‘MODELO DO SISTEMA VIÁVEL’ – M.S.V.

O ‘Modelo do Sistema Viável’- M.S.V., como sugere o nome, é um modelo organizacional para garantir a viabilidade futura de um sistema. É a principal contribuição de Stafford Beer às ciências administração. Em termos teóricos o M.S.V. é uma extensão do trabalho de Ashby (1970). É fundamentado na ‘lei da variedade requerida’, no uso da noção de ‘caixa preta’ e no princípio da realimentação negativa, com vistas à obtenção de regulação homeostático e adaptação de organizações.

Em função dos objetivos da presente pesquisa o modelo será examinado somente em função das concepções sistêmicas que incorpora. Não será examinada em termos de implementação numa organização, nem quanto ao seu uso como ferramenta de diagnóstico organizacional.

6.3.1 – A CONCEPÇÃO GERAL DO MODELO

De acordo com Beer (1984) um sistema é viável somente se for capaz de responder às mudanças ambientais, mesmo que estas não tenham sido antevistas. Para isso deve ser projetado prevendo na sua organização estruturas que o mantenha permanentemente atualizado em termos de ações alternativas, diante de possíveis mudanças ambientais.

O procedimento adotado para formular o modelo foi o estudo dos princípios de um sistema viável já existente – o organismo humano. Partindo de analogias ‘biocibernéticas’ do trabalho de Ashby (1970), organizações são concebidas como se fossem sistemas automáticos e adaptativos que operem semelhantemente a organismos. Sistemas, para serem capazes de responder ao seu ambiente, devem ser capazes de incorporar variedade, tanta quanto for necessária para fazer frente às ameaças e garantir continuidade da sua sobrevivência.

A partir da perspectiva acima, descontroles monetários e financeiros de sistemas econômicos, descontroles de produção, entre outros, decorrem da insuficiência da variedade interna desses sistemas, devendo ser reprojatados nas bases cibernéticas acima expostas. Significa dotá-los de variedade interna para evitar que a variedade destrutiva prolifere e afete o seu desempenho (Beer, 1984). Por exemplo, se existirem dez diferentes situações ameaçadoras no ambiente de uma empresa, dez estratégias diferentes devem fazer parte do seu repertório, para neutralizar essas ameaças.

Assim, mecanismos de monitoramento devem ser projetados para capturar a emergência de novas situações, utilizando a informação selecionada para atualizar a capacidade de resposta da organização. Na prática isso deverá reverter no aumento da capacidade de gerenciamento e na capacidade da função de inteligência de selecionar e organizar a informação gerada, tanto no sistema como no ambiente e incorporá-la na forma de novas capacidades de ação organizacional.

Muitas vezes dotar um sistema de variedade pode não ser algo difícil. Mas, como proceder quando se trata de sistemas e ambientes que envolvem uma quantidade de variedade muito grande, impossível de ser transformada totalmente em variedade interna do sistema, como no caso da variedade do ambiente de uma organização? A resposta vem novamente de analogias biocibernéticas.

Segundo Ashby (1970) a diversidade externa pode ser vista como afetando sistemas vivos de dois modos: (i) como ameaça de sobrevivência do padrão genético e (ii) como informação que, embora ameace o padrão genético, serve para ampliar a diversidade do próprio sistema. No primeiro caso deve ser barrada a qualquer custo. No segundo deve ser transformada ou re-codificada para bloquear seus efeitos negativos sobre o sistema.

Assim, uma organização viável, para adaptar-se permanentemente, deve realizar adequadamente o balanceamento entre a variedade do ambiente e a sua própria variedade através de mecanismos homeostáticos inter-relacionados, conforme deixa claro Beer (1984):

“O modelo de um sistema viável, M.S.V. , foi delineado deste o começo como (início dos anos cinquenta) em termos de conjuntos de homeostatos de Ashby, interconectados. Uma operação industrial, por exemplo, poderia ser representada como homeostaticamente balanceada, de um lado pela sua própria administração e de outro pelo mercado” (Beer, 1984, p. 11).

O processo de balanceamento da variedade foi denominado de ‘engenharia de variedade’. Conforme sintetiza Jackson (1991), envolve o projeto dos seguintes dispositivos:

- Redutores de variedade que filtram a variedade indesejada do ambiente e gerada na operação do próprio sistema;
- Amplificação da informação (variedade) existente nos canais homeostáticos;
- Seleção, conversão e transmissão da variedade desejável.

Para lidar com a variedade - atenuação e bloqueio da variedade ameaçadora, seleção e amplificação da variedade para melhorar a variedade do próprio sistema - a noção de ‘caixa preta’ é central no modelo. ‘Caixas pretas’ que possuem variedade interna suficiente para lidar com a variedade externa, podem ser usadas para projetar sistemas organizacionais (Beer, 1959). Seu uso no modelo tem o objetivo de permitir o manuseio – seleção, redução ou bloqueio - da complexidade da informação circulante nos mecanismos homeostáticos, sem conhecê-la em detalhes.

A organização geral de um sistema viável é concebida como cinco subsistemas inter-relacionados homeostaticamente, bem como, com o ambiente. Tais subsistemas são considerados necessários e suficientes para um organismo ou uma organização realizar cinco funções de manutenção da identidade, em qualquer contexto. As funções dos cinco subsistemas são descritas a seguir.

- O **Sistema-1** volta-se para a implementação das tarefas para o qual a organização é constituída. Na Figura 4.9 corresponde às subsidiárias A, B, C e D. Cada subsidiária possui suas próprias relações com o mundo exterior, interage com as outras subsidiárias e ainda possui seu próprio gerenciamento local (1A, 1B, 1C e 1D). Cada parte do Sistema-1 deve ser autônoma quanto ao que lhe confere, de modo que possa assumir parte da massiva variedade ambiental que, de outro modo, irá fluir aos níveis mais altos de gerenciamento.
- O **Sistema-2** é a função de coordenação. Tem por objetivo principal assegurar que os vários elementos que constituem o Sistema-1, sua coordenação e as regulações

próprias locais, atuem em harmonia. Faz ainda o controle das oscilações do próprio Sistema-2 e as auditorias esporádicas efetivadas pelo Sistema-3.

- O **Sistema-3** é responsável pelo controle da auto-organização e regulação do sistema-1. Assegura a efetiva implementação das políticas.
- O **Sistema-4** é a função de inteligência e tem duas tarefas principais. Primeiro faz a troca de informações entre a 'câmara de pensamento' da organização, o Sistema-5, e os níveis inferiores da organização. Em segundo lugar captura para a organização, toda a informação relevante acerca do ambiente. O Sistema-4 é o ponto na organização onde informação interna e externa são juntadas. Abriga o 'compartimento de operação' da empresa no qual todas as decisões superiores são viabilizadas. O Sistema-4 deve ainda prover a organização de um modelo do ambiente, de modo que sejam possíveis previsões acerca o seu estado futuro. Envolve atividades como planejamento, pesquisa de mercado, pesquisa operacional, pesquisa e desenvolvimento e relações com o sistema maior (Jackson, 1991).
- O **Sistema-5** é responsável pela política. A sua principal tarefa é fazer o balanceamento das demandas internas e externas (às vezes antagônicas) que se apresentam nos Sistema-3 e no Sistema-4. O Sistema-5 precisa também representar as qualidades essenciais do sistema todo, para um sistema mais amplo do qual é parte.

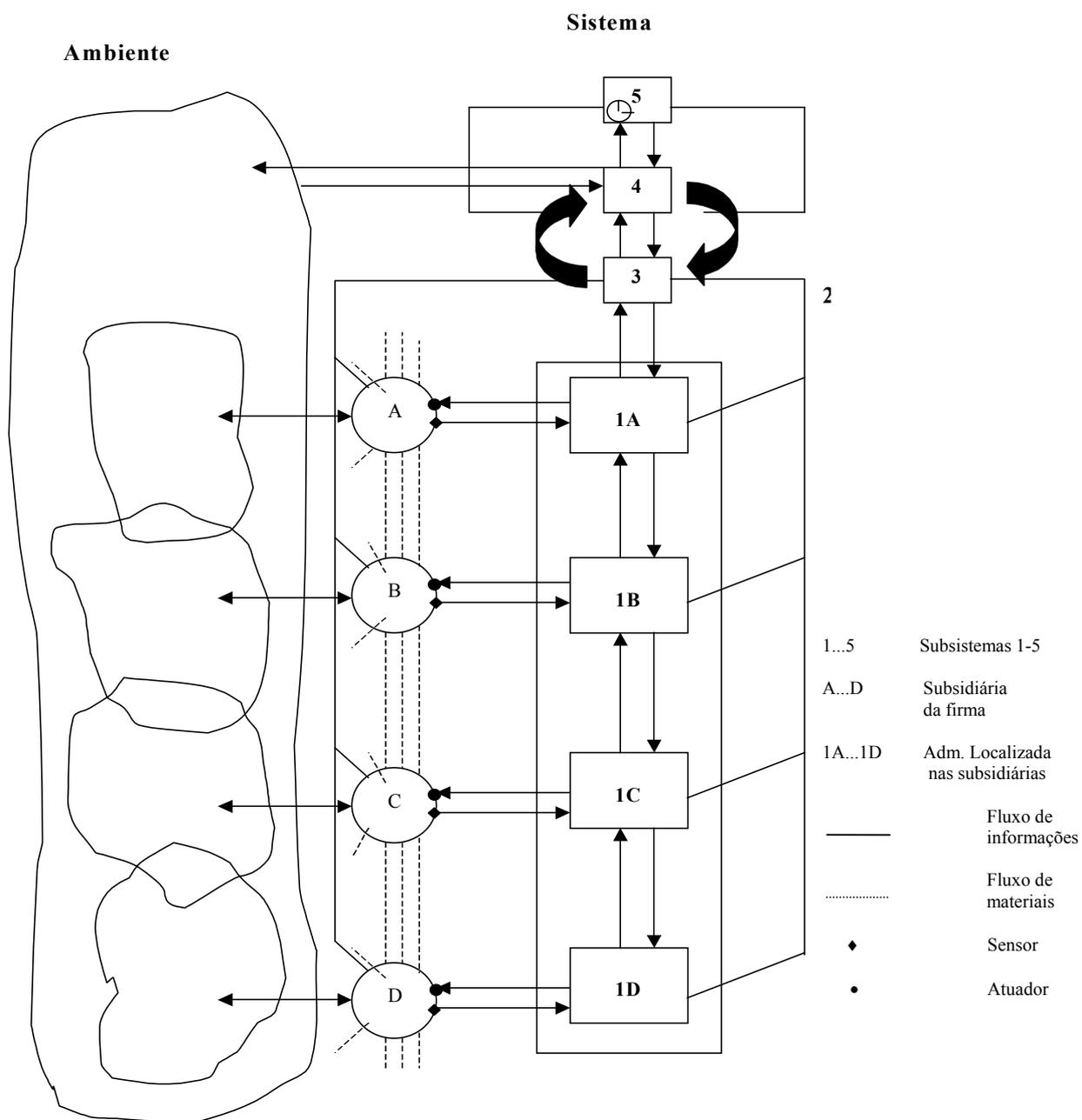


Figura 6. 1 - Estrutura genérica do MSV (Jackson, 1991, p. 107).

A Figura 6.1 mostra o esquema básico de um sistema viável. Conforme pode ser observado, possui formas definidas de interagir com o ambiente através do Sistema-1 e através do Sistema-4. Outra característica mostrada é que o sistema interage exatamente do mesmo modo com seu ambiente, como interagem os subsistemas com o ambiente peculiar a cada um deles. Isso é fundamental para o entendimento da topologia recorrente do sistema viável. Ou seja, os sistemas devem ser réplicas exatas, em termos organizacionais, do nível superior (Jackson, 1991).

6.3.2 – AS CONCEPÇÕES SISTÊMICAS CENTRAIS DO MODELO DO MSV

A característica sistêmica global ou **propriedade emergente** focalizado pelo M.S.V. é a **capacidade de um sistema de manter-se adaptado ao seu meio**, ou seja, manter sua viabilidade em ambientes que mudam.

Para a abordagem da **complexidade**, a posição incorporada no modelo corresponde à mesma posição de Ashby (1970). Conforme visto na seção 4.4, sistemas ‘excessivamente complexos’ não podem ser descritos com precisão de detalhes, devido ao probabilismo inerente à sua natureza. Entretanto, o termo ‘probabilismo’ não significa a concepção de um universo caótico onde reina a aleatoriedade absoluta.

Tanto em Ashby (1970), como no M.S.V. a idéia de ‘probabilismo’ está relacionada à capacidade da geração de variedade nas interconexões entre os subsistemas e nas interações do sistema com o ambiente. Por sua vez, o aumento da complexidade de um sistema corresponde ao aumento da sua capacidade regulatória e adaptativa, via ampliação da variedade nos mecanismos controle do sistema. Implica a incorporação de novos elementos e interações, ampliando sua variedade interna (Beer, 1959). Assim, o aumento da variedade de um sistema viável é sinônimo de aumento da sua organização.

A **organização** de um sistema viável envolve subsistemas relacionados homeostaticamente entre si e com o ambiente. O balanceamento é mantido por canais de informação que necessitam ter a capacidade de transmitir a informação relevante, selecionada no sistema de origem. A operação desse processo precisa ser mantida ciclicamente sem interrupções, o que significa que é deve ser dotado de processos que reorganizem

permanentemente o sistema. Outra característica central ao modelo é a réplica da organização do sistema ao nível dos subsistemas. As partes (subsistemas) devem ser sistemas viáveis como condição para que o sistema como um todo seja viável (Jackson, 1993, p. 570).

6.3.3 – A UNIVERSALIDADE DO MODELO

Para Beer (1984) os princípios que fundamentam as estratégias para a organização cibernética de uma empresa, são universais. Valem para qualquer sistema viável. A visão geral implicada pelo M.S.V. é de que a realidade é constituída de sistemas aninhados dentro de sistemas viáveis.

Segundo Beer (1984), a metodologia serve para descrever sistemas viáveis organizados recorrentemente, que descem às células e moléculas e ascendem ao planeta e ao universo. Assim, os ordenamentos que percebemos no mundo seriam governados por leis cibernéticas que comandam a lógica da organização dos sistemas viáveis, em qualquer nível de análise.

Jackson (1993) assinala que os princípios cibernéticos contemplados no modelo procuram apresentar uma explanação das relações e “[...] do processo que opera ao nível estrutural mais profundo” (Jackson, 1993, p. 572).

Isso não significa, como se pode verificar em Beer (1984), que a forma como um sistema é concebido seja uma determinação objetiva. Segundo o autor, qualquer projeto de um sistema viável serve a algum propósito. Isso implica que o equilíbrio da variedade que deve ser alcançado, entre o sistema e o ambiente, é determinado pelo propósito que o sistema está perseguindo (Jackson, 1993).

Beer (1984) reconhece isso assinalando que a determinação da fronteira de um sistema é arbitrária. Existe sempre um componente subjetivo pois os estados que devem ser controlados são função dos propósitos para o qual o sistema foi definido.

6.4 – A ABORDAGEM SISTÊMICA DE RUSSEL ACKOFF PARA SISTEMAS SOCIAIS

Ackoff (1974; 1981) parte da posição de que uma mudança profunda começou a ocorrer na sociedade industrial avançada, a partir da segunda guerra mundial. Segundo o autor, o novo período histórico é caracterizado pelo significativo aumento da velocidade das mudanças, pela interdependência e pela acentuação do predomínio dos sistemas propositais complexos construídos pelo homem. Ainda de acordo com Ackoff, o período que ora se desenvolve, requer uma mudança profunda na ótica de exame da realidade. A visão de mundo mecanicista, suportada pela análise, determinismo e pelo reducionismo deve ser complementada pelo pensamento emergente da ‘era dos sistemas’.

A preocupação central de Ackoff (1974; 1981) é que essa mudança de visão da realidade seja incorporada na administração das organizações. Para Ackoff (1981) isso é essencial pois, no novo período histórico, a estabilidade e a sobrevivência das organizações cada vez mais requer a ênfase nas características de adaptação e aprendizagem. A instituição dessas capacidades em organizações, segundo o autor, não encontra lugar dentro do arcabouço analítico tradicional.

6.4.1 – FORMULAÇÕES TEÓRICAS ESPECÍFICAS

Ackoff (1981) distingue três modos de conceber organizações corporativas. No passado, segundo o autor, empresas eram vistas como máquinas que serviam aos propósitos dos seus criadores ou proprietários, ou como organismo servindo a seu próprio propósito. O novo conceito que emerge com a ‘era dos sistemas’ é **corporações concebidas como organizações**, que devem atender três níveis de propósitos: (i) organizações são sistemas propositais que possuem metas e objetivos que precisam ser permanentemente perseguidos; (ii) contém partes que são sistemas propositais (as pessoas) cujas necessidades devem ser satisfeitas - e (iii) fazem parte de sistemas propositais, cujos interesses devem atender ou aos quais estão subordinadas.

Assim, para Ackoff (1981), o desempenho organizacional depende da interação dos três níveis acima descritos. Como conseqüência, a tarefa de gerenciar envolve também três níveis de responsabilidades distintas:

- (i) **Controle** – a responsabilidade com os propósitos da organização;
- (ii) **Humanização** – a responsabilidades com os propósitos das pessoas que são parte do sistema administrado e;
- (iii) **Ambientalização** – a responsabilidade com os propósitos do sistema da qual é parte e com os outros sistemas contidos no sistema maior.

Resolver problemas em sistema propositais humanos (organizações), de acordo com Ackoff (1974), consiste num conjunto de atividades ligadas ao auto-controle interno, que busca atender essas três responsabilidades. Consiste principalmente em remover dúvidas, eliminar insatisfações e tomar decisões.

Entretanto Ackoff entende que a forma tradicional de ‘resolução de problemas’ - que trata os problemas isoladamente - é inadequada em organizações complexas. Para o autor, os novos desafios que os administradores passam a enfrentar não são problemas convencionais. Situações problemáticas ou condições contextuais que produzem insatisfação (Ackoff, 1974), nas novas condições, são **sistemas de problemas** (*mess*). O que significa que os ‘problemas’ organizacionais estão imersos em ‘todos problemáticos’ e não podem ser tratados isoladamente.

Ao isolar um problema, de acordo com Ackoff (1974), o cientista da decisão trata-o como um elemento último, como um átomo ou uma célula. Elementos últimos são abstrações que não podem ser observadas. E não é possível conceber algo sem supor que é constituído de algo ou outros elementos. A partir desse entendimento Ackoff (1974) retira as seguintes conseqüências:

- Embora conceptualmente problemas necessitem ser tratados como elementos de um sistema, como construções mentais abstratas não existem isoladamente. Cada problema afeta a situação ou condição-problema de que é parte, mas não de modo independente. Qualquer subgrupo de problemas tem essas mesmas propriedades.
- A solução de um ‘sistema de problemas’ (*mess*) não é uma simples soma das soluções dos problemas que podem ser extraídos da situação problemática como um todo. Nenhuma ‘sistema de problemas’ pode ser resolvida através de seus problemas componentes. **A solução ótima não é a soma das soluções ótimas de seus problemas componentes.**

As posições acima enunciadas, não significam segundo o autor, negar que existam situações que possam ser tratados problemas isoladamente. Por exemplo, é possível

fazer funcionar um automóvel substituindo uma peça defeituosa. Mas Ackoff (1974) rejeita que todos os problemas possam ser manuseados desse modo, especialmente em situações problemáticas sociais, institucionais e organizacionais.

Ackoff (1974) conclui que **o modo mais adequado para lidar com problemas organizacionais – ‘sistemas de problemas’ - é o tratamento sintético (sistêmico), sendo essa essencialmente uma propriedade do planejamento.** Assim, Ackoff (1974; 1981) propõe um modelo do planejamento iterativo, como ferramenta operacional institucionalizada para lidar com os problemas organizacionais de modo contínuo.

As concepções acerca das organizações, acima examinadas, revestem as idéias sistêmicas mais gerais de Ackoff que serão sintetizadas a seguir.

6.4.2 – CONCEPÇÕES SISTÊMICAS

Para Ackoff (1974) o conceito de sistema tem aplicabilidade universal nos diversos domínios de atividade de conhecimento, conforme deixa claro na seguinte passagem:

“Um sistema é um conjunto de dois ou mais elementos de qualquer tipo; por exemplo, conceitos (como no sistema de números), idéias (como em sistemas filosóficos), objetos (como num sistema telefônico ou num organismo) ou pessoas (como numa sociedade)” (Ackoff, 1974, p. 3).

Ackoff (1974) procurou caracterizar as relações entre os elementos de um sistema, distinguindo-o de um agrupamento qualquer de elementos. Segundo o autor:

- (i) As propriedades ou o comportamento de cada elemento têm um efeito nas propriedades ou comportamentos do conjunto como um todo;
- (ii) Nenhum elemento tem um efeito independente sobre o todo e cada um é afetado no mínimo por uma outra parte;
- (iii) Todos os subgrupos de elementos que possam ser formados têm efeitos sobre o comportamento do todo e nenhum possui um efeito independente sobre ele.

Ou seja, os elementos de um sistema estão conectados de tal modo que subgrupos ou subsistemas e elementos independentes não podem ser considerados isoladamente. Há interdependência dos comportamentos dos componentes num sistema (Ackoff 1974; 1981).

As propriedades anteriores são responsáveis por três características gerais, destacadas por Ackoff (1974):

- **Sistemas sempre exibem alguma característica que nenhuma das suas partes possui;**
- **Sistemas aumentam ou diminuem as capacidades dos seus elementos;**
- **Sistemas, embora possam ser vistos como constituídos de estruturas (partes), funcionalmente são todos indivisíveis que perdem suas propriedades essenciais quando separados.**

6.4.3 – DOUTRINAS DO PENSAMENTO SISTÊMICO

Uma importante contribuição do trabalho de Ackoff (1974, 1981) é a tentativa de sintetizar os pressupostos que subscrevem o pensamento sistêmico em comparação ao pensamento analítico.

Para Ackoff (1981) o pensamento sistêmico é uma nova estrutura de referência intelectual complementar ao modo analítico de pensar caracterizado pelas doutrinas do reducionismo, determinismo. O modo sintético ou sistêmico de pensar é caracterizado pelas doutrinas do expansionismo e pelo determinismo teleológico.

Expansionismo é doutrina que estabelece que todos os objetos e eventos e as experiências humanas em relação aos mesmos são parte de todos maiores. Segundo Ackoff (1974), isso não significa negar que são constituídos de partes, mas sim, que o foco é no todo que as partes integram.

O **pensamento teleológico** substitui o pensamento determinista clássico. Segundo o pensamento analítico, um resultado ou o comportamento de algo é sempre explicado em função de uma causa e nunca em função do seu efeito. ‘Pensamento teleológico’ significa que a o comportamento de algo pode ser explicado como dependendo simultaneamente do

produtor (a causa), como do que é intencionado produzir ou produto (o efeito). Assim, segundo Ackoff (1974), **as relações produto-produtor substituem as relações causa-efeito simples.**

Ackoff (1974) descreve a operação da relação produto-produtor com o exemplo da relação entre os indivíduos e a sociedade que integram. O produto, a sociedade, pode ser vista como o resultado das interações dos indivíduos. Por sua vez, a sociedade como um todo (o produto), ajuda produzir os indivíduos que a produzem. Nesse exemplo, uma causa não é suficiente para explicar o seu efeito. Um produtor não é suficiente para gerar o seu produto. Outros co-produtores são necessários a essa forma de interação. Tomados em seu conjunto os co-produtores constituem o ambiente do produtor. **Pensamento teleológico portanto significa um modo de pensar não separado do ambiente.**

O modo sintético de pensar, derivado do conceito de sistema significa essencialmente inverter a lógica do procedimento analítico. No modo sintético de pensar algo deve ser explicado como parte de um sistema maior e em função do papel que cumpre dentro mesmo. Os três passos do pensamento sistêmico, que revertem à ordem do procedimento analítico, são:

- Identificação do todo que contém o objeto a ser explicado;
- Explicação do comportamento ou propriedades do todo da qual o objeto a ser explicado é parte e;
- Explicação do comportamento ou propriedades do objeto a ser explicado em termos do papel (s) ou função (s) dentro do todo contingente.

Quanto ao debate científico/filosófico acerca do caráter do conhecimento, Ackoff (1974) formula uma nova compreensão acerca da ‘objetividade’. Para o autor, **problemas somente existem como construções subjetivas abstratas.**

Dessa forma, Ackoff (1974) considera a visão tradicional acerca da objetividade - em que modelos são vistos como isentos de valores humanos, verificáveis e falsificáveis contra uma realidade objetiva independente – uma mistificação. O autor entende que nenhuma atividade humana proposital é isenta de aspectos valorativos.

Ackoff (1974) propugna uma nova forma de conceber a ‘objetividade’ no campo das abordagens sociais. Para o autor, a ‘objetividade’ é o produto da interação subjetiva de uma grande variedade de indivíduos, que geram como resultado valores e entendimentos comuns.

6.5 – METODOLOGIA DE SISTEMAS *SOFT* – SSM

A Metodologias Sistêmicas *Soft* - SSM foi desenvolvido na Universidade de Lancaster, durante os anos setenta, por uma equipe coordenada pelo engenheiro Peter Checkland. Seu objeto é a intervenção em situações em que predominam atividades humanas propositais.

‘*Soft*’ denota que se trata de uma metodologia direcionada a uma variedade de problemas relacionados à administração a organizações sociais, onde predomina fator humano como componente ativo no contexto (Checkland,1970). Trata-se de situações caracterizadas pela difícil definição de objetivos e nas quais as medidas de performance possíveis, na maioria das vezes, são de natureza qualitativa e as decisões envolvem um elevado grau de incerteza.

A formulação da metodologia ocorreu durante anos setenta como resultado da experiência com a tentativa de aplicação da Engenharia de Sistemas a situações-problema em que o fator humano era o elemento central. Checkland e sua equipe concluíram pela inadequação dos pressupostos, bem como pela insuficiência das técnicas e ferramentas das abordagens clássicas das ciências da administração para lidar com a ambigüidade dos contextos sociais em organizações. Assim, a nova metodologia desenvolvida, com o objetivo de torná-la adequada à intervenção em **sistemas de atividades humanas**, foi radicalmente modificada em relação à Engenharia de Sistemas.

6.5.1 – CONCEPÇÕES TEÓRICAS ESPECÍFICAS DA SSM

Checkland (1981) parte da constatação de que, diferentemente do que pressupõem as abordagens tradicionais das ciências da administração, na maioria das situações problemáticas do mundo real os objetivos a e os meios de alcançar uma solução não estão dados. A definição dos objetivos é na maioria das vezes a parte essencial do problema a ser enfrentado. Isso se deve ao fato de que, em situações onde prepondera a atividade humana, sempre existem outras possibilidades de interpretação de uma mesma situação ou fenômeno. Muito freqüentemente tentativas de melhorar uma situação requerem a busca da acomodação de pontos de vista distintos (ou mesmo conflitantes) quanto aos objetivos a serem alcançados (Checkland, 1994). A posição geral adotada na SSM é de que “‘problemas’ são endêmicos nas coisas

humanas” e que “não podem ser ‘resolvidos’ de uma vez por todos”, requerendo uma abordagem “orientado para processo ao invés de uma abordagem técnica” (Checkland, 1988a, p. 27).

Quatro idéias centrais conformam o núcleo das concepções específicas da Metodologia de Sistemas *Soft* - SSM: **(i) o conceito de sistema de atividades humanas; (ii) o lugar central da visão de mundo (*weltanschauung*)⁴¹ dos envolvidos na definição de uma situação; (iii) a concepção da metodologia como um processo de aprendizagem contínua** e (iv) os modelos de sistemas de atividades humanas como suporte a sistemas de informação. A seguir serão examinadas as três primeiras idéias. A terceira não será examinada, pois foge do escopo do presente trabalho.

Checkland (1981) desenvolveu o conceito de **sistema de atividades humanas** concebendo-o como sendo um conjunto de atividades interligadas (conformando um todo), organizadas para o alcance de um propósito. Um sistema de atividades humanas distingue-se de outras classes de sistemas, como por exemplo de sistemas naturais e sistemas físicos construídos pelo homem, pelo fato de que o mesmo poderia ser bem diferente do que é, em função da consciência humana e da possibilidade de diferentes escolhas que a mesma enseja (Checkland, 1981).

A segunda idéia central é que um modelo coerente de um sistema de atividades humanas somente pode ser construído se for declarada a **visão de mundo** que lhe dá significado (Checkland 1994). **A Metodologia de Sistemas Soft – SSM admite que vários modelos sistêmicos, todos igualmente válidos, podem ser úteis na descrição de uma situação.** As distintas interpretações consideradas relevantes, descritas em modelos conceituais, devem ser examinadas na busca de ações de melhoria. Em qualquer situação, as ações no mundo real são muito mais complexas que as atividades estruturadas descritas nos modelos (op. cit., p. 193).

A idéia anterior conduz à terceira: a principal atividade da SSM é a aquisição de conhecimentos, via **processo de aprendizagem contínua**, para melhorar situações humanas problemáticas. A lógica da Metodologia de Sistemas *Soft* - SSM consiste na implementação de um processo cíclico de aprendizagem, segundo o modelo geral da pesquisa-ação (Kreher, 1995). Este modo de investigação faz interagir teoria e prática (Checkland, 1981) e está estreitamente ligado ao exame dos pressupostos que são muitas vezes assumidos como dados (Kreher, 1995).

De um modo geral, conforme mostra a Figura 6.2, a abordagem consiste em formular alguns modelos relevantes acerca da situação investigada, confrontando-os com as

⁴¹ Expressão original do alemão.

percepções do mundo real. A comparação deverá servir para estimular o debate entre os envolvidos na estruturação da situação-problema. Seu objetivo é conduzir a decisões sobre ações para melhorar a parte da realidade que está sendo examinada (Checkland & Scholes, 1990).

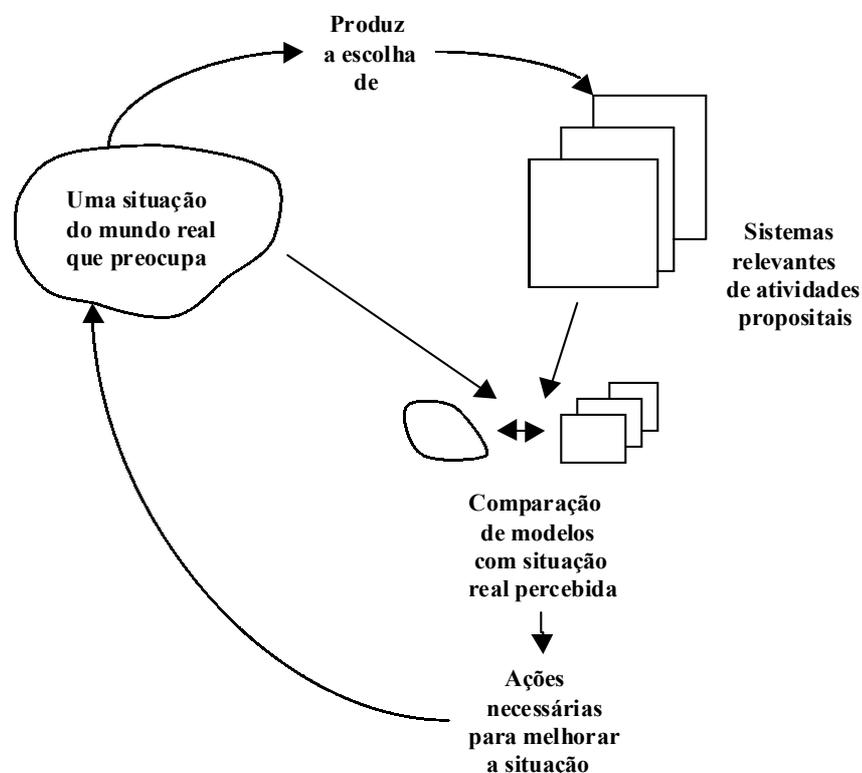


Figura 6. 2 - A lógica central da SSM (Checkland & Scholes, 1990, p. 7).

Para Checkland (1981) a SSM não é entretanto somente um sistema de aprendizagem acerca da situação-problema. É também um processo de aprendizagem acerca da própria metodologia. O processo cíclico das fases da metodologia além de gerar novas idéias acerca da situação específica, contribui para o desenvolvimento das concepções sistêmicas e para o aprimoramento da abordagem. Checkland & Scholes (1990) apontam o segundo aspecto - a sistemicidade do processo de investigação (o ciclo) - como o mais importante dentro da metodologia.

6.5.2 – AS CONCEPÇÕES SISTÊMICAS NA SSM

O domínio de aplicação da SSM é o mundo real (Kreher, 1995). O termo ‘mundo real’ entretanto nada tem a ver com o realismo da ciência tradicional. Serve para

distinguir situações problemáticas sociais, onde predominam atividades humanas inter-relacionadas, do mundo artificial do laboratório, onde o pesquisador controla os procedimentos e influencia decisivamente os resultados (Checkland, 1981). Em contraste com o mundo artificial do laboratório o ‘mundo real’ envolve a complexidade das interações do cotidiano, onde existem incertezas quanto às metas e objetivos (Checkland, 1981). São situações em que aspectos particulares, como percepções valores e interesses de indivíduos e grupos, escapam do controle pré-determinado do pesquisador (Kreher, 1995, p. 121). Melhorias e mudanças não somente envolvem alterações nos procedimentos e em estados físicos, mas também, mudanças nas formas de percepção dos envolvidos na situação. O observador humano como participante ativo no contexto, seja como ator seja como investigador, pode alterar a lógica da situação ao mudar sua própria relação com a mesma (Checkland, 1981).

Assim, para SSM, a complexidade não é algo pré-existente num mundo independente do observador. Modelos conceituais que descrevem o mundo real, as relações e componentes de um sistema de atividades humanas, são informados pela visão de mundo de quem descreve a situação.

Checkland (1988a) justifica a utilidade das idéias sistêmicas em função de que a experiência no ‘mundo real’ sugerir que o mesmo é densamente conectado. Tanto a manutenção da estabilidade como as mudanças são vistas como problemáticas, tendo as idéias sistêmicas potencial para lidar com ambas (Checkland 1988a).

A metáfora que descreve “a imagem sistêmica básica” (op. cit., p. 27) da SSM é a idéia de que **o conceito de sistema descreve uma entidade total, que exhibe propriedades emergentes, sendo estruturada em níveis hierárquicos, podendo se adaptar a ambientes em mudança em função de processos de comunicação e controle.**

Conforme já assinalado, Checkland & Scholes (1990) e Checkland (1994) identificaram dois modos de utilização das concepções sistêmicas na SSM:

- (i) Na metodologia como processo sistêmico de investigação e aprendizagem;
- (ii) Na construção de modelos sistêmicos de atividades humanas propositais.

Na primeira forma a sistemicidade aparece associada ao processo cíclico das sete fases da metodologia (ver Figura 6.3): fase 1 - identificação de uma situação problemática no mundo real; fase 2 - verbalização ou descrição da situação; fase 3 - seleção de alguns sistemas de atividades humanas relevantes; fase 4 - formalização em modelos conceituais; fase 5 - uso dos modelos para questionar acerca da situação do mundo real; fase 6 – avaliação das mudanças culturalmente

possíveis e sistemicamente desejáveis; fase 7 – implementação das ações para tentar melhorar a situação-problema original. A realização de novas ações por si só irá mudar a situação, requerendo que um novo ciclo reinicie (Checkland & Scholes, 1990).

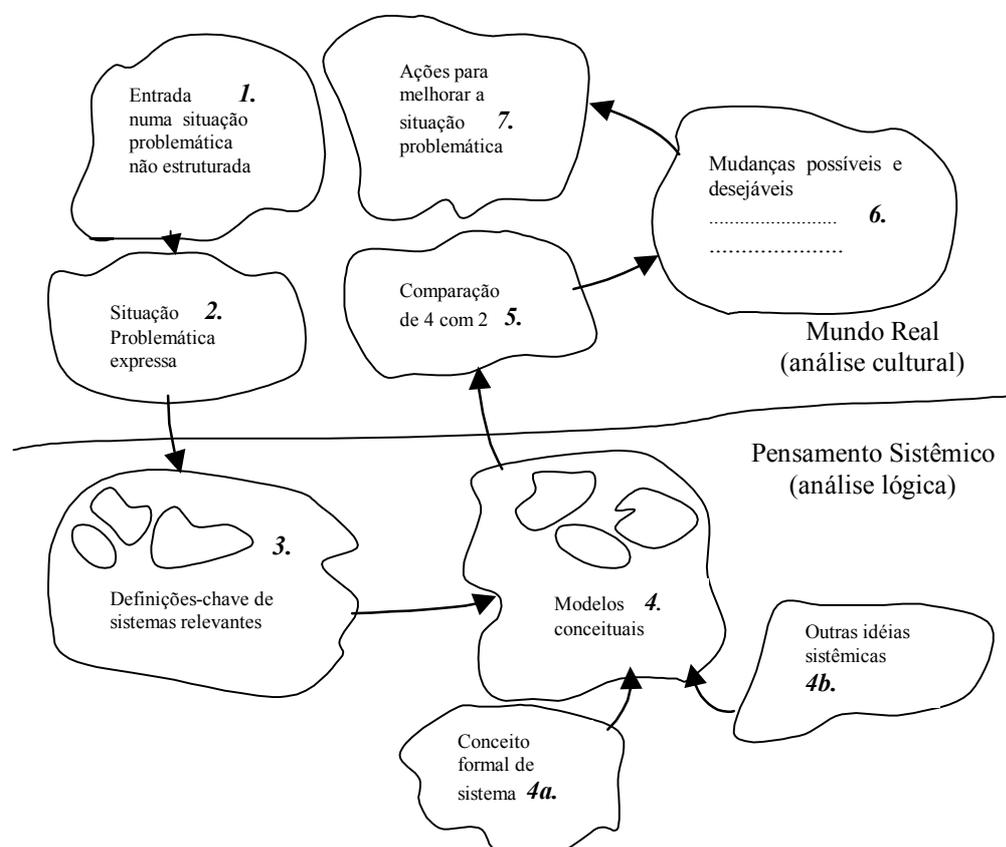


Figura 6.3 - As sete fases da Metodologia de Sistêmica Soft (Checkland, 1981, p. 163).

A segunda forma de uso das concepções sistêmicas é na construção dos modelos conceituais de sistemas de atividades humanas. São construídos com base em atividades consideradas relevantes para a investigação da situação-problema (fase 4). Descrevem diferentes visões de mundo e servem para estruturar o debate participativo acerca de ações para melhorar a situação-problema (Checkland, 1994).

Modelos de sistemas de atividades humanas consistem de atividades estruturadas ou “ligadas logicamente para realizar um propósito” (Checkland, 1994, p. 192). Envolvem subsistema de monitoramento e controle que possibilitam o sistema adaptar-se. Operacionalmente cada atividade é vista como um processo de transformação efetivado pela ação humana. Sua descrição depende da percepção particular de cada ator envolvido.

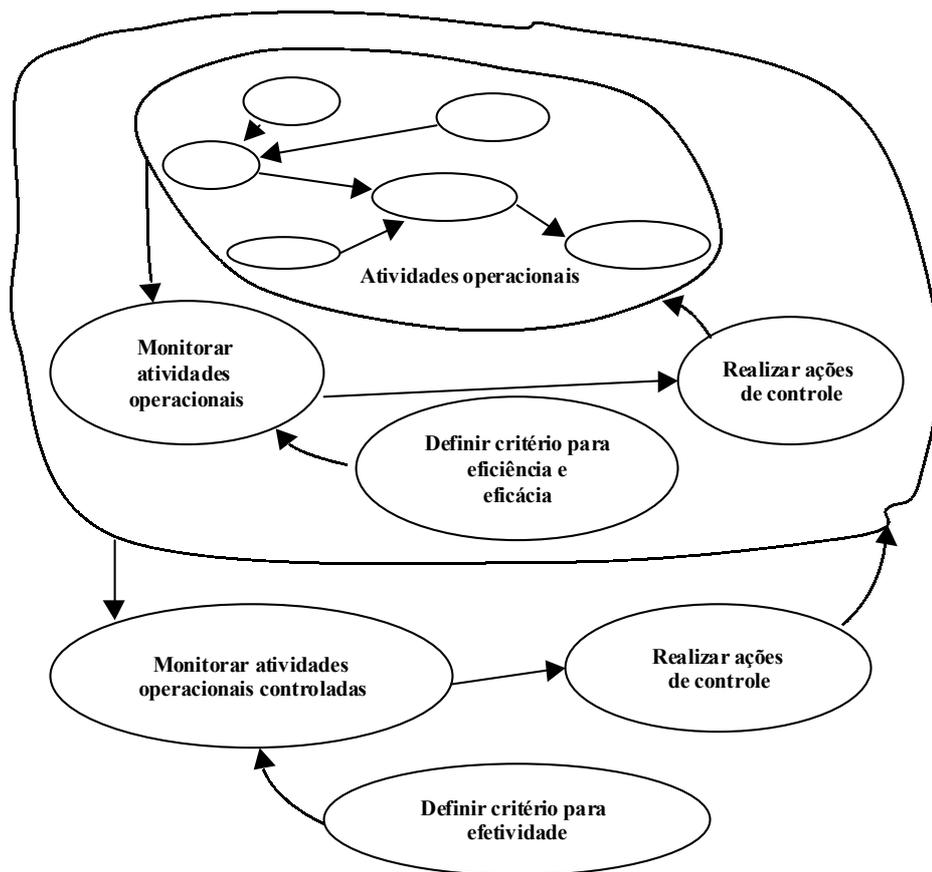


Figura 6. 4 - Modelo genérico de um sistema de atividades humanas (Checkland, 1989, p. 92).

Os modelos conceituais de sistemas de atividades humanas (ver figura 6.4) estão fundados nas noções constitutivas gerais do conceito de sistema que, de acordo com a concepção de Checkland (1981), são **emergência e hierarquia** e **processos de comunicação e controle**. Checkland (1981) entende que independente da forma particular assumida por um nível hierárquico, a organização do conjunto de elementos num nível pode ser vista como a imposição de restrições ao grau de liberdade dos elementos neste nível, tornando possível a ocorrência de atividade significativa no nível superior. Ou seja, implica a existência de mecanismos de comunicação e controle operando entre níveis, que efetuam as restrições entre os mesmos.

6.5.3 – A PERSPECTIVA EPISTEMOLÓGICA INTERPRETATIVA

Na Metodologia de Sistemas *Soft* - SSM as noções constitutivas do conceito de sistema não são concebidas como entidades ontológicas representativas de entidades ou

fenômenos que existem no mundo real. São vistos como elementos de uma linguagem ou epistemologia (Checkland, 1994). Como dispositivos epistemológicos ou intelectuais, sua utilidade está em contribuir para o aumento do entendimento sobre uma situação e definir ações para melhorá-la. A principal implicação dessa posição é de que a percepção da realidade é relativa à visão de mundo e à linguagem descritiva do observador.

Segundo essa perspectiva (também conhecida como interpretativa), a problemática do mundo real caracteriza-se por envolver incertezas na definição de metas e objetivos globais, múltiplos valores e interesses conduzindo a distintos julgamentos numa mesma situação problemática e a influência de aspectos históricos na geração e alteração da percepção. Conseqüentemente, uma vez sendo o observador um participante ativo da situação-problema, existem muitas possibilidades de interpretação da mesma.

Embora os modelos sistêmicos da SSM não sejam entidades que representam um mundo objetivamente dado, isso não significa, entretanto, a negação de uma realidade ontológica da qual seres humanos são parte. Checkland & Scholes (1990) deixam isso claro quando estabelecem como componentes básicos da epistemologia da SSM as noções de ‘mundo real’ e o ‘mundo do pensamento sistêmico’, para distinguir os dois mundos em que os homens vivem como observadores:

“Mundo real: O desdobramento do fluxo interativo de eventos e idéias que experimentamos como vida cotidiana” (Checkland & Scholes, 1990, p. 288)

e;

“Mundo do pensamento sistêmico: O mundo no qual a reflexão consciente sobre o ‘mundo real’, usando idéias sistêmicas, tem lugar” (Checkland & Scholes, 1990, p. 288)⁴².

Assim, existe uma linha clara de demarcação entre a Metodologia de Sistemas *Soft* - SSM e as abordagens ‘sistêmicas’ *hard* das ciências da administração (ver seção 4.10). **O pensamento sistêmico *hard* vê sistemas existindo ontologicamente. Ou seja, o sistema é tido**

⁴² Conforme descrevem Checkland and Casar (1986), essas duas noções decorrem da incorporação de duas suposições teóricas centrais do pensamento do cientista social Geoffrey Vickers. Conforme descrevem Checkland and Casar (1986), Vickers concebe o mundo real como um o fluir de interações - tanto de idéias como de eventos e de indivíduos - cuja conectividade, em graus de força variáveis no tempo, formam os fenômenos coletivos (e pluralísticos) com diferentes níveis de coesão. A segunda suposição reconhece a importância da história como a fonte dos padrões que influenciam os julgamentos em contextos percebidos pelas pessoas. A incorporação dessas duas suposições estaria na base da separação entre as abordagens *soft* e abordagens *hard*, de acordo com Kreher (1995).

como algo que corresponde a uma entidade objetiva e que pode ser manipulado pelo engenheiro ou administrador. Na Metodologia de Sistemas *Soft* - SSM o sistema é parte de um dispositivo epistemológico, sendo útil por tornar possível investigar alguns dos problemas da realidade.

Quadro 6. 1 - Diferentes linguagens como reflexo de diferenças epistemológicas entre as abordagens *hard* e *soft* (Kreher, 1995, p. 131).

<i>Hard</i>	<i>Soft</i>
Bem definido/estruturado	Mal definido/não estruturado
Problema	Situação-problema
Objetivo	Problemático
Maximização/otimização	Aprendizagem/ dar sentido
Projeto de gerenciamento	Projeto de investigação
Engenharia de um sistema	Sistema como dispositivo epistemológico

A Quadro 6.1 apresenta o sumário apresentado por Kreher (1995) acerca das diferenças de linguagens, em função das distintas epistemologias, que fundamentam respectivamente a abordagem da Metodologia de Sistemas *Soft* - SSM e as abordagens tradicionais (*hard*) das ciências da administração.

6.6 – PENSAMENTO SISTÊMICO E APRENDIZAGEM ORGANIZACIONAL

Conforme foi examinado nas duas seções precedentes, os desenvolvimentos mais recentes no campo das ciências da administração enfatizam uma nova visão do processo de modelagem. O papel dos modelos e da modelagem na nova perspectiva é de capturar conhecimentos e apoiar a aprendizagem, como auxílio à tomada de decisão. Modelos, ao invés de serem utilizados para fazer previsões sobre o futuro, devem servir de instrumentos de apoio para que os próprios administradores aprendam as conseqüências do seu modo de enxergar a realidade (Morecroft e Sterman, 1994). Nesta nova visão, muda também o lugar do especialista. Este passa a ter o papel de facilitador da aprendizagem em equipes, ao invés de projetista de modelos que desconsidera o ponto de vista dos atores que influenciam a dinâmica da organização.

O modelo sistêmico de aprendizagem organizacional formulado por Senge (1990) é um dos desenvolvimentos que se enquadra na perspectiva acima descrita. Esse modelo tem como fundamento principal a crença de que a melhoria do desempenho em organizações envolve a criação de ambientes para que as pessoas possam aprender continuamente a partir do que realizam e do que pensam acerca das suas organizações.

O núcleo da abordagem consiste na utilização do pensamento sistêmico como ferramenta (disciplina) para **examinar e testar os ‘modelos mentais’ de grupos e indivíduos chave para as decisões organizacionais, para a aprendizagem individual e em equipe e como meio de construir visões e objetivos comuns.** Para Senge (1990) o pensamento sistêmico é a ‘pedra fundamental’ para constituir uma nova mentalidade que torne possível construir organizações com capacidade de aprendizagem duradoura.

6.6.1 – CONCEPÇÃO BÁSICA DO MODELO

A suposição básica de Senge (1990) é de que o pensamento sistêmico, por ser um quadro de referência para construir entendimentos sobre as estruturas profundas da realidade, desencadeará mudanças na forma como os indivíduos e grupos pensam e interagem dentro das organizações, alavancando o processo de aprendizagem e mudança.

Quanto às concepções sistêmicas Senge adota na sua abordagem os conceitos, princípios e técnicas de modelagem da Dinâmica de Sistemas. Enfatiza especialmente a modelagem sistêmica qualitativa, utilizando principalmente ‘diagramas de influência causal’, baseados nas noções de realimentação negativa e positiva. ‘Diagramas de estoque e fluxo’ e simulação computacional, na forma concebida pela Dinâmica de Sistemas (*software Ithink*)⁴³, são utilizados como ferramentas auxiliares no teste de hipóteses e na aprendizagem iterativa das equipes.

Para constituir uma organização para a aprendizagem Senge (1990) defende que uma mudança profunda deve ser instituída nas estruturas subjacentes que comandam a lógica organizacional. Propõe institucionalização da prática de cinco disciplinas – as cinco disciplinas da aprendizagem⁴⁴ - para melhorar a forma como as pessoas pensam, se comunicam e tomam decisões nas organizações.

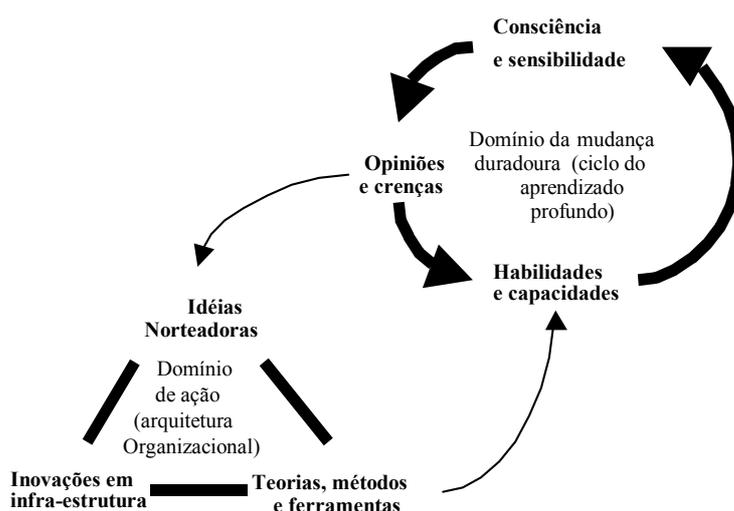


Figura 6. 5 - Padrão de organização sistêmico de uma ‘organização que aprende’ (Senge et alii, 1995).

⁴³ Para simulação de sistemas complexos o modelo de aprendizagem de Senge lança mão do *software Ithink*, versão contemporânea e aperfeiçoada do modelo de simulação da Dinâmica de Sistemas desenvolvido originalmente por Jay Forrester.

⁴⁴ As disciplinas da aprendizagem organizacional são: o **domínio pessoal** supõe que as pessoas só se engajam adequadamente nos objetivos coletivos se individualmente aprenderem a esclarecer e aprofundar seus objetivos pessoais; **modelos mentais** que promove a abertura à aprendizagem ao permitir que as pessoas que melhorem suas imagens da realidade, imagens estas que muitas vezes entram em choque com as tentativas de mudança nas organizações e que as fazem fracassar; **visão compartilhada** que sugere que os indivíduos e grupos dentro da organização só se empenharão genuinamente se ajudarem a construir uma visão de futuro para a própria organização; a **aprendizagem em grupo** habilitando formas melhores de comunicação que incrementam a capacidade e as habilidades coletivas das equipes e, por fim, **o pensamento sistêmico**, a disciplina que integra as outras quatro, e que é a base para um novo tipo de pensamento dentro da organização (Senge, 1990).

Senge et alii (1995) formalizaram num modelo sistêmico seu modo de conceber a transformação de empresas em organizações para a aprendizagem. Conforme mostra a Figura 6.5, envolve processos que ocorrem em dois domínios distintos, embora estreitamente inter-relacionados: o “**domínio da mudança duradoura**” ou **ciclo da aprendizagem profunda** representado pelo círculo e, o “**domínio da ação**”, a **arquitetura organizacional**, representado pelo triângulo (Senge et alii, 1995).

A origem das mudanças tem como causa central o círculo, que representa movimento contínuo e mudança. Entretanto, as mudanças devem se configurar no triângulo ou domínio da ação, introduzindo modificação na arquitetura organizacional. Os dois domínios, que se influenciam mutuamente, representam juntos, tanto as mudanças tangíveis como as mais sutis ou intangíveis (Senge et alii, 1995).

O ciclo de aprendizagem profundo envolve a aquisição de novas habilidades e capacidades pelas pessoas da organização. As ‘habilidades e capacidades’, ‘percepções e sensibilidades’ e ‘opiniões e crenças’ de uma organização que aprende, segundo Senge (1990), derivam da institucionalização das cinco disciplinas da aprendizagem por ele propostas. Entretanto, embora a aprendizagem deva gerar mudanças ao nível dos aspectos intangíveis acima mencionados, ela necessita ser concretizada numa ‘arquitetura organizacional’ adequada - o ‘molde’ no qual ocorrem as ações práticas.

6.6.2 – CONTRIBUIÇÃO ÀS CONCEPÇÕES SISTÊMICAS

Para facilitar o uso do processo de pensamento sistêmico em organizações, Senge (1990) identificou e catalogou diversos ‘**arquétipos sistêmicos**’. Arquétipos sistêmicos são padrões sistêmicos que aparecem com frequência, tanto em fenômenos naturais como em contextos sociais. São também denominados de ‘**estruturas sistêmicas genéricas**’, de acordo com a linguagem da Dinâmica de Sistemas (Lane, 1998).

A identificação de tais padrões teve por objetivo principal simplificar a comunicação e a compreensão dos modelos sistêmicos, especialmente para facilitar a utilização das idéias sistêmicas como uma nova linguagem e para a transmissão de informações em equipes gerenciais.

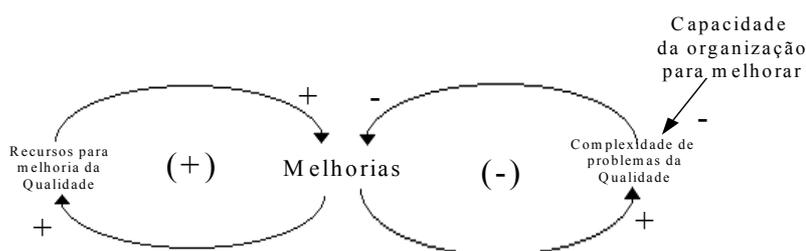


Figura 6. 6 - Exemplo de descrição de uma situação utilizando o arquétipo "Limites do Crescimento" (extraído de Senge et alii, 1995, p.123).

A Figura 6.6 ilustra o arquétipo sistêmico ‘**limites do crescimento**’. No exemplo específico serve como modelo de explicação para a estagnação das melhorias quando da implementação de um programa de qualidade. Este arquétipo descreve um processo de crescimento exponencial que, num dado momento, é limitado por um enlace negativo que possui implícito um ‘**objetivo**’ ou **limite – a capacidade da organização de realizar melhorias nas condições dadas**.

Inicialmente, os recursos alocados para obtenção de melhorias na qualidade geram resultados animadores. Os resultados alcançados são o estímulo para o investimento em mais recursos para melhorias na qualidade. No entanto, as melhorias fáceis, obtidas no início da implementação do programa (‘a colheita dos frutos baixos’), dão lugar à tentativa de resolver problemas mais complexos. Isso diminui o ritmo das melhorias. Na prática o processo de crescimento passa a ser limitado pelos próprios limites da organização, em termos de capacitação, para resolver problemas mais complexos.

O exemplo da Figura 6.7 ilustra o arquétipo ‘**transferência de responsabilidade**’. Refere-se a uma situação de crise em uma empresa em que o apelo a ‘**soluções heróicas**’ substitui as **soluções profundas duradouras**.

Diante da ameaça do não cumprimento de um prazo na entrega de um produto, uma grande flexibilidade é concedida aos gerentes ou responsáveis para tomarem as medidas que julgarem necessárias. Tudo vale em nome de ‘fazer o produto sair a tempo’ e cumprir os prazos. Esse processo – que atua na correção do sintoma de um problema - é representado pelo enlace superior no diagrama da Figura 6.7. Solucionada a crise momentânea, o responsável pela solução passa a ser visto como o herói da empresa. Outras soluções sugeridas por pessoas da organização, que atacam o problema num nível mais fundamental, como por exemplo repensar o processo de gerência de projetos, examinar as barreiras decorrentes de regras e formalidades e

avaliar os processos, recebem menos atenção pois demandariam tempo para surtir efeito (as soluções fundamentais são representadas pelo enlace inferior na Figura 6.7). Assim, com o tempo, a prática do ‘heroísmo’ como forma de enfrentar dificuldades gera como efeito colateral uma empresa ‘viciada em heroísmo’. A dependência da organização de soluções heróicas é reforçada, cada vez mais, pois o conjunto organização passa a se comportar de acordo com critério de recompensa implícito no estímulo às ‘soluções heróicas’.

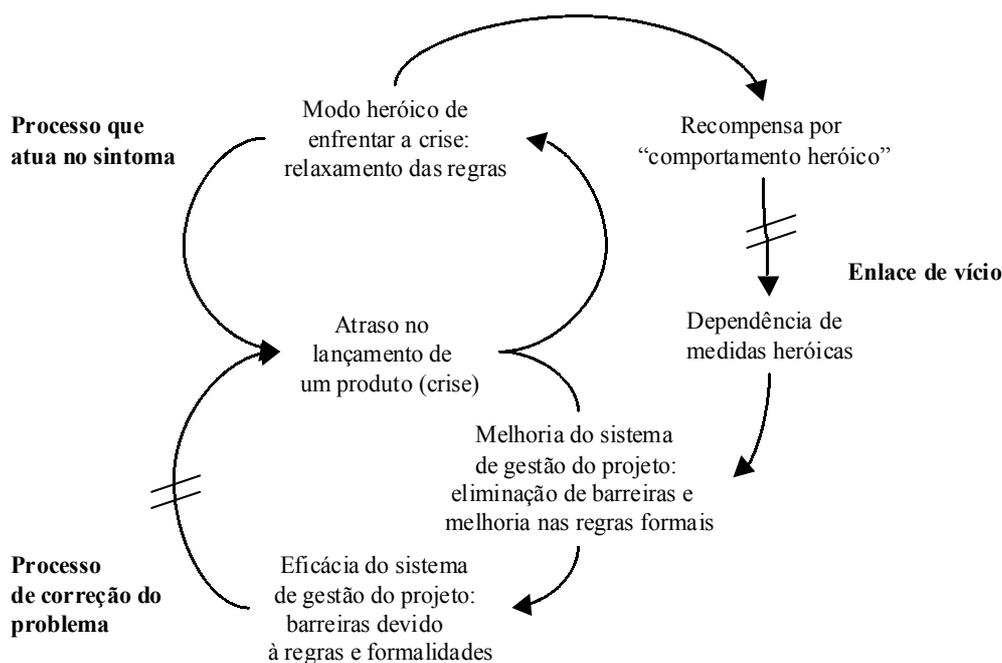


Figura 6. 7 - Exemplo do arquétipo ‘transferência de responsabilidade’ (extraído de Senge et alii, 1995, p.129).

Uma segunda contribuição importante do trabalho de Senge (1990) e Senge et alii (1995), examinada por Andrade (1998), refere-se à caracterização dos distintos níveis em que podem ser descritas e compreendidas as situações complexas da realidade. Conforme mostra a Figura 6.8, de acordo com Senge (1990) as situações ou fenômenos da realidade podem ser explicados em termos de quatro níveis distintos: **eventos**; **padrões de comportamento**; **estrutura sistêmica** e **modelos mentais**.



Figura 6. 8 - Os níveis do pensamento sistêmico ilustrado pela metáfora do *iceberg* (Andrade, 1998, p. 91).

Eventos são os acontecimentos ou os fatos percebidos (são ‘visíveis’) pelas pessoas. O dia-a-dia está repleto de eventos: uma máquina que ‘quebra’, um acidente que ocorre, um relatório que é escrito, as ações da empresa que caem, etc.. Em geral é com base em eventos isolados que as pessoas explicam situações e tomam suas decisões.

Padrões de comportamento resultam da percepção de que uma situação não é o resultado de eventos esporádicos e desconexos. Eventos, quando examinados ao longo do tempo, podem revelar padrões de comportamento recorrentes ou tendências de longo prazo. A identificação de padrões recorrentes muitas vezes indica pistas valiosas que ajudam a melhorar a compreensão do comportamento futuro de um fenômeno.

A **estrutura sistêmica** pode ser vista como a geradora de eventos e padrões de comportamento. Segundo Senge (1990), a importância das explicações estruturais está no fato delas referirem-se a padrões de interconexões através dos quais são explicados como os comportamentos observados são gerados.

Modelos mentais geram o modo como a realidade é concebida. Segundo Senge (1990) e Senge et alii (1995), quando se trata de sistemas sociais, sua criação ou mudança é o produto do modo como as pessoas pensam e interagem. Situações não desejadas em organizações, igualmente, são geradas pelos ‘modelos mentais’ de indivíduos e grupos. Estes, através de suas ações, criam as estruturas sistêmicas da realidade. Assim, mudar uma

determinada situação, implica em mudar a forma como as pessoas pensam e interagem. Desse modo serão alterados os ‘modelos mentais’ que possuem acerca de uma situação, tornando possível ações que mudem as estruturas sistêmicas que geram o comportamento não desejado.

A partir da visualização da realidade através dos níveis acima alinhavados e a partir da experiência com a modelagem do comportamento de sistemas complexas, Senge (1990) apontou três princípios sistêmicos centrais que devem ser observados, especialmente, quando se trata de sistemas humanos.

- **A estrutura influencia o comportamento.** Em sistemas complexos, pessoas diferentes, quando imersas no mesmo padrão de interações, tendem a produzir resultados qualitativamente semelhantes.
- **Em sistemas complexos existem ações potenciais de alavancagem.** Pontos de alavancagem são pontos em que pequenas mudanças podem gerar efeitos significativos. Estes pontos, quando se trata de sistemas humanos, não são acionados ou são ignorados pois as pessoas habitualmente são treinadas para se concentrar nas suas próprias ações e ignoram como os fatores se inter-relacionam para gerar os comportamentos;
- **Resistência à mudança de políticas.** Uma vez que é a estrutura de interações mais fundamental que controla o comportamento e na medida que em sistemas humanos as políticas operacionais integram a estrutura, qualquer tentativa de mudança que não altere substancialmente os fatores relevantes na determinação do comportamento do sistema (que integram a estrutura sistêmica), tenderão a ser contrabalançados e anulados pelo sistema.

6.6.3 – POSIÇÃO ACERCA DO DEBATE CIENTÍFICO-FILOSÓFICO

Senge (1990) distancia-se do positivismo científico da ciência clássica. O ‘realismo ingênuo’, como denominou a perspectiva dominante na ciência é, segundo o autor,

“[...] a visão de mundo que sustenta posições rígidas como a primazia das partes e a natureza isolada do eu . [...] toma a realidade como uma entidade dada fora da nossa percepção e vê a linguagem como a ferramenta através da qual descrevemos essa realidade externa [...]” (Senge et alii, 1995, p. 25).

Em oposição, Senge (1995) parte do pressuposto de que a linguagem modela a percepção e o pensamento. Segundo essa perspectiva, o que é descrito como um objeto da realidade não é uma entidade independente e objetivamente dada. As pessoas percebem o mundo através da sua articulação na linguagem. Quer dizer, através da linguagem os homens participam ativamente da configuração do mundo que descrevem (Senge et alii, 1995). O autor se socorre em Heisenberg, o formulador do princípio da incerteza da física quântica, segundo o qual, jamais se terá um meio efetivo de saber o que é o ‘lá fora’. O não reconhecimento disso, segundo Senge et alii (1995), é um obstáculo efetivo a busca de formas alternativas de ação:

“Quando esquecemos o poder generativo da linguagem, rapidamente confundimos nossos mapas do território. Desenvolvemos um nível de certeza que nos rouba a capacidade de indagar, que reprime nossa capacidade de admitirmos novas interpretações e novas possibilidades de ação. Tais são as raízes de sistemas de crenças que se tornam rígidos, arraigados e finalmente autoprotetores” (Senge et alii, 1995, p. 25).

Para Senge (1990) o pensamento sistêmico é uma nova linguagem que rompe com o ‘pensamento linear’. Este último é um obstáculo que limita ou impede a percepção de situações envolvendo complexidade. Como uma nova linguagem, o pensamento sistêmico modela uma nova forma de pensamento, que torna possíveis processos mentais mais efetivos, elevando o potencial das pessoas de entender e interagir com a realidade. Modelos sistêmicos, segundo essa visão, não tem a função de fazer previsões sobre o mundo percebido. Servem basicamente para aprender sobre os modelos mentais que os atores tem da realidade e construir micro mundos (modelos como laboratórios de aprendizagem) acerca de situações típicas percebidas em organizações, visando melhorar as decisões sem colocar em risco a empresa.

6.7 – PENSAMENTO SISTÊMICO CRÍTICO – CST

Tendências contemporâneas, nas ciências da administração, sustentam a necessidade da incorporação de conceitos e idéias críticas como modo de potencializar e ampliar o leque de aplicações do pensamento sistêmico. ‘Conflitos estruturais’, ‘relações de poder coercitivas’, ‘informação distorcida’ e ‘emancipação’ são as expressões e os termos que passam a fazer parte do vocabulário dessas novas abordagens.

A introdução do pensamento crítico nas ciências da administração deve-se a vários autores originários, principalmente, da comunidade de Pesquisa Operacional. De acordo com Mingers (1992), consiste na tentativa de constituir uma fundamentação sociológica às abordagens aplicadas da administração e do pensamento sistêmico.

A relevância das teorias críticas veio a ser despertada por Dando & Benett (1981). No debate que então se travava na comunidade da Pesquisa Operacional, estes autores apontaram três paradigmas concorrentes nas ciências da administração: **oficial, reformista e revolucionário**. Relacionaram os mesmos a três paradigmas das ciências sociais, respectivamente, **positivista, interpretativo e crítico**.

Jackson & Keys (1984) deram seqüência ao debate propondo a formulação de um Sistema de Metodologias Sistêmicas – SMS, baseado no argumento de que as diferentes metodologias de solução de problemas não competem pelos mesmos contextos problemáticos, como haviam afirmado Dando e Benett. O artigo de Jackson & Keys (1984) foi o ponto de partida para outras formulações posteriores que conduziram à proposição de uma abordagem geral de utilização das diversas metodologias sistêmicas, denominada de Intervenção Sistêmica Total – TSI (*Total Systems Intervention – TSI*).

Um outro desenvolvimento relevante é a Heurística Sistêmica Crítica, proposta por Ulrich (1987). Esta abordagem focaliza de modo crítico o planejamento em sistemas sociais. A Heurística Sistêmica Crítica é reconhecida como a abordagem pioneira na utilização dos conceitos críticos nas ciências da administração (Mingers, 1992; Jackson, 1991).

Pela amplitude teórica e profundidade filosófica que as abordagens críticas envolvem; pelo caráter ainda difuso do desenvolvimento dessa nova tendência e levando em consideração os limites do presente trabalho, os próximos parágrafos serão restritos aos seguintes tópicos: (i) sinopse dos principais referenciais teóricos das concepções críticas nas ciências da administração; (ii) apresentação sintética da Heurística Sistêmica Crítica e da Intervenção Sistêmica Total. Quanto às abordagens do item (ii), as mesmas serão examinadas enfatizando somente aspectos relacionados aos tópicos definidos no capítulo III.

6.7.1 – REFERENCIAIS TEÓRICOS DAS CONCEPÇÕES CRÍTICAS

A) Paradigmas sociológicos. Burrell & Morgan (1979) desenvolveram uma importante ferramenta teórica para análise das teorias organizacionais, como extensão das teorias sociológicas. Segundo o esquema teórico que desenvolveram, teorias sociais e organizacionais podem ser consideradas em termos de quatro paradigmas chave, a partir da identificação das suposições que adotam sobre a **natureza do conhecimento das ciências sociais** e sobre a **natureza das relações na sociedade**. Dependendo da suposição que adota sobre a natureza das ciências sociais, uma teoria social ou organizacional pode ser classificada de **objetiva**, se adota a suposição de que o conhecimento dado objetivamente, ou **subjetiva**, se pressupõe que o conhecimento é uma construção humana para dar sentido à realidade. Quanto à natureza das relações na sociedade, uma teoria pode ser classificada como de **regulação**, se enfatizam a unidade e a coesão como princípio guia do processo social, ou de **mudança radical**, se enfatiza os conflitos, contradições estruturais e relações de dominação na sociedade.

Burrell & Morgan (1979) consideram uma teoria **objetiva** quando adota os seguintes pressupostos acerca das ciências sociais:

- **Ontologia realista:** a realidade social é concebida como tendo existência objetiva e externa aos indivíduos;
- **Epistemologia positivista:** o objetivo das formulações teóricas é a busca de regularidades nas relações causais que existem na realidade social;
- **Visão determinista das relações e do comportamento humano:** o homem e seus atos são concebidos como determinados por circunstâncias externas;
- **Metodologias nomotéticas:** como consequência das três pressupostos anteriores, teorias objetivas preferem análises quantitativas e os testes de hipóteses de acordo com o que reza o método científico tradicional;

Teorias **subjetivas** acerca das ciências sociais apóiam-se num outro conjunto de pressupostos, que segundo Burrell & Morgan (1979), são:

- **Ontologia nominalista:** a realidade social é concebida como o resultado das interações subjetivas dos seres humanos;

- **Epistemologia anti-positivista:** o conhecimento é uma construção subjetiva e pode ser obtido através da compreensão dos pontos de vista das pessoas envolvidas na construção da realidade social;
- **Visão ‘voluntarista’ do comportamento humano e suas relações:** o homem é visto como sendo dotado de liberdade de escolha;
- **Metodologias ‘ideográficas’:** para a aquisição de conhecimentos, teorias subjetivas preferem estar o mais próximo possível das condições reais do conteúdo investigado.

Os pressupostos objetivos e subjetivos acerca natureza do conhecimento, conforme mostrado na Figura 6.9, dão origem à dimensão horizontal da estrutura de análise de Burrell & Morgan (1989).

A segunda dimensão da estrutura de investigação Burrell & Morgan (1989) - ortogonal à dimensão anterior - diz respeito concepção da natureza da sociedade. Conforme já visto, os dois extremos que tencionam as teorias sociais e organizacionais quanto a esse aspecto, são os pressupostos que enfatizam, respectivamente, ou a ‘**regulação**’, ou a ‘**mudança radical**’.

Teorias sociológicas de regulação, são formulações teóricas que enfatizam a unidade e a coesão subjacente a realidade social. Seu foco central é responder porque a sociedade é mantida como entidade coesa.

No outro extremo estão as **teorias sociológicas de mudança radical**. Estas buscam compreender e explicar como ocorre a evolução e a transformação social. O foco dessas abordagens é explicar os conflitos, os modos de dominação e as contradições estruturais que caracterizam a sociedade humana moderna (op. cit., p. 17).

Burrell & Morgan (1979), ao combinar a duas dimensões numa matriz dois por dois (ver Figura 6.9), definiram quatro paradigmas sociológicos, denominados de **funcionalista**, **interpretativo**, **estruturalista radical** e **humanista radical**. Os quatro paradigmas, segundo os autores, são fundados em visões do mundo social mutuamente exclusivas, cada uma gerando a sua própria análise quando a vida social.

SOCIOLOGIA DA MUDANÇA RADICAL

S U B J E T I V O	Humanismo Radical	Estruturalismo Radical	O B J E T I V O
	Interpretativo	Funcionalismo	

SOCIOLOGIA DA REGULAÇÃO

Figura 6. 9 - Os quatro paradigmas de Burrell e Morgan para a análise da teoria social (Burrell & Morgan, 1979, p. 22).

A utilização dos paradigmas sociológicos, como referencial teórico pelas abordagens sistêmicas críticas nas ciências da administração, tornou necessária a sua tradução para uma linguagem que permitisse explorar o modo como os pressupostos dos paradigmas sociológicos podem estar presentes quando se adota uma perspectiva metodológica de intervenção na realidade e não uma perspectiva teórica de descrição da realidade. Para Jackson (1993) esta tradução é possível pois, mesmo que metodologias sistêmicas de intervenção não sejam teorias sociais, nem tratem da natureza da realidade, são dotadas de princípios de método que devem ser seguidos para aprender e intervir na realidade. Assim:

“[...] qualquer princípio de método para intervenção no mundo real precisa conter certos pressupostos acerca de como alguém pode e deve aprender acerca da realidade e acerca da natureza dessa realidade. Isto é verdade se esses pressupostos são formulados explicitamente ou permanecem ocultos. Os projetistas de metodologias sistêmicas, consciente ou inconscientemente incorporam em suas metodologias pressupostos acerca da natureza do pensamento sistêmico e acerca da natureza do sistema social” (Jackson, 1991, p. 18).

Ou seja, a justificativa para o uso do esquema analítico proposto por Burrell & Morgan (1979), para o exame de abordagens de intervenção em organizações, é sustentada pelo

argumento de que qualquer metodologia de intervenção na realidade contém pressupostos acerca do que a realidade é, e de como é possível obter conhecimentos sobre a mesma.

Tabela 6. 1 - Paradigmas sociológicos e sua relação com o modo preferencial de percepção da realidade, ou descrição da situação-problema mais adequado para a aplicação da metodologia que contempla os seus pressupostos (adaptado de Jackson, 1993).

PARADIGMA SOCIOLÓGICO/METODOLÓGICO	MODO DE DESCRIÇÃO DA SITUAÇÃO-PROBLEMA MAIS ADEQUADO PARA A APLICAÇÃO DA METODOLOGIA
<p>FUNCIONALISTA A realidade é objetiva; A intervenção tem por objetivo melhorar o sistema atual, para facilitar sua previsão e melhorar seu controle (regulação).</p>	<p>O sistema pode ser mapeado como externo e independente dos observadores (<i>hard</i>); É possível compreender o seu funcionamento identificando regularidades nas relações entre as partes entre si e com o todo; É possível medir os atributos dos elementos e suas relações e construir modelos quantitativos; Pessoas podem ser tratadas como simples partes do sistema.</p>
<p>INTERPRETATIVO A realidade é subjetiva; A intervenção visa melhor o entendimento de uma situação ou sistema de modo que a previsão e o seu controle sejam facilitados (regulação).</p>	<p>O sistema foge da fácil identificação, possuindo existência precária e somente como construção criativa dos seres humanos (<i>soft</i>); Sua compreensão somente é possível a partir do ponto de vista subjetivo e das intenções de quem o construiu; Normalmente não é possível medir e construir modelos quantitativos em tais situações; A presença das pessoas e do livre-arbítrio faz grande diferença na forma de analisar tais sistemas.</p>
<p>HUMANISTA RADICAL A realidade é subjetiva; A intervenção visa entender os arranjos sociais existentes que constroem o desenvolvimento humano e removê-los (mudança radical).</p>	<p>O sistema é visto como construção criativa de seres humanos; Sua compreensão depende da compreensão das intenções de quem o construiu e o integra; A forma de aprender sobre o sistema requer o envolvimento em suas atividades; É aparente que as pessoas que ajudaram criar o sistema tem a habilidade de transformá-lo; Há relações no contexto que são vistas como constroem o desenvolvimento humano.</p>
<p>ESTRUTURALISTA RADICAL A realidade é objetiva; A intervenção visa entender as contradições estruturais e conflitos com o objetivo de facilitar a emancipação das pessoas das estruturas sociais atuais (mudança radical).</p>	<p>O sistema é visto como tendo existência externa que independe dos observadores humanos; É possível construir modelos quantitativos; É possível descobrir regularidades causais comandando seu comportamento; O sistema contém contradições estruturais e conflitos entre grupos humanos Intenções e crenças humanas não são fundamentais.</p>

A Tabela 6.1 apresenta de modo esquemático o modo como os quatro paradigmas sociológicos da matriz de Burrell & Morgan (1989) podem servir para examinar os pressupostos presentes em metodologias e como esses pressupostos podem influenciar a percepção da realidade (Jackson, 1993; 1991). **Desse modo podem ser utilizados como ferramenta para estabelecer o tipo de contexto-problema ao qual mais se ajusta uma metodologia, em função do paradigma em que se inscreve.**

Assim, deve haver coerência na escolha de uma abordagem de intervenção, quanto aos pressupostos que a fundamentam, e a descrição mais representativa da realidade organizacional em que o problema se localiza (Jackson, 1991; Jackson 1993; Flood,1995). Por exemplo, se uma situação é descrita como sendo altamente dependente das percepções e dos pontos de vista das pessoas envolvidas, uma abordagem com pressupostos ontológicos realistas (realidade vista como objetiva ou externa se impondo aos indivíduos) é inadequada. Abordagens com estes pressupostos teóricos não são compatíveis com a situação descrita e, por decorrência, seus métodos e ferramentas não serão adequados para lidar com sistemas com forte presença de elementos de natureza subjetiva.

B) Os interesses constitutivos do conhecimento. Este aspecto teórico refere-se ao trabalho Habermas e diz respeito aos interesses constitutivos do conhecimento, componente conceptual importante na conformação de abordagens sistêmicas críticas. A seguir, a partir das sínteses de Jackson (1991) e Mingers (1992), serão pontuados seus principais elementos.

Conforme descrevem Jackson (1991) e Mingers (1992), para Habermas os seres humanos possuem dois interesses cognitivos básicos na busca pela aquisição de conhecimentos. Um relaciona-se a sua existência ou sobrevivência material e outro está relacionado à vida em sociedade. São denominados, respectivamente, de **interesse técnico** e **interesse prático** (ver Tabela 6.2). Para Habermas, estes dois tipos de interesses cognitivos são de natureza antropológica. Quer dizer, derivam da forma sócio-cultural de vida da espécie humana, a qual depende simultaneamente do **trabalho**, para a sobrevivência física, e das **interações** com outros seres humanos, para o estabelecimento de significados e acordos que tornar possível a vida social.

A obtenção de sucesso no bem estar material direciona o conhecimento humano para a racionalidade instrumental técnico-científico. Serve para a manipulação do ambiente com vistas a controlar e prever a natureza e a sociedade. A esse interesse cognitivo correspondem as ciências empírico-analíticas.

Já as interações requerem que os seres humanos expandam a capacidade de desenvolvimento intersubjetivo pois, na vida prática da espécie humana, o entendimento mútuo é fundamental. O conhecimento prático consiste assim no desenvolvimento de significados comuns, para tornar possíveis acordos e consensos, os quais são necessários para a vida em sociedade. A linguagem é tida como principal desenvolvimento relacionado ao interesse cognitivo prático, uma vez que possibilita a comunicação e a coordenação cooperativa da atividade humana. Correspondem a esse interesse cognitivo as ‘ciências culturais’ ou ‘hermenêuticas’.

Tabela 6. 2 - Os três interesses constitutivos do conhecimento (Mingers, 1992).

Tipos de ciências	Interesse cognitivo	Domínio social	Propósito
Ciências naturais (Empírico-analíticas)	Tecnológico	Trabalho	Previsão e controle
Ciências culturais (Hermeneutica)	Prático	Linguagem/cultura	Entendimento/consenso
Ciências críticas	Emancipatório	Poder/autoridade	Esclarecimento

De acordo com Mingers (1992), Habermas acrescentou a esses dois interesses cognitivos, um terceiro: o **interesse cognitivo emancipatório**. A necessidade do conhecimento emancipatório é justificada pelo predomínio da racionalidade instrumental, que seria ilegitimamente aplicado à realidade social, e porque a linguagem e a comunicação seriam permanentemente distorcidas em função das relações de poder e falta de discussão livre e aberta na sociedade. Assim, o interesse cognitivo emancipatório nasce da busca pela libertação do ser humano da dominação ideológica e da ‘falsa consciência’, com vistas ao seu auto-desenvolvimento. O desenvolvimento das ciências críticas teria a função de ajudar as pessoas a refletirem sobre a situação em que vivem e a buscar a libertação da dominação, a qual, ajudaram a criar, embora não a compreendam (Jackson, 1991).

C) Metáforas e Organizações. Na evolução do pensamento organizacional e administrativo, várias metáforas têm sido utilizadas para descrever a natureza do funcionamento das organizações e das ações dos administradores e especialistas em relação às mesmas. Morgan (1996) descreve essas metáforas como oito ‘imagens de organização’ que orientam a visão e a

concepção de modelos de organizações sociais: ‘máquinas’, ‘organismos’, ‘cérebros’, ‘culturas’, ‘sistemas políticos’, ‘prisões físicas’, ‘fluxo e transformação’ e ‘instrumentos de dominação’.

De acordo com Jackson (1993; 1991), a força e fraqueza de uma abordagem sistêmica, quando aplicada a uma questão organizacional específica, pode ser avaliada em função da metafórica que adota acerca da realidade. Assim, a escolha de uma metodologia para mapear e efetivar mudanças em organizações sociais deve contemplar uma imagem da realidade, adequada à melhor descrição que as pessoas fazem do contexto. De acordo com Jackson (1991), cinco entre as oito metáforas descritas por Morgan (1996) são as mais relevantes para o exame das diferentes visões organizacionais nas ciências da administração:

- **Máquinas:** refere-se a visão tradicional derivada da administração científica. A organização é vista como uma máquina projetada para realizar o propósito de quem a projetou ou a controla. As partes são combinadas de acordo com princípios administrativos baseados na máxima eficiência. A tomada de decisão é tida como racional e o controle é exercido segundo regras de autoridade e hierarquia.
- **Organismos:** descreve organizações como sistemas complexos compostos de partes estreitamente inter-relacionadas. Possuem subsistemas que devem ser capazes de realizar certas funções satisfatoriamente para que o sistema sobreviva. Quando organizações são vistas como organismos à tarefa do gerenciamento (um dos subsistemas) é cuidar para que subsistemas atendam as necessidades da organização e, a organização como um todo, das necessidades do ambiente.
- **Cérebros:** esta metáfora enfatiza adaptação ativa, via aprendizagem. A atenção volta-se ao processo de tomada de decisão e ao processamento de obtenção da informação. Embora haja limitação na capacidade racional humana isto pode ser minimizado projetando adequadamente as organizações e dotando-as de suporte para o processo de tomada de decisão.
- **Culturas:** segundo essa metáfora a natureza das organizações é essencialmente condicionada pelo fato de que suas partes componentes são seres humanos que podem atribuir significados distintos às suas situações. Podem assim enxergar a organização em função dos seus próprios propósitos e fazer das mesmas o que melhor lhes aprouver. Assim, organizações são processos que se constituem a partir da contínua negociação entre as diferentes percepções da realidade. O papel dos administradores é o de ‘engenheiros’ da sua cultura organizacional.

- **Sistemas coercitivos:** como sistemas coercitivos organizações são vistas como hierarquicamente organizadas e constituídas de diferentes classes e grupos sociais. Seus interesses podem não são conciliáveis em razão da estrutura atual das organizações e da sociedade. Conflitos irrompem, uma vez que o ‘consenso’, muitas vezes, existe somente como imposição da cultura dominante ou dos que detém o poder. Como sistemas coercitivos, organizações não se desintegram somente por que alguns detém o poder e controlam a atividade dos demais.

D) Classificação de situações–problema em contextos organizacionais.

Com o objetivo constituir um sistema para utilização das diversas metodologias sistêmicas, Jackson & Keys (1984) formularam uma proposta de classificação de contextos-problema em organizações. O objetivo da classificação foi constituir uma estrutura de referência para análise das várias metodologias de resolução de problemas e mostrar que as mesmas não competem pelas mesmas situações ou problema. Jackson & Keys (1984) propuseram o uso complementar das diferentes metodologias sistêmicas, a partir da constatação de que as mesmas contemplam potencialidades e limitações frente aos distintos contextos problemáticos da realidade organizacional.

Para examinar as diversas metodologias Jackson & Keys (1984) partiram da premissa de que os diferentes tipos de contextos-problema, em organizações, podem ser descritos em função da **natureza do sistema** em que o problema é mapeado e do tipo de **relação entre os responsáveis pelas decisões**. Quanto à natureza do sistema Jackson & Keys (1984), referindo-se a Ackoff (1974), estabeleceram que um contexto-problema pode ser considerado **simples**, se envolver poucos fatores e as relações entre as mesmas forem mecânicas e **sistêmico**, quando a descrição da situação envolve vários fatores relacionados de modo complexo. Quanto ao processo de decisão Jackson & Keys (1984) propuseram que as relações entre os responsáveis pelas decisões podem ser consideradas **unitárias**, quando existir concordância sobre um conjunto de metas e **pluralista**, se os objetivos são distintos ou conflitantes. Compondo as duas dimensões numa matriz resulta uma classificação com quatro distintos contextos-problema: **mecânico-unitário, sistêmico-unitário, mecânico-pluralista e sistêmico-pluralista**.

Jackson (1990) acrescentou um terceiro tipo de relação entre os responsáveis pelas decisões. Segundo o autor, contextos caracterizados por conflitos de interesses e contradições entre diferentes grupos diferem de contextos pluralistas, pois nestes acordos efetivos não são possíveis. Trata-se, segundo o autor, de contextos **coercitivos**. Nesses, compromissos genuínos que acomodem os interesses conflitantes são irrealizáveis. Qualquer

coesão em tais situações implica a imposição, através do exercício do poder, da vontade de “um ou mais grupos sobre os outros” (op. cit., p. 658). As características associadas a cada um dos contextos-problema estão descritas na Tabela 6.3.

Tabela 6. 3 - Classificação e características de contextos-problema em organizações (adaptado de Jackson & Keys,1984; Jackson, 1990).

Classificação	<ul style="list-style-type: none"> • Características do sistema ◆ Natureza das relações entre os responsáveis pelas decisões
Mecânico-unitário	<ul style="list-style-type: none"> • Partes passivas (não propositais)⁴⁵; poucos elementos e poucas relações; os problemas podem ser resolvidos pelas técnicas clássicas (<i>hard</i>) das ciências da administração (por exemplo, pelas técnicas de modelagem determinísticas ou estocásticas). ◆ Acordo quanto às metas; facilidade para estabelecer os objetivos do sistema em que o problema reside.
Sistêmico-unitário	<ul style="list-style-type: none"> • Muitos elementos fortemente inter-relacionados; exibe comportamento de difícil previsão; aberto ao ambiente; inclui partes com atividades propositais (envolve decisões e realização propósitos). ◆ Acordo quanto às metas e objetivo do sistema.
Mecânico-pluralista	<ul style="list-style-type: none"> • Partes passivas (não propositais); poucos elementos com poucas relações; uma vez alcançado acordo, os problemas podem ser resolvidos pelas abordagens clássicas (<i>hard</i>) das ciências da administração. ◆ Sendo um sistema mecânico, o pluralismo ou os pontos de vista distintos acerca das metas a que o sistema deve servir, estão fora do sistema.
Sistêmico-pluralista	<ul style="list-style-type: none"> • Muitos elementos fortemente inter-relacionados; exibe comportamento de difícil previsão; aberto ao ambiente; inclui partes com atividades propositais; ◆ Responsabilidade com diferentes níveis de atividades propositais que podem parecer conflitantes em função do pluralismo; problemas são endógenos - os pontos de vista distintos acerca das metas a que o sistema deve servir integram a estrutura do sistema; sistemas de problemas (<i>mess</i>); ao invés de ‘resolução de problemas’ aprendizagem sobre como remover conflitos entre níveis de propósitos.
Mecânico-coercitivo	<ul style="list-style-type: none"> • Semelhante aos contextos mecânicos anteriores. ◆ Conflitos e contradições entre grupos de interesses; sendo um sistema mecânico os conflitos e o exercício do poder é externo ao sistema; implementação de soluções, embora simples, envolvem a imposição dos interesses do(s) grupo(s) dominante(s) sobre os demais.
Sistêmico-coercitivo	<ul style="list-style-type: none"> • Semelhante aos contextos sistêmicos anteriores. ◆ Conflitos e contradições endógenos ao sistema; controle através do exercício do poder e dominação; acesso de modo desigual à informação; a implementação de soluções, envolve o exercício do poder e a imposição dos interesses do(s) grupo(s) dominante(s) sobre os demais.

⁴⁵Sistemas puramente mecânicos são passivos pois não possuem partes que realizam atividades propositais, embora as partes possam ser vistas como operando a serviço de algum propósito, no sentido neutro da palavra (Checkland, 1981, p. 119)

6.7.2 – HEURÍSTICA SISTÊMICA CRÍTICA

A Heurística Crítica do Desenho (ou Planejamento) de Sistemas Sociais, ou simplesmente Heurística Sistêmica Crítica (Ulrich, 1987), é, segundo Jackson (1991), provavelmente a primeira aplicação prática das idéias críticas dentro de um arcabouço metodológico sistêmico. A abordagem focaliza em planos e projetos, em sistemas sociais. Estes, normalmente, são imposições de planejadores sociais a pessoas não envolvidas diretamente na sua elaboração, mas que arcam com as suas conseqüências.

Ulrich (1987) descreve a Heurística Sistêmica Crítica nos seguintes termos:

“[...] é uma nova filosofia tanto para o pensamento sistêmico como para a filosofia prática, uma abordagem que almeja ajudar o cientista aplicado quanto a esta tarefa. Não busca provar porque e como a razão prática é possível [...] mas, ao invés disso concentra-se em prover os planejadores bem como os cidadãos afetados com um suporte heurístico necessário para praticar a razão prática, isto é, estar aberto e refletir sobre a definição de problemas ou avaliação de programas sociais” Ulrich (1987, p. 277).

Em termos práticos a heurística é um método para ser usado por planejadores e pelos cidadãos, para o exame crítico de um plano ou projeto sistêmico social, com vistas a revelar o seu conteúdo normativo.

A expressão ‘conteúdo normativo’, no contexto da heurística, refere-se tanto às premissas de valor subjacente aos padrões de planejamento e modelos, seus critérios de validação, como aos critérios de avaliação das conseqüências sociais e efeitos colaterais para os afetados pelos planos (Ulrich, 1987). Ou seja, a Heurística Sistêmica Crítica foi projetada para ser emancipatória, através da introdução consciência crítica no processo de elaboração de planos que afetam os cidadãos.

Ulrich, para desenvolver a sua abordagem crítica, conforme analisa Jackson (1991), teve que se afastar das abordagens tradicionais das ‘ciências sistêmicas’. Nestas, as idéias sistêmicas são usadas somente no contexto da razão instrumental, para ajudar a decidir **como fazer as coisas**. Basicamente, as situações são consideradas em função de algumas variáveis que devem ser controladas. Já o propósito da heurística é o desenvolvimento das idéias sistêmicas como parte da razão prática. Ou seja, devem servir para a construção de acordos em torno **do que deve ser feito**, subordinando decisões técnicas aos aspectos normativos.

Segundo Ulrich (1987), o problema chave das ciências aplicadas, em comparação com as ciências básicas, é a dificuldade em justificar seu conteúdo normativo no contexto da aplicação. Essa dificuldade decorre do fato de que as ciências aplicadas afetam cidadãos que não “são envolvidos na justificação científica de uma proposição” (Ulrich. 1987, p. 276). Esses (os cidadãos) estão ausentes nas justificativas das proposições das ciências empírico-analíticas, onde predomina a racionalidade instrumental técnico-científico.

Para superar o problema da justificação, o autor propugna uma mudança no conteúdo do que deve ser compreendido por ‘justificação científica’ quando se trata de ciência aplicada. Sustenta que ‘justificação’, no contexto da razão prática, não é um assunto que possa ser restrito somente aos *experts* diretamente envolvidos (os planejadores). Deve ser uma tarefa comum, tanto dos envolvidos como dos afetados pelas conseqüências dos planos. Enquanto a justificação científica tradicional se apóia na lógica dedutiva e no suporte das tentativas de falsificação - via experimentação empírica -, conduzida pelos envolvidos diretos (*experts*, cientistas, planejadores), a justificação das proposições das ciências aplicadas (modelos, planos, projetos, etc..) não pode ser meramente factual. Deve ser fundada em num discurso racional cuja lógica da explanação deve provir da busca de condições para alcançar consenso ‘racional’. Ou seja, a justificação de uma proposição dependerá da aceitabilidade ou ‘correção’ do conteúdo normativo da mesma, tanto pelos envolvidos diretos como pelos cidadãos afetados (Ulrich. 1987).

Para Ulrich (1987), as ciências sistêmicas oferecem um conceito central para entender o significado do conteúdo normativo do conhecimento prático, como no caso da proposição de um plano ou projeto de um sistema social. Para o autor, certas suposições na forma de ‘julgamentos de fronteira’, inevitavelmente, então presentes em qualquer plano ou projeto de um sistema social. Tais julgamentos (ou delimitações) contemplam os “pressupostos dos projetistas acerca do que pertence à parte do mundo real a ser estudada e melhorada e aquilo que é externo ao alcance desse esforço” (op cit., p. 278). Assim, a delimitação das fronteiras de um plano ou projeto contempla os argumentos de justificação. Ou seja, ‘julgamentos de fronteira’ “revelam o escopo de responsabilidades aceita pelos projetistas e planejadores na justificativa dos seus planos ou projetos perante aqueles que são afetados” (Jackson, 1991, p. 190).

Ulrich (1987) critica entretanto a forma como as ciências sistêmicas têm tratado o problema da delimitação de fronteiras. Sua crítica se dirige ao descaso na apreciação do conteúdo normativo que inevitavelmente está contido na delimitação de um sistema. Segundo o

autor, ou o tema é totalmente ignorado ou é discutido somente como critério formal de modelagem:

“[...] modelos de ‘sistemas’ são apresentados como se as fronteiras fossem dadas objetivamente e o modelo em si não nos diz se as fronteiras em questão foram adequadamente escolhidas. Se o problema é discutido, é visto meramente do ponto de vista de modelagem: assim, para facilitar a tarefa de modelagem, as fronteiras são determinadas de acordo com os dados disponíveis e as técnicas de modelagem. Mas mesmo meramente de um ponto de vista técnico de modelagem, este modo de lidar com o julgamento ou delimitação de fronteiras é inadequado. [...] o critério implícito é de que tudo aquilo que não pode ser controlado ou não é conhecido cai fora das fronteiras do modelo, de modo que o modelo pareça claro e científico (Ulrich, 1987, p. 278).

O autor advoga uma mudança de perspectiva na determinação das fronteiras de um sistema baseado em dois critérios:

(i) Todos os aspectos não compreendidos devem ser considerados parte do sistema até que sua importância tenha sido elucidada e;

(ii) A investigação das questões de delimitação não deve ser restrita ao ‘é’ mas precisa sempre incluir o ‘deve ser’.

Segundo Ulrich, a racionalidade na delimitação das fronteiras de um sistema social não está tanto ligada ao que as fronteiras atualmente são, mas sim, do que deveriam ser em razão do propósito do modelo ou plano, e das suas consequências no contexto:

“O conteúdo normativo da resposta à questão sobre o que as fronteiras deveriam ser não pode ser justificado pela referência aos dados disponíveis, para as fronteiras presentemente aceitas ou ao sucesso da ação proposital-racional. O conteúdo normativo pode ser justificado somente através do consenso voluntário daqueles que podem ser afetados pelas consequências” (Ulrich, 1987, p. 278) .

Assim, segundo Jackson (1991), os três termos que compõem a denominação da metodologia (**heurística**, **sistêmico** e **crítica**) tem um significado bem definido na abordagem:

- Uma abordagem **crítica** requer que os planejadores de sistemas sejam transparentes para com eles próprios e para com os outros quanto ao conteúdo normativo dos pressupostos adotados para a confecção de um plano. Qualquer plano ou projeto de

plano deve ser exposto à crítica e não ser apresentado como a única possibilidade científica objetiva (Jackson, 1991).

- ‘**Sistêmico**’, para Ulrich, significa a totalidade das condições relevantes inter-relacionadas, das quais dependem os julgamentos teóricos e práticos (essa concepção é derivada da filosofia de Kant). Totalidades, nessa perspectiva, envolvem aspectos metafísicos, éticos, políticos e ideológicos. Qualquer tentativa de compreensão de um ‘sistema total’ é sempre altamente seletiva em termos dos pressupostos adotados. Dessa forma, as idéias sistêmicas servem para refletir criticamente acerca da falta de compreensão e parcialidade de todos os planos, projetos ou no desenho de modelos de sistemas sociais (Jackson, 1991).
- ‘**heurística**’ é a denominação do processo pelo qual planejadores e cidadãos preocupados podem revelar os problemas que derivam dos pressupostos e verificar sua inevitável parcialidade (Jackson, 1991).

Fica claro, portanto, que o pressuposto central da heurística é de que, quando se trata de sistemas sociais, não é possível falar em termos de uma ‘objetividade’ independente de julgamentos de valor. Quer dizer, planos e modelos não podem ser justificados a partir da suposição de que são uma consequência inevitável da realidade objetiva.

A heurística parte da distinção entre aqueles que estão envolvidos em uma decisão de planejamento (clientes, responsáveis pelas decisões, planejadores) e aqueles afetados pelas decisões mas não envolvidos com o planejamento (testemunhas).

Dose categorias críticas compõe a heurística⁴⁶. As doze questões servem para revelar o conteúdo normativo do projeto ou plano social. Segundo Ulrich (1987), seu poder é melhor revelado quando são formuladas em dois modos, no modo ‘é’ e no modo ‘deve ser’, contrastando em seguida as respostas às duas perguntas. De acordo com o autor, o modo ‘é’ almeja determinar as implicações efetivas do projeto de um sistema, à luz da resposta ‘deve ser’. As doze questões no modo ‘é’ podem ser sumarizadas conforme segue:

⁴⁶ Surgem de quatro grupos de questões que se referem respectivamente ao cliente, aos responsáveis pelas decisões, aos planejadores e aos cidadãos afetados pelas decisões. As questões relacionadas ao cliente interrogam sobre a *fonte de motivação* que flui pelo projeto em questão. O grupo de questões que diz respeito aos responsáveis pelas decisões, interroga sobre a *fonte de controle* construído dentro do projeto. As questões relacionadas ao projetista interrogam sobre a *fonte das habilidades (expertise)* assumida como adequada para o projeto. O último grupo interroga acerca da *fonte de legitimação* do projeto. Existem três questões em cada grupo, relacionada cada uma, a uma das categorias. A primeira pergunta diz respeito à categoria ‘papel social’ dos envolvidos ou afetados pelo projeto, a segunda se refere ao ‘papel da preocupação específica’ no projeto e a terceira ao ‘problema chave’ ou questão crucial que determina os julgamentos de fronteira acerca das duas primeiras categorias (Jackson, 1991).

1. Quem é o **cliente** (beneficiário) atual do sistema a ser projetado ou melhorado?
2. Qual é o **propósito** do sistema ou quais as metas que o sistema deve ser capaz de realizar de modo a servir ao cliente?
3. Qual é a **medida de sucesso** (ou melhoramento) do sistema?
4. Quem são os **responsáveis pelas decisões**, isto é, quem tem o poder de mudar as medidas de performance ou melhorar o sistema?
5. Quais os **componentes** (recursos e restrições) do sistema que são realmente controladas pelos responsáveis pelas decisões?
6. Quais recursos e condições que são parte do **ambiente** do sistema, ou seja, não são controlados pelos responsáveis pelas decisões?
7. Quem está realmente envolvido como **planejador**?
8. Quem está envolvido como '*expert*' e de que tipo é a sua perícia e qual é o seu papel?
9. Como os envolvidos **garantem** que o seu planejamento terá sucesso?
10. Quem são as **testemunhas** que representam as preocupações dos cidadãos que serão afetados pelo planejamento do sistema? Quem é ou pode ser afetado sem estar envolvido?
11. Aos cidadãos afetados é dada a oportunidade para **emancipar-se** dos '*experts*' e tomar o seu destino em suas próprias mãos?
12. Que **visão de mundo** está atualmente suportando o desenho do sistema? É a visão de (alguns dos) envolvidos ou de (alguns dos) afetados?

A validação final da concepção do projeto de um sistema social (conhecimento prático) introduz o problema do debate participativo bem como a legitimidade desse debate. Ulrich (1987) sugeriu uma solução dialética para o problema. **A legitimidade dos planos e dos projetos de sistemas sociais implica a construção dentro dos mesmos de um grau de consciência social, concebido em termos da confrontação da racionalidade dos planejadores envolvidos com a racionalidade dos cidadãos afetados pelas conseqüências do plano.** O grau de legitimidade na implementação dos resultados do método da heurística, fica claro, depende assim da inclusão de representantes que efetivamente expressem as preocupações dos cidadãos.

Assim, não basta que os envolvidos no projeto, fazendo uso dos conceitos da heurística, sejam auto-reflexivos acerca da parcialidade do seu plano ou projeto. Precisam estar

abertos a um diálogo permanente. Cidadãos afetados pelas conseqüências de um projeto sistêmico podem desse modo apresentar julgamentos alternativos aos dos planejadores de sistemas. Caberá aos planejadores a responsabilidade de provar a superioridade dos seus próprios argumentos de justificação e a delimitação do sistema que propõem (Ulrich, 1987).

6.7.3 – INTERVENÇÃO SISTÊMICA TOTAL –TSI

A Intervenção Sistêmica Total – TSI é a principal tentativa de desenvolvimento de uma abordagem sistêmica crítica nas ciências da administração. A síntese dessa abordagem, que será apresentada a seguir, é baseada em Flood (1995) e Jackson (1991). Trata-se de uma abordagem geral que contempla uma metodologia cuja estrutura visa tornar possível o uso complementar das diversas abordagens sistêmicas aplicadas das ciências da administração. As formulações básicas que deram origem à abordagem estão em Jackson & Keys (1984).

De acordo com Jackson (1991) e Flood (1995) a Intervenção Sistêmica Total – TSI tem compromisso com três objetivos centrais:

- (a) O uso complementar das diversas metodologias;
- (b) Informar e tornar conscientes os pressupostos adotados acerca da realidade em cada metodologia e relacioná-las a situações sociais e organizacionais mais adequadas de aplicação;
- (c) A busca de oportunidades de desenvolvimento das pessoas com vistas à emancipação humana.

A Intervenção Sistêmica Total – TSI **adota como princípio central a filosofia sistêmica** (Flood, 1995). Quanto reportada a organizações, a visão sistêmica da abordagem, implica em concebe-las como compreendendo partes que estão continuamente interagindo, formando um sistema horizontal. Isto é, as partes são sistemas de um sistema maior que ajudam a compor. Entretanto, cada sistema é constituído de subsistemas verticais, integrando ele próprio um sistema vertical de ordem maior. Em cada nível o fenômeno da emergência ocorre, significando que o resultado da atividade nesse nível é maior que a soma dos resultados das atividades que o nível compreende. Uma organização é também aberta ao seu ambiente.

Além do princípio sistêmico, três outros princípios suportam a Intervenção Sistêmica Total – TSI: a busca de **‘participação significativa’**, **‘ser reflexivo’** e a **busca pela**

liberdade humana. De acordo com Flood (1995), o princípio da ‘participação significativa’ está associado ao princípio sistêmico, pois somente com uma adequada apreciação das interações entre todas partes técnicas e humanas, considerando a percepção de todas as pessoas envolvidas e afetadas, que é possível compor um quadro completo da situação da organização. ‘Ser reflexivo’ segue os dois princípios anteriores e envolve dois aspectos: (i) refletir sobre os distintos interesses organizacionais e a existência de relações de dominação que inibam a participação plena e (ii) refletir sobre a dominância de determinadas abordagens de intervenção, que possam limitar a capacidade de lidar com um conjunto mais amplo de questões. A busca da liberdade humana é um princípio de caráter ideológico assumido pela Intervenção Sistêmica Total – TSI, que deve ser incorporado à prática administrativa e é justificado do seguinte modo:

“A liberdade humana pode ser obtida através da reflexão. A reflexão ajuda a obter participação significativa que por sua vez torna possível ser sistêmico e ter em conta o todo. Ter em conta o todo é um importante passo para uma administração melhor informada, para a efetiva resolução de problemas e evitar consequências contraintuitivas” (Flood, 1995, p. 178).

A visão sistêmica total de uma organização tem seis estágios de construção, segundo Flood (1995):

- (i) Estruturas sistêmicas em organizações são uma mistura interativa de atividades técnicas e humanas horizontalmente e verticalmente integradas;
- (ii) As atividades de uma organização precisam ser eficientemente e efetivamente controladas para manter sua viabilidade. As atividades são controladas por procedimentos técnicos, regras e práticas sócio-culturais, e sócio-políticas. Procedimentos, regras e práticas precisam sintonizar de modo que a viabilidade possa ser obtida. Fatores ambientais podem também ser influenciados e controlados;
- (iii) As atividades de uma organização precisam ser direcionadas para realizar algum propósito. Uma organização normalmente tem uma missão oficialmente declarada, em relação à qual, essas atividades são idealmente direcionadas;
- (iv) Pessoas em organizações avaliam os aspectos dos itens (i) até (iii) de diferentes modos. Ou seja, indivíduos e grupos fazem sua própria interpretação das atividades interagentes, o modo como essas atividades são controladas e o propósito da organização. Possuem uma visão do seu próprio papel e propósito

dentro da organização que, muitas vezes, pode causar conflitos, falta de coesão, ineficiência, ineficácia, rigidez e a não viabilidade da permanência dos mesmos dentro da organização;

- (v) Os aspectos (iii) e (iv) precisam ser harmonizados através de um projeto organizacional e de um modo de administração adequado. O desenho organizacional e o estilo administrativo precisam ser escolhidos de modo que façam o balanceamento entre as necessidades das pessoas com as necessidades da organização, lembrando que as necessidades organizacionais também refletem o contexto de negócio;
- (vi) O esforço organizacional como um todo, precisa contemplar a responsabilidade pelo impacto das políticas no ambiente biológico e social;

Quando aplicada à ‘problemas’ em organizações, segundo Flood (1995), a Intervenção Sistêmica Total – TSI propõe-se a administrar conjuntos de questões ao invés de resolver problemas identificáveis. Segundo o autor, as questões a serem administradas surgem da interação de atividades técnicas e humanas, do seu controle, das interações com o ambiente, da ‘missão’ da organização, do desenho organizacional e do estilo de administração e da interpretação que as pessoas fazem de tudo isso. **Uma organização pode assim ser entendida em termos das questões interagentes, ‘resolução de problemas’ e um processo contínuo de gerenciamento de ambas** (Flood, 1995).

A implementação da TSI é constituída de três fases: **criatividade, escolha e implementação**.

A fase de **criatividade** consiste na utilização das metáforas sistêmicas como estruturas de diagnóstico para ajudar os administradores e os envolvidos diretos a pensar criativamente acerca de suas organizações. Questões típicas nessa fase de utilização da abordagem são:

- Que metáforas guiam as atuais estratégias, estruturas, controle e sistemas de informação da organização?
- Que metáforas alternativas podem melhorar o entendimento do que se pretende realizar com essa organização?
- Quais as metáforas que lançam luz sobre os problemas e preocupações da organização?

As principais ferramentas utilizadas na fase criativa são as cinco metáforas destacadas na seção 6.7.1: máquinas, organismos, cérebros, culturas e sistemas coercitivos. Estas, conforme examinado, focalizam em diferentes aspectos do funcionamento de uma organização.

Além das metáforas, a grade de classificação de contextos-problema de Jackson & Keys (1984) e outros esquemas teóricos podem ser usados nesta fase para ganhar *insights* sobre a organização, seus problemas e preocupações em questão.

O resultado esperado da fase de criatividade é que uma metáfora seja escolhida (metáfora dominante) como a que melhor esclarece o interesse principal e a questão central de preocupação. A metáfora escolhida servirá de referência para a escolha da metodologia mais apropriada de intervenção. Além da metáfora principal, outras metáforas de relevância secundária (ou dependentes), podem ser identificadas. É recomendado que as mesmas também sejam examinadas na fase seguinte.

A fase de **escolha** consiste na opção por uma metodologia sistêmica de intervenção ou conjunto de metodologias apropriadas às características da situação organizacional revelada na fase de criatividade. A ferramenta utilizada pela Intervenção Sistêmica Total – TSI, neste estágio, é o Sistema de Metodologias Sistêmicas - SMS. Esta, conforme mostrado acima, revela os pressupostos adotados por cada abordagem sistêmica relacionando-os com o contexto mais adequado de aplicação.

Combinando a informação ganha acerca do contexto problema durante a fase de criatividade e o conhecimento fornecido pelo Sistema de Metodologias Sistêmicas - SMS acerca dos pressupostos subjacentes às diferentes abordagens sistêmicas, é possível agora fazer uma apropriada escolha da metodologia de intervenção. Por exemplo, se o contexto é caracterizado por existirem objetivos claros e existir acordo acerca dos mesmos (contexto unitário) e transparência suficiente para que o mesmo possa ser capturado por um modelo matemático (sistema mecânico), então uma metodologia com pressupostos mecânico-unitários pode ser usada com boas chances de obtenção de sucesso (Jackson, 1991).

Assim, a fase de **implementação** envolve o emprego de uma metodologia sistêmica particular. Essa metodologia deverá ser capaz de capturar e traduzir a visão dominante da organização, suas estruturas e a orientação geral adotada quanto às preocupações com os problemas e o propósito das mudanças.

As ferramentas adotadas nesta fase são as metodologias específicas, definidas em função das conclusões das duas fases anteriores. A metodologia dominante operacionaliza a visão da organização contida na metáfora dominante. Contudo considerações devem continuar sendo dadas às outras metodologias, relacionadas às outras metáforas dependentes que surgiram na fase criativa.

O resumo das fases da metodologia é mostrado na Tabela 6.4.

Tabela 6. 4 - As três fases da metodologia da TSI (Jackson, 1991, p.276).

Criatividade	
Tarefas	Esclarecer objetivos, preocupações e problemas
Ferramentas	Metáforas sistêmicas
Resultados	Metáforas dominantes e dependentes esclarecendo as questões principais
Escolha	
Tarefas	Escolher uma apropriada metodologia sistêmica de intervenção
Ferramentas	O ‘sistema de metodologias sistêmicas’ e a relação entre metáforas e metodologias
Resultados	A escolha para uso de uma metodologia dominante e dependente
Implementação	
Tarefas	Chegar à implementação de um propósito específico de mudança
Ferramentas	Emprego das metodologias sistêmicas de acordo com a lógica específica da TSI
Resultados	A mudança altamente relevante e coordenar melhoram a eficácia e a eficiência

Aqui se encerra a investigação das abordagens sistêmicas voltadas a organizações. No próximo capítulo serão discutidas as principais conclusões gerais que podem ser extraídas da investigação realizada nos capítulos IV, V e VI.

CAPÍTULO 7

7. SÍNTESE DAS PRINCIPAIS CONCEPÇÕES SISTÊMICAS CONTEMPLADAS NAS ABORDAGENS INVESTIGADAS

Este capítulo se reveste de importância central para a concretização dos objetivos do presente trabalho. Tem por finalidade articular uma síntese das concepções sistêmicas contempladas nas abordagens examinadas, tornando possível visualizar o pensamento sistêmico como um quadro de referência para a construção do conhecimento nas mais variadas áreas e domínios da atividade intelectual.

Partindo dos tópicos de referência estabelecidos no capítulo III e da compreensão obtida a partir do exame das abordagens sistêmicas nos capítulos IV, V e VI, as

conclusões acerca dos fundamentos do pensamento sistêmico estão organizadas da seguinte forma:

- **Concepções convergentes:** são as concepções gerais que aproximam as diversas abordagens. Constituem o núcleo de idéias sistêmicas básicas. Trata-se dos princípios doutrinários ou filosóficos acerca de como a realidade pode ser descrita e das noções gerais acerca de como estas doutrinas podem ser convertidas em modelos sistêmicos, úteis para ajudar a construir conhecimentos nos mais variados campos de atividade humana;
- **Concepções específicas:** são concepções necessárias para adequar o conceito aos diferentes temas de interesse focalizados. Trata-se de formulações teóricas que revestem as idéias sistêmicas gerais, de modo a operacionalizar sua aplicação aos distintos conteúdos complexos;
- **Concepções divergentes:** são aspectos conceituais em que existem posições distintas nas abordagens examinadas. No presente trabalho, trata-se de distintos pressupostos acerca da natureza do conhecimento obtido com pensamento sistêmico e quanto à natureza das interações. São concepções que informam as formulações conceituais específicas nas abordagens.

7.1 – PRINCÍPIOS DOUTRINÁRIOS E NOÇÕES FUNDAMENTAIS.

Nesta seção serão apresentadas as conclusões que sintetizam os princípios doutrinários, que embasam a concepção sistêmica da realidade, e as noções gerais, que tornam possível converter as doutrinas sistêmicas em descrições úteis para ajudar a construir conhecimentos nos diversos campos.

7.1.1 – DOUTRINAS DO PENSAMENTO SISTÊMICO

A partir dos diversos autores investigados pretende-se estabelecer a base de princípios doutrinários comuns que torna possível falar no ‘pensamento sistêmico’ como uma nova estrutura intelectual de construção do conhecimento.

O pensamento sistêmico, conforme revisado no capítulo II, nasce do questionamento da adequação das concepções analíticas a questões que envolvem complexidade organizada. Especialmente do questionamento da aplicabilidade irrestrita do pressuposto reducionista de que a realidade pode ser decomposta em elementos ou ‘naturezas simples’, cujas propriedades seriam as mesmas quando isolados ou quando integram um todo, e do pressuposto determinista, segundo o qual fenômenos ou problemas complexos podem ser determinados ou estruturados a partir do encadeamento e sobreposição de relações causais simples. Estas duas doutrinas (conforme descrito na seção 2.1.1), colocadas em questão pelo pensamento sistêmico, subscrevem a visão de um universo mecânico onde cada uma de suas partes (incluindo as partes que integram estruturas complexas) podem ser examinadas desconsiderando ou eliminando outras influências, isolando somente a relação de causa e efeito de interesse. É a partir do questionamento da concepção da realidade fundada nestes princípios doutrinários que se ergue o pensamento sistêmico.

Resumidamente, a mudança básica esboçada pelo pensamento sistêmico consiste numa mudança da ênfase na concepção do universo quanto aos dois pilares centrais da ciência analítica: (i) de um universo de objetos, constituído de elementos ou substâncias básicas, para um universo concebido a partir de interações organizadoras e (ii) da causalidade unidirecional, impingida externamente ao objeto, ao reconhecimento da causalidade complexa, gerada localmente em razão do complexo de interações.

Ao nível mais fundamental são essas mudanças de doutrinas filosóficas básicas que suportam o pensamento sistêmico. A síntese dessas concepções gerais será o objeto das próximas subseções.

7.1.1.1 – CONTEXTUALISMO: A DOUTRINA QUE SUSTENTA QUE A REALIDADE PODE SER CONCEBIDA EM TERMOS DE PADRÕES DE INTERAÇÕES DENTRO DE PADRÕES DE INTERAÇÕES

Essa doutrina traz modificações substanciais em relação à suposição mais fundamental do pensamento analítico. Conforme examinado na seção 2.3, **o pensamento sistêmico rejeita o preceito cartesiano de que a complexidade possa ser reduzida a elementos essenciais (Ackoff, 1981) como seus ‘blocos básicos’ de construção (Capra, 1997).** Para o pensamento sistêmico, o princípio cartesiano, segundo o qual é possível alcançar a essência do real desmontando sucessivamente os fenômenos em elementos constituintes, é substituído pela suposição de que a realidade (física ou abstrata) envolve essencialmente interações. **Ao invés de elementos ou partes substancias (‘blocos básicos’), o pensamento sistêmico contempla o princípio de que a realidade deve ser concebida em termos de padrões de interações no contexto de padrões ou redes complexas maiores de interações.**

Assim, por exemplo, para o pensamento sistêmico, átomos, o processo celular, a capacidade de organismos vivos subsistir e se desenvolver, os processos generativos de mudança e a evolução social, a manutenção ou melhoria do desempenho de um conjunto de atividades humanas relacionadas a um propósito, o desempenho de uma fábrica ou de uma economia, são exemplos de fenômenos ou situações cujas características somente podem ser explicadas a partir de padrões de interações entre fatores, destacados dentro de um contexto maior de interações.

A tendência à substituição da crença num universo explicado ontologicamente em função de elementos básicos, por um universo em que a complexidade emerge das interações, é transparente nos autores examinados.

- Para Bertalanffy (1975) são as interações **constitutivas** que se estabelecem simultaneamente entre as partes, que originam as propriedades novas ou emergentes em fenômenos complexos.
- Para Ackoff (1974; 1981), sistemas, embora do ponto de vista estrutural (no sentido de vários componentes distinguíveis) possam ser vistos como constituídos de partes, funcionalmente, quanto a sua existência, dependem das interações e não de ações simples entre partes isoladas.

- Katz & Kahn (1978) sustentam que o fundamento das estruturas dos sistemas sociais são as interações dinâmicas entre eventos e não os objetos ou entidades isoladas.
- A cibernética claramente estabelece que são as interações o aspecto central da organização e do comportamento direcionado à metas, tanto em máquinas como em seres vivos e na organização social (Wiener, 1984).
- Para Forrester (1961) interações de realimentação são fundamentais em todos os aspectos da vida e nos empreendimentos humanos, estando presentes nas decisões conscientes e subconscientes das pessoas, nos dispositivos tecnológicos construídos pelo homem e nos processos naturais, como por exemplo no ritmo da evolução biológica.

Outros autores, que assumem uma posição claramente anti-positivista, enfatizam mais o caráter epistemológico das concepções sistêmicas - as noções e princípios sistêmicos como elementos constitutivos de uma nova linguagem para construir conhecimentos sobre a realidade. Entretanto, a adoção de alguma conjectura acerca da natureza da realidade, mesmo que esta seja atribuída à impressão da experiência subjetiva, é inevitável para justificar a utilidade das concepções sistêmicas.

Assim, por exemplo, Maruyama (1965) declara que a “cosmologia básica” (op. cit., p. 158) das suas concepções sistêmicas corresponde à suposição de um “universo relacional” (op. cit., p. 158). Segundo esclarece o próprio autor, **no universo relacional a informação é organizada em função de interações mútuas, ao invés de causas primeiras ou elementos substanciais (causas ontológicas)**. A substância básica não é um pré-requisito (Maruyama, 1965).

Para Checkland (1981), que adota uma perspectiva interpretativa da realidade, descrições sistêmicas são modelos conceituais que expressam interpretações possíveis acerca de uma situação vivenciada. Entretanto o autor não deixa de fazer suposições acerca da natureza da realidade. Por exemplo, Checkland (1988a) justifica a utilidade das idéias sistêmicas em função de serem “potencialmente úteis uma vez que nosso conhecimento intuitivo do mundo sugere que o mesmo é densamente conectado” (op. cit., p. 27). Este universo ‘densamente conectado’, segundo Checkland (1988a), pode ser descrito a partir da imagem ou metáfora que visualiza a realidade com constituída de entidades globais (*whole entities*), que exibem propriedades emergentes, estrutura hierárquica e capacidade de adaptação a ambientes em mudança, que envolvem processos de comunicação e controle (Checkland, 1981; 1988a; 1990; 1994).

Entre os autores investigados, Ackoff (1974; 1981) é quem mais se preocupou em contrastar os fundamentos básicos do pensamento sistêmico com o pensamento analítico. Denominou a doutrina sistêmica que se opõe ao reducionismo de **expansionismo**. Expansionismo, segundo explica, implica a suposição de que o aumento da compreensão de algo requer a expansão do objeto ou fenômeno sob investigação. “[...] É a doutrina que sustenta que todos os objetos ou eventos, e a experiência que temos dos mesmos, são partes de todos maiores” (Ackoff, 1974, p. 3).

A concepção da realidade como padrões de interações, supõe a existência de diferentes níveis sistêmicos na realidade, aos quais devem corresponder diferentes níveis descritivos da organização da complexidade. **Isso significa que algo concebido como sistema num determinado nível de descrição, pode ser considerado noutra nível apenas como uma parte.**

Implícito na idéia anterior está a diferença mais profunda entre a concepção clássica e a concepção sistêmica. Levado ao limite, como sugere Capra (1997, p. 47), a perspectiva sistêmica nega a suposição fundamental da ciência clássica, a crença na existência de substâncias últimas (herdada do atomismo dos filósofos gregos), bem como, de leis e princípios gerais eternos que comandariam as relações entre essas substâncias. Ou seja, as concepções sistêmicas implicam a suposição de que não existem objetos ou partes como algo absoluto. Um ser humano como sistema complexo num nível, pode aparecer apenas como um componente num outro nível, como por exemplo, no sistema social ou num sistema de reprodução biológico; uma célula pode ser vista como sistema metabólico complexo ou simplesmente como um elemento de um tecido ou órgão; a descrição de uma fábrica poderá ser concebida como um sistema ou estar agregado junta com o resultado de outras organizações num único fator, como parte de um sistema econômico. Assim, para perspectiva sistêmica, aquilo que é rotulado como ‘parte’ num nível descritivo, noutra nível de investigação pode ser desagregado em subsistemas constituintes ou, no sentido inverso, ser parte de um sistema maior.

Contextualismo, como termo para caracterizar o pressuposto doutrinário que se opõe ao reducionismo cartesiano, ressalta a idéia de que a descrição de algo como um sistema, significa não se trata de uma entidade essencial independente do ambiente e de outros níveis de investigação, segundo os quais pode ser concebido de forma bastante distinta. Como padrão organizado de interações, um sistema é identificado por exibir características distintivas. Entretanto está imerso numa vasta malha de interações (Capra, 1997). O contexto é seu substrato de existência em termos de potencialidades, restrições e imposições. O contexto provê as

condições para a sua emergência e existência como padrão organizado, mas também é a fonte de ameaça para a continuidade ou perpetuação desse padrão.

Fenômenos, entidades e situações complexos, considerados como padrões que podem ser abstraídos de um contexto ou como parte de um sistema maior, implica uma questão simultaneamente filosófica e operacional. No sentido inverso da perspectiva analítica, qual o limite do processo de expansão numa descrição sistêmica?

Ao procurar responder a questão anterior, Ackoff (1981) assinalou que a partir das descobertas científicas desse século resulta o entendimento de algo jamais pode ser obtido por completo. No máximo a compreensão de algo pode ser aproximada continuamente. Ackoff (1981) sugere assim, que do ponto de vista sistêmico, “não existe necessidade de assumir a existência de uma totalidade última que uma vez entendida produziria a última resposta” (op. cit., p.19).

Uma resposta operacional à questão anterior pode ser formulada em termos de Hall & Fagen (1959). Segundo apontaram estes autores, em um contexto dado, o sistema e o ambiente constituem o universo de todas as relações de interesse. O ambiente de um sistema consistiria de todas as partes “nas quais uma mudança em seus atributos afeta o sistema” e ainda de todas as partes não pertencentes ao sistema, “cujos atributos são alterados pelo comportamento do sistema” (op. cit., p. 83). Em última instância, para Hall & Fagen (1959), a configuração particular de relações que é destacada como sistema depende das intenções daqueles que estudam o universo total formado pelas relações do conjunto sistema/ambiente.

7.1.1.2 – CAUSALIDADE CONTINGENTE: A DOUTRINA QUE SUSTENTA QUE A REALIDADE CONCEBIDA COMO ‘COMPLEXIDADE ORGANIZADA’ IMPLICA O RECONHECIMENTO DE UM DETERMINISMO GERADO LOCALMENTE.

Segundo o determinismo clássico, toda ação causal é uma imposição aos objetos a partir de uma perspectiva externa. Assim, causalidade determinista é ‘causalidade exterior’ (Morim, 1977). O efeito - a resposta a uma ação ou causa - ocorre de acordo com as leis que governam o comportamento dos objetos em função da intensidade da ação imposta. Por exemplo, quando uma força é aplicada a um objeto material, as leis da mecânica governam (explicam) o efeito resultante: uma aceleração proporcional à força aplicada; uma diferença de potencial elétrico provoca como efeito uma corrente elétrica proporcional, que é explicada pelas leis da eletrodinâmica.

Segundo a concepção clássica, as leis que o governam as relações causa e efeito entre os objetos materiais e a energia são universais. O efeito não retroage afetando as causas futuras e, nas mesmas condições, devem sempre ocorrer os mesmos resultados.

Conforme revisado na seção 2.1.1, em última instância segundo o determinismo clássico, todos os objetos ou entidade afetados por alguma causa são vistos como objetos substanciais, como se fossem massas submetidas a forças mecânicas ou elétrons submetidos a uma diferença de potencial elétrico. Deve ser notado, entretanto, que embora a causa seja imposta do exterior ao objeto, **a relação ‘causa – efeito’ é uma relação fechada**, no sentido de que o ambiente é visto como não interferindo na relação. Qualquer perturbação indesejável pode e deve assim ser eliminada (Checkland, 1981; Ackoff, 1981). É essa a função principal dos experimentos de laboratório.

Os problemas para o princípio da causalidade clássica passam a existir quando o objeto não tem as características supostas ou previstas pela doutrina determinista. Células, organizações sociais humanas, fábricas, a economia de um país são fenômenos cujas características não podem ser explicadas somente em função da **causalidade externa**.

Inversamente à visão clássica, em que componentes estruturais (partes, elementos, substâncias) existem *a priori* e secundariamente as ações entre os mesmos (Capra, 1997), a noção de sistema está associada à concepção processual ou essencialmente dinâmica da realidade. Não sendo mais a realidade concebida em termos de ‘naturezas simples’ contendo a ‘substância’ do real, formas complexas não podem mais ser explicadas a partir da suposição de elementos substanciais agindo uns sobre os outros, através de interações que podem ser isoladas do padrão que configura o todo. Assim, nos termos de Buckley (1968), o ‘destronamento’ da substância material conduz necessariamente a

“[...] uma mudança da estática, estrutura, somatividade e causalidade de um único sentido, para a dinâmica, processos, emergência, e interações complexas mútuas e ciclos de *feedback*” (Buckley, 1968, p. xxiv).

A consequência última dessa posição é de que as concepções sistêmicas contraditam a validade universal da doutrina determinista. Ou seja, que uma vez conhecidas as propriedades e as ‘leis’ que governam as partes seja possível explicar as unidades complexas via relações de causa e efeito simples encadeadas e/ou sobrepostas.

Entidades e fenômenos complexos, dotados de relações que conformam interações circulares, exibem formas de comportamento e características que não podem ser determinadas externamente. Suas propriedades e ‘leis’ são contingentes ao contexto relacional. São o produto das interações que os configuram como entidades, fenômenos ou situações complexos. Assim, a realidade concebida a partir de interações não pode ser explanada a partir de relações de causa e efeito simples, onde a causalidade é vista como uma determinação exterior aos objetos. De acordo com Rapoport (1968), sistemas descritos por relações de causa e efeito simples (relações não cíclicas) não podem exibir características e propriedades típicas de fenômenos complexos. **Proposições explicativas sistêmicas requerem suposição da causalidade contingente, onde as propriedades sistêmicas emergem dos padrões de interações endôgenos.**

O começo da compreensão do princípio da causalidade complexa ou contingente deve-se às formulações cibernéticas. A realimentação de informação e os padrões circulares de interações, conforme assinalou Wiener (1984), estão na gênese de todo fenômeno organizacional do universo. Sua manutenção ou permanência implica a geração de uma autonomia organizacional em relação ao que é externo. Esta compreensão pode ser explanada em termos da criação de um determinismo local ou ‘causalidade interna’, não redutível a relações de causa e efeito simples, conforme sugere Morin (1977). De acordo com o autor, a causalidade interna não anula a causalidade externa mas determinam o seu efeito local em função das interações circulares recorrentes. Provoca efeitos locais distintos dos presumíveis a partir do determinismo clássico (op cit., p. 238). **Sem uma lógica causal contingente, fenômenos e entidades complexas não podem ser compreendidos em termos da sua continuidade ou permanência no tempo, diante das múltiplas determinações externas.**

Por dar origem a comportamentos que podem ser descritos como ‘busca de objetivos’ ou ‘alcance de propósitos’, a causalidade complexa - causalidade gerada localmente no ‘interior’ do sistema – é também denominada de causalidade finalista (Morim, 1977) ou, simplesmente, finalismo (Ackoff, 1981).

Sob esse ponto vista a causalidade complexa pode ser examinada comparativamente às concepções finalistas do pensamento da antiguidade, especialmente, em termos das concepções de Aristóteles quanto à necessidade de uma ‘causa formal’ e ‘causa final’ como princípio explicativo da realidade. Conforme explica Bohm (1992), causa formal na concepção aristotélica não tinha a ver com o significado atribuído à palavra ‘forma’ na acepção contemporânea, onde significa, normalmente, uma aparência externa não significativa. Causa

formal, segundo o autor, era concebida em termos de **atividade formadora interna** como base de desenvolvimento de algo. Bohm (1992) exemplifica com o processo formativo de uma planta. Nesta a ‘causa formal’ era tida como a causa do movimento interno da seiva, do crescimento das células, do crescimento dos ramos das folhas, etc..., específica do desenvolvimento de cada tipo de planta. Segundo Bohm (1992), para adequar essa idéia a uma forma de explicação contemporânea, esse princípio explicativo poderia ser mais adequadamente entendido como:

“[...] causa formativa, para enfatizar que o que está envolvido não é uma mera forma imposta de fora, mas, antes, um movimento interno ordenado e estruturado essencial para aquilo que as coisas são” (Bohm, 1992, p. 33)⁴⁷.

A causa formativa compreendida dessa forma, segundo Bohm (1992), pode ser relacionada a um fim ou um produto cujo resultado está implícito no movimento ordenado e estruturado. Por exemplo, é possível referir-se aos processos internos de um sistema produtivo (constituído por vários processos inter-relacionados) como relacionada a um fim ou a um propósito - um produto, comportamento ou propriedade que resulta dos processos internos. De acordo com Ackoff (1981), com as concepções sistêmicas, o comportamento finalista de sistemas propositais humanos pode ser estabelecido a partir de dentro do sistema e não em função de algo que é imposto de fora ao sistema.

Compreendida como causa formativa, a expressão ‘causalidade finalista’ ou simplesmente ‘finalismo’ (diferentes designações que aparecem na literatura sistêmica para o princípio da causalidade complexa ou contingente) não requer a apelação a qualquer força externa para explicar o estado final ou permanência de uma característica sistêmica emergente.

Características tais como estabilidade, adaptação, aprendizagem e evolução, conforme se evidencia nos autores examinados, estão relacionadas com interações que determinam internamente estas características. Tais propriedades podem gerar modificações nos comportamentos e características ao longo do tempo. Estas alterações podem resultar de modificações na identidade de entidades complexas, em função de modificações introduzidas na lógica das interações que configuram seu padrão organizacional. Como consequência, enquanto que para o determinismo clássico objetos submetidos às mesmas causas respondem sempre de modo previsível, complexos organizados podem responder de modo significativamente distinto em circunstâncias semelhantes.

⁴⁷ Itálico da edição brasileira.

As considerações anteriores levam à conclusão da inadequação das tentativas de explicação da complexidade a partir de causas externas, conforme postula a causalidade determinista clássica.

As concepções sistêmicas contemplam um novo princípio doutrinário - no presente trabalho denominado de princípio da causalidade contingente – que estabelece que a ‘complexidade organizada’ envolve múltiplas interações endógenas que ‘localmente’ determinam as características das formas organizadas que constituem o nosso universo.

7.1.1.3 – SÍNTESE: O PROCEDIMENTO SISTÊMICO DE INVESTIGAÇÃO

As duas doutrinas sistêmicas, acima examinadas, implicam a substituição da concepção ontológica que está no núcleo do pensamento clássico: a idéia de objeto substancial e redutível a partes elementares. A noção de ‘objeto’ da ciência clássica, a partir dos pressupostos acima alinhavados, é uma construção simplificada abstraída da realidade complexa. Átomos e partículas elementares, são modelos conceituais desenvolvidos para explicar os fenômenos da realidade, (Bertalanffy, 1975).

Com o pensamento sistêmico, a realidade concebida a partir de objetos isoláveis é substituída pela realidade concebida como padrões organizados de interações ou sistemas. As unidades simples e elementares dão lugar às unidades complexas. Finalmente, em vez das estruturas complexas serem concebidas como agregados de componentes, sistemas são constituídos de outros sistemas (denominados de subsistemas) e ajudam a compor ou integram outros sistemas (que pode tanto ser um sistema de ordem maior – suprasistema - ou o ambiente composto de vários outros sistemas).

Esta nova concepção da realidade implica um novo processo de pensamento acerca dessa realidade e, portanto, novos procedimentos quanto ao modo de construir conhecimentos. Ou seja, **pensar ou proceder sistemicamente implica um arcabouço lógico em que a organização do pensamento esteja em correspondência com os princípios doutrinários que constituem seus fundamentos conceptuais mais básicos.**

Síntese, termo proposto por Ackoff (1974;1981), aparece como o mais adequado para designar a lógica do procedimento sistêmico. Síntese significa adotar como fundamento de construção do conhecimento a suposição de que a compreensão da realidade

requer a inclusão da totalidade dos fatores relevantes ao conteúdo ou unidade complexa em estudo, bem como, suas interações e interdependências. Isso significa a necessidade tanto de delimitar uma fronteira, distinguindo claramente os fatores e as interações que configuram a proposição explicativa sistêmica de algo, bem como, reconhecer as interações mantidas com o meio. **Sintetizar um todo integral é, portanto, a chave do pensamento sistêmico, justamente como análise – explicar algo a partir do estudo das partes que o compõem - é a chave do pensamento analítico.**

Relembrando essas idéias genéricas, amplamente debatidas ao longo do trabalho, é possível estabelecer o procedimento sistêmico de construção do conhecimento, em contraste com o procedimento analítico. Pensar sinteticamente implica na adoção de três procedimentos gerais:

- (i) Identificar um todo que contempla aspecto ou fator de interesse, observando suas conexões com o sistema maior ou outros sistemas que constituem o ambiente;
- (ii) Identificar as partes e as interações de que participam dentro do todo. Segundo Ackoff (1981), significa identificar o ‘papel’ ou ‘função’ que uma parte cumpre dentro do sistema;
- (iii) Explicar o comportamento e as propriedades do todo, do qual o fator de interesse é parte. Implica em compreender o seu funcionamento ou dinâmica no contexto do padrão de interações que integra.

Assim, o processo de pensamento sistêmico aponta no sentido contrário do pensamento analítico. Como pode ser observado nas seqüências de passos da Figura 7.1, quando se muda de pensamento analítico para o pensamento sistêmico, o processo lógico-racional é invertido. Enquanto no procedimento analítico a síntese é o último passo, resultando da sobreposição ou adição de relações isoladas entre as partes, no processo racional sistêmico, a síntese precede a análise. A compreensão de uma ‘parte’ resulta da compreensão da função ou ‘papel’ desempenhado pela mesma dentro do todo (Ackoff, 1981). Ou seja, comportamento de um fator ou variável deve ser determinado em função de todas as interações que são estabelecidas entre todos os fatores e variáveis incluídas na descrição do fenômeno ou situação de interesse.

A inversão lógica introduzida pelo pensamento sistêmico, mostrada na Figura 7.1, é uma decorrência direta dos princípios doutrinários que fundamentam a concepção explicativa da ‘complexidade organizada’. Em vez de **reduzir** o foco à procura de partes

elementares, o pensamento sistêmico procura **contextualizar** o fenômeno a ser investigado. Ao invés de explicar o comportamento de algo a partir de uma lógica causal imposta ‘de fora’ ao objeto, a determinação do comportamento deve ser explicada a partir da lógica causal contingente, gerada a partir de interações endógenas ao sistema.

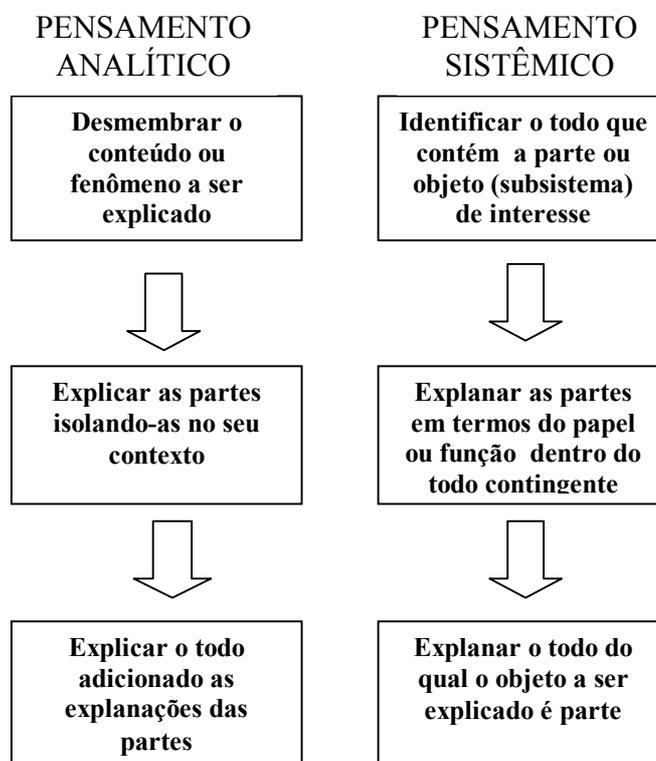


Figura 7. 1 - Comparação do processo lógico dos processos de pensamento analítico e sistêmico.

Finalmente, as novas doutrinas do pensamento sistêmico dão origem a uma nova visão de mundo. No lugar de uma visão mecânica da realidade, um universo essencialmente dinâmico ou processual que pode configurar distintas imagens, tema que será considerado nos próximos parágrafos.

7.1.1.4 – AS IMAGENS SISTÊMICAS DA REALIDADE

Conforme amplamente examinado no transcórrer do trabalho, a concepção de mundo erigida pelo pensamento analítico apóia-se na visão de que realidade a realidade assenta-se em ‘blocos de construção’. Estes, através de relações de causa e efeito lineares, supostamente

explicam toda a complexidade do universo. A partir dessa concepção, de modo implícito ou explícito, tudo passou a ser tratado tendo por referência a imagem e o funcionamento da máquina mecânica.

A visão de mundo sistêmica, diferentemente da visão analítica, não pode ser enquadrada numa única imagem. A idéia sistêmica básica, que estabelece que a realidade é constituída de ‘todos’ integrais cujas características se desfazem se analisados em partes, é genérica o suficiente para que nela se enquadrem todas as formas organizadas caracterizadas por relações de interdependência. Sendo assim, diferentes imagens se ajustam como metáfora para constituir uma visão de mundo sistêmica. De fato, na curta história do pensamento sistêmico podem ser identificadas várias metáforas que serviram ou servem como referência para representar a visão sistêmica da realidade. Tais imagens decorrem basicamente dos diferentes enfoques adotados e dos aspectos ou fenômeno complexo da realidade focalizado.

- Nas primeiras formulações da biologia, a metáfora sistêmica predominante foi a imagem do **organismo vivo**.
- Da cibernética provém a imagem de que sistemas podem ser vistos como **máquinas auto-reguladas e processadoras de informação**.
- Outras formulações posteriores combinaram a visão organicista com a visão cibernética e ressaltaram sistemas como **‘todos’ adaptativos** e com capacidade de transformação (veja por exemplo Buckley, 1968). Segundo essa visão organismos vivos, sistemas cognitivos e sistemas sócio-culturais não somente mantêm sua identidade, como também, para mantê-la, necessitam aprender, evoluir ou mesmo transformar-se.
- Mais recentemente a idéia da **rede** passa a predominar. Esta imagem ressalta a interdependência fundamental de todos os fenômenos. Como parte de uma rede, os elementos de um sistema são vistos como ‘nós’ que integram e conformam um padrão organizacional. Este padrão organizacional, por sua vez, mantêm conexões com o ambiente e outros sistemas. Assim, objetos ou partes, sejam físicos ou abstratos, são vistos como padrões de relações ou “redes de relações, embutidas em redes maiores” (Capra, 1997, p. 47). Esta é também uma visão ecológica moderna. Segundo essa perspectiva, os indivíduos e a sociedade fazem parte de padrões que integram os processos cíclicos da natureza.

- A imagem sistêmica da realidade como ‘**fluxo e transformação**’ foi sugerida por Morgan (1996). O autor identifica essa metáfora como a mais adequada para constituir uma imagem das idéias sistêmicas contempladas nos trabalhos de David Bohm, Maturana e Varela, Maruyama, Bateson, Forrester, Senge e na da teoria do caos. Morgan (1996) relacionou essas idéias a outras formas de pensamento, anteriores ao movimento sistêmico, como a filosofia de Heráclito, a dialética de Karl Marx e o Taoísmo. Idéias como fluxo, mudança e transformação, assumidas de modo implícito ou explícito pelos autores sistêmicos, são essenciais nessa visão da realidade. Segundo essa imagem, a dinâmica dos processos subjacentes às formas observáveis na natureza gera tanto os padrões estáveis provisórios, como é a causa das mudanças e processos de transformação (Morgan, 1996).

O Quadro 7.1 apresenta um resumo comparativo dos fundamentos explicativos da realidade do pensamento sistêmico comparativamente ao pensamento analítico, revisado na subseção 2.1.1.

Quadro 7. 1 - Comparação entre os fundamentos explicativos da realidade do pensamento analítico e pensamento sistêmico.

Pensamento analítico	Pensamento sistêmico
Fundamentos explicativos da realidade	
Objeto	Sistema
Elementos ou partes constituintes	Organização ou ‘estruturas sistêmicas’
Relações causa-efeito entre partes ou ‘blocos de construção’	Interações entre fatores configurados através de processos dinâmicos
Reduccionismo	Contextualização
Determinismo	Causalidade Contingente
Análise	Síntese
Universo mecânico	Organismo, máquinas auto-reguladas e processadoras de informação, Redes, Fluxo e transformação

Na próxima subseção será examinado o conceito de organização sistêmica. Por tornar possível a utilização das doutrinas sistêmicas em aplicações teóricas e práticas, nas diversas questões complexas da realidade, este é um conceito central.

7.1.2 – ORGANIZAÇÃO SISTÊMICA: A NOÇÃO CENTRAL DO CONCEITO DE SISTEMA

Esta subseção volta-se à síntese das principais idéias relacionadas à organização sistêmica. Deve ser vista como uma continuação da subseção 7.1.1, onde foram explanados os princípios doutrinários que fundamentam pensamento sistêmico.

O conceito de organização sistêmica operacionaliza a utilização doutrinas sistêmicas. Envolve um conjunto de noções gerais que de modo diverso integram as distintas formas de descrever a ‘complexidade organizada’ nas abordagens investigadas.

Pode se afirmar, preliminarmente, que as conclusões descritas a seguir indicam que as distintas formas específicas de conceber a organização sistêmica - apresentadas resumidamente no Quadro 7.2 -, longe de serem contraditórias, contemplam pontos de convergência e idéias complementares que nas próximas subseções serão delineados. Inicialmente serão assinaladas três características gerais que distinguem a organização sistêmica das idéias clássicas de organização e estrutura. Finalmente serão examinadas quatro noções para as quais convergem as várias formas de conceber a organização sistêmica.

Quadro 7. 2 - Resumo dos principais aspectos da organização sistêmicas, contempladas nas abordagens examinadas nos capítulos IV, V e VI.

Teoria Geral dos Sistemas

As interações sistêmicas são de natureza constitutiva, são ordenadas ou organizadas. Envolvem interações com o meio - intercâmbios de matéria, energia e informação. Entretanto, características de sistemas abertos tais como desenvolvimento, diferenciação, hierarquia e comportamento finalista, dependem da organização dos parâmetros internos. Modelos descritivos da organização são baseados em sistemas de equações diferenciais.

Cibernética I

O padrão de organização de sistemas auto-regulados é baseado na realimentação negativa de informação. Envolve dois processos de interação que se opõem e se complementam de modo circular: transmissão de informação sobre o estado atual da grandeza regulada (interação sensitiva) e ações de controle (interação ativa). Sistemas mais complexos são constituídos de níveis hierárquicos, com mecanismos de comunicação e controle operando entre níveis.

Cibernética II

A organização de sistemas complexos é concebida como redes compostas de interações causais mútuas de neutralização (negativas) e de amplificação de desvios (positivas). Processos de mudança são endógenos tendo como determinação básica interações causais mútuas de ampliação de desvios.

Cibernética III

Um 'componente' organizacional sempre ocorre quando há condicionalidade na relação entre duas entidades quanto a uma terceira. Implica a existência de comunicação restritiva entre variáveis. A complexidade ou variedade de um sistema pode ser medida em função da quantidade de informação necessária para descrever suas partes e interconexões em função do propósito pelo qual é descrito. Quanto mais complexo um sistema, maior sua variedade interna e maior, portanto, sua organização. Finalmente, em razão da lei da variedade necessária, sistemas altamente complexos são dotados (ou devem ser projetados) em sua configuração fundamental, de modo a contemplar 'mecanismos de controle de antecipação', para evitar que a variedade indesejada atinja as variáveis essenciais do sistema.

Dinâmica de sistemas

A 'estrutura sistêmica' é concebida como um padrão de múltiplos laços de realimentação positivos e negativos interligados. Pode ser descrita em termos de quatro níveis: fronteira fechada (conjunto de interações que constituem o sistema); laços de realimentação; níveis (variáveis de estado) e razões de fluxos (que alteram variáveis de estado) e; parâmetros de decisão (restrições físicas e sociais, metas, condições aparentes, discrepância entre condições observadas e metas e políticas de operação).

Organizações como sistemas abertos

Estruturas sistêmicas sociais são concebidas como processos inter-relacionados, que fecham ciclos energéticos e de atividades (interações dinâmicas cadeias fechadas). Estruturas mais complexas concebidas como constituídas de várias estruturas cíclicas mais simples interligadas.

Modelo do Sistema Viável

Os processos cíclicos de auto-organização assumidos como princípio universal de organização - processos circulares são recorrentes nos diversos níveis. A organização do todo é replicada nos subsistemas, ou seja, sistemas encontram-se aninhados em outros sistemas. Interações circulares realizam o balanceamento homeostático do sistema. Consistem de canais de comunicação com capacidade de transmitir a informação relevante, recodificação da informação selecionada e sua integração ao sistema.

Metodologia de sistemas *soft*

Organização sistêmica aparece sob dois modos distintos: como processo cíclico constituído pelas sete fases da metodologia; como padrão de organização das atividades humanas, ligadas logicamente em função de um propósito, envolvendo processos monitoramento e controle. No segundo caso, a organização é concebida como envolvendo níveis hierárquicos, cuja característica é a imposição de restrições entre aos mesmos, via mecanismos de comunicação e controle.

Pensamento sistêmico e aprendizagem organizacional

‘Estruturas sistêmicas’ concebidas como o padrão de relações entre os fatores ou variáveis chave num contexto ou de um fenômeno. Os padrões são concebidos como redes formadas por laços de realimentação positivos e negativos.

Termodinâmica dos sistemas afastados do equilíbrio

A geração e manutenção de ‘conexões de longo alcance’ que configura estruturas complexas está diretamente associada aos fluxos e à dissipação de energia. Estes mantêm as estruturas afastadas do equilíbrio termodinâmico. O aumento dos fluxos leva o sistema a pontos de instabilidade, onde novas formas complexas podem emergir. Nesses pontos de instabilidade (bifurcações), flutuações de natureza aleatória disparam processos de realimentação que irão configurar um novo padrão sistêmico até ser alcançado outro ponto de instabilidade.

Teoria do Caos

Formas complexas, aparentemente caóticas, envolvem padrões lógicos subjacentes, ou configurações de interações entre variáveis que podem ser descritas por sistemas de equações diferenciais determinísticos. Central nesses padrões são os processos recorrentes de realimentação positiva, que amplificam pequenos desvios ou erros, gerando formas de comportamento bastante variados e de difícil previsibilidade.

Teoria da *Autopoiese*

A organização é definida como o padrão de relações que define a identidade de classe de uma unidade complexa. Já a estrutura é definida como a incorporação desse padrão genérico, em componentes e processos físicos reais de uma unidade complexa particular. O padrão de organização permanece invariável enquanto o sistema mantiver a sua identidade. Já a estrutura pode variar, mantida a organização. A padrão de organização dos sistema vivos é o padrão autopoietico, cujas características são: (i) organização circular do processo de produção de componentes, em que cada etapa do processo é necessária para a produção dos componentes da etapa subsequente; (ii) fechamento organizacional, que significa que as características *autopoieticas* são produzidas numa rede fechada de interações; (iii) regulação homeostática, cuja peculiaridade *autopoietica* é manter a própria organização constante; (iv) autonomia quanto à capacidade de produzir os seus próprios componentes.

O conceito de sistema como um novo paradigma

A noção organização liga as diversas interações numa unidade global. Quando se refere a entidades físicas, a organização envolve fluxos de matéria e energia, sua armazenagem, bem como dissipação. A organização se configura através de interações circulares e recorrentes que: geram o sistema; regeneram o sistema; reorganizam e mantêm o sistema e a própria organização do sistema. Envolve interações que especificam a abertura do sistema aos fluxos de matéria e energia e o fechamento organizacional. A organização cria ordem onde passa a reinar o determinismo contingente. Comporta, entretanto, zonas de liberdade, incertezas, disputas e antagonismos.

Pensamento sistêmico crítico

As interações em organizações (empresas, instituições sociais, etc.) são uma mistura interativa de atividades técnicas e humanas direcionadas para realizar algum propósito. A estrutura sistêmica total é um conjunto de atividades técnicas e humanas horizontalmente e verticalmente integrado. Compreendem partes que formam sistemas horizontais, isto é, as partes são sistemas de um sistema maior, sendo ele próprio constituído de subsistemas verticais. Sistemas envolvem níveis organizacionais sistêmicos que correspondem a distintos níveis de estruturas físicas. Em cada nível podem ser descritas características emergentes. As estruturas

sistêmicas de organizações incluem interações de regulação que se materializam fisicamente em mecanismos de controle da eficiência e efetividade, através de procedimentos técnicos e regras e práticas sócio-culturais e sócio-políticas. A viabilidade de um sistema requer que os procedimentos, as regras e as práticas que o constituem, estejam sintonizadas. Fatores ambientais podem também ser influenciados e controlados. Uma organização é, portanto, aberta ao seu ambiente.

7.1.2.1 – TRÊS CARACTERÍSTICAS GERAIS QUE DISTINGUEM A ORGANIZAÇÃO SISTÊMICA DAS IDÉIAS CLÁSSICAS DE ORGANIZAÇÃO

Como já dito, a noção de organização concentra a pressuposição ontológica básica do pensamento sistêmico e pode ser definida como **o padrão de interações que explica as características de um ‘todo’ – quando descrito de acordo com pressupostos sistêmicos.**

A partir dos autores investigados no capítulo IV, V e VI, três aspectos entrelaçados no conceito de organização sistêmica podem ser destacados para ampliar a compreensão do mesmo:

- I. A organização sistêmica refere-se padrões dinâmicos de interações como configuração explicativa da identidade de uma unidade complexa. Distingue-se da compreensão tradicional onde a organização é concebida como relações estáticas entre partes ou estruturas isoladas;
- II. A organização sistêmica, como descrição abstrata de interações, pressupõe atividades processuais - fluxos de matéria, energia e informação – que realizam ou geram a existência de uma unidade, fenômeno ou situação complexa.
- III. Modelos que descrevem a organização ou estruturas sistêmicas são formulações de hipóteses ou teorias explicativas sobre problema ou questões complexas da realidade;

I. A organização sistêmica, como padrão dinâmico de interações, evidencia uma clara distinção quanto a outros significados atribuídos ao termo ‘organização’, segundo os quais, assume o significado de ‘estrutura’ vista como partes constitutivas estáticas.

Este, por exemplo, é o significado do termo quando é usado para referir-se à estruturação do organograma numa empresa. Similarmente, fala-se em ‘estrutura de uma edificação’, da ‘estrutura de uma automóvel’ e da estrutura da matéria. O termo ‘estrutura’ é identificado ainda com um conjunto de regras para a constituição de um conceito, de um texto ou ainda de uma lei. Em todas esses exemplos o termo ‘estrutura’ está associado à idéia de objetos ou elementos básicos que fazem parte da constituição ou da construção de algo. Seu significado carrega a marca do pressuposto reducionista que, conforme visto, supõe que todos os fenômenos podem ser subdivididos em partes constituintes. Ou seja, na ciência clássica o termo ‘organização’ assume o significado de estrutura concebido como um conceito estático com regras fixas (Morim, 1977).

Inversamente, a organização como noção constitutiva central contemplada no conceito de sistema refere-se a interações dinâmicas. Embora, em qualquer nível de investigação ou descrição possam ser identificados partes ou subsistemas, do ponto de vista do seu funcionamento ou existência ‘estruturas sistêmicas’ são o resultado de interações dinâmicas.

Cabe salientar que a despeito do conteúdo analítico atribuído do termo ‘estrutura’ pela ciência clássica alguns autores examinados usam as expressões ‘estrutura’ e ‘estrutura sistêmica’ com o significado de padrão interações dinâmicas. Por exemplo:

- Para Flood & Carlson (1989) a “estrutura define o modo como os elementos estão relacionados entre si fornecendo o esquema (*framework*) no qual ocorrem os processos” (op. cit., p. 11).
- Senge (1995) define ‘estrutura sistêmica’ como o “padrão de relações entre os componentes chave de um sistema” (op. cit., p. 84).
- Forrester (1969) distingue entre estruturas genéricas e modelos ou estruturas específicas. Estruturas genéricas, segundo o autor, representam os processos centrais comuns a uma determinada classe de sistemas – sistemas urbanos, sistemas industriais, sistemas econômicos, etc. . Estruturas específicas são modelos de um sistema particular como por exemplo de uma firma específica ou uma determinada cidade.

- Próximo à distinção feita por Forrester (1968), Maturana & Varela (1997) usam ambos os termos - organização e estrutura. A organização é o padrão ou configuração genérica de relações que constitui a identidade de classe de um sistema. Já o termo 'estrutura' se refere à incorporação do padrão em um sistema particular. É a descrição da composição física de uma unidade complexa particular ou específica em termos de componentes físicos e processos. Enquanto um sistema preservar sua identidade, sua organização permanece constante. Entretanto, sua estrutura pode variar.

Conclusivamente pode-se afirmar que em todos os autores examinados, seja quando se referem aos fenômenos físicos e biológicos, seja quando se referem a descrições conceituais, a descrição da organização ou 'estrutura sistêmica' está associada a interações dinâmicas e não a relações entre componentes estáticos. Essa conclusão conduz à segunda forma de visualização da organização sistêmica: como atividade ou processos subjacentes que realizam ou efetivam as interações.

II. A organização sistêmica, como descrição abstrata de interações, assenta-se no pressuposto de que fenômenos complexos são constituídos por atividades ou processos. Inversamente, pode-se dizer que é somente através dos processos, que envolvem ou fluxos de matéria, energia e informação, que se 'materializa' ou realiza a lógica que origina a existência de um fenômeno ou entidade complexa.

Isso é de fácil compreensão quando referido a sistemas vivos ou sistemas humanos, como por exemplo uma firma. São os processos materiais e energéticos que mantêm e renovam permanentemente estas entidades. Quando a atividade interna cessa, interrompem-se os ciclos recorrentes que realizam as interações que as configuram como todos integrados. É somente por envolverem processos que permanecem que é possível descrevê-los como sistemas (este aspecto central será examinado no item 5.1.2.3.1).

Já as transformações na identidade de um sistema, como mostrou Maruyama (1963), envolvem o disparo de novos processos, que na sua fase inicial recorrem de modo generativo, conduzindo a novas configurações estáveis das interações; ou destrutivo, levando à desconstituição do padrão organizacional existente.

Assim, do ponto de vista sistêmico, fenômenos biológicos, organizações produtiva, sistema econômicos e sistemas sociais somente podem ser compreendidos, quanto à sua continuidade no tempo, por serem constituídos ao nível físico por redes recorrentes de

processos interconectados. No plano abstrato, quando são descritos como modelos sistêmicos, tais processos são capturados por fatores ou variáveis que constituem padrões de interações que envolvem relações de influência mútua e *feedback* entre os vários fatores e entre o sistema e o ambiente.

III. Finalmente, modelos de organização ou ‘estrutura sistêmica’ podem ser vistos como hipóteses ou teorias explicativas sobre problema ou questões que se tem à mão.

De acordo com Maturana (1995), um modelo explicativo consiste sempre na reformulação de uma experiência com um fenômeno ou situação em termos de outras experiências. Uma explicação proposta é aceita como uma explicação válida ou ‘verdadeira’, se satisfaz os critérios de aceitabilidade de quem formulou a pergunta sobre o fenômeno ou situação a ser explicada.

Nessa perspectiva a proposição de um modelo de organização ou estrutura sistêmica consiste sempre na formulação de uma hipótese ou teoria sobre uma questão para qual é procurada uma explicação. A configuração de interações que vier a ser proposta, tem por objetivo explicar uma característica associada a uma experiência que foi ou é vivenciada, em termos de explicações já aceitas como válidas, relacionadas a outras experiências já vivenciadas. No presente caso, explicações assumidas como válidas estão consubstanciadas nas concepções sistêmicas.

A principal característica dos modelos que descrevem a organização ou estrutura sistêmica, como explicações científicas, é o estabelecimento das conexões entre fenômenos desvelando os mecanismos ou estruturas subjacentes que geram as características observáveis.

Jackson (1991) vê uma grande semelhança entre a explicação científica sistêmica e as abordagens estruturalistas:

“Estruturalismo, na forma realista, está preocupada em descobrir e entender as estruturas ou sistemas de relações subjacentes que geram o fenômeno de superfície, percebido no mundo. Demanda a explanação do fenômeno disponível aos nossos sentidos em termos dos mecanismos subjacentes e inobserváveis que os geram. Estruturalistas tentam obter modelos dos processos causais que trabalham ao nível estrutural profundo que produzem os fenômenos observáveis e as relações entre os elementos de superfície” (Jackson, 1991, p. 23).

A partir das abordagens examinadas nos capítulos IV, V e VI, é necessário acrescentar que as explicações estruturais na perspectiva sistêmica, não somente servem para a construção de modelos de fenômenos e situações identificados na realidade, mas também, para capturar ou estruturar as distintas visões em relação a uma situação problemática (Checkland, 1981); construir novos modelos a partir do exame de diferentes pressupostos e testar a consistência interna das ações em contextos organizacionais (Senge, 1990).

As concepções sobre a organização ou estrutura sistêmica podem ser vistas, assim, como guias para organizar a informação disponível sobre uma questão complexa que se pretende explicar (Forrester, 1990)⁴⁸.

A descrição da organização ou estrutura de um sistema, na literatura, assume distintas formas. Como exemplos, a partir das abordagens examinadas no capítulo IV, podem ser citadas: (i) descrições em linguagem literal, como por exemplo na teoria da *autopoise*; (ii) sistemas de equações diferenciais; (iii) linguagem computacional de simulação e (iv) distintos tipos de diagramas: diagramas de fluxos, diagramas de influência causal, diagramas de sistemas de atividades humanas, diagramas de regulação homeostática, etc..

Nos próximos parágrafos passarão a ser examinadas as noções genéricas fundamentais que tornam possível traduzir as doutrinas sistêmicas em modelos de organização sistêmica. Estas noções estão incorporadas de modo diverso nas abordagens investigadas.

7.1.2.2 – AS QUATRO NOÇÕES OPERACIONAIS CENTRAIS DA ORGANIZAÇÃO SISTÊMICA;

À luz dos capítulos IV, V e VI, quatro noções genéricas, incorporadas de modo diverso nas abordagens examinadas, podem ser destacadas como constituindo o núcleo conceptual da organização sistêmica. Estas noções são:

- (i) Circularidade e recorrência;
- (ii) Hierarquia;

⁴⁸ Por exemplo, na investigação do desempenho de uma fábrica, em relação a um determinado fator, uma explicação sistêmica consistirá na proposição de um modelo de interações entre todos aqueles fatores, abstraídos tanto dos processos físicos, como de aspectos de natureza subjetiva, que (se aceito como válido) serve para explicar o comportamento investigado. Note-se que no modelo - a explicação sistêmica proposta - não corresponderá à entidade física 'fábrica'. Esta poderá ser descrita numa infinidade de modos, dependendo da característica de interesse e da perspectiva adotada pelo(s) investigador(s).

- (iii) Abertura e fechamento;
- (iv) Adaptação.

São estas noções que tornam possível operacionalizar as suposições sistêmicas básicas, em modelos descritivos da organização ou estrutura sistêmica.

7.1.2.2.1 – ORGANIZAÇÃO CIRCULAR E RECORRENTE

Uma das principais conclusões que pode ser extraída das abordagens investigadas é de que as noções de **circularidade** e **recorrência** são centrais para a compreensão dos padrões sistêmicos de organização. Complexos organizados que tem a propriedade de manter as suas características globais ou emergentes, requerem como pressuposto explicativo a existência de interações que simultaneamente os constituam e os mantenham ao longo do tempo. **Isso envolverá sempre algum caminho circular de interações, e a recorrência dos processos que as realizam.**

Dito de outro modo: **a permanência de uma característica, propriedade, qualidade ou mesmo dos processos que tornam possível distinguir uma unidade complexa, requer a continuidade das interações que os fazem emergir.**

Portanto, a explicação de propriedades e características sistêmicas – seja na forma estável, seja na forma de mudança - envolve a suposição de interações que as geram e renovam ao longo do tempo. A condição básica para que isso ocorra é a recorrência dinâmica dos processos que operam tais interações. Esta é a base explicativa para o reconhecimento de que interações de natureza circular e recorrente são fundamentais para dar consistência à noção de sistema. Sem a recorrência das interações não é possível entender a regularidade de padrões organizacionais que subscrevem as distintas formas complexas encontradas na realidade.

Assim, circularidade e recorrência são o núcleo da noção de organização, conforme pode deduzir-se das abordagens examinadas. **A organização baseada em interações circulares e recorrentes é a noção chave para operacionalizar a utilização das doutrinas sistêmicas na construção de conhecimentos acerca dos mais variados aspectos da realidade. Tem a mesma importância para o pensamento sistêmico que a noção de elemento básico ou substancial tem para o pensamento analítico.**

A circularidade e a recorrência, embora muitas vezes não salientado ou explicitado sob essas denominações, aparecem de alguma forma quase que na totalidade das abordagens examinadas:

1. Na Teoria Geral dos Sistemas, embora a imagem predominante associada seja os processos de trocas energéticas com o ambiente, uma leitura mais atenta mostra que Bertalanffy (1975) associa as características de sistemas à organização ou estrutura dos seus parâmetros internos. Como assinalou Richardson (1991), Bertalanffy (1975) ao propor a descrição de modelos a partir de um sistema de equações diferenciais simultâneas, estabelece que sistemas podem ser descritos como conjuntos de atributos ou variáveis em interação mútua.
2. Na cibernética os padrões circulares aparecem como centrais para compreensão do comportamento contingente de máquinas e seres vivos (Rosenblueth et alii, 1943). Wiener (1984) sugere que padrões circulares, baseados em mensagens, controle e realimentação de informação, são o fundamento das formas organizadas observadas na realidade.
3. Maruyama (1963) destacou a importância dos processos circulares de ampliação de desvios (positivos) como o padrão básico em todos os processos de mudança e geração de novas estruturas em distintos fenômenos (naturais e sociais) e diferentes níveis de complexidade. Concebeu sistemas complexos como redes de interações circulares ou causalidade mútua, envolvendo tanto processos positivos como negativos.
4. Para Forrester (1961; 1990) a realimentação de informação é um aspecto constitutivo essencial da realidade. Segundo o autor, compreender o comportamento dinâmico de sistemas complexos requer a explanação dos processos recorrentes internos - a estrutura de enlaces causais - ao invés de procurar explicações em distúrbios ou acontecimentos externos (Forrester, 1961; 1990).
5. Para Maturana & Varela (1997) a organização de um sistema vivo é caracterizada pela dinâmica circular e autônoma que envolve a capacidade de auto-produção dos próprios componentes. Um sistema *autopoietico* é uma rede de produção de componentes que recorrentemente regenera a própria rede de produção dos componentes.

6. Na teoria das estruturas dissipativas os processos de amplificação de desvios - processos de realimentação positiva que operam recorrentemente – estão na origem das interações de ‘longo alcance’ que originam novas formas de organização complexa.
7. Na teoria do caos fenômenos de comportamento inusitado e imprevisível resultam de processos iterativos recorrentes que amplificam pequenas variações ou erros.
8. Katz & Kahn, (1978) identificam estruturas sociais com as cadeias energéticas de eventos. Para os autores, o padrão básico de estruturas sociais, são eventos inter-relacionados que retornam sobre eles próprios para fechar ciclos de atividades e renová-los.
9. Beer (1984) aponta a organização circular como central ao Modelo do Sistema Viável - M.S.V. A organização de um sistema viável envolve balanceamentos circulares homeostáticos de informação, tanto entre os subsistemas, como entre sistema e o ambiente. A operação desse processo precisa ser mantida ciclicamente, como parte do processo de auto-organização permanente do sistema. Essa forma de organização deve estar replicada nos subsistemas como condição para que o sistema como um todo seja viável (Jackson, 1993).
10. Na esteira das concepções de Forrester, Senge (1990) descreve vários padrões organizacionais sistêmicos, os ‘arquétipos sistêmicos’, baseados em diagramas de enlaces circulares positivos e negativos.
11. Na Metodologia de Sistemas *Soft* - SSM, de acordo com Checkland (1981) e Checkland & Scholes (1990), o processo circular cíclico é da própria natureza constitutiva da metodologia. Nos modelos de sistemas de atividades humanas, processos circulares aparecem como mecanismos de comunicação e controle das atividades exercido entre níveis hierárquicos, baseados em medidas de performance.
12. Morin (1977; 1991; 1996) aponta a organização recorrente como a característica fundamental da organização complexa em função de vários aspectos:
 - (i) A organização recorrente como um círculo produtivo em que os produtos são necessários para a existência do sistema que os produz. O exemplo é a organização social em que as interações entre as atividades humanas geram o todo social que, por sua vez, retroage sobre os indivíduos para co-produzí-los como seres sociais;

- (ii) Em sistemas físicos e biológicos ativos (organizações produtivas, sistemas sociais, sistemas vivos) processos energéticos recorrentes são uma das condições necessárias para a continuidade dos mesmos. Tais processos incluem suprimento, estoque, distribuição e controle de energia, bem como, consumo e dissipação de energia na sua atividade;
- (iii) A manutenção e regeneração do sistema - que inclui a reorganização permanente das relações que especificam a própria organização - ocorre através de processos circulares recorrentes;
- (iv) Interações recorrentes geram a lógica causal própria, cujos efeitos locais são distintos dos presumíveis a partir do determinismo clássico.

A circularidade e a recorrência constituem-se, assim, em noções fundamentais para compreender a organização complexa. Podem assumir uma grande variedade de formas descritivas, dependendo do conteúdo complexo de interesse, da característica focalizada e do enfoque específico adotado na abordagem. Alguns exemplos típicos que podem ser destacados das abordagens examinadas são:

- Processos de auto-regulação e controle;
- Processos generativos de crescimento e auto-reforço positivo;
- Ciclos de atividades econômicas e de processos fabris (produção – consumo – produção);
- Processos de mudanças e geração de novas estruturas;
- Processos cíclicos de organização e auto-organização na sociedade e na natureza;
- Processos geradores de tensões opostas e conflitos;
- Processo de estruturação de conhecimentos e aprendizagem de um modo geral;
- Processos cíclicos de aprimoramento e melhoria contínua.

A partir dos autores investigados, a importância das noções de circularidade e recorrência pode ser enunciada do seguinte modo: **entidades, situações e fenômenos complexos, descritos a partir do conceito de sistêmico, sempre envolvem interações circulares e processos recorrentes, como condição básica de explicação da sua permanência.**

A conclusão anterior fornece a principal diretriz para a formulação de modelos sistêmicos em qualquer domínio: numa descrição sistêmica, deve-se adotar como procedimento, o mapeamento das interações e dos processos circulares centrais que, por hipótese, estão no núcleo da configuração organizacional que origina as propriedades ou características de interesse investigadas.

7.1.2.2.2 – ORGANIZAÇÃO HIERÁRQUICA

A idéia de níveis hierárquicos de organização aparece já nas primeiras formulações sistêmicas como uma das características gerais da ‘complexidade organizada’ (ver seção 2.1). Conforme salienta Checkland (1981), sistemas foram concebidos como constituídos por níveis hierárquicos, onde a complexidade aumenta com o aumento do número de níveis. Cada nível apresentando propriedades emergentes que não existem no nível inferior.

A compreensão operacional da estruturação hierárquica proveio da cibernética. Para a cibernética o aumento da complexidade é equivalente à sofisticação em termos de mecanismos de controle interligados e sobrepostos, que ampliam a autonomia de um sistema (Porter, 1969). Ainda na perspectiva cibernética, sistemas para ter capacidade de adaptar-se às mudanças no contexto necessitam estar equipados com mecanismos hierárquicos de controle que detectem as alterações no ambiente e recalculam as normas ou políticas que comandam as ações em outros níveis. Sistemas hierarquicamente organizados envolvem, portanto, mecanismos de comunicação e controle operando entre níveis. Estes, através de ‘comunicação restritiva’ efetuam restrições entre variáveis e fatores de níveis distintos, conforme propôs Ashby, (1962).

Outras abordagens examinadas, embora concebam-na de modo diferenciado, destacam a organização hierárquica como um aspecto da organização sistêmica:

- Na Dinâmica de Sistemas, estruturas causais complexas em sistemas sociais surgem de imposições ou restrições físicas, metas sociais, formas de recompensa e outras pressões (Meadows,1980). Tais restrições podem ser vistas como o controle ou a influência exercida por outros níveis sistêmicos ou sistemas de ordem superior, como o ambiente social e físico, sobre um nível sistêmico ou sistema específico que está sendo examinado. Nos modelos da Dinâmica de Sistemas as restrições entram na composição das políticas e regras que comandam as atividades ou fluxos do sistema, no nível de investigação considerado. Num modelo que descreve uma característica

de uma organização de produção, por exemplo, as restrições, juntamente com as regras e políticas operacionais, conformam vários ‘pontos de decisão’ que interligados geram a lógica global do sistema.

- Na Metodologia de Sistemas *Soft* - SSM, ‘modelos conceituais’ de sistemas de atividades humanas são baseados em dois pares de noções complementares: emergência/hierarquia e comunicação/controle. Para Checkland (1981), independente da forma particular assumida pelos elementos num nível hierárquico, a organização do conjunto de elementos nesse nível pode ser vista como a imposição de restrições ao grau de liberdade dos mesmos. Implica a existência de mecanismos de comunicação e controle operando entre níveis que efetuam as restrições entre os mesmos. Na formulação dos modelos de sistemas de atividades humanas, as relações entre níveis hierárquicos ocorrem através de atividades de monitoramento da performance e ações de controle sobre as atividades de transformação do nível inferior.
- Para Ackoff (1981) a escolha de um nível sistêmico adequado ao fenômeno ou situação investigado é um passo importante em uma descrição sistêmica. Requer uma apropriada identificação do sistema, distinguindo-o dos subsistemas que o constituem e do sistema maior ou suprasistema do qual é parte (Ackoff, 1981). Segundo essa concepção, quando se trata de organizações sociais, as partes de um sistema são elas próprias sistemas com propósitos. A busca da realização dos propósitos do sistema deve assim estar ajustada ou subordinada à realização, tanto dos propósitos dos subsistemas, quanto do sistema maior.
- No Modelo do Sistema Viável - M.S.V. a organização sistêmica é concebida como sendo constituída de sistemas viáveis aninhados dentro de sistemas viáveis. Restrições, via mecanismos de informação homeostáticos, regulam as interações entre os níveis sistêmicos aninhados. Pessoas, por formação ou em função do papel que assumem numa organização, colocam-se ou são colocadas sob restrições que são determinadas pela lógica da estrutura do sistema (Beer, 1984).
- Na Intervenção Sistêmica Total - TSI, a concepção sistêmica de uma organização produtiva envolve partes integradas, tanto no sentido vertical, como no plano horizontal. As partes de um sistema horizontal são subsistemas nessa dimensão. Entretanto, quando consideradas na dimensão vertical, partes são sistemas com seus

próprios subsistemas. A viabilidade de um sistema depende do controle eficiente e efetivo das atividades horizontais como verticais (Flood, 1995).

Assim, pode-se concluir que a identidade de um sistema, num dado instante, pressupõe a existência de restrições que subordinam os subsistemas e partes que os integram. Já as partes e subsistemas inter-relacionados determinam as características e potencialidades do sistema que ajudam a constituir.

7.1.2.2.3 – ABERTURA ESTRUTURAL E FECHAMENTO ORGANIZACIONAL

‘Abertura’ e ‘fechamento’ são duas noções aparentemente contraditórias, que aparecem com ênfase diferenciada nas abordagens investigadas. Estas noções operam em níveis distintos de explicação de uma unidade ou fenômeno complexo. Trata-se de noções complementares, ambas necessárias para a compreensão da organização sistêmica.

As trocas energéticas com o meio (abertura) e a configuração endógena de interações (fechamento) são enfatizadas distintamente nas abordagens sistêmicas. A ênfase num ou noutro enfoque, conduziram, separadamente, Checkland (1981) e Varela (1984) a apontar duas tendências gerais quanto à forma de descrever sistemas.

Checkland (1981) caracterizou as duas tendências respectivamente de **descrições em termos de entradas e saídas e descrições em termos de estados internos:**

“Podemos, em geral também dizer que o observador/descritor será capaz de descrever o comportamento do seu sistema de duas maneiras. Poderá concentrar-se exclusivamente nas entradas e saídas, caso em que o sistema é tratado como uma, assim chamada, ‘caixa preta’, incorporando um processo de transformação que converte uma em outra. Ou pode descrever-se o estado⁴⁹ interno do sistema, em termos de variáveis adequadas e a sua trajetória de um estado para o outro sob a influência de condições externas” (Checkland, 1981, p 102).

Similarmente, Varela (1984) distingue as ‘descrições baseadas em entradas’ (*input-type description*) e as ‘descrições baseadas no fechamento’ (*closure-type descriptions*) como os dois modos alternativos de caracterizar a organização sistêmica. A primeira forma, segundo o autor, descreve a organização em função das interações estabelecidas com o ambiente

⁴⁹ Itálico no original.

e o processo de transformação de entradas em saídas. Esse é o padrão básico das descrições sistêmicas originárias das abordagens tradicionais da cibernética. O segundo modo de descrever a organização sistêmica é concebido em função do conjunto das interações internas que dão coerência às características observadas em unidades complexas. Em última instância, segundo Varela (1984), é esse conjunto de interações fechadas que especifica o que representa para o sistema, uma interação específica com o ambiente (uma entrada).

Antes de avançar é necessário chamar atenção que ‘fechamento organizacional’ não tem a haver com o conceito de ‘sistema fechado’ da ciência clássica, onde significa isolamento do sistema em relação ao meio. Tanto os autores que enfatizam o fechamento organizacional ou a configuração endógena de interações (Forrester, 1961; Maruyama, 1963; Maturana & Varela, 1997; Varela, 1984; Morim 1977; Senge, 1990) se referem a sistemas que são abertos a intercâmbios com o meio, como os autores que enfatizam as trocas com o meio (Bertalanffy, 1975; Katz & Kahn, 1978; Prigogine, 1997, Flood, 1995) reconhecem que explicações sistêmicas requerem a delimitação de um conjunto de interações, que torna possível distinguir um sistema num contexto. Como podem então ser relacionadas as noções de fechamento e abertura?

A resposta pode ser formulada a partir da distinção conceptual formulada por Maturana & Varela (1997) entre **organização**, como padrão ou configuração genérica interações e, **estrutura**, como a incorporação dessa organização em componentes físicos e processos, num sistema particular. Deve-se novamente observar que o termo ‘estrutura’, para Maturana & Varela (1997), tem a ver com a existência física de uma entidade complexa. Esta distinção é o ponto de partida para compreender o caráter simultaneamente fechado e aberto de sistemas complexos.

A idéia central pode ser explicada tomando como exemplo um organismo vivo. Enquanto estiver vivo um organismo renova ciclicamente todos os componentes - muda sua estrutura. Entretanto, a configuração básica de interações para a existência do organismo - a organização - deve permanecer invariável como condição para a sua existência. Assim, um organismo vivo precisa manter, simultaneamente, um padrão de interações circulares e recorrentes que o configuram como sistema vivo (fechamento organizacional) e intercâmbios com o ambiente para renovar permanentemente os seus componentes (abertura à renovação da estrutura).

Assim, descrições sistêmicas sempre envolvem um conjunto fechado de interações que origina a característica de interesse observada. Entretanto, no plano físico, é somente pela constante renovação da estrutura – que envolve trocas materiais e suprimentos

energéticos - que é possível manter o padrão organizacional sistêmico. **Tanto a manutenção de um conjunto de interações fechadas como a abertura para as trocas com o meio, são condições necessárias para a manutenção da identidade de uma entidade ou fenômeno complexo.**

A abertura e fechamento são, portanto, duas noções complementares. O fechamento se refere ao nível explicativo da organização sistêmica ou, alternativamente, da ‘estrutura sistêmica’ e a abertura aos intercâmbios com o ambiente, necessários para a contínua renovação dos processos e componentes que efetivam a existência do todo.

As noções de ‘abertura’ e ‘fechamento’ estão relacionadas aos dois princípios doutrinários básicos do pensamento sistêmico: o reconhecimento de que um sistema é sempre parte de um contexto com qual interage (contextualismo), simultaneamente em que deve ser descrito por um padrão de interações que localmente determinam as características que permitem distingui-lo como um todo (causalidade ou contingente). Ou seja, fenômenos e situações complexas podem ser vistos como estando inseridas em contextos com os quais mantém intercâmbios e dos quais dependem, ao mesmo tempo possuem algum grau de disjunção em relação ao meio, como condição para poderem ser distinguidos como sistemas.

7.1.2.2.4 – ADAPTAÇÃO

A existência de entidades e fenômenos complexos em contextos dinâmicos sujeita-os aos impactos de variações do ambiente. Além disso, quando enxergamos sistemas como se referindo a algo cuja existência física depende de fluxos permanentes (que realizam as interações, renovam e mantêm o sistema) é fácil compreender que uma entidade complexa está sujeita à possibilidade permanente de variações e ‘problemas’ internos. Assim, a continuidade de um padrão organizacional contra variações internas e do contexto implica a suposição da existência de interações específicas – incorporados em mecanismos estruturais especiais - que realizam os ajustes necessários para manter viável a existência do padrão sistêmico.

‘Adaptação’ é o termo genérico, amplamente difundido na literatura, utilizado para referir-se ao processo de ajuste de um sistema ao ambiente. De um modo geral a adaptação pode envolver tanto a capacidade de realizar ações ativas visando influenciar e controlar fatores ambientais, como operar modificações internas - através da incorporação de novas capacidades - para fazer frente a condições futuras ou já presentes no contexto.

A partir das abordagens investigadas a adaptação pode envolver um amplo conjunto de ‘estratégias’; desde um simples processo de correção de desvios, via laços cibernéticos, até processos de mudança ou transformação da configuração do padrão sistêmico, como por exemplo, quando organizações sociais incorporam novas capacidades gerenciais.

As concepções mais relevantes quanto ao processo de adaptação ou mudança, entre as abordagens examinadas, são as que seguem:

- Maruyama (1963) mostra que mudanças ou transformações em sistemas naturais e sociais podem ser iniciadas por acontecimentos ou eventos ocasionais, quando encontram condições favoráveis para disparem processos de realimentação positivos. Tais processos podem evoluir tanto no sentido da descaracterização ou destruição das estruturas existentes, como gerar novas formas de organização e estruturas complexas estabilizando-se num novo padrão;
- A teoria das estruturas dissipativas explica como as mudanças se processam em sistemas físicos complexos afastados do equilíbrio. Conforme descreveu Prigogine (1997), a elevação dos gradientes internos, via aumento dos fluxos energéticos, pode levar a pontos de instabilidade onde pequenas variabilidades (‘erros’ ou ‘flutuações aleatórias’ de origem externa ou interna) podem disparar novas interações que podem acumular mudanças e dar origem a novas formas estruturais complexas;
- Ashby (1970), com a Lei da Variedade Necessária, estabelece o princípio explicativo fundamental do processo de adaptação de sistemas altamente complexos. O princípio afirma que sistemas complexos devem ser dotados (ou projetados) para contemplar mecanismos de controle que procuram antecipar-se às ameaças ambientais de modo a bloquear seus efeitos sobre as variáveis essenciais do sistema;
- No Modelo do Sistema Viável - M.S.V. a capacidade de adaptação envolve mecanismos que selecionem a variedade ambiental e interna relevante; canais de comunicação com capacidade de transmitir a informação relevante; recodificação da informação selecionada para a integrar a variedade do sistema e processos circulares que realizam a regulação homeostática do sistema;
- Para Flood (1995) a viabilidade de uma organização social requer que os procedimentos, as regras e as práticas estejam sintonizados. Ou seja, a busca do ajuste dos vários subsistemas horizontais e verticais em torno de um propósito é uma

necessidade inescapável para a viabilidade. Quanto aos fatores ambientais, além da adaptação, organizações devem buscar influenciá-los e/ou controlá-los;

- Para Ackoff (1981) sistemas, num determinado nível de análise, estão subordinados à realização tanto dos propósitos dos subsistemas como dos propósitos do sistema maior que ajudam a compor. Quando se trata de corporações de produção, implica em reconhecer três níveis propósitos que devem ser atendidos: (i) as metas, objetivos e ideais da própria corporação; (ii) as necessidades das pessoas - componentes principais da organização – e (iii) os interesses do sistema maior que integram.

Assim, a noção de adaptação remete à busca da compreensão das interações que geram as capacidades que suportam a continuidade de entidades complexa. Pode envolver deste processo de co-evolução até a autotransformação das estruturas. Ambas as estratégias podem servir para a realização dos ajustes necessários às mudanças no contexto.

Merece destaque especial a Lei da Variedade Necessária. A lei de Ashby revela o princípio geral para o projeto de mecanismo que visam capacitar um sistema para antecipar-se às mudanças ameaçadoras. Em organizações, tanto a manutenção de um padrão de interações como a utilização positiva de mudanças imprevistas, necessitam de ‘capacidades’ ou mecanismos especiais que operem tais funções.

7.2 – CONCLUSÕES ACERCA DAS CONCEPÇÕES ESPECÍFICAS DAS ABORDAGENS, EM RAZÃO DOS DISTINTOS CONTEÚDOS FOCALIZADOS

Essa seção contém a síntese das conclusões acerca dos aspectos conceptuais específicos contemplados nas abordagens examinadas, em razão dos diferentes temas focalizados. Serão examinados:

- As formas genéricas de aplicação do conceito de sistema no exame das distintas formas de complexidade organizada e questões complexas focalizadas;
- As principais formulações específicas de que se revestem as idéias sistêmicas para adequar-se às distintas questões complexas abordadas;

- As distintas dimensões ou níveis de explicação da ‘complexidade organizada’ ou sistêmica, a partir da síntese das concepções contidas nas abordagens examinadas.

7.2.1 – O CONCEITO DE SISTEMA À LUZ DAS DISTINTAS FORMAS DE INVESTIGAR A ‘COMPLEXIDADE ORGANIZADA’

Nesta subseção serão examinadas as distintas formas gerais de aplicação das concepções sistêmicas à complexidade organizada. Trata-se de distintas formas de aplicação do conceito de sistema, em razão do tipo de questão complexa focalizado.

A partir da leitura dos capítulos IV, V e VI, seis modos genéricos de aplicação do conceito de sistema podem ser identificados:

- A aplicação das concepções sistêmicas como modo de propor explicações do comportamento dinâmico;
- A aplicação das concepções sistêmicas com vistas à compreensão e o projeto de mecanismo de regulação para obter ou manter uma meta ou comportamento final desejado;
- A aplicação das concepções sistêmicas como base para compreensão e projeto de processos de organização e auto-organização;
- A aplicação das concepções sistêmicas com vistas à explicação de processos de mudanças e transformações estruturais em geral, bem como, conflitos estruturais e desigualdades relacionadas a distintos interesses, valores e percepções, em contextos sociais;
- O uso das concepções sistêmicas para estruturar distintos modos de compreender situações complexas ou problemáticas, com o objetivo de estruturar conhecimentos, elucidar modelos mentais e construir visões compartilhadas;
- O uso das concepções sistêmicas como quadro de referência para administrar a complexidade em organizações sociais.

A seguir, cada um dos seis modos de aplicação do conceito de sistema será examinado, relacionando-os às abordagens e suas contribuições teóricas específicas.

7.2.1.1 – AS CONCEPÇÕES SISTÊMICAS E A INVESTIGAÇÃO DOS PADRÕES DE COMPORTAMENTO DINÂMICO

Compreender os padrões que geram estabilidade ou instabilidade, crescimento ou queda, comportamentos contra intuitivos ou caóticos, tanto em fenômenos naturais como em organizações sociais, motivam o estudo da complexidade em muitos domínios do conhecimento humano.

Em empreendimentos humanos são essenciais no apoio à tomada de decisão e na escolha de ações adequadas para introdução de mudanças e obtenção de melhorias (Forrester, 1994).

Em estudos do comportamento dinâmico, a natureza não-linear das interações aparece como o aspecto central destacado. A não-linearidade é apontada como o aspecto que acentua a complexidade, na medida em que torna impossível para a mente humana a compreensão dos comportamentos de muitos fenômenos complexos.

A preocupação com as características dinâmicas de sistemas complexos, de modo direto ou indireto, está presente em todas as abordagens investigadas. Entretanto, a ‘Dinâmica de Sistemas’ e os estudos do ‘caos determinístico’ destacam-se por voltarem-se especialmente para estudos do comportamento dinâmico, tanto de fenômenos naturais como sociais.

Quanto aos aspectos teóricos específicos podem ser destacados os seguintes aspectos:

- A teoria do caos procura desvendar os padrões ocultos que resultam de interações não-lineares com auxílio de novas técnicas matemáticas, incluindo simulação computacional de sistemas de equações matemáticas. Outro aspecto específico que merece destaque é a ênfase nos padrões interativos circulares que, endogenamente, geram comportamentos inusitados, amplificando pequenas variações e erros.
- A Dinâmica de Sistemas enfatiza múltiplos enlaces de interações circulares - positivos e negativos - como a estrutura subjacente ao comportamento de sistemas complexos. As características comportamentais são concebidas como determinadas endogenamente ao sistema. A complexidade na Dinâmica de Sistemas é associada a dois níveis distintos de explicação: (i) ao nível da estrutura sistêmica, em que a

complexidade aumenta na medida em que aumentam o número de variáveis e enlaces causais e (ii) ao nível do comportamento exibido, como um padrão que pode ser de difícil compreensão para a mente humana.

7.2.1.2 – CONCEPÇÕES SISTÊMICAS PARA A COMPREENSÃO E O PROJETO DE MECANISMOS DE REGULAÇÃO RELACIONADOS E O SEU CONTROLE EXTERNO

Investigar a complexidade com o objetivo de instituir formas de controle ou regulação mais eficazes, com vistas a manter o alcançar uma meta, é uma das formas mais frequentes de aplicação das concepções sistêmicas. Em dispositivos complexos construídos pelo homem, compreender a regularidade/estabilidade ou adaptabilidade diante de variações que afetam as entradas do sistema, em geral visa a instituição de mecanismos para a melhoria da regulação e do controle.

Esta forma de olhar para a complexidade difere da anterior, pois, ao invés de voltar-se ao exame das estruturas sistêmicas internas focaliza no estudo das características de saída em função de variações nas entradas de um sistema. Entre as abordagens examinadas esta perspectiva é típica das abordagens cibernéticas, especialmente das contribuições de Wiener e Ashby.

As contribuições teóricas específicas da cibernética são descritos a seguir.

- A realimentação da informação como princípio básico de regulação e controle do comportamento de sistemas complexos. A complexidade de um sistema, vista sob a ótica da realimentação de informação, aumenta com a elevação da quantidade e número de níveis de mecanismos de controle inter-relacionados (Porter, 1969).
- Uma vez que sistemas ‘excessivamente complexos’ não podem ser conhecidos quanto a muitos detalhes da sua estrutura interna, a forma de avaliar a complexidade de um sistema é o estabelecimento de variáveis de interesse para investigação. Definido o propósito pelo qual um sistema será examinado, pode ser tratado como ‘caixa preta’. Assim, os estados das variáveis de saídas podem ser mapeados em função de um conjunto relevante de variações de entrada.
- A terceira e fundamental contribuição específica da cibernética é a Lei da Variedade Necessária formulada por Ashby (1970). Sistemas complexos, para subsistirem,

necessitam de variedade suficiente para antecipar-se e anular todas as ameaças que ponham em risco a integridade dos mesmos. Mesmo não sendo possível conhecer toda a complexidade de um sistema e do seu ambiente, usando a técnica da ‘caixa preta’ é possível acoplar variedade para anular as ameaças, antes que as mesmas afetem as variáveis essenciais do sistema.

Todas as abordagens examinadas no capítulo IV reconhecem a comunicação, o controle e a regulação como centrais para as concepções sistêmicas. De algum modo, portanto, as idéias cibernéticas estão incorporadas nas diversas abordagens.

7.2.1.3 – CONCEPÇÕES SISTÊMICAS APLICADAS À COMPREENSÃO DOS PROCESSOS DE ORGANIZAÇÃO E AUTO-ORGANIZAÇÃO.

Trata-se da utilização das concepções sistêmicas para compreender características de muitos fenômenos naturais e sociais que exibem a capacidade de constituir e manter a sua própria organização. Consiste centralmente em explicar ou projetar padrões de organizações sistêmicas que descrevem os processos que geram, mantêm, renovam e reorganizam permanente o fenômeno ou entidade complexa.

Exemplos típicos são os processos auto-produtores celulares, organismos vivos, processos auto-organizadores sociais e ecossistemas. Estas formas complexas mantêm sua existência por manter e renovar ciclicamente suas estruturas, conseguindo anular dessa forma as tendências entrópicas desorganizadoras. Também uma organização empresarial pode ser descrita em função dos processos que reorganizam permanentemente suas estruturas, propiciando a continuidade do empreendimento (Kreher, 1995).

Quatro abordagens examinadas enquadram-se nessa forma de aplicação das concepções sistêmicas: a Teoria Geral dos Sistemas - TGS, organizações como sistemas abertos, o Modelo do Sistema Viável e a teoria da *autopoiese*.

A seguir são descritos os aspectos teóricos de por cada uma dessas abordagens.

- A Teoria Geral dos Sistemas - TGS generaliza a teoria dos sistemas abertos, segundo a qual, a manutenção da organização e a evolução de um sistema dependem da contínua renovação das suas estruturas, via processos de trocas de matéria e energia

com o ambiente. Entretanto, conforme pode ser visto em Bertalanffy (1975), a TGS não negligencia os processos internos. Características como o desenvolvimento, hierarquização, diferenciação progressiva, etc., são vistos como determinado pelos parâmetros internos do sistema. A complexidade de um sistema distingue-se da complexidade de um agrupamento qualquer de elementos por envolver interações de natureza constitutiva.

- A abordagem de Katz & Kahn (1978) - organizações como sistemas abertos – formula que organizações sociais devem ser referidas ao retorno energético, derivado das saídas (*output*) e necessário para a renovação dos processos internos envolvidos nas múltiplas atividades cíclicas que viabilizam o sistema. A complexidade de estruturas sociais é concebida em termos da interligação de várias estruturas cíclicas simples.
- Os aspectos teóricos específicos enfatizados no Modelo do Sistema Viável – MSV derivam basicamente da cibernética, em especial de Ashby (1970). Entretanto, o foco da aplicação volta-se para o projeto dos mecanismos que operacionalizem processos internos que garantam a viabilidade de uma organização social. Sistemas, para serem viáveis, devem ser capazes de enfrentar situações não previstas quando do projeto do sistema. Assim, precisam estar equipados com dispositivos que permanente protejam e atualizem o sistema, via ajuste da sua variedade interna. Para isso a organização de um sistema viável foi concebida em termos de subsistemas relacionados homeostaticamente entre si e com o ambiente. A operação desse processo precisa ser mantida ciclicamente sem interrupções, o que, em última instância, significa a auto-organização permanente do sistema. Quanto à complexidade, o modelo adota a posição de Ashby (1970).
- A teoria da *autopoiese* volta-se ao processo básico auto-organizador dos sistemas biológicos. Concebe o processo de organização celular como uma dinâmica circular, recorrente e autônoma. A característica fundamental desse processo é a capacidade de auto-produção interna dos próprios componentes necessários para a realização da rede *autopoietica*. As interações que especificam ou configuram a rede estão contidos dentro da própria rede e não são determinados pelas interações com o meio. Da mesma forma, o processo cognitivo é concebido como determinado pela organização circular fechada do sistema nervoso. Embora a dinâmica do sistema nervoso possa ser ‘desatada’ por perturbações do meio, não é o meio que especifica e dirige a dinâmica

do sistema nervoso (Maturana, 1995). A noção de ‘complexidade’ de uma unidade (sistema) é identificada com a organização dos componentes que participam da realização das interações e transformações no sistema.

7.2.1.4 – AS CONCEPÇÕES SISTÊMICAS E A INVESTIGAÇÃO DE CONFLITOS, DESIGUALDADES, MUDANÇAS E TRANSFORMAÇÕES ESTRUTURAIS.

A complexidade aparece não somente através de interações equilibradas e harmoniosas. Muitas formas complexas podem contemplar incerteza, interações que geram tensões, oposições e conflitos estruturais. Este é um dos focos de aplicação das concepções sistêmicas revelado pelas abordagens examinadas no capítulo IV, V e VI.

Morim (1977), ao referir-se a essa face da complexidade, assina-la a tendência à desordem como um componente inelutável e complementar da atividade organizacional. Especialmente, quando se trata de fenômenos sociais, segundo o autor, sistemas podem contemplar distintos pontos de vistas, conflitos, situações desconhecidas e fatores com graus de liberdade que podem escapar do controle. Em circunstâncias específicas, tais condições podem disparar mudanças na configuração do todo.

A compreensão dos fenômenos e situações afastadas do equilíbrio e de contextos propensos ao disparo de processos de mudança generativos ou degenerativos e transformação, têm na teoria das estruturas dissipativas e na abordagem cibernética de Maruyama (1963) importantes contribuições. Nessas abordagens as concepções sistêmicas são aplicadas para compreender os padrões que ajudam a explicar como são gerados processos de mudança que podem conduzir à emergência de novas estruturas. No campo das ciências administrativas é a partir das teorias sociais críticas que novas abordagens sistêmicas vem sendo constituídas e aprimoradas para trabalhar com situações marcadas por desigualdades, interesses opostos e formas de dominação que geram tensões e conflitos.

A seguir principais aspectos teóricos contemplados nessas abordagens, são descritos.

- O trabalho de Maruyama (1963) mostra como a morfogênese - processo de mudança que conduz à emergência de novas estruturas -, tanto em sistemas naturais como sociais, pode ser disparada por eventos aleatórios quando o contexto é favorável para iniciar processos de amplificação de desvios (auto-reforço positivo). A complexidade

em Maruyama (1963) pode ser vista como uma combinação da aleatoriedade e de padrões de causalidade mútua determinísticos.

- A teoria das estruturas dissipativas mostra que sistemas físicos afastados do equilíbrio combinam dissipação de energia e emergência de novas estruturas. Envolve processos em há o aumento de fluxo de matéria e energia que levam o sistema a estados ainda mais afastados do equilíbrio, podendo alcançar pontos de instabilidade (bifurcações) sucessivos. Uma bifurcação é uma dramática mudança na trajetória do sistema, associada ao afastamento do sistema do equilíbrio termodinâmico. Num ponto de bifurcação novas conexões que estabelecem, originando formas de organização mais complexas.
- As abordagens sistêmicas críticas das ciências da administração procuram incorporar elementos teóricos críticos a formulação de novas metodologias que o potencializem e ampliem sua capacidade de intervenção em organizações sociais. Buscam dar conta de situações que envolvem desigualdades, interesses distintos, conflitos e contradições. Uma sinopse dos principais elementos teóricos, de acordo com Flood (1995) e Jackson (1991) deve incluir os seguintes aspectos:
 - (I) Organizações, para manterem a sua viabilidade, necessitam controlar suas atividades através de procedimentos técnicos, regras e práticas sócio-culturais e políticas;
 - (II) Pessoas, em organizações, fazem sua própria interpretação sobre as atividades e interações, o modo como essas atividades são controladas e o propósito da organização. Possuem uma visão do seu papel e tem os seus propósitos próprios;
 - (III) Em função das distintas percepções, propósitos e interesses podem ocorrer conflitos, falta de coesão, ineficiência, ineficácia, e a não viabilidade quanto à permanência na organização;
 - (IV) O desenho e a administração de uma organização precisam ser adequadamente escolhidos de modo a garantir o balanceamento entre as necessidades das pessoas, das organizações e dos contextos do negócio;
 - (V) O conhecimento não é neutro no sentido de ser independente do interesse dos indivíduos. Sua utilização é subordinada aos interesses, às relações de poder e desigualdades de um modo em geral;

- (VI) Ser sistêmico, como princípio para construção de conhecimentos e projetar mudanças em organizações sociais, requer o desenvolvimento de uma avaliação adequada de todos tipos de interações, tanto no que diz respeito aos fatores técnicos, quanto aos fatores humanos;
- (VII) A complexidade em contextos organizacionais requer, portanto, a consideração das interações técnicas, como a natureza das interações entre as pessoas. Distintas visões, interesses e objetivos, imersos em relações de poder, desigualdades e conflitos, ajudam a compor a complexidade do contexto de uma organização. Modificação no *status* dessas categorias poderá alterar a configuração das interações, ou seja, a complexidade do sistema.

7.2.1.5 – AS CONCEPÇÕES SISTÊMICAS COMO BASE PARA ESTRUTURAÇÃO DE CONHECIMENTOS E APRENDIZAGEM.

A aplicação das concepções sistêmicas pode também ser vista como um meio de ampliar ou melhorar a capacidade cognitiva humana. Dois enfoques distintos podem ser destacados quanto a esta forma de utilização das concepções sistêmicas:

- I. Como meio de ampliar da capacidade racional humana;
- II. Como forma de melhorar o entendimento de situações problemáticas decorrentes da complicação introduzida pela autoconsciência humana, distintas capacidades, percepções e interesses de indivíduos e grupos.

As duas formas de relacionar as concepções sistêmicas ao processo cognitivo humano, de algum modo, estão presentes na formas anteriores de aplicação das concepções sistêmicas.

A forma primeira de relacionar as concepções sistêmicas ao processo cognitivo humano, apóia-se nos estudos da racionalidade humana e a sua capacidade limitada para lidar com um grande número de variáveis. Segundo esta perspectiva, a função básica da construção de modelos – especialmente utilizando simulação computacional - é ampliar a capacidade da mente humana para lidar com informação relacionada a um grande número de varáveis, confrontando-os com uma performance observada ou desejada, quando se trata do projeto ou reprojeto de um sistema. De um modo geral essa é a forma de relacionar a complexidade ao processo cognitivo humano pelo pensamento sistêmico *hard* e pelas chamadas ‘ciências da complexidade’ (Pagels,

1988). Essa é também uma das funções da construção dos modelos de simulação computacional na Dinâmica de Sistemas, segundo Forrester (1990).

A segunda forma de relacionar a complexidade ao processo cognitivo humano foi introduzida pelas abordagens recentes das ciências administrativas. Consiste no reconhecimento do observador como componente essencial na descrição dos fenômenos e situações complexas. Essa posição representa uma mudança de pressupostos básicos quanto à natureza do conhecimento obtido com o pensamento sistêmico, conforme será examinado na próxima seção. O sistema deixa de ter o caráter de entidade objetiva identificada com fenômenos ou situações complexas da realidade e passa a ser uma entre várias descrições possíveis da realidade. Assim, a complexidade de algo não é mais somente uma questão de encontrar os meios adequados de capturá-la. Envolve também compreender o processo cognitivo utilizado pelo observador na descrição do fenômeno ou situação complexa. As características observadas, o objetivo da investigação, envolvem noções/percepção, valores e interesses de quem investiga, bem como o modelo teórico utilizado para sua descrição. Especificamente, quando se trata de sistemas que envolvem atividade humana, duas abordagens examinadas, de modo distinto, aplicam as concepções sistêmicas dessa forma: o modelo de aprendizagem organizacional de Senge (1990) e a Metodologia de Sistemas *Soft* – SSM de Checkland (1981). As principais formulações específicas contempladas nessas abordagens são descritas a seguir.

- O núcleo das concepções do modelo de aprendizagem organizacional, formulado por Senge (1990), consiste na utilização das concepções e ferramentas sistêmicas (especialmente os desenvolvidos pela Dinâmica de Sistemas) como linguagem para o exame e teste dos ‘modelos mentais’ de grupos e indivíduos chave para as decisões organizacionais, a aprendizagem em equipe e a construção de modelos compartilhados. A modelagem passa a ter como função principal o apoio à aprendizagem, através do exame das visões e pressupostos que as pessoas adotam acerca da realidade, com o objetivo de melhorar as ações organizacionais. Quanto à complexidade Senge (1990) sugere quatro níveis de explicação da realidade: eventos, padrões de comportamento, estrutura sistêmica e modelos mentais.
- Para a Metodologia de Sistemas *Soft* – SSM, em contextos organizacionais onde predomina a atividade humana proposital, os objetivos e os meios de obter soluções não são dados *a priori*. Sempre existem muitas possibilidades de interpretação de uma mesma situação ou fenômeno. Assim a SSM parte do princípio de que vários modelos sistêmicos, expressão as distintas visões de mundo, possam ser relevantes na

descrição da situação. Os modelos servem para explorar e revelar a riqueza de um contexto problemático e iniciar o debate sobre mudanças. As diferentes interpretações são o aspecto determinante da complexidade ou complicação de uma situação.

7.2.1.6 – AS CONCEPÇÕES SISTÊMICAS COMO QUADRO DE REFERÊNCIA PARA ADMINISTRAR A COMPLEXIDADE EM ORGANIZAÇÕES SOCIAIS

A aplicação das concepções sistêmicas à administração de empreendimentos humanos envolve as cinco formas anteriores de distinguir a complexidade.

Que mudanças devem ser introduzidas de modo a melhorar o comportamento de um fator essencial para o desempenho da organização? Quais mecanismos de controle devem ser instituídos para garantir a performance desejada? Quais são os distintos pontos de vista acerca de uma situação-problema, relevantes para decidir ações de melhoria? Como manter a viabilidade de uma organização de modo a mantê-la adaptada ao seu ambiente? Que estruturas são necessárias para continuamente incorporar mudanças na organização de modo que o seu acoplamento ao meio se ajuste a suas mudanças?

As questões anteriores são cruciais para a administração de organizações. Envolve descrições sistêmicas tendo em vistas ajustes e mudanças nos processos imediatos ou de curto prazo, bem como, adequações que atendam expectativas em relação a novos cenários de médio e longo prazo.

7.2.2 – CONSIDERAÇÕES FINAIS ACERCA DA RELAÇÃO ENTRE AS CONCEPÇÕES SISTÊMICAS GERAIS E AS FORMULAÇÕES ESPECÍFICAS CONTEMPLADAS NAS ABORDAGENS

Conforme examinado nas subseções precedentes, o conceito genérico de sistema, em suas várias aplicações, reveste-se de diferentes aspectos teóricos específicos. Os conteúdos focalizados pelas abordagens impõem a necessidade de elaborações teóricas que conduzem à introdução de novas noções e conceitos, operacionalizando a aplicação das idéias sistêmicas gerais. A natureza diversa dos conteúdos do mundo real é, portanto, uma das fontes de versões ou linguagens sistêmicas. Tais linguagens, entretanto, além de apoiarem-se no arcabouço

de concepções sistêmicas gerais – examinadas na seção 7.1 - incorporam outras suposições científico-filosóficas, que serão objeto de exame na seção 7.3.

Uma segunda conclusão se impõe: as concepções específicas contempladas nas abordagens, na medida em que tornam possível ampliar a aplicação das idéias sistêmicas genéricas, não somente criam um modo de explorar sistemicamente um conteúdo, mas também expandem o arcabouço de concepções sistêmicas gerais.

Uma leitura mais atenta mostra que as diversas abordagens contemplam contribuições teóricas para o avanço do pensamento sistêmico como um todo, ampliando desse modo o seu arsenal de noções e teorias sistêmicas e consolidando-o assim como um novo quadro de referência geral de construção de conhecimentos.

Vários conceitos sistêmicos de caráter geral tiveram sua origem em preocupações inicialmente relacionadas a conteúdos em determinadas áreas de investigação.

- As primeiras formulações sistêmicas, que deram origem ao movimento sistêmico, foram formuladas a partir da biologia em função do interesse na compreensão do fenômeno vivo. Deve-se por exemplo aos biólogos a compreensão de que o conceito de sistema envolve o estudo da organização; que sistemas se referem à descrição de alguma forma de comportamento ou característica que resulta (ou emerge) da organização das interações entre as partes; que sistemas se referem à descrição de fenômenos complexos que mantêm sua existência em função da manutenção contínua e renovação das suas interações, via troca de componentes estruturais com o meio.
- Da cibernética provém a compreensão de uma das características chave da organização sistêmica - os processos de realimentação negativa de informação como o processo básico para a manutenção da estabilidade ou regularidade de comportamento de um modo geral.
- Maruyama (1963) complementou as concepções cibernéticas mostrando a importância da ampliação de desvios para a compreensão dos processos de emergência de novas estruturas na natureza e na sociedade.
- Checkland (1981), por sua vez, faz uma contribuição importante com a noção ‘sistema de atividades humanas’. Trata-se de um conceito central para a aplicação das concepções sistêmicas a atividades humanas, organizadas em função de um propósito.

Os exemplos acima citados são suficientes para sustentar o argumento de que há uma estreita relação entre o desenvolvimento das concepções sistêmicas gerais e o desenvolvimento das abordagens e modelos relacionados a áreas ou conteúdos específicos.

O Quadro 7.3 apresenta a síntese das concepções mais relevantes, contempladas nas abordagens examinadas.

Quadro 7.3 - Principais concepções específicas contempladas pelas abordagens investigadas.

Abordagem	Aspectos específicos contemplados nas abordagens
Teoria Geral dos Sistemas	Trocas de matéria e energia como essenciais para manter e renovar a estrutura de sistemas complexos
Cibernética I	Realimentação de informação: princípio básico de regulação e o controle de sistemas em geral.
Cibernética II	Ultraestabilidade: característica derivada de múltiplos laços de realimentação que realizam ajustes permanentes (dupla adaptação) de um sistema em função do outro; lei da variedade necessária: que estabelece que somente variedade pode destruir variedade.
Cibernética III	Morfogênese: o carácter generativo dos processos de amplificação de desvios.
Dinâmica de sistemas	Estruturas sistêmicas complexas concebidas como múltiplos laços de realimentação positivos e negativos, que endogenamente geram o seu comportamento no tempo.
Organização como sistemas abertos	Sistemas sociais como processos recorrentes ou padrões cíclicos de atividades e energia.
Modelo do Sistema Viável	Modelo de sistema baseado nos princípios e ferramentas cibernéticas: lei da variedade necessária, mecanismos de realimentação homeostáticos, teoria da informação e noção de 'caixa preta'.
A abordagem sistêmica de Ackoff	Sistemas propositais humanos envolvem três níveis de propósito: as pessoas, a organização e o ambiente. 'Problemas' em organizações integram 'sistemas de problemas' e devem ser abordados como sistemas.
Metodologia de Sistemas <i>Soft</i>	Formulação do conceito de sistema de atividade humana; modelos conceituais como expressão da visão de mundo dos atores envolvidos e aprendizagem contínua como processo sistêmico da metodologia.

Aprendizagem Organizacional	Pensamento sistêmico, segundo a versão da Dinâmica de Sistemas, como ferramenta de aprendizagem e mudança organizacional.
Estruturas Dissipativas	Sistemas afastados do equilíbrio combinam dissipação de energia e emergência de novas estruturas complexas.
Caos determinístico	Formula teorias e modelos matemáticos sobre padrões subjacentes a sistemas ‘caóticos’.
<i>Autopoiese</i>	Organização circular como processo básico de realização da vida e do processo cognitivo.
Pensamento sistêmico Crítico	Incorporação de noções críticas como conflitos estruturais, desigualdades e modos de dominação nas abordagens sistêmicas voltadas a organizações sociais.
Sistema como um ‘novo paradigma’	Conceito de ‘sistema’ como meta conceito aberto e incompleto, base para a construção de conhecimentos em qualquer domínio de atividade.

7.2.3 – CONCLUSÕES ACERCA DA ‘COMPLEXIDADE ORGANIZADA’ A PARTIR DAS CONCEPÇÕES SISTÊMICAS ESPECÍFICAS CONTEMPLADAS NAS ABORDAGENS EXAMINADAS

As diversas formas de aplicação das concepções sistêmicas, examinadas na subseção 7.2.1, contemplam formas específicas ou preferenciais de conceber, observar e descrever a complexidade.

O Quadro 7.4 apresenta o resumo das várias formas de se referir à complexidade contidas nas abordagens examinadas no capítulo IV, V e VI. Examinando o quadro é possível distinguir quatro modos de se referir à complexidade:

- Como diversidade de partes ou componentes;
- Como característica ou comportamento associado a fenômenos e situações;
- Como estrutura ou organização sistêmica;
- Como determinada pelo processo cognitiva e interações humanas.

Quadro 7. 4 - Síntese da formulações acerca da ‘complexidade organizada’ ou sistêmica da abordagens examinada no capítulo IV.

Complexidade sistêmica

Teoria geral dos Sistemas

A complexidade sistêmica distingue-se da complexidade de um agrupamento qualquer de elementos por envolver interações de natureza constitutiva.

Cibernética I

A complexidade de um sistema aumenta com o aumento da quantidade de níveis de controle inter-relacionados.

Cibernética II

Eventos aleatórios podem disparar interações sistêmicas. A complexidade de um sistema é função das relações circulares de causalidade mútua.

Cibernética III

Sistemas excessivamente complexos envolvem grande número de conexões e um grande número de estados, influenciados, tanto pela variedade externa como pela variedade gerada internamente ao sistema. Tais sistemas não podem ser conhecidos em seus detalhes. A complexidade de um sistema pode ser quantificada em termos da quantidade de informação necessária para descrever os seus estados de interesse. Estes são função do propósitos pelo qual é examinado. A complexidade é uma medida relativa aos interesses do observador.

Dinâmica de sistemas

O grau de complexidade de sistemas complexos está relacionado a três aspectos: (i) ao número de variáveis de estado; (ii) ao número de laços de realimentação e (iii) à natureza não-linear dos laços de realimentação.

Organizações como sistemas abertos

Estruturas complexas em sistemas sociais se constituem a partir da interligação de várias estruturas cíclicas mais simples.

O modelo sistêmico que torna viável

Ver Cibernética II

A abordagem sistêmica de Ackoff para Sistemas sociais

Sistemas envolvem elementos em interação de modo tal que suas características funcionais não podem ser consideradas isoladamente. As partes de um sistema são subsistemas e o sistema, um subsistema de um sistema de ordem maior ou ampliado.

Metodologia de Sistemas Soft

A complexidade não é algo pré-existente independente do observador. Depende das interpretações derivadas da ‘visão de mundo’ de quem o descreve uma situação complexa. Em sistemas de atividades humanas as diferentes interpretações de uma situação são o aspecto determinante da sua complexidade ou complicação.

Pensamento sistêmico e aprendizagem organizacional

Situações e fenômenos complexos podem ser explicados em quatro níveis distintos: eventos, padrões de comportamento, estrutura sistêmica e modelos mentais. A complexidade de uma estrutura sistêmica específica é concebida nos mesmos termos da Dinâmica de Sistemas

Estruturas dissipativas – termodinâmica dos sistemas afastados do equilíbrio

Interações complexas em estruturas dissipativas (sistemas abertos ao fluxo e à dissipação de energia) envolve estados de afastamento do equilíbrio termodinâmico. Conexões de longo alcance, de natureza não-linearidade (que envolvem laços de realimentação), emergem na transição do estado próximo ao equilíbrio para estados afastado do equilíbrio. A partir dos pontos de bifurcação, estruturas dissipativas passam a exibir características

de um todo. Bifurcações subseqüentes, ainda mais afastadas do equilíbrio, são pontos em que a complexidade se desdobra. Longe do equilíbrio e próximo a pontos de bifurcação, pequenas flutuações (ruído) e ‘erros’ são fontes de indeterminação e imprevisibilidade quanto às características futuras do sistema.

Teoria do caos

A complexidade é associada ao comportamento de fenômenos de difícil previsibilidade e de aparência caótica. As estruturas complexas subjacentes são vistas como o resultado de interações não-lineares entre variáveis, principalmente interações de realimentação que ampliam pequenos desvios.

Autopoiese

Caracterização de uma unidade complexa (um sistema) *autopoietica* como constituída de componentes que participam da realização das interações e transformações no sistema.

Pensamento sistêmico crítico

A complexidade em contextos organizacionais é função da natureza do sistema e da natureza das interações entre as pessoas. Quanto à natureza do sistema, um contexto pode ser *simples*, se envolver poucos fatores e relações de natureza mecânica, e *sistêmico*, se contemplar muitos fatores inter-relacionados de modo complexo. Quanto ao componente humano, as distintas visões, interesses e objetivos implicam o reconhecimento de que as pessoas não podem ser tratadas como partes passivas, ampliando sobremaneira a complexidade de um contexto. Relações de poder e coercitivas, desigualdades e conflitos ajudam compor a complexidade do contexto. Modificação no *status* dessas categorias altera o conteúdo complexo do sistema. A descrição de sistemas envolve, portanto, julgamentos de valor, suportadas por aspectos metafísicos, políticos e ideológicos.

O conceito de sistema como um novo paradigma

Um sistema é uma unidade que resulta da diversidade ou de partes múltiplas em interação. Em entidades e fenômenos complexos naturais e sociais, não somente a unidade é resultado das interações entre partes diversas como a diversidade é produzida a partir da existência da unidade. Interações complexas compreendem relações organizacionais que, complementarmente, geram desorganização (degradação da própria organização). Interações complexas contemplam potencialidades reprimidas, brechas, zonas desconhecidas, situações fora de controle, fontes potenciais de conflitos e cisões.

Conforme será mostrado a seguir, os quatro modos de perceber e descrever a complexidade podem ser compreendidos em termos dos quatro níveis de explicação e entendimento da realidade, propostos por Senge (1990) (ver seção 6.6).

A única ressalva a ser feita refere-se ao quarto nível. Este necessita ter seu conteúdo ampliado de modo a abarcar a riqueza das formulações acerca da relevância do fator humano como elemento ativo em situações complexas, especialmente em contextos sociais.

Os quatro modos de se referir à complexidade são de extrema relevância para visualizar possibilidades de uso complementar entre o pensamento sistêmico e outras ferramentas e abordagens para tratamentos questões problemáticas e gerencias em organizações.

A seguir serão examinados os quatro modos de se referir a situações complexas da realidade. Devem ser encarados como níveis distintos ou de distintas dimensões de percepção e descrição da complexidade do mundo real, que podem ser relacionadas entre si.

7.2.3.1 – COMPLEXIDADE COMO DIVERSIDADE PARTES E COMPONENTES

Termos como ‘elementos’, ‘partes’, ‘componentes’, ‘varáveis’ e ‘fatores’ são fartamente utilizados na literatura para designar as unidades distinguidas por integrar um sistema (ver Quadro 7.4). Alguns autores usam dois ou mais termos com a mesma significação. Por exemplo, Hall & Fagen (1956) designam de ‘partes’ ou ‘componentes’ os objetos que integram um sistema. Outros, como Flood & Carlson (1988), fazem distinção entre os componentes ou elementos compõem uma entidade física denominada de sistema dos fatores ou varáveis, que expressam comportamento quantitativo e qualitativo, utilizadas para construir um modelo sistêmico. Fatores ou variáveis que expressam características dinâmicas são denominados por Flood & Carlson (1988) de ‘atributos’. Também Senge (1990) usa os termos ‘fator’ e ‘variável’ para se referir a uma quantidade ou qualidade que deve integrar a descrição da ‘estrutura sistêmica’ de algo.

Aqui, entretanto, o objetivo é examinar **a forma mais elementar e imediata de perceber a complexidade: como diversas partes separadas que as pessoas percebem ou se relacionam à sua experiência empírica**. É nesta forma que a complexidade se afigura na vida cotidiana das pessoas.

Ao nível imediato ou empírico a realidade envolve uma infinidade de partes (objetos, entidades, indivíduos, acontecimentos, etc.) que são experimentados através dos sentidos. Nesse modo de perceber e se relacionar com a complexidade, uma fábrica, por exemplo, é complexa por ser constituída de muitas partes (máquinas, equipamentos, matérias primas, pessoas) agrupadas em várias unidades (montagem, pintura, inspeção da qualidade, contabilidade, vendas, etc.).

Um segundo aspecto relacionado ao modo empírico de se referir à complexidade é a percepção ou observação de que **às partes podem ser associados diferentes estados**: uma pessoa pode estar dormindo, acordada, fazendo uma refeição ou a trabalhando; uma máquina pode estar em funcionamento, parada ou em manutenção.

Quanto às abordagens examinadas, esta forma de se referir à complexidade é enfatizada por Ashby (1970). Para esse autor, a realidade envolve fenômenos que podem ser ‘considerados excessivamente complexos’. Organismo, uma empresa, a economia, etc., envolvem uma grande variedade de partes ou relações que não podem ser compreendidos em

seus detalhes. Entretanto, tanto às partes como a um subsistema ou sistema podem ser associados estados em função de algum critério de interesse.

Extremamente relevante é a relação que pode ser estabelecida entre a observação da ‘complexidade referida como diversidade de partes e componentes’ com o ‘primeiro nível de explicação de uma situação complexa’ proposto por Senge (1990).

Ao nível da realidade imediata, conforme sugeriu Senge (1990), podem ser observados eventos ou acontecimentos que podem ser associados a distintas partes que podemos distinguir numa entidade complexa: houve faltas ao trabalho ontem; uma máquina ‘quebrou’; houve acúmulo de inventário no centro de montagem nesta semana; foi registrada queda na qualidade nesse mês; houve um aumento significativo das vendas no primeiro semestre, etc. Estes são alguns exemplos de eventos ou acontecimentos que compõem a realidade cotidiana numa organização, quando a complexidade é percebida como diversidade de partes.

Numa organização de produção é esperado que os estados das diversas partes estejam dentro de parâmetros esperados. Eventos e acontecimentos extraordinários, como os referidos no parágrafo anterior, necessitam ser entendidos ou ser tratados como problemas a ser ‘resolvidos’.

Eventos e acontecimentos podem ser tratados do ponto de vista probabilístico, pelas técnicas estatísticas. Entretanto, do ponto de vista sistêmico, eventos e acontecimentos isolados não permitem avançar para um patamar de entendimento superior, necessário para explicar características quantitativas, qualitativas ou de padrões de comportamento que permanecem ou evoluem no tempo.

7.2.3.2 – COMPLEXIDADE REFERIDA ÀS CARACTERÍSTICAS E COMPORTAMENTOS OBSERVADOS

Nas abordagens examinadas, a forma como os autores se referem à complexidade, como múltiplas partes e componentes, muda em função das concepções teóricas específicas, relacionadas ao tema focalizado, e dos pressuposto científico-filosóficos adotados em cada abordagem. Entretanto, um traço comum pode ser realçado em todas elas: as partes de um sistema, seja quando referidas a entidades ou fenômenos físicos seja quando distinguidas como fatores de modelos abstratos, sempre são consideradas em função de características dinâmicas ou funcionais, operadas por atividades ou processos.

Conforme já examinado, para o pensamento sistêmico os processos são centrais. A descrição de situações e fenômenos da realidade como sistemas, supõe a existência de fluxos de matéria, energia e informação que operacionalizam a existência, manutenção e renovação das interações organizacionais que os configuram.

Por exemplo, organizações humanas são constituídas por inúmeros processos que operam as mais variadas transformações. Alguns processos são de natureza física, como por exemplo as operações sobre o fluxo dos materiais numa linha de produção. Outros são intangíveis, como muitos aspectos das relações entre as pessoas e grupos dentro da organização.

Processos geram resultados aos quais podem ser associadas variáveis ou fatores que expressam características de comportamento. Por exemplo, a uma seqüência de atividades encadeadas de produção pode ser associada a variável ‘nível de produção’, ao processo de atendimento aos clientes de uma firma pode ser associado o fator ‘nível de satisfação dos clientes’ e a um processo não identificado que gera acidentes de trabalho recorrentemente pode ser associado à variável ‘número de acidentes de trabalho/ mês’. **Os comportamentos exibidos podem consistir tanto de padrões estáveis como de processos instáveis ao longo do tempo.**

Assim, os estados normais e os acontecimentos eventuais ou extraordinários exibidos por partes (ou por situações e fenômenos constituído por várias partes), quando examinados a partir da perspectiva sistêmica, necessitam ser contextualizados para encontrar as conexões que revelem como as características ou padrões de comportamento observados estão relacionados a processos subjacentes.

Em termos da estrutura de explicação da realidade proposto por Senge (1990), a complexidade referida às características e comportamentos observados, corresponde ao segundo nível de explicação de uma situação complexa denominado de ‘padrões de comportamento’.

Para Senge (1990), padrões de comportamento podem ser percebidos a partir do reconhecimento de que uma situação complexa não é o resultado de eventos esporádicos e desconexos. Eventos ou acontecimentos, quando examinados como tendências no tempo, podem ser a manifestação de alguma forma de evolução ou padrão recorrente, associado a uma configuração de interações subjacentes.

Deve-se acrescentar que não somente fatos ou eventos extraordinários podem esconder padrões de longo prazo. Propriedade, qualidades e performances quantitativas, quando

aparecem como características estáveis ou regulares, também indicam um padrão de longo prazo que se mantém.

O estudo de uma situação complexa em empreendimentos humanos, muitas vezes, pode iniciar com eventos que ocorrem em determinados intervalos, ou ainda, em função de alguma variável ou item relevante que exibe um padrão de comportamento indesejado, como por exemplo oscilações cíclicas na produção, queda nas vendas ou na qualidade de um produto.

A permanência de uma característica (qualitativa, performance quantitativa, capacidade de manutenção e renovação das estruturas, etc.) e a recorrência de padrões de comportamento no tempo, indicam que os recursos explicativos deterministas, baseados em relações de causa e efeito simples ou correlações estatísticas, embora possam ser parcialmente úteis, não são suficientes como explicação racional da complexidade. Indicam a necessidade de uma nova dimensão de explicação da realidade: como padrões de interações organizados ou simplesmente como organização sistêmica.

7.2.3.3 – COMPLEXIDADE COMO ESTRUTURA OU ORGANIZAÇÃO SISTÊMICA

A realidade concebida em termos de estrutura ou organização sistêmica é o modo propriamente sistêmico de conceber a complexidade. Consiste na descrição da realidade a partir das doutrinas sistêmicas fundamentais, expressas nas quatro noções constitutivas da organização sistêmica, sintetizadas na seção 7.1.2. Aqui os seis modos genéricos de identificar e investigar conteúdos complexos (subseção 7.2.1) encontram sua expressão na forma de modelos sistêmicos. **Sinteticamente pode-se afirmar que complexidade sistêmica é complexidade organizada e quanto mais sofisticado o padrão de interações mais complexo o fenômeno, situação ou questão considerada.** Ou seja, o aumento da complexidade está associado a uma escala crescente no grau de organização sistêmica (Rapoport, 1976).

Explicações científicas baseadas em padrões de interações sistêmicas (ver 7.1.2.1), procuram estabelecer a conexão entre fenômenos para obter conhecimentos sobre os mecanismos subjacentes que geram as características observadas.

Explicações baseadas em modelos sistêmicos implicitamente supõem a existência de vários processos subjacentes conectados, os quais servem de hipóteses ou teorias explicativas das características e comportamentos emergentes. Padrões de

interações ou estruturas sistêmicas podem ser inferidos do exame das relações e correlações entre variáveis ou fatores que expressam os vários processos subjacentes relevantes.

Em termos da estrutura de explicação da realidade proposta por Senge (1990), este nível de descrição da complexidade corresponde ao terceiro nível: a explicação da realidade em termos de ‘estrutura sistêmica’. Para Senge (1990), explicações nesse nível são fundamentais, pois, somente ações nesse nível podem alterar os eventos e comportamentos observados de modo duradouro.

Alguns exemplos de descrição da complexidade como padrões interações, a partir das abordagens investigadas, são:

- Conjuntos de atividades propositais interligadas, com monitoramento de performance, baseado em níveis hierárquicos de controle (Checkland, 1981);
- Configurações de interações entre variáveis de estado e razões de fluxos, concebidos em termos de enlaces de realimentação positivos e negativos, como explicação de comportamentos dinâmicos (Forrester, 1961; 1990);
- Padrões de interações recorrentes generativos de novas formas e estruturas complexas, baseados em diagramas de enlaces causais (Maruyama, 1963);
- Interações circulares subjacentes aos processos de organização e auto-organização em sistemas sociais e sistemas naturais (Katz & Kahn, 1978; Maturana & Varela, 1997);
- Modelos sistêmicos baseados em enlaces causais, como linguagem descritiva de modelos mentais de indivíduos e grupos em organizações (Senge, 1990);
- Padrão circular das atividades ou fases da Metodologia de Sistemas *Soft* – SSM, como modo de estruturação de conhecimentos e aprendizagem sobre situações complexas em organizações sociais (Checkland, 1981).

7.2.3.4 – COMPLEXIDADE DERIVADA DA DIMENSÃO COGNITIVA E INTERAÇÕES HUMANAS.

Esta dimensão da complexidade relaciona-se ao reconhecimento de que as três formas de descrição da realidade, examinadas nos subtítulos anteriores, invariavelmente envolvem modos de percepção e interpretação determinadas por vários fatores que afetam o processo cognitivo humano, como por exemplo os interesses pessoais ou de grupo, os objetivos

da investigação, as capacidades individuais e das equipes, as noções conceituais empregadas (especialmente os princípios e os conceitos do modelo ou abordagem empregada).

Senge (1990), ao sugerir um quarto nível de entendimento e explicação da realidade - denominado de 'modelos mentais' -, justificou-o com a assertiva de que as estruturas trata de sistemas sociais são o produto do modo como as pessoas pensam e interagem.

A partir das abordagens examinadas no capítulo IV, é possível expandir a compreensão dessa dimensão da complexidade, considerando as seguintes contribuições:

- (i) O reconhecimento de que a complexidade de um sistema, mesmo quando abordada de um ponto de vista quantitativo, é sempre uma descrição relativa ao interesse investigatório do observador (Ashby, 1970);
- (ii) Que modelos sistêmicos complexos, quando envolvem pessoas, suas decisões e suas reações em contextos organizacionais, servem para revelar os pressupostos que as mesmas adotam em suas ações (Forrester, 1990);
- (iii) De que a 'objetividade' não pode ser validada contra uma realidade independente, sendo um produto de interações sociais intersubjetivas e, portanto, que modelos de atividades humanas propositais não podem ser considerados como independentes dos aspectos valorativos adotados (Ackoff, 1974);
- (iv) De que as diversas interpretações, derivadas das diferentes visões de mundo, são um componente central da complexidade em contextos onde predominam as atividades humanas propositais (Checkland, 1981);
- (v) De que as pessoas em organizações têm seus próprios propósitos e fazem suas próprias interpretações das interações que resultam das atividades de controle - procedimentos, regras e práticas sócio-culturais e políticas – instituídas para manter a viabilidade e alcançar os propósitos da organização (1995);
- (vi) De que a presença de distintas visões, interesses e objetivos, em organizações, implicam o reconhecimento de que as pessoas não podem ser tratadas como partes passivas do sistema. Novas percepções e interpretações podem influenciar as ações, alterando a configuração das interações até então prevalecentes (Jackson, 1991);
- (vii) De que relações de poder coercitivas, desigualdade e conflitos fazem parte das interações que constituem a complexidade em contextos sociais e que mudanças

que afetam o *status* dessas categorias alterarão a configuração de interações e as interpretações que os indivíduos e grupos farão da situação (Jackson, 1991);

- (viii) De que nenhum modelo sistêmico desenhado para introduzir mudanças em contextos sociais é independente de questões normativas. Questões normativas são determinadas por interesses, valores culturais, aspectos metafísicos, políticos e ideológicos, pois influenciam o julgamento daquilo que é considerado relevante a um sistema (Ulrich, 1987).

As posições anteriores ampliam a compreensão quanto à inevitável sobredeterminação da dimensão cognitiva, e das interações estabelecidas pelas pessoas no contexto, na forma de percepção e descrição da realidade nos demais níveis. Ou seja, **as partes que são selecionadas ou delimitadas, as variáveis e interações relevantes para compor o modelo sistêmico que são identificadas e o próprio modo de conceber modelo, não podem ser dissociados dos aspectos normativos, conceituais e dos interesses da investigação.**

É parte do modelo ou sistema tudo aquilo que o observador considera a partir do seu ponto de vista (incluindo-se aí o modelo ou abordagem formal adotado), deixando de fora outros fatores e interações, que sob outro ângulo, podem ser centrais.

Portanto, **em qualquer delimitação há a interferência do sujeito que introduz na aplicação prática do conceito de sistema determinações subjetivas, culturais, sociais e político-ideológicas. Isso remete para o fato inevitável de que, quando se trata do desenho de um sistema em que as pessoas interagem como partes ativas do contexto, distintas interpretações e descrições sempre são possíveis.**

7.2.3.5 – BREVES CONSIDERAÇÕES QUANTO À RELEVÂNCIA DAS QUATRO DIMENSÕES OU NÍVEIS DA COMPLEXIDADE PARA A INTERVENÇÃO NA REALIDADE ORGANIZACIONAL

Quando uma organização social é considerada, evidencia-se a relevância da atenção que deve ser dada simultaneamente às quatro dimensões da complexidade acima discutidas. Conhecimentos e abordagens adequadas aos quatro níveis - às **partes**, aos **processos**, aos **padrões sistêmicos de interação** e à **dimensão cognitiva** -, são necessários para melhor lidar com as diversas situações problemáticas e questões gerenciais que se apresentam em organizações.

1. Organizações podem ser vistas como constituídas de diversas partes aos quais podem ser associados eventos ou acontecimentos. Partes numa organização podem tanto ser subsistemas como componentes estruturais necessários aos diversos processos que constituem a organização e seus subsistemas. Do ponto de vista sistêmico, o conhecimento sobre o funcionamento das partes de uma organização é relevante por duas razões centrais:

- O funcionamento de uma organização depende de suas partes pois as mesmas operam os processos que a constituem como entidade, bem como, realizam as transformações relacionadas a atividade fim da organização;
- O conhecimento das partes amplia o conhecimento das potencialidades e limites do sistema como um todo, fornecendo indicativos sobre possíveis pontos onde mudanças podem ser necessárias, para alavancar ou alterar o desempenho global.

2. Organizações podem ser vistas como processos aos quais podem ser associados características e padrões de comportamento ao longo do tempo. Do ponto de vista sistêmico os processos são centrais pois, uma organização, como entidade complexa, existe através dos fluxos de matéria energia e informação que operam a sua existência, ou seja, constituem, mantêm e renovam seus componentes estruturais. Além disso, as razões referidas para a relevância das partes, podem ser estendidas para os processos.

3. Organizações podem ser vistas como processos inter-relacionados que podem ser descritas como estruturas ou padrões de organização. Conforme exhaustivamente examinado, a conveniência da descrição da realidade em termos de padrões de interações ou estruturas sistêmicas está no núcleo conceptual da perspectiva sistêmica. Ou seja, modelos sistêmicos sobre problemas ou questões de interesse em organizações são hipóteses ou teorias explicativa, tanto quando se trata de problemas bem estruturados como quando descrevem questões problemáticas que expressam a ótica e os interesses dos distintos atores envolvidos.

4. Organizações podem ser vistas como sobre-determinadas pela dimensão cognitiva, como parte que é dos processos que configuram a realidade organizacional. Conforme mostrado na seção 7.2.3.4, o modo como as pessoas pensam e interagem é decisivo para as decisões e ações humanas em organizações. Envolve pressupostos, crenças e valores

acerca das atividades das empresas e sobre o que as mesmas significam para elas (pessoas) e para a organização como um todo. Além disso, as pessoas e grupos constituem modos de enxergar a sua própria condição na organização. Isso envolve aspectos culturais, políticos e ideológicos e apreciações acerca das relações de poder dentro da organização. Pressupostos e princípios dos modelos formais utilizados na resolução dos problemas e no gerenciamento também contribuem para determinar o modo como a realidade passa a ser enxergada. Finalmente, o exame de uma questão, a tomada de uma decisão ou simplesmente a descrição de uma situação sempre envolve a escolha de um foco de investigação, determinado pelo interesse de quem examina e/ou decide sobre a questão a ser examinada ou tratada.

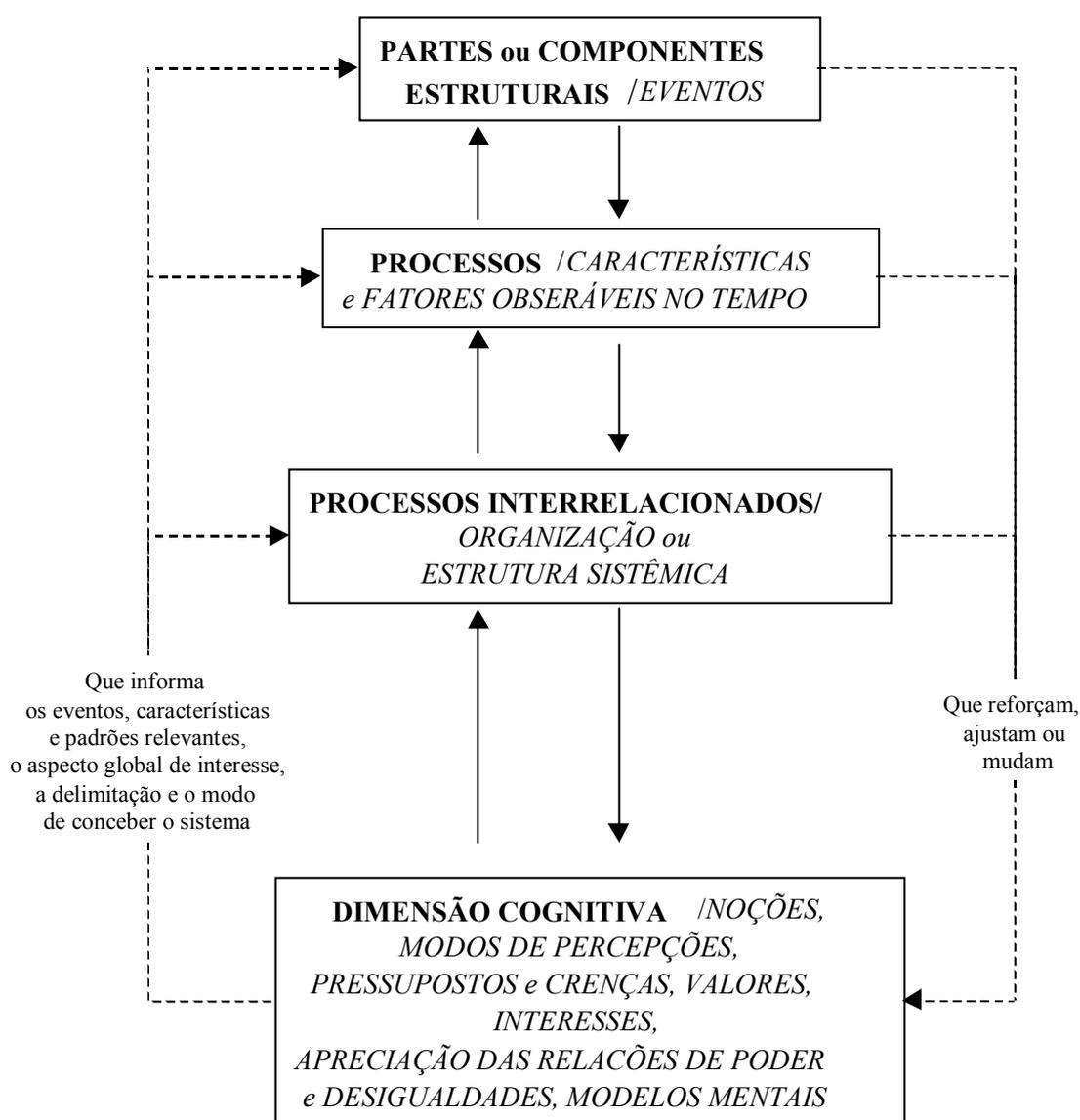


Figura 7.2 - Inter-relação entre as quatro dimensões da complexidade.

A Figura 7.2 mostra de modo esquemático o inter-relacionamento entre as quatro dimensões da complexidade. As linhas pontilhadas laterais mostram que existe uma relação circular entre a dimensão cognitiva humana e os outros três níveis de descrição da realidade.

Os vários aspectos relacionados à dimensão cognitiva (noções, percepções, pressupostos e crenças, valores, apreciação das relações sociais e desigualdades, modelos mentais) informam a seleção e a interpretação dos eventos, características e padrões de comportamento observados e a delimitação das variáveis e interações que farão parte do modelo sistêmico. Inversamente, novas experiências com eventos, características e padrões no tempo e os entendimentos obtidos com a construção de um modelo sistêmico, podem tanto reforçar como mudar algum aspecto relacionado à dimensão cognitiva.

É importante assinalar, como observou Kim (1995), que o aprofundamento da compreensão de uma situação complexa de realidade não é um processo linear. De acordo com o que mostra a Figura 7.2, além do processo circular geral acima descrito, as interações centrais (representadas pelas linhas flechadas contínuas) mostram que a compreensão alcançada num nível pode retroagir e informar a compreensão de uma situação no nível imediatamente inferior ou superior.

Quando se caminha do nível das partes para o nível da complexidade introduzida pelo fator humano, se avança dos problemas imediatos para questões de natureza mais duradoura (Kim, 1995). Ou seja, se passa de questões cuja mudança ‘resolve’ um problema que se afigura como evento ou acontecimento não desejável para questões que tem a ver com o futuro de um empreendimento ou com aspectos de natureza estratégica. Entretanto, isso não significa dizer que, num dado momento, as ações mais importantes estejam situadas nos níveis mais elevados. Por exemplo, numa fábrica, quando ‘quebra’ uma máquina que paralisa a produção ou quando ocorre um acidente de trabalho, não há nada mais importante a fazer do que imediatamente concertar a máquina ou prestar socorro à vítima. Qualquer outra ação, naquele instante, é inadequada.

Assim, o ponto de partida para a abordagem de uma questão de interesse em organizações pode começar em qualquer uma das quatro dimensões. Entretanto, adotar uma perspectiva sistêmica implica em reconhecer que o nível considerado não necessariamente é o mais adequado para tomar a ação mais efetiva. De acordo com Senge (1990), o ponto de maior alavancagem para o enfrentamento de uma situação ou problema pode estar localizado em qualquer um dos quatro níveis de explicação da realidade. Assim é necessário prestar atenção em

sinais que possam indicar caminhos importantes para a escolha do melhor roteiro para atacar uma questão problemática.

- **Quando o problema a ser resolvido relaciona-se a uma parte ou processo razoavelmente bem identificado**, mesmo que tenham sido tomadas medidas corretivas ou preventivas, é necessário prestar atenção à recorrência do problema. Se uma indesejável reincide, ou se for detectado um padrão de comportamento no tempo, é sinal de que há processos subjacentes que geram o problema, que não foram identificados. Nesse caso, a adoção de uma metodologia sistêmica, para investigar e identificar outros fatores e variáveis relacionadas, pode ajudar a ampliar a compreensão na situação. A escolha do procedimento ou técnica de modelagem mais adequada deverá estar em correspondência com a natureza da questão ou problema focalizada.
- **Quando a questão de interesse está associada a qualquer um dos três primeiro níveis devem ser observadas as seguintes situações:** (i) a existência de pontos de vistas alternativos entre pessoas envolvidas com o problema; (ii) à possibilidade de posições de pessoas ou grupos diretamente envolvidos ou afetados pelas decisões que vierem a ser tomadas, que, em função das relações de poder, cultura da organização, ou qualquer outra razão inibidora, possam não estar revelando seus pontos de vista. Nesse caso, a questão deverá ser elucidada a partir da escolha de uma abordagem que contemple pressupostos teóricos e procedimentos metodológicos adequados para o tratamento de questões relacionadas ao quarto nível de descrição de uma situação complexa (por exemplo uma abordagem crítica, Metodologia de Sistemas *Soft* – SSM, etc.).
- **Quando uma questão é abordada em termos de estrutura sistêmica** (terceiro nível de explicação da realidade) o exame e os testes com o modelo podem remeter a um processo o parte específica a ser melhorada. Técnicas e ferramentas específicas, adequadas à abordagem do processo ou parte identificada, como por exemplo técnicas de mapeamento de processos, ferramentas de melhoria contínua, técnicas para redução de *Setup*, etc., poderão ser utilizadas.
- Similarmente, **uma situação extremamente complicada que envolve pontos de vista distintos ou conflitantes**, após a utilização de uma abordagem que contempla requisitos teóricos para tratar de questões relacionadas ao quarto de descrição da complexidade, pode remeter para qualquer um dos três outros níveis.

Poderá ocorrer a necessidade de examinar modelos sistêmicos alternativos, ou processos ou partes específicas, para ampliar a compreensão da situação total.

Os quatro exemplos acima descritos mostram a relevância de visualizar organizações em termos das quatro dimensões da complexidade. Servem como estrutura geral para enxergar diversos modos de uso complementar entre as várias abordagens sistêmicas, bem como, das abordagens sistêmicas com outras abordagens e ferramentas para tratamento e questões gerenciais em organizações. Servem ainda para mostrar que existe um vasto campo de aplicações e de pesquisas para serem empreendidas utilizando as distintas formas de pensamento sistêmico e outras abordagens, técnicas e ferramentas já desenvolvidas, com vistas a ampliar a capacidade de tratamento das questões organizacionais.

7.2.3.5.1 – AS QUATRO DIMENSÕES DA COMPLEXIDADE E OS DISTINTOS INTERESSES COGNITIVOS HUMANOS

Uma forma alternativa de enxergar a relevância dos quatro níveis de explicação da realidade pode ser examinada relacionando-os aos distintos tipos de conhecimentos, de interesse em organizações.

De acordo com Jackson (1991), organizações e sociedades podem ser examinadas em função de três preocupações centrais: **produção, direção ou comando e estruturas institucionais onde as questões são discutidas e avaliadas**. A partir de uma perspectiva crítica, o autor associa essas preocupações a três distintas formas de conhecimento, necessários para lidar com as mesmas: **conhecimento instrumental; conhecimento estratégico e conhecimento prático**.

1. **Organizações necessitam de capacidades técnicas ou ‘conhecimento instrumental’** para garantir o adequado funcionamento das **partes e processos**. O conhecimento instrumental preocupa-se, centralmente, em obter o máximo ganho econômico das forças produtivas instaladas (Jackson, 1991). O foco no funcionamento das partes e processos tem por objetivo por maximizar os resultados da organização.

3. **Organizações necessitam de conhecimento estratégico para o desenvolvimento de capacidades de direção ou comando**. Aqui ‘estratégico’ deve ser

entendido no sentido amplo sugerido por Ackoff (1974). Segundo o autor, problemas e as questões que se apresentam nas organizações contemporâneas precisam ser encaradas como ‘sistemas de problemas’ (*mess*), devendo ser administrados como processos contínuos, em contraste com a visão tradicional em que se busca ‘resolver problemas’ como ocorrências isoladas. Significa que as questões de interesse ou ‘problemáticas’, bem como as ações de mudança, devem ser contextualizadas. Somente assim os resultados e suas conseqüências podem ser considerados quanto aos seus efeitos imediatos, bem como quanto às conseqüências de médio e longo prazo. Em segundo lugar, ‘sistemas de problemas’ precisam ser gerenciados como processos contínuos pois, na medida em que ações forem implementadas, novas questões se apresentarão para serem ‘resolvidas’ e administradas.

Assim, o desenvolvimento de capacidade estratégica relaciona-se à aquisição de uma nova compreensão da realidade fornecida pelo pensamento sistêmico. A importância da perspectiva sistêmica para o desenvolvimento da capacidade estratégica foi destacada por Drucker (1990). Segundo o autor, o pensamento sistêmico, como capacidade a ser instituída nas organizações, permitirá aos administradores começar a compreender como todas as decisões numa empresa dizem respeito ao negócio em sua globalidade.

3. Organizações necessitam de conhecimentos voltados para o desenvolvimento de capacidades de entendimento mútuo. Consiste no desenvolvimento da racionalidade prática, ou seja, de capacidades comunicativas visando entendimentos comuns para que as ações organizacionais sejam mais eficazes. Conforme foi examinado no capítulo VI, para a perspectiva sistêmica crítica, a construção de compreensões genuínas somente é possível se as distorções introduzidas por formas de dominação e desigualdades de informação forem superadas.

Assim: (i) questões relacionadas às partes e processos – primeira e segunda dimensão da complexidade – requerem conhecimento instrumental oriundo da racionalidade técnico-científica ou empírico-analítica; (ii) questões relacionadas a processos inter-relacionados ou padrões organizados de interações – terceira dimensão da complexidade – requerem conhecimentos sistêmicos para o desenvolvimento de capacidades estratégicas e, (iii) questões relacionadas à dimensão cognitiva e interações humanas – quarta dimensão da complexidade ou nível de explicação da realidade – requerem conhecimento prático para tornar possível a construção de entendimentos mútuos para o adequado alinhamento das ações organizacionais.

7.3 – PRESSUPOSTOS ACERCA DA NATUREZA DO CONHECIMENTO E ACERCA DA NATUREZA DAS INTERAÇÕES.

Conforme foi mostrado na subseção 7.2.3, o modo de conceber a complexidade não somente é determinado em função do conteúdo de interesse focalizado, **mas fundamentalmente por suposições adotados acerca da natureza do conhecimento que pode ser obtido com a abordagem e acerca da natureza das interações que constituem os fenômenos experimentados na realidade.** Pressupostos quanto à natureza das interações são especialmente relevantes quando se trata das abordagens voltadas a contexto sociais.

Para facilitar a discussão das posições presentes no movimento sistêmico, os pressupostos acima apontados serão examinados em termos de duas dimensões bipolares. Tomando por referência estrutura geral de análise das teorias organizacionais, proposta por Burrell & Morgan (1979), e estendendo-a para a análise das abordagens sistêmicas como um todo, as posições extremas nas duas dimensões são as que seguem:

- **Pressupostos sobre a natureza do conhecimento obtido com o pensamento sistêmico ou a relação entre as descrições e os modelos sistêmicos com a realidade a que se referem.** Quanto a essa dimensão, num pólo modelos sistêmicos podem ser vistos como estando “em correspondência direta com a realidade objetiva” (Bohm, 1992, p. 22) e no outro pólo, ‘sistemas’ concebidos como modelos conceituais ou construções mentais que servem para descrever ou interpretar a realidade, não correspondendo, nem representando a realidade objetiva se impondo à mente humana.
- **Pressupostos sobre a natureza das interações.** Nesta dimensão, num dos extremos pode ser destacada a posição de que as relações, tanto na natureza como na sociedade, tendem ao equilíbrio e à harmonia, e no outro extremo, de que as relações na natureza e na sociedade incluem tensões, oposições, conflitos, choques e cisões.

A seguir, a partir das posições de autores examinados ao longo do trabalho (ver Quadro 7.5), serão examinadas as principais tendências divergentes presentes no movimento sistêmico, quanto aos pressupostos acima especificados.

Quadro 7. 5 – Pressupostos científico-filosóficos contempladas pelas abordagens investigadas.

Síntese das posições acerca da natureza do conhecimento obtido sobre a realidade com o pensamento sistêmico

Modelos representam sistemas no mundo real. Sistemas existem num mundo de objetos exterior e possuem propriedades universais que podem ser medidas objetivamente com base em técnicas quantitativas. ‘Resolução de problemas’ consiste em escolher a melhor maneira de atingir um objetivo, cuja definição está dada objetivamente [Suposições implícitas às abordagens *hard*, segundo avaliação crítica de Checkland (1981) e Rosenhead (1989)].

Modelos não são uma representação absoluta da realidade. Sua utilidade está em capturar e registrar o conhecimento acerca de uma situação e testar os pressupostos adotados e compará-los com a realidade (Forrester, 1990).

A organização e complexidade de um sistema, quanto a variáveis e interconexões relevantes, é relativo ao interesse observador (Ashby, 1970).

A concepção ou descrição de um sistema viável envolve aspectos subjetivos, pois os seus estados relevantes são função do propósito pelo qual o modelo é formulado (Beer, 1984).

Fatores biológicos, culturais e lingüísticos são centrais na modelagem do conhecimento em geral. Modelos sistêmicos representam apenas alguns aspectos de um fenômeno (Bertalanffy, 1975).

O modo de estruturação da informação para compreender algo depende da epistemologia. Ou seja, do modo como alguém organiza o universo em sua mente. No universo relacional predomina a organização da informação em função de interações mútuas, ao invés de causas primeiras ou componentes ontológicos (Maruyama, 1965).

O reconhecimento de um universo onde predomina o não-equilíbrio, não-linearidade e indeterminação conduz a uma nova racionalidade em que predomina a perspectiva criativa do universo; onde existe a possibilidade de serem narradas muitas histórias distintas, semelhante ao que acontece nas coisas humanas (Prigogine, 1989).

Toda descrição é relativa ao observador e não deve ser confundida com a operação de um sistema real. O processo cognitivo não faz representações de informações - não é uma imposição do mundo físico, nem há acesso a uma realidade absoluta e objetiva. Uma explicação (um modelo) é uma descrição na linguagem. É aceita como válida se servir para coordenar condutas consensuais, no domínio a que se refere (Maturana, 1995).

A descrição da complexidade envolve duas dimensões: uma relacionada ao sistema e outra relacionada às pessoas. O que caracteriza a dimensão relacionada às pessoas é que sempre haverá outras descrições possíveis acerca de uma situação, fundadas em outros valores, noções e percepções (Flood & Carlson, 1988).

Quando se trata de sistemas sociais, nenhum modelo é independente de questões normativas. A delimitação da fronteira de um sistema, quando se trata de planos ou mudanças em contextos sociais envolve aspectos metafísicos, políticos e ideológicos (Ulrich, 1987).

Relações de poder coercitivas, desigualdade e conflitos estruturais fazem parte das interações que constituem a complexidade em contextos sociais. Pessoas não podem ser tratadas como partes passivas do sistema. Novas percepções e interpretações podem influenciar as ações, alterando a configuração de interações até então prevalecentes (Jackson, 1991).

Modelos sistêmicos envolvem pensar em termos de conexões relações e contexto. A percepção da realidade como redes de relações implica no reconhecimento de que as descrições dessa realidade também são baseadas em redes interconectadas de conceitos e modelos. (Capra, 1997).

Os objetos que percebemos, os modelos que concebemos não representam uma realidade independente, objetivamente dada. Através da linguagem os homens participam da configuração do mundo que descrevem (Senge et alii, 1995).

Modelos são construções mentais e não existem como estados objetivos concretos. A objetividade é produto de interações sociais que envolvem uma grande variedade de subjetividades individuais (Ackoff, 1974).

As noções sistêmicas não são ontologias: são dispositivos epistemológicos (ou intelectuais) de uma nova linguagem descritiva da realidade (Checkland, 1981).

7.3.1 - CONSIDERAÇÕES SOBRE AS ABORDAGENS SISTÊMICAS QUANTO À POSIÇÃO ADOTADA SOBRE A NATUREZA DO CONHECIMENTO

A posição de que o conhecimento corresponde ou pode representar ‘a realidade como ela é’ é a suposição epistemológica que provém da tradição científica das ciências naturais. A adaptação dessa posição ao pensamento sistêmico significa que sistemas correspondem a fenômenos ou objetos exteriores e os atributos das partes e suas relações podem ser medidos e representados em modelos quantitativos (Checkland, 1983). **O problema básico do investigador é formular o ‘sistema’ de modo a corresponder à realidade.**

Abordagens que adotam esse pressuposto, nas ciências administrativas, supõem que os problemas e as questões a serem enfrentadas existem independentemente dos observadores interessados na situação. Significa na prática que a definição do problema, bem como os objetivos a serem alcançados, não são problemáticos em si. Checkland (1983) denominou essa forma de aplicação das noções e princípios sistêmicos como:

“[...] situações ou fenômenos caracterizados por interconexões que derivam da *lógica da situação*⁵⁰. Exemplos podem ser arranjos para manufaturar ou montar produtos, ou situações dominadas por uma decisão acerca do que deve ser feito para realizar um objetivo conhecido” (Checkland, 1983, p. 670).

Quanto à natureza humana e as interações sociais, de acordo com Rosenhead (1989), essa perspectiva envolve uma visão determinista. Ou seja, o fator humano é visto como uma parte qualquer do sistema. Seu comportamento é suposto ser determinado por imposições que podem ser determinadas objetivamente (Jackson, 1991). O observador não interfere na definição do sistema.

Quanto as quatro dimensões da complexidade examinados na seção 7.2.3, essa perspectiva desconhece o quarto nível de descrição da complexidade.

Esta forma de aplicação das concepções sistêmicas nas ciências da administração é conhecida como pensamento sistêmico *hard* (Checkland, 1981; Jackson, 1991;

⁵⁰ Itálico no original.

Rosenhead, 1989). O pensamento sistêmico *hard*, segundo Checkland (1981, 1981b, 1983), consiste na tentativa de transferência do método de tratamento das situações e fenômenos das ciências naturais ao tratamento dos problemas em organizações humanas.

Entretanto, entre os autores examinados existe uma clara tendência de afastamento da posição positivista, conforme pode ser verificado nas posições pontuadas a seguir:

- A complexidade de um sistema em termos de variáveis e interconexões relevantes é, em parte, relativo ao observador (Ashby, 1970);
- Modelos não representam uma realidade absoluta. São úteis para capturar e registrar o conhecimento acerca de uma situação, testar os pressupostos adotados e compará-los com a realidade (Forrester, 1990);
- Os estados relevantes na concepção de um sistema viável envolvem aspectos subjetivos, implícitos nos propósitos pelo qual o modelo é formulado (Beer, 1984).
- O modo de estruturação da informação para compreender algo depende do modo como alguém concebe o universo em sua mente (Maruyama, 1965);
- Fatores biológicos, culturais e lingüísticos são centrais na modelagem do conhecimento em geral. Modelos sistêmicos representam apenas alguns aspectos de um fenômeno (Bertalanffy, 1975);
- Modelos não representam entidades independentes. Através da linguagem os homens participam da configuração do mundo que descrevem (Senge et alii, 1995);
- A objetividade é o produto da interação de uma grande variedade de subjetividades individuais. Modelos são construções mentais e não existem como estados objetivos concretos (Ackoff, 1974);
- As noções sistêmicas não são ontologias: são dispositivos epistemológicos (ou intelectuais) de uma nova linguagem descritiva da realidade (Checkland, 1981);
- Toda descrição é relativa ao observador e não deve ser confundida com a operação de um sistema real - a cognitivo não representa informações que dizem respeito a uma realidade objetiva. Um modelo é uma explicação aceita como válida se satisfaz os critérios de aceitabilidade no domínio em que serve para coordenar condutas humanas consensuais (Maturana, 1995);

- Modelos sistêmicos envolvem a percepção da realidade como redes de relações, o que, em última instância, implica no reconhecimento de que descrições também são baseadas em redes interconectadas de conceitos e modelos (Capra, 1997).

Conforme demonstra a sinopse acima, paulatinamente, o pensamento sistêmico se afastam da suposição de que modelos sistêmicos representam a realidade se impondo à mente humana. Embora de modo diferenciado, sistemas passam a ser vistos como construções abstratas que dependem do modelo cognitivo ou linguagem descritiva adotada. Isso significa, quando se trata de abordagens sistêmicas formalizadas, que a forma como a realidade se afigura à mente humana é função das noções, conceitos, regras, princípios que constituem a linguagem através da qual algo é explicado.

Quando se trata de contextos em que o fator humano é parte do sistema implica que fatores culturais, aspectos sociais e políticos podem complicar em muito uma situação (Checkland & Scholes, 1990). Diferentes observadores em função de distintos valores, percepções e posições no contexto podem descrever diferentes lógicas situacionais. Pessoas podem ainda modificar a lógica pela qual descrevem a situação se alterarem os pressupostos que adotam para orientar as suas ações.

Como consequência, um mapeamento completo da complexidade de um fenômeno ou problema em contextos sociais requer revelar as distintas percepções relevantes acerca da situação. Por essa razão abordar situações problemáticas partindo da pressuposição de que o problema e os objetivos a serem alcançados já estão definidos, pode significar passar por cima do problema (Checkland, 1981).

Segundo essa perspectiva, ao invés de representar a realidade objetiva, a nova função dos modelos em contextos sociais passa a ser:

- Revelar os ‘modelos mentais’ que fundamentam as ações e decisões de indivíduos e grupos em organizações (Senge, 1990);
- Aprender sobre a situação a partir das distintas visões descritas em modelos conceituais e projetar melhorias possíveis, considerando aspectos sociais, técnicos e políticos (Checkland, 1981);
- Servir para construir modelos compartilhados e definir pontos de alavancagem potenciais para ações de mudança (Senge, 1990).

Em termos dos níveis de descrição da complexidade examinados na seção 7.2.3, os modelos sistêmicos concebidos na perspectiva acima reconhecem a necessidade de processos metodológicos específicos para lidar com a complexidade derivada da dimensão cognitiva.

7.3.2 – CONSIDERAÇÕES SOBRE AS ABORDAGENS SISTÊMICAS QUANTO À NATUREZA DAS INTERAÇÕES.

Na ciência a concepção mecânica do universo conduziu o conhecimento em direção à descoberta ou invenção das leis da natureza que, supostamente, comandam a regularidade e a ordem na natureza. Conforme revisado no capítulo II, somente com a descoberta do segundo princípio da termodinâmica na metade final do século XIX e os novos desenvolvimentos da física neste século, que a idéia de um universo ordenado, harmônico e regular, governado por leis universais e eternas, passou a ser questionada.

Com o pensamento sistêmico, a ‘mudança’ passa a ser uma suposição implícita nos próprios fundamentos explicativos da realidade. Entretanto, seja pela influência exercida pela ciência clássica, seja pelo fato da existência de algo depender da continuidade ou permanência das interações, a ênfase em modelos que reconhecem comportamentos equilibrados e ordenados tem predominado. Entretanto, abordagens que reconhecem tensões, rupturas e transformações não têm deixado de ser formuladas, como mostram as contribuições de Maruyama (1963) e da teoria das estruturas dissipativas.

Nas ciências da administração, a partir dos anos oitenta, o reconhecimento de que as interações humanas não contemplam somente equilíbrio e harmonia, mas também tensões conflitos e contradições, passaram a ser a preocupações das abordagens críticas.

As abordagens críticas adotam pressupostos que as distinguem tanto da perspectiva sistêmica tradicional (*hard*) como da tendência interpretativa (*soft*). A ausência de uma fundamentação sociológica adequada, para Mingers (1992) e Jackson (1991), implica que ambas assumem implicitamente que **a natureza das interações sociais tende à regulação ou auto-equilíbrio**. A ausência de teoria social crítica conduziria essas abordagens a propor melhorarias e formas de controle que tendem a satisfazer os interesses do *status quo* vigente (Jackson, 1991; Mingers, 1992).

Segundo a perspectiva crítica, uma vez que pessoas não são partes passivas de em um sistema social, a falta de suporte teórico crítico pode levar à omissão de questões e problemas que, em muitas circunstâncias, podem ser essenciais para encontrar soluções adequadas e implementar ações gerenciais mais efetivas.

Novas percepções e interpretações, oriundas dos conceitos críticos, podem influenciar ações que alteram o *status* ou a configuração de interações até então prevalecentes (Jackson, 1991). Por exemplo, o reconhecimento de desigualdade, situações coercitivas e relações de poder que constroem o desenvolvimento humano poderá conduzir a ações para reduzir ou eliminar tais distorções. Uma vez alteradas as condições anteriores, o modo como a uma situação será vista pelos membros da organização tende a ser alterado e, por conseguinte, o modo como agirão no contexto.

Quanto aos quatro níveis de descrição da complexidade examinados na seção 7.2.3, as abordagens sistêmicas críticas, ao reconhecerem que desigualdades, situações coercitivas e relações de poder integram a complexidade dos contextos sociais, ampliam a importância da dimensão cognitiva da complexidade.

7.3.3 – CONCLUSÕES ACERCA DAS ABORDAGENS SISTÊMICAS DAS CIÊNCIAS ADMINISTRATIVAS À LUZ DOS PRESSUPOSTOS CIENTÍFICO-FILOSÓFICOS

Conclusivamente pode-se afirmar que as abordagens sistêmicas voltadas à organizações, além de se distinguirem em função do tipo de conteúdo complexo que abordam, divergem quanto a suposições que adotam sobre a natureza do conhecimento e a natureza das interações sociais, configurando três tendências gerais, conforme sugeriu Jackson (1991):

- A **perspectiva clássica (*hard*)** assume que modelos correspondem a uma realidade objetiva e as pessoas envolvidas não afetam o modelo. Assim, sistemas são vistos como podendo ser mapeados externamente, identificando regularidades nas relações das partes entre si e entre as partes e o todo. Os atributos das partes e suas relações podem ser quantificados e o sistema representado num modelo quantitativo. Esta é a versão da perspectiva positivista da ciência clássica traduzida para o pensamento sistêmico. A intervenção nas organizações tem o objetivo de melhorar o seu controle,

uma vez sendo assumido que é da natureza das sociedades humanas procurar seu auto-equilíbrio e o ajuste entre as diversas funções sociais (regulação).

- Para a **perspectiva interpretativa (*soff*)**, que se opõe à perspectiva acima, sistemas são construções abstratas que dependem do processo cognitivo humano e não uma representação da realidade objetiva. Modelos são construções abstratas e pessoas com distintas percepções e/ou visões de mundo podem descrever distintamente uma situação. Nessa perspectiva, em linhas gerais, sistemas não podem ser facilmente identificados e sua descrição em modelos depende do processo criativo humano, do ponto de vista subjetivo e das intenções de quem constrói o modelo (Jackson, 1993). Diante da falta de suporte em teoria sociológica, a partir do ponto de vista crítico, as abordagens interpretativas voltadas a organizações tendem a construir acordos para a iniciar ações de melhoria (Checkland, 1981) ou constituir modelos compartilhados (Senge, 1990) que podem estar sendo fortemente influenciados por relações de poder e desigualdades implícitos no contexto ou na equipe que participa da construção do modelo (Jackson, 1991).
- Para a **perspectiva crítica** o conhecimento e a sua utilização na sociedade são sistematicamente distorcidos pelos interesses que subscrevem o próprio desenvolvimento da ciência e a aplicação dos seus resultados (Mingers, 1992). As distorções decorrem de desigualdades materiais, poder e informação que atravessam as sociedades humanas. A perspectiva crítica adota ainda a posição de que organizações envolvem tanto fatores técnicos como humanos em interação, e que pessoas não podem ser tratadas como partes passivas do sistema. Relações de poder, coerções, desigualdades e conflitos ajudam a compor a complexidade do contexto organizacional. Modelos sistêmicos que descrevem as distintas visões das pessoas e grupos acerca de uma situação ou problema, sofrerão mudanças se for alterado o *status* dessas categorias. Isso ocorre porque as pessoas como partes ativas no contexto poderão alterar suas percepções e ações em função das condições modificadas.

7.4 – UM NOVO QUADRO DE REFERÊNCIA CONCEPTUAL DE CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO

Esta seção tem por objetivo apresentar as conclusões gerais acerca do pensamento sistêmico como um novo quadro de referência conceptual do processo de construção do conhecimento.

A ponte de partida para o visualizar o pensamento sistêmico como um novo quadro de referência e não como mero agregado de abordagens teóricas e práticas desconexas, tem como referência básica, a estrutura de investigação formulada no capítulo três e as conclusões alcançadas nas seções 7.1, 7.2, 7.3.

7.4.1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

Conforme foi examinado na seção 2.2, a posição adotada por vários autores aponta o pensamento sistêmico como um novo quadro de referência conceptual, em ruptura ou alternativo ao pensamento analítico. As expressões utilizadas para caracterizá-lo como um novo quadro conceptual mudam conforme o autor. Alguns exemplos são:

- “Uma **estrutura de pensamento** para lidar com as coisas complexas de modo holístico” (Flood & Carlson, 1988, p. 4);
- “Uma **epistemologia** baseada no conceito de sistema” (Checkland, 1981b, p. 3);
- Um novo **paradigma** de pensamento” (Capra, 1996, p. 48).

Embora haja o reconhecimento de que as idéias sistêmicas constituem um novo quadro de referência, a formulação de uma visão ou modelo abrangente, que abarque o conjunto dos desenvolvimentos, ainda não se constituiu. Nem tampouco se deve esperar que isso se torne uma realidade num curto espaço de tempo.

Antes de apresentar a visão geral que emerge do desenvolvimento do presente trabalho, três aspectos referidos na literatura devem ser esclarecidos: o pensamento sistêmico como novo paradigma científico; a complementaridade entre o pensamento sistêmico e o pensamento analítico e; o pensamento sistêmico como epistemologia.

As três questões serão examinadas conjuntamente, uma vez que estão estreitamente relacionadas. O ponto de partida será a discussão da adequação do termo ‘paradigma’ para caracterizar da mudança representada pelas concepções sistêmicas.

Como existem vários significados possíveis para definir o termo ‘paradigma’, a discussão será iniciada a partir das duas definições presentes em Kuhn (1995). Em seguida será apresentada uma importante distinção, sugerida por Araújo Santos (1997), entre uma mudança de mentalidade profunda (mudança de *episteme*) e uma simples mudança de paradigma num campo de investigação científica particular.

De acordo com Kuhn (1995), a definição de ‘paradigma’ pode assumir dois significados: “uma constelação de crenças, valores, técnicas etc..., partilhadas pelos membros de uma comunidade” (Kuhn, 1995, p. 218); e a noção do desenvolvimento de “soluções concretas de quebra-cabeças que, empregadas como modelos ou exemplos, podem substituir regras explícitas como base para a solução dos restantes quebra-cabeças da Ciência normal” (Kuhn, 1995, p. 218).

Araújo Santos (1997), com o objetivo de esclarecer seu ponto de vista acerca do significado de revolução científica, fez uma importante distinção entre uma mudança de mentalidade profunda - mudança de visão geral de mundo - e uma mudança de paradigma científico nos termos formulados por Kuhn (1995).

Araújo Santos (1997) refere-se Gellner e sua metáfora do ‘grande abismo’ (*big ditch*) para explicar a sua posição sobre o que significou para na história do pensamento a revolução científica, confrontando-a com uma mudança de paradigma em uma disciplina ou campo de investigação particular. O autor sustenta que a revolução científica deve ser vista como um ‘abismo’ na evolução do pensamento pois gerou uma ruptura profunda com ao pensamento da antiguidade, conduzindo a uma transformação profunda da mentalidade geral.

De acordo com Araújo Santos (1997), ao invés de se tratar somente de uma mudança de paradigma, a revolução científica significou uma mudança de *episteme*. *Episteme* é palavra de origem grega que “significa conhecimento e/ou cultura” (op. cit., p. 4). Uma *episteme* se caracteriza por contemplar uma “maneira genérica de julgar as coisas” (op. cit., p. 4) e organizar a informação acerca da realidade. Ou seja, constitui um modo de enxergar mundo que, por sua vez, “*constrói* o mundo” (op. cit., p. 4). **Uma mudança de *episteme* consiste, assim, numa mudança geral de mentalidade que cria uma visão de mundo distinta. Cria um**

‘abismo’ em relação à mentalidade anterior e, segundo Araújo Santos (1997), expressaria bem o significado da revolução científica.

Comparativamente ao ‘abismo’ criado pela revolução científica em relação à mentalidade da antiga uma mudança de paradigma científico poderia ser representada pela imagem de um ‘valo’, que transmite a idéia de uma mudança menos profunda (Araújo Santos, 1997). Assim a revolução científica, na medida em que conduziu a uma nova mentalidade geral, não pode ser confundida com uma mudança de paradigma, que consiste numa mudança de pressupostos conceituais num campo restrito de conhecimentos.

A partir das considerações acima alinhavadas, o pensamento sistêmico, ao subscrever uma nova forma de construção do conhecimento em distintas áreas, fornecendo as noções e pressupostos gerais de uma nova estrutura intelectual, aproxima-se muito mais da constituição de uma nova visão de mundo (*episteme*) – cria uma nova maneira de raciocinar ou ‘mentalidade’ geral – ao invés de se tratar tão somente de uma mudança de paradigma. Esse modo de conceber o caráter do pensamento sistêmico é similar ao caráter atribuído ao pensamento analítico. Consiste da conformação de uma nova mentalidade, que atravessa os distintos campos do conhecimento, mas que se traduz em múltiplas abordagens e modelos teóricos aplicados.

O pensamento sistêmico se distingue de um paradigma científico, pois contempla um novo corpo de concepções gerais quanto à natureza da realidade, tendo a vocação implícita para constituir uma mudança geral de mentalidade, similar a provocada à revolução científica. De modo análogo ao pensamento analítico que se desdobrou numa multiplicidade de disciplinas específicas, envolve múltiplas abordagens aplicadas aos mais variados campos de conhecimento.

Assim, a partir das considerações acima alinhavadas e considerando as discussões feitas ao longo do presente trabalho, o mínimo que é possível afirmar é que o uso do termo ‘paradigma’, para caracterizar o pensamento sistêmico, é problemático. Parece mais adequado a caracteriza-lo como um novo quadro de referência geral, que aponta para uma mudança de mentalidade ampla, do que propriamente uma mudança de paradigma num campo disciplinar específico.

Uma vez aceito de que o pensamento sistêmico representa uma mudança profunda de mentalidade, isso significa concluir que o pensamento sistêmico é totalmente incompatível ao pensamento analítico e os conhecimentos dele oriundos? A resposta é negativa.

Para perceber como o pensamento sistêmico pode envolver aspectos de continuidade e ao mesmo tempo de ruptura com o pensamento analítico, é conveniente fazer a analogia com a transição do pensamento antigo para o pensamento moderno. Com a revolução científica nem todas as idéias da antiguidade foram negadas. Por exemplo, conforme assinalou Ackoff (1981), o pensamento analítico incorporou em seu arcabouço a concepção atomista dos filósofos gregos. De modo similar, a ruptura esboçada pelas concepções sistêmicas não significam a negação de todas as idéias analíticas. Implica apenas a necessidade de reconhecer que os seus preceitos fundamentais não são absolutos nem universais, mas sim, que servem para conceber modelos úteis de fenômenos, situações e problemas, somente em contextos onde há aceitação de que os mesmos se encaixam nas suposições analíticas e seus critérios de validação.

O desenvolvimento da complementaridade entre as duas formas de pensamento é apontado como uma das tarefas fundamentais para a consolidação do pensamento sistêmico (Ackoff, 1981). **Análise**, segundo autor, focaliza nas estruturas (entendido como partes) e permite obter **conhecimento** sobre um objeto descrevendo o seu comportamento frente a diferentes condições; **síntese** focaliza nas funções, na dinâmica, e produz **entendimento** sobre porque as coisas funcionam do jeito que funcionam num contexto determinado.

Ackoff (1981) deixa claro, entretanto, que a integração da análise ao pensamento sistêmico não parte do pressuposto reducionista. Ou seja, que a explicação de entidades complexas possa ocorrer em função dos seus componentes. Seu objetivo é ampliar o potencial da perspectiva sistêmica:

“No projeto de sistemas, partes identificadas pela análise das funções que devem ser realizadas pelo todo, não são colocadas juntas como peças imutáveis de um quebra-cabeças, são projetadas para ajustar-se umas as outras de modo a funcionar harmoniosamente, bem com eficiente e efetivamente” (op. cit., p. 17).

Assim, a análise na perspectiva sistêmica é vista como necessária, não porque os fenômenos ou entidades complexas possam ser desmembrados e explicados em termos de componentes estruturais, mas **porque partes em entidades e fenômenos complexos podem ser vistas como subsistemas, ou ainda, como componentes necessários à operacionalização dos processos que conformam o sistema.**

A partir do entendimento acima, **conhecer o funcionamento das diversas estruturas e subsistemas - seus limites, capacidades, potencialidades, sensibilidades etc. - ampliará o conhecimento das possibilidades e limites de como podem ser integrados**

funcionalmente num todo e como podem afetarão esse todo, quando submetidas a diversas circunstâncias.

Os exemplos a seguir irão ajudar a esclarecer a importância da análise quando encapsulada dentro de uma perspectiva sistêmica:

- Numa fábrica, descrita como sistema, conhecer a capacidade, limites e outras características das estruturas e processos, como por exemplo das máquinas, centros de trabalho, ou de uma linha de produção, pode ser um aspecto essencial para compreender a evolução do desempenho produtivo de uma organização num contexto;
- No reprojeto de uma organização, com o objetivo de torná-la mais flexível para adaptações às mudanças, a capacidade aprendizagem e a velocidade de resposta das equipas (partes ou subsistemas que operam as mudanças), pode ser crucial para o sucesso das inflexões táticas e estratégicas;
- Finalmente, conhecer o funcionamento dos componentes estruturais - as partes e processos - é essencial simplesmente porque em caso de falha, ou mal funcionamento, colocam em risco a continuidade da organização como um todo;

Conclusivamente a esta subseção pode-se afirmar que a caracterização que mais se ajusta ao pensamento sistêmico é, portanto, de que consiste de **uma epistemologia geral** que fornece os princípios e noções conceituais para as diversas **linguagens sistêmicas específicas** que integram o movimento sistêmico. Ou seja, esse conjunto de princípios e noções gerais subscreve todo leque de enfoques sistêmicos específicos, propiciando que toda a sorte de teorias e abordagens aplicadas se desenvolvam.

O modelo geral que emerge das idéias acima examinadas – a visualização do pensamento sistêmico como um processo dinâmico de desenvolvimento de uma nova estrutura conceptual - será descrita na próxima subseção.

7.4.2 – O PENSAMENTO SISTÊMICO COMO UM PROCESSO DINÂMICO DE DESENVOLVIMENTO CONTÍNUO

O Quadro 7.6 apresenta as conclusões alcançadas nas seções anteriores do presente capítulo na forma de ‘fatores’ agregados. Estes podem ser vistos como os ‘macro componentes’ do processo de pensamento sistêmico. Tais componentes podem ser abstraídos do

desenvolvimento do pensamento sistêmico como um novo modo de percepção da realidade e organização do processo de construção de conhecimento sobre a mesma.

Quadro 7. 6 - ‘Fatores’ constitutivos do processo de pensamento sistêmico.

<p>Concepções sistêmicas gerais</p>	<p style="text-align: center;">Pensamento Sistêmico</p>	<p>Concepções acerca da natureza do conhecimento e natureza das interações</p>
<p>Noções e doutrinas fundamentais acerca da natureza da realidade e a constituição do conceito de sistema (seção 7.1):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Doutrinas do pensamento sistêmico • O conceito de ‘organização sistêmica’ e as quatro noções constitutivas fundamentais. 		<p style="text-align: center;">Formulações sistêmicas relacionadas aos conteúdos específicos (Contempladas nas abordagens sistêmicas)</p>
	<p>Aspectos teóricos específicos de que se revestem as idéias sistêmicas nas diversas abordagens (seção 7.2):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Distintos modos de aplicação do conceito de sistema; • Concepções teóricas específicas; • Quatro dimensões de percepção da complexidade ou explicação da realidade. 	

A Figura 7.3 apresenta os ‘fatores’ do Quadro 7.6 na forma de um modelo dinâmico. Neste modelo, o próprio pensamento sistêmico é desenhado como um processo em desenvolvimento e aprimoramento contínuo.

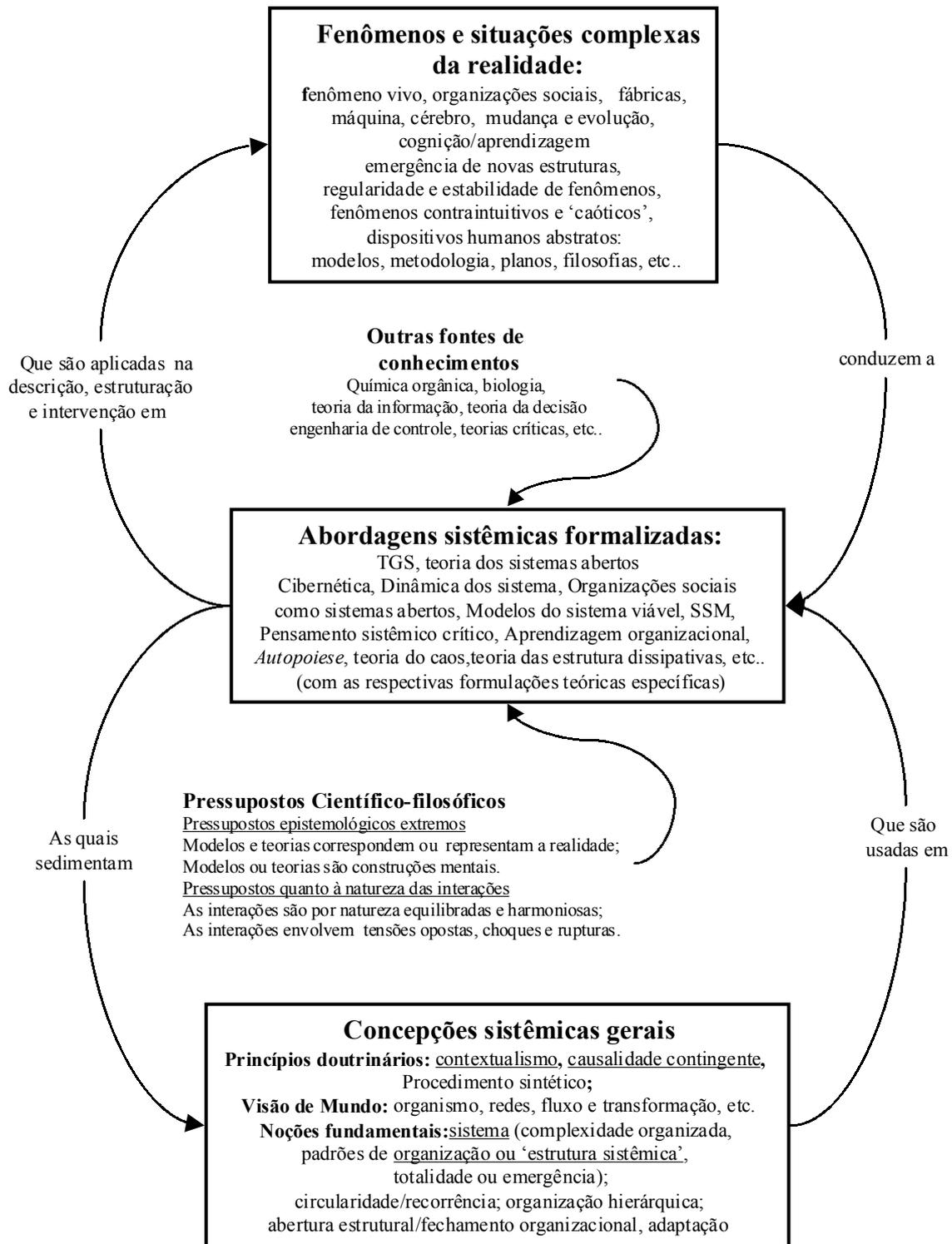


Figura 7. 3 - Inter-relacionamento dos três aspectos centrais das distintas formas de pensamento sistêmico.

Como mostra a Figura 7.3, o modelo é constituído de dois ciclos inter-relacionados:

- O ciclo aplicado (ciclo superior da Figura 7.3) consiste na formulação de abordagens relevantes a problemas e preocupações relacionadas a **fenômenos e situações complexos da realidade**. Este ciclo compreende o processo básico de desenvolvimento de qualquer abordagem ou modelo teórico (**abordagens sistêmicas formalizadas**). Também envolve o teste e melhoria contínua da teoria e dos aspectos metodológicos já formulados, através de aplicações a velhas e novas questões no âmbito de um conteúdo focalizado;
- O ciclo fundamental (ciclo inferior da Figura 7.3) refere-se à sedimentação das **concepções sistêmicas gerais**. Estas derivam dos aspectos teóricos contemplados nas **abordagens sistêmicas formalizadas** ou em desenvolvimento. Por sua vez, o núcleo de concepções sistêmicas gerais já consolidadas, serve de repertório tanto para o aprimoramento de abordagens existentes como para o desenvolvimento de novas abordagens.

Pressupostos científico-filosóficos acerca do caráter do conhecimento obtido com o processo de pensamento sistêmico e quanto à natureza das interações num contexto, são convicções profundas que informam as formulações teóricas específicas que conformam as abordagens.

Outras fontes de conhecimentos, externas ao pensamento sistêmico, muitas vezes servem de suporte ou base teórica para o desenvolvimento de novas abordagens sistêmicas.

Assim, o desenvolvimento das concepções sistêmicas pode ser visto como um processo contínuo de aprimoramento das abordagens e concepções gerais já existentes, bem como o desenvolvimento de novas concepções, via novas aplicações a questões complexas da realidade. Essa dinâmica pode envolver múltiplos processos mútuos, que incluem aprendizagem cruzada entre as diversas abordagens. Isso é válido para uma única abordagem, como para o pensamento sistêmico em seu conjunto.

Quando se olha para o pensamento sistêmico como um processo dinâmico integrado em desenvolvimento, a diversidade de abordagens deixa de ser um problema. Distintas abordagens são necessárias em decorrência da ilimitada diversidade que constitui a realidade e dos distintos enfoques em que seus múltiplos aspectos podem ser descritos e e

examinados. A diversidade de abordagens é fonte de enriquecimento teórico e metodológico contínuo do pensamento sistêmico como um todo.

A partir da Figura 7.3 pode-se inferir, ainda, duas formas genéricas de desenvolvimento do pensamento sistêmico.

Uma caracteriza-se pelo desenvolvimento e aprimoramento das concepções sistêmicas a partir da tentativa de **formulação de modelos teóricos, abordagens e metodologias para lidar com fenômenos, situações e problemas complexos, em função de regularidades empíricas observadas no mundo real.** Este foi, por exemplo, o modo como se desenvolveram as primeiras concepções sistêmicas contemporâneas, pioneiramente, a partir dos biólogos organísmicos. Os conhecimentos prévios da biologia – uma fonte de conhecimentos exteriores ao movimento sistêmico – e as primeiras formulações sistêmicas dos biólogos organísmicos, voltadas para a explicação do fenômeno complexo específico – a existência de vida –, em seguida foram generalizadas em noções sistêmicas gerais. O conceito de ‘sistema aberto’ é o exemplo clássico de como um conceito formulado para explicar as características de um fenômeno complexo específico pode contribuir decisivamente para desencadear a constituição de noções e princípios sistêmicos generalizáveis. Outro exemplo de uma formulação voltada a um aspecto específico da complexidade que foi generalizado vem da cibernética. Trata-se da realimentação negativa de informação reconhecida como central para explicar a estabilidade e comportamento finalista de sistemas complexos. Como último exemplo cabe salientar que a circularidade e a recorrência são noções que implícita ou abertamente aparecem na explicação de fenômenos específicos, como por exemplo nos processos auto-organização e *autopoiese* dos sistemas vivos. Entretanto, pela sua importância geral passam a ser reconhecidos como de importância geral para a compreensão da organização sistêmica.

O sentido inverso de desenvolvimento das concepções sistêmicas, que pode ser inferido da Figura 7.3, envolve o reconhecimento de que uma vez constituída uma base de pressupostos, devido ao desenvolvimento das concepções sistêmicas, já ocorridos, os mesmos servirão de base para a elaboração e o aprimoramento futuro das abordagens sistêmicas aplicadas e, por decorrência, das noções e princípios gerais. O mesmo vale em relação ao conjunto de noções e princípios gerais. A existência de um estoque de noções e princípios gerais já consolidados influenciará o desenvolvimento futuro de novas aplicações. Ou seja, noções e princípios sistêmicos, bem como os pressupostos já consolidados, informarão o desenvolvimento futuro do pensamento sistêmico, tanto na forma de novas concepções sistêmicas gerais como na forma de abordagens aplicadas.

Finalmente, conhecimentos desenvolvidos anteriormente e externamente ao movimento sistêmico podem servir de fonte para o enriquecimento do pensamento sistêmico. Esses conhecimentos podem ser agrupados em três tipos: **antecedentes das concepções sistêmicas, desenvolvimentos disciplinares e interdisciplinares e outros desenvolvimentos teóricos e filosóficos.**

Exemplos de conhecimentos que caracterizam antecedentes do pensamento sistêmico foram descritos no capítulo II, subseção 2.1.2.

Vários desenvolvimentos disciplinares e interdisciplinares contribuíram e ainda contribuem ao pontarem a necessidade da perspectiva sistêmica. Exemplos de desenvolvimentos em conteúdos disciplinares citados na literatura, que influenciaram o pensamento sistêmico, são: a química orgânica (Checkland, 1981); a biologia organísmica (Bertalanffy, 1976), a engenharia de controle (Checkland, 1981; Ackoff, 1981; Forrester, 1961); a física quântica (Capra, 1997). Exemplos de desenvolvimentos interdisciplinares que influenciaram o pensamento sistêmico são a teoria da informação, a pesquisa operacional, a teoria das organizações, as ciências administrativas, as ciências da computação (Ackoff, 1981), entre outros.

Como exemplo da influência de teorias e filosofias externas ao pensamento sistêmico, pode ser citado o uso recente de pressupostos teóricos interpretativos e teorias sociais críticas, respectivamente, no desenvolvimento das abordagens sistêmicas *soft* e abordagens sistêmicas críticas.

7.5 – CONCLUSÃO DO CAPÍTULO

Este capítulo iniciou pelo exame dos aspectos doutrinários gerais que puderam ser inferidos dos autores examinados. Foi mostrado que o pensamento sistêmico envolve uma mudança essencial quanto à concepção da realidade. Os dois princípios doutrinários que expressam essa mudança foram denominados, respectivamente, de contextualismo e causalidade contingente. Estes princípios implicam novos procedimentos quanto ao modo de construir conhecimentos que, em linhas gerais, implica uma inversão lógica comparativamente ao pensamento analítico. O pensamento sistêmico muda o foco de partes elementares para a síntese de padrão de interações que contextualiza o fenômeno a ser investigado.

A organização sistêmica foi destacada como noção central do conceito de sistema pois operacionaliza a tradução das doutrinas sistêmicas em noções e princípios que

podem ser aplicados em distintas abordagens. Três características gerais, que distinguem a organização sistêmica das idéias clássicas de organização e estrutura, foram identificadas: i) a organização sistêmica refere-se padrões dinâmicos de interações como configuração explicativa da identidade de uma unidade complexa; ii) a organização sistêmica pressupõe atividades processuais - fluxos de matéria energia e informação – que realizam ou geram a existência de uma unidade, fenômeno ou situação complexa; iii) modelos sistêmicos servem para organizar a informação como hipóteses ou teorias explicativas sobre problemas ou questões complexas da realidade. Quatro noções operacionais chave foram identificadas para a descrição da organização sistêmica: circularidade e recorrência; hierarquia; abertura e fechamento e adaptação.

Na subseção 7.2.1 foi mostrado que as abordagens sistêmicas podem ser diferenciadas em razão dos distintos conteúdos complexos da realidade que focalizam. Uma conclusão importante do trabalho, discutida na subseção 7.2.3, foi à constatação de que a complexidade pode ser visualizada em termos de quatro dimensões ou níveis de explicação da realidade: i) como diversidade de partes ou componentes; ii) como processos que geram característica ou comportamentos observáveis no tempo; iii) como estrutura ou organização sistêmica e iii) como sobre-determinada pelo processo cognitiva e interações humanas. A relevância dos quatro níveis de distinção da complexidade está em tornar visível modos de uso complementar do pensamento sistêmico com outras ferramentas e abordagens, quando se trata de questões relacionadas a organizações. Na seção 7.3 foi apontado que três tendências principais podem ser identificadas quanto aos pressupostos adotados acerca da natureza do conhecimento e acerca da natureza das interações, quando se trata de abordagens voltadas a organizações: i) a perspectiva clássica (*hard*), para a qual sistemas correspondem ou representam a realidade objetiva; ii) a perspectiva interpretativa ou *soft*, que enxerga modelos como construções abstratas que procuram dar sentido a realidade e; iii) a perspectiva crítica segundo a qual: a) o conhecimento é sistematicamente distorcido pelos interesses que subscrevem o desenvolvimento da ciência; b) em organizações deve ser reconhecida a presença de desigualdades, interesses opostos e conflitos que podem ser irreconciliáveis. Finalmente, na seção 7.4, foi examinado o caráter do pensamento sistêmico. A conclusão sugere que o pensamento sistêmico aponta para uma mudança geral de mentalidade sendo inadequada a sua caracterização como sendo somente uma mudança de paradigma.

CAPÍTULO 8

8. CONCLUSÕES

Este trabalho de cunho descritivo pautou-se pela investigação dos fundamentos do pensamento sistêmico – princípios doutrinários, noções e conceitos gerais, concepções específicas e outras concepções de natureza científico-filosófica – com o objetivo de articulá-los numa síntese, como elementos de um novo quadro de referência conceptual para a abordagem de questões complexas.

A partir da revisão teórica do capítulo II e, uma vez estabelecidos os tópicos de investigação das abordagens no capítulo III, foram examinadas quinze abordagens sistêmicas distintas, nos capítulos IV, V e VI. Na seqüência, no capítulo VII, foram consolidados os resultados da pesquisa teórica, em sintonia com os objetivos estabelecidos para o trabalho.

Preliminarmente à revisão das principais conclusões relacionadas aos objetivos do trabalho, cabe destacar a importância da definição de uma perspectiva global quanto ao caráter do pensamento sistêmico. Esta definição, descrita no capítulo III, conduziu à escolha dos tópicos de investigação que estão no núcleo do desenvolvimento do trabalho. É essa definição que constitui a racionalidade subjacente ao trabalho em seu conjunto. Pode ser visto como o ‘modelo mental’ ou uma ‘construção conceptual’ que resultou da pesquisa preliminar - capítulos II e III - e que foi consolidada ao longo do trabalho. Pela sua importância para as conclusões será sinteticamente apresentada a seguir.

A definição central quanto ao caráter do pensamento sistêmico foi formulada em analogia ao desenvolvimento do pensamento analítico, explorando argumentos de Checkland (1981). Examinando as posições desse autor, o pensamento sistêmico foi concebido como

epistemologia geral ou meta linguagem que contempla princípios doutrinários e noções teóricas gerais que emergem do desenvolvimento de teorias e abordagens em diversas áreas do conhecimento.

A partir dessa conclusão o pensamento sistêmico pôde ser visualizado como um processo de desenvolvimento e aprimoramento combinado de **um quadro de concepções gerais** e de inúmeras **abordagens, metodologias, modelos teóricos voltados aos diversos temas complexos da realidade**.

Uma vez formulado o entendimento anterior, foram definidos três tópicos de investigação para orientar o exame das abordagens. Consistia em destacar **as concepções sistêmicas gerais** (princípios doutrinários e noções centrais) e os aspectos conceptuais específicos das abordagens, desdobrados em: i) **formulações teóricas específicas voltadas aos temas focalizados** e; ii) **pressupostos científico-filosóficos relacionados aos enfoques específicos adotados nas abordagens**.

Examinadas as abordagens, a imagem geral que emergiu quanto ao caráter do pensamento sistêmico, pôde ser descrita como um processo dinâmico de desenvolvimento e aprimoramento contínuo que inter-relaciona:

- A experiência e o interesse em explicar distintos fenômenos e situações de complexas distinguidas na realidade;
- A formulação de abordagens e modelos teóricos que contemplam formulações teóricas específicas para lidar com os diversos conteúdos de interesse;
- A sedimentação de concepções sistêmicas gerais, contemplando doutrinas e noções que, paulatinamente, vem constituindo um novo quadro de referência geral de construção do conhecimento.

Após a investigação das abordagens e das conclusões consolidadas no capítulo VII, o pensamento sistêmico como um novo quadro de referência intelectual dinâmico, pode ser representado pela da figura 8.1 (este modelo é uma versão compacta do diagrama da figura 7.3).

Como caracterização geral, de acordo com os argumentos apresentados na subseção 7.4.1, o pensamento sistêmico se distingue de um paradigma científico pois contempla uma nova base doutrinária geral quanto à natureza da realidade. Estas doutrinas apontam para uma mudança geral de mentalidade, similar à provocada pelo pensamento analítico, nos seus primórdios. Semelhantemente à perspectiva analítica desdobra-se em múltiplas abordagens voltadas aos mais variados campos de conhecimento. Assim, concluiu-se como mais adequado

caracterizar o pensamento sistêmico como um novo quadro de referência geral do processo de pensamento, que tem a vocação para gerar uma mudança de mentalidade mais geral, ao invés de se tratar somente de uma mudança de paradigma científico em um campo de conhecimentos específicos ou mais restritos.

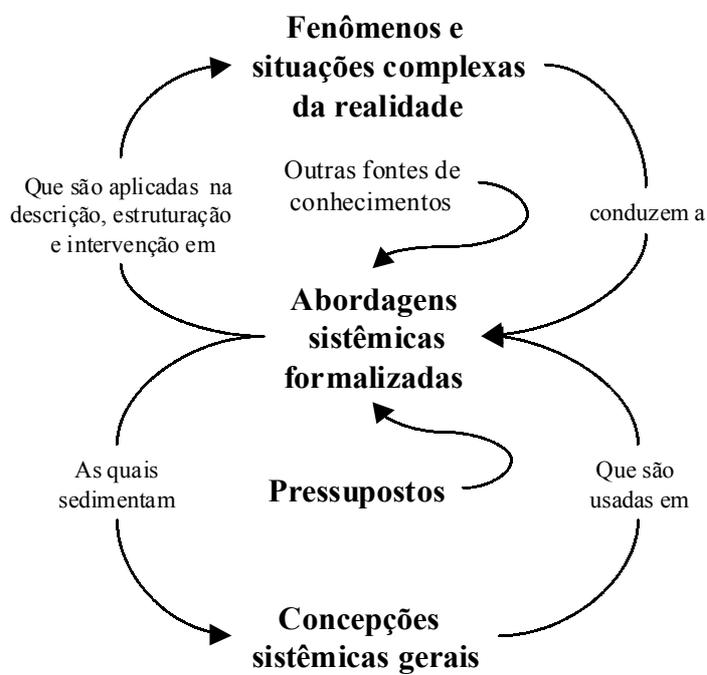


Figura 8. 1 - Inter-relacionamento dos três aspectos centrais de distintas formas de pensamento sistêmico (forma compacta).

8.1 – CONCLUSÕES CENTRAIS DO TRABALHO

A seguir são enunciadas as conclusões centrais desta dissertação.

1. **O pensamento sistêmico nasce do questionamento da aplicabilidade universal das doutrinas analíticas**, segundo as quais, todos fenômenos podem ser compreendidos desmembrando-os em partes componentes e determinados ou estruturados a partir da adição e/ou sobreposição de relações causais lineares entre os mesmos. O questionamento desses preceitos fundamentais não significa a negação das concepções analíticas como uma das formas de auscultar a realidade⁵¹. Entretanto, a propriedade da aditividade não se aplica a fenômenos e a situações complexas simultaneamente constituídos e mantidos por interações de natureza organizada. Para o pensamento sistêmico, fenômenos ou situações complexas devem ser examinados como todos, em função de algum critério de investigação associado a uma característica global de interesse (propriedade emergente). Supõe a existência de uma dinâmica própria, geradora de causalidade local, que determina e preserva as características sistêmicas e sua evolução, diante das múltiplas determinações externas.
2. **O pensamento sistêmico envolve uma mudança de foco quanto à concepção da natureza da realidade**. O pensamento sistêmico assume implicitamente o pressuposto de que o ‘tecido’ fundamental da existência - a essência constitutiva da realidade – são fluxos de atividades e processos. Para o pensamento sistêmico, a realidade não é constituída de elementos últimos, seja na forma de matéria e energia, ou mesmo de idéias elementares, quando se trata de construtos abstratos. Organizações complexas como átomos, moléculas, seres vivos, mentes e sociedades emergem dos fluxos de atividades ou processos.

⁵¹ Por exemplo no estudo sobre o funcionamento ou respostas de um objeto ou fenômeno isolado, modificado uma variável a cada tempo, para inferir as leis que permitem prever as propriedades dos fenômenos em diferentes condições. Também no estudo de sistemas homogêneos - complexidade desorganizada - compostos de uma grande quantidade de elementos similares, tendo interações fracas entre eles, onde as leis da estatística podem ser aplicadas.

3. A tendência à substituição da crença num universo explicado ontologicamente em função de elementos básicos por um universo fundado em por fluxos de atividades e processos, independe dos pressupostos adotados quanto ao caráter do conhecimento alcançado com o pensamento sistêmico. Conforme mostrado na seção 7.1, mesmo autores que adotam uma perspectiva interpretativa - as concepções sistêmicas assumidas como uma nova linguagem útil para dar sentido à realidade - adotam essa conjectura para justificar a utilidade das concepções sistêmicas.

4. Os dois princípios doutrinários que expressam a mudança de foco quanto à concepção da natureza da realidade esboçada pelo pensamento sistêmico e que suportam o procedimento sistêmico de investigação, foram denominados, respectivamente, de **contextualismo** e **causalidade contingente**.
 - ‘**Contextualismo**’ foi denominação adotada para a doutrina que sustenta que a realidade pode ser concebida em termos de padrões de interações dentro de contextos maiores de múltiplos padrões de interações. Esse princípio supõe a existência de distintos níveis sistêmicos na realidade, aos quais devem corresponder diferentes níveis descritivos da organização da complexidade, em função de variados interesses e critérios delimitadores.
 - ‘**Causalidade contingente**’ foi a expressão escolhida para denominar a doutrina que estabelece a que realidade concebida em termos de complexos organizados implica o reconhecimento de um determinismo gerado localmente. Assim, a realidade concebida como padrões de interações não pode ser explanada a partir de relações de causa e efeito simples, a partir de determinações externas impingidas aos fenômenos e situações complexas. Proposições explicativas sistêmicas requerem explicações causais que supõem interações endógenas que ‘localmente’ determinam as características emergentes. **Sem uma lógica causal contingente, fenômenos e entidades complexas não podem ser compreendidos em termos da sua continuidade ou permanência no tempo, diante das múltiplas determinações externas.**

5. Adotar os princípios doutrinários acima descritos, implica novos procedimentos quanto ao modo de construir conhecimentos. O **procedimento sistêmico de investigação ou síntese**, em linhas gerais significa adotar como fundamento de investigação a suposição de que para compreensão da complexidade é necessário incluir a totalidade de fatores relevantes ao conteúdo ou unidade complexa em estudo, bem como, suas interações e interdependências. A inversão lógica introduzida pelo pensamento sistêmico muda o foco da investigação de partes constitutivas para a síntese de padrão de interações que **contextualiza** fenômeno a ser investigado. Ao invés de explicar o comportamento de algo a partir de uma lógica causal imposta ‘de fora’ ao objeto, as características, propriedades e o comportamento de fenômenos e situações complexas devem ser explicados a partir da lógica causal contingente, gerada pelas interações que constituem e mantêm os mesmos.

6. O conceito de sistema assenta-se nos princípios doutrinários acima descritos. Três idéias caracterizam de modo geral o conceito:
 - **Complexidade organizada** expressão originalmente cunhada para se referir a fenômenos que envolvem várias variáveis inter-relacionadas;
 - **Organização sistêmica** ou, alternativamente, **estrutura sistêmica** para designar o padrão de interações que configura um sistema e;
 - **Unidade complexa ou totalidade** que expressa o entendimento de que fenômenos complexos possuem propriedades globais que não podem ser deduzidas das partes e subsistemas que os constituem.

7. A **organização sistêmica** ou estrutura sistêmica é a noção operacional central do conceito de sistema pois torna possível traduzir as doutrinas sistêmicas em modelos sistêmicos. Consiste em destacar um padrão de interações como hipótese explicativa de algo. Três características gerais distinguem a organização sistêmica das idéias clássicas de organização e estrutura:
 - Embora em qualquer nível de investigação ou descrição possam ser identificados partes ou subsistemas, do ponto de vista da sua existência e funcionamento, ‘estruturas sistêmicas’ resultam de interações

dinâmicas. A organização sistêmica refere-se a padrões dinâmicos de interações, como configuração explicativa da identidade de uma unidade complexa. Distingue-se da compreensão tradicional onde a organização é concebida como relações estáticas entre partes ou estruturas isoladas.

- A organização sistêmica, como descrição abstrata de interações, pressupõe atividades processuais - fluxos de matéria, energia e informação – que realizam ou geram a existência de uma unidade, fenômeno ou situação complexa. Inversamente, pode-se dizer que é somente através dos processos que se ‘materializa’ ou realiza a lógica que origina a existência de um fenômeno ou entidade complexa. Fenômenos biológicos, organizações produtivas, sistemas econômicos e sistemas sociais somente podem ser compreendidos, quanto à sua continuidade no tempo, por serem constituídos ao nível físico, por redes recorrentes de processos interconectados.
 - Modelos sistêmicos são formulações de hipóteses ou teorias explicativas sobre problemas ou questões complexas da realidade. Servem para organizar a informação, seja quando o conhecimento é suposto corresponder ou representar uma realidade objetiva dada, seja quando o conhecimento é suposto ser uma construção abstrata explicativo da experiência humana.
8. Pensamento sistêmico é pensamento ‘estruturalista’, no sentido sugerido Jackson (1991). Serve para construir conhecimentos acerca da lógica dos processos subjacentes que geram as características observáveis. Modelos sistêmicos servem para descrever:
- A lógica das conexões de um conjunto de processos recorrentes, como proposição explicativa de fenômenos ou entidades físicas;
 - A lógica de processos físicos e atividades humanas inter-relacionadas, como proposição explicativa de fenômenos e processos sociais;
 - Distintos pontos de vista ou interpretações de indivíduos e grupos acerca de fenômenos, situações ou problemas e;

- As interações entre noções conceituais e princípios de construções humanas abstratas de um modo geral.
9. Quatro noções operacionais chave foram identificadas como centrais para a descrição de da organização sistêmica: circularidade e recorrência, hierarquia, abertura e fechamento e adaptação
- **Circularidade e recorrência**, conforme pôde ser constatado a partir das abordagens examinadas, são noções que estão no núcleo da explicação sistêmica da natureza constitutiva da realidade. Têm a mesma importância para o pensamento sistêmico que tem a noção de elemento básico ou substancial para o pensamento analítico. Complexos organizados que possuem a propriedade de manter as suas características globais ou emergentes, requerem como recurso explicativo a suposição de interações que, simultaneamente, os constituem e mantêm ao longo do tempo. Isso implica sempre algum caminho circular das interações e a recorrência dos processos que as realizam.
 - **Hierarquia** implica que a identidade de um sistema, num dado instante, requer a existência de restrições às quais as diversas partes e subsistemas estão subordinados, como parte de um padrão organizado que ajudam a constituir. Tais restrições podem ser vistas como o controle ou a influência exercido por outros níveis sistêmicos ou sistema maior, como o ambiente social e físico, sobre um nível sistêmico ou sistema específico. Assim, descrições sistêmicas envolvem o reconhecimento de níveis hierárquicos, em que a complexidade aumenta com a elevação do número de níveis inter-relacionados. Cada nível apresenta propriedades emergentes que não existem no nível inferior. Portanto, um passo importante em uma descrição sistêmica é a escolha de um nível adequado de investigação.
 - **Abertura e fechamento** são duas noções aparentemente contraditórias que aparecem com ênfase diferenciada nas abordagens investigadas. Estas noções operam em dois níveis distintos de explicação dos fenômenos complexos. **Tanto a manutenção de um conjunto de**

interações fechadas como abertura a trocas com o meio, são condições necessárias para a manutenção da identidade de uma entidade ou fenômeno complexo. O fechamento se refere ao nível explicativo da organização sistêmica ou, alternativamente, da ‘estrutura sistêmica’ como padrão de interações sistêmicas que permite falar em termos de um ‘todo’ identificável. A abertura se refere aos intercâmbios com o ambiente, necessários para efetivar a contínua renovação dos processos e componentes que efetivam a existência do todo.

- A noção de **adaptação** remete à busca da compreensão das interações que geram as capacidades de continuidade de entidades e fenômenos complexa, diante dos impactos das variações ambientais. Para realizar os ajustes necessários às mudanças no contexto as estratégias podem envolver desde processos de co-evolução paulatina até a auto-transformação das estruturas.
10. As abordagens sistêmicas diferenciam-se em razão do interesse em distintos conteúdos complexos da realidade. Os temas focalizados pelas abordagens impõem que as idéias sistêmicas gerais revistam-se de aspectos teóricos específicos, adequados à questão central que uma abordagem procura responder. Isso impõe a necessidade de elaborações teóricas que conduzem à introdução de novas noções e conceitos no repertório do pensamento sistêmico. O exame das abordagens indicou que as formulações específicas não somente criam um modo de explorar um tema ou conteúdo, mas também que as novas elaborações expandem o arcabouço de concepções sistêmicas gerais. De um modo geral os aspectos teóricos que se sedimentam em concepções gerais tem sua origem nas diversas abordagens e não a partir de macro formulações teóricas e filosóficas gerais.
11. Seis modos genéricos de aplicação do conceito de sistema foram identificados no exame das abordagens:
- Investigação de padrões de interações que geram as características ou comportamentos dinâmicos;
 - A investigação de fenômenos e entidades complexas com vistas à compreensão e o projeto de mecanismo regulação e controle;

- A investigação e o projeto de processos de organização e auto-organização;
- A investigação da lógica dos processos de mudanças e transformações estruturais de um modo geral. Em organizações humanas envolve o reconhecimento de desigualdades, tensões e conflitos estruturais;
- A utilização das concepções sistêmicas como base conceptual na elaboração de metodologias para estruturar conhecimentos, aprendizagem, bem como, para construir modelos conceituais acerca de situações problemáticas;
- A utilização das concepções sistêmicas para administrar a complexidade em organizações sociais, o que envolvendo todas as formas anteriores de utilização das concepções sistêmicas.

12. As abordagens sistêmicas divergem quanto aos pressupostos adotados acerca da natureza do conhecimento e acerca da natureza das interações que constituem os fenômenos experimentados na realidade. A natureza das interações é especialmente relevante quando se trata das abordagens voltadas para intervenção em contextos sociais.

- Quanto aos pressupostos sobre a natureza do conhecimento as duas posições extremas das quais se aproximam as abordagens são: (i) **modelos sistêmicos assumidos como correspondem ou representando a realidade objetiva** e, a posição oposta, (ii) **‘sistemas’ como construções mentais que servem para interpretar e dar sentido à realidade.**
- Quanto à natureza das interações, num extremo pode-se distinguir a posição de que **as relações na natureza e na sociedade são equilibradas e harmoniosas** e, no outro extremo, de que **as relações na natureza e na sociedade incluem tensões, oposições, choques e cisões.**

13. Tratando-se de aplicações das concepções sistêmicas a questões organizacionais, a abordagem escolhida deve contemplar uma base de pressupostos adequados às condições identificadas no contexto. Por exemplo,

se a questão problemática envolve distintas visões relevantes à situação, a abordagem ou a seqüência de abordagens a ser aplicada deve partir do reconhecimento de que o problema ou questão a ser resolvida não é um mero reflexo da realidade objetiva, podendo ser tratada como independente dos objetivos e propósitos das diversas partes interessadas na sua solução.

14. No campo das ciências da administração três tendências principais podem ser identificadas quanto às suposições que adotam sobre a natureza do conhecimento e a natureza das interações sociais, conforme sugeriu Jackson (1991):

- **Para a perspectiva clássica (*hard*)** sistemas correspondem ou representam a realidade objetiva. Os atributos das partes e suas relações podem ser quantificados e o sistema representado num modelo matemático. A intervenção nas organizações tem o objetivo de melhorar o seu controle, uma vez assumido que é da natureza da sociedade humana procurar seu auto-equilíbrio.
- **Para a perspectiva interpretativa ou *soft*** modelos são construções abstratas, baseadas em percepções e visões de mundo, que procuram dar sentido a realidade. Servem para estruturar ‘sistemas de problemas’ como construções subjetivas (Ackoff, 1974), constituir acordos para realizar melhorias (Checkland, 1981), ou ainda, construir modelos mentais compartilhados em equipe (Senge, 1990).
- **Para a perspectiva crítica** o conhecimento é sistematicamente distorcido pelos interesses que subscrevem o desenvolvimento da ciência e a aplicação dos seus resultados na sociedade (Mingers, 1992). As distorções manifestam-se em desigualdade materiais, poder e informação. Modelos sistêmicos que descrevem as visões de pessoas e grupos acerca de uma situação ou problema, sofrerão mudanças se for alterada a forma como as pessoas pensam e interagem. As pessoas, como partes ativas de um contexto, poderão alterar suas percepções e ações em razão da modificação nas condições materiais, nas relações sociais, e do acesso a novas informações e conhecimentos.

15. Um dos resultados mais importantes do trabalho é a conclusão de que a complexidade pode ser visualizada em termos de quatro dimensões ou níveis de percepção da realidade:
- Como partes ou componentes aos quais podem ser associados eventos e acontecimentos;
 - Como processos aos quais podem ser associados características e padrões de comportamento ao longo do tempo;
 - Como processos inter-relacionados que podem ser descritos como estrutura ou organização sistêmica em razão de alguma questão de interesse focalizada;
 - Como sobre-determinada pelo fator humano que, como parte dos processos que constituem os padrões sistêmicos, pode alterar a lógica de uma situação em razão de mudanças no seu modo de ver e agir dentro do contexto.
16. O modo como cada uma das quatro dimensões da complexidade é considerado nas abordagens depende não somente do conteúdo focalizado mas das convicções científico-filosóficas incorporadas em cada abordagem.
17. Do ponto de vista prático, a relevância dos quatro níveis de distinção da complexidade está em tornar possível visualizar múltiplos modos de uso complementar do pensamento sistêmico com outras ferramentas e abordagens para tratamentos questões problemáticas e gerencias em organizações.
18. Tipicamente, **a formulação de hipóteses ou teorias explicativas através de modelos sistêmicos corresponde ao terceiro nível de descrição da complexidade.** Independente da abordagem, do conteúdo complexo focalizado e dos pressupostos adotados, modelos sistêmicos consistem essencialmente num conjunto de atividades e procedimentos que descrevem a organização ou estrutura sistêmica de uma situação ou fenômeno. **Envolve determinações oriundas do quarto nível de descrição da complexidade (valores interesses, pressupostos) que informa a identificação dos aspectos empíricos relevantes no primeiro e no segundo nível. Ou seja, a seleção e**

delimitação dos processos, fatores e eventos que serão salientados para integrarem o modelo, e ainda, o modo de concepção do próprio modelo.

19. A sobre-determinação da dimensão cognitiva e das interações estabelecidas no contexto, na descrição da complexidade nos três outros níveis, está associada a aspectos normativos, conceptuais e interesses investigatórios:
 - Questões normativas fundamentam a visão de mundo de quem descreve a situações e inclui valores, crenças, interesses de indivíduos e grupos, apreciação das relações sociais, posições políticas e ideológicas e aspectos transcendentais;
 - Questões conceptuais relacionam-se a pressupostos, princípios e noções teóricas que formam a base de concepções da abordagem ou modelo de investigação empregado;
 - Interesses investigatórios dizem respeito aos objetivos específicos que orientam o exame de um conteúdo.
20. Novas experiências empíricas como a observação de novos eventos e acontecimentos ou a distinção de novas características e padrões evolutivos no tempo, confrontados como os pressupostos, valores e o modelo formal, podem gerar modificações e conduzir a mudanças, tanto no modo de percepção como na descrição formal de um sistema.
21. Assim, um modelo sistêmico é duplamente determinado, como sugeriu Morim (1977):
 - De um lado refere-se a um mundo experimentado empiricamente de onde provém a percepção de que existem condições físicas de formação e existência de interações que, simultaneamente, constituem e mantêm os fenômenos complexos. Por exemplo, uma organização produtiva envolve inúmeras partes físicas como máquinas, equipamentos, instalações, pessoas, unidades que agrupam vários desses componentes, bem como, processos físicos e processos envolvendo o fator humano. **Ou seja, só tem sentido descrever modelos sistêmicos partindo do pressuposto de que a explicação representada num modelo tem alguma coisa a haver com o inter-relacionamento entre as partes e processos no mundo real.**

- Ao mesmo tempo, o modo de distinção ou descrição daquilo que é experimentado, por mais evidente que pareça, depende do processo cognitivo. Este é modelado por fatores biológicos, culturais e lingüísticos (Bertalanffy, 1975) que delimitam o ‘espaço’ de onde o observador/conceptor opera as abstrações (Morim, 1977). Além disso, a seleção ou delimitação de partes, a definição das variáveis e interações relevantes para um modelo sistêmico e o modo de concebê-lo formalmente, não podem ser dissociados do interesse de investigação, de aspecto normativos e conceptuais. Portanto, em qualquer delimitação o sujeito introduz, na aplicação prática do conceito de sistema, determinações subjetivas que envolvem aspectos conceptuais, culturais, sociais e político-ideológicas.
22. Uma organização é constituída a partir da interação entre atividades técnicas e humanas horizontalmente e verticalmente integradas. A integração envolve controles e procedimentos técnicos, regras e práticas sócio-culturais e políticas (Flood, 1995).
23. A relevância da dimensão cognitiva na explicação da complexidade, especialmente quando se trata de abordagens sistêmicas voltadas organizações sociais, têm as seguintes implicações práticas:
- Ser sistêmico, como princípio de construção de conhecimentos em contextos sociais, requer uma avaliação adequada de todos tipos de interações. Tanto no que diz respeito aos fatores técnicas, como à natureza das interações entre as pessoas. Assim, a obtenção de uma visão sistêmica global somente será possível considerando as percepções, tanto das pessoas envolvidas pelas decisões como afetadas pelas conseqüências geradas pelas decisões. Se a participação não ocorrer, amplia-se a possibilidade de ações inadequadas ou ineficazes (Flood, 1995);
 - Distintas visões, interesses e objetivos ajudam a compor a complexidade de contexto organizacional. Modificação no *status* desses aspectos alterará a configuração das interações no contexto e, como conseqüência, o modo como as pessoas perceberão, interpretarão e agirão nas novas condições. Ou seja, os modelos sistêmicos que descrevem as visões de pessoas e grupos acerca de uma situação ou

problema sofrerão mudanças, uma vez alteradas as condições até então existentes;

- A obtenção de uma visão sistêmica genuína ou que se aproxima ao máximo de um quadro completo da complexidade de um contexto, somente será possível se as restrições que impedem a realização desse objetivo forem removidas. Isso inclui: a) a inclusão das visões e posicionamentos dos responsáveis pelas decisões, dos incumbidos pela implementação das decisões e dos afetados diretos e indiretos pelas conseqüências da implementação das decisões; b) a plena manifestação das distintas visões acerca do contexto requer a detecção e remoção dos obstáculos oriundos de relações de poder coercitivas e de aspectos culturais que inibem a sua expressão; c) desigualdades de informação e conhecimentos também devem ser suprimidas, para ajudar a eliminar distorções no reconhecimento e descrição de uma situação (Flood, 1995; Jackson, 1991).

8.2 – SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A partir do presente trabalho, vários desdobramentos para pesquisas futuras podem ser destacados. As propostas apresentadas a seguir, apontam somente algumas das oportunidades vislumbradas para o desenvolvimento e aplicação do pensamento sistêmico a organizações, tanto em termos teóricos como em aplicações práticas.

- **Estudo das abordagens sistêmicas quanto às concepções específicas que contemplam e a seu uso mais apropriado no tratamento de diversos problemas em organizações.** Os estudos poderão restringir-se à uma abordagem específica acompanhada de estudos de casos, bem como, envolver estudos comparativos entre várias abordagens, através de pesquisa na literatura.
- **Estudos quanto ao uso complementar entre as abordagens sistêmicas *hard* e *soft*,** indicando em que condições isso pode ocorrer, uma vez que se apóiam em distintos pressupostos. A busca da sinergia pode ser útil na resolução de problemas de maneira abrangente. As abordagens *soft* podem servir, por exemplo, para a busca do entendimento global das questões e, as abordagens

hard, no estudo de aspectos específico do(s) modelo(s) sistêmico(s) que resultar do estudo global. Por exemplo, as técnicas de simulação computacional poderão ser utilizadas como ferramenta de estudo de uma parte, processo ou subsistema específico do modelo global.

- **Estudos específicos sobre as potencialidades e deficiências das abordagens e metodologias voltadas para contextos organizacionais problemáticos.** Sugere-se aqui, em especial, o estudo da abordagem de Ackoff (1981) para sistemas sociais, a Metodologia de Sistemas *Soft* – SSM (Checkland, 1981) e o modelo de aprendizagem organizacional de Senge (1990). Eventuais estudos comparativos poderão levar a sínteses que congreguem os pontos fortes de ambas, de modo que seja possível indicar aplicações específicas nas quais cada uma possui maior potencial.
- **Estudo das técnicas de modelagem** contempladas nas diversas abordagens e metodologias sistêmicas, com o objetivo de dominar o conhecimento nelas contemplado.
- **A investigação das abordagens sistêmicas críticas** com vista a avaliar a sua viabilidade e potencialidades reais para aplicação em organizações de produção.
- **Estudos para aplicação integrada e complementar entre as abordagens sistêmicas e outras abordagens e ferramentas das ciências da administração:**
 - (i) **Pensamento sistêmico e gestão de processos organizacionais:** mapas de processos organizacionais mostram fluxos de seqüências e interdependência cronológica de atividades. Modelos sistêmicos mostram relações de causalidade dinâmica entre vários processos e não meramente seqüências e cronologia de atividades. Numa perspectiva complementar, as abordagens sistêmicas podem ser utilizadas para o mapeamento global de um problema, identificado as interdependência e relações de *feedback* e as técnicas de mapeamento de processos utilizadas para investigar e melhorar um processo específico identificado como relevante para a introdução de melhorias;

- (ii) **Pensamento sistêmico e Gerenciamento da Qualidade Total - GQT:** uma visão sistêmica da gestão da qualidade; a mudança de pensamento necessária e a possibilidade de tornar sustentável a qualidade; os efeitos dos investimentos em qualidade, os atrasos e tempos de amadurecimento; a elucidação de paradoxos (como o custo x qualidade); o uso de ferramentas de maneira cruzada, entre outros, são aspectos que podem ser abordados em estudos sobre as possíveis sinergias entre o GQT e o pensamento sistêmico.
- (iii) **Pensamento sistêmico, MIASPs e outras técnicas de investigação:** considerando as abordagens sistêmicas do ponto de vista da análise e resolução de problemas, torna-se atraente relacionar as metodologias sistêmicas com outros processos racionais para tratamento de problemas, como por exemplo o QC-Story utilizado no GQT, o Mecanismo da Função de Produção e o método de tratamento de problemas da Teoria das Restrições, entre outros.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- ACKOFF, Russell L. *Systems, Organization, and Interdisciplinary Research* (1960). In: EMERY, F. E. (Ed). *Systems Thinking*. Pequim Books Ltda, 1969.
- ____, _____. *The Systems Revolution*. Long Range Planing, December, p. 2-20, 1974.
- ____, _____. *Creating de Corporate Future*. John Willey & Sons, 1981.
- ____, _____. *An Interactive View of rationality*. Journal of the Operational Research Society, (1983) 34, 719-722.
- ANDRADE, Aurélio L. *Aprendizagem e Desenvolvimento Organizacional: Uma Experiência com o Modelo da Quinta Disciplina*. *Dissertação de Mestrado apresentada ao PPGEP/UFRGS*, Porto Alegre, 1998.
- ANDRADE, Aurélio L. *Pensamento Sistêmico: Um Roteiro Básico para Perceber as Estruturas da Realidade Organizacional*. *READ - Revista Eletrônica de Administração* (Internet: <http://www.cesup.ufrgs.br/PPGA/read/read05/artigo/andrade.htm>) PPGA/UFRGS, nº 4. 04/97a.
- ____, _____. *O Desenvolvimento Organizacional através do Pensamento Sistêmico: O Caso da Trensurb*. Relatório Técnico. Porto Alegre, PPGEP/UFRGS e TRENSURB - Empresa de Trens Urbanos de Porto Alegre S.A., Janeiro de 1998a.
- ____, ____ & KASPER, Humberto. *Pensamento Sistêmico e Modelagem Computacional: Aplicação Prática na Empresa de Trens Urbanos de Porto Alegre - TRENSURB*. In: Anais do XVII ENEGEP - Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Porto Alegre, PPGEP/UFRGS, 1997.
- ____, _____. & BARBOSA JR, Nayron B. *Pensamento Sistêmico - O Caso da Arrecadação de Impostos do Município de Caxias do Sul*. *Working-paper* não publicado. Porto Alegre, *Progr. Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande Do Sul*, 1997.
- ASHBY, Ross W.. *Self-Regulation and Requisite Variety* (1956). In: EMERY, F. E. (Ed). *Systems Thinking*. Pequim Books Ltda, 1969.
- ____, _____. *Adaptation in the Multiestable System* (1960). In: EMERY, F. E. (Ed). *Systems Thinking*. Pequim Books Ltda, 1969.

____, _____. *Principles of the Self – Organizing Systems*. In: Heinz Von Foerster and George W. Zopf (Ed), New York: pergamon Press, 1962, p 225-78. In: BUCKLEY, W. (ed). *Modern System Research for the Behavior Scientis*. Aldine, Chicago, 1968.

____, _____. *Uma Introdução à Cibernética*. Ed Perspectiva S.A, São Paulo, SP, 1970.

____, _____. *Some Peculiarities of Complex Systems*. *Cybernetic Medicine*, (1973) 9, 1-7.

BEISHON, J. & PETERS, G.. *Systems Bahavior*. OUP, London, 1972.

BERTALANFFY, Ludwig V.. *The Theory of Open Systems in Physis and Biology* (1950). In: EMERY, F. E. (Ed). *Systems Thinking*. Pequim Books Ltda, 1969.

____, _____. *General System Theory: A Critical Rievew*. *General Systems*, VII (1962), 1-2. In: BUCKLEY, W. (ed). *Modern System Research for the Behavior Scientis*. Aldine, Chicago, 1968.

____, _____. *Teoria Geral dos Sistemas Aplicada à Psicologia*. In: TEORIA DOS SITEMAS (Ed). Série Ciências Sociais. Editora Getúlio Vargas, 1976.

____, _____. *Teoria geral dos sistemas*. Editora Vozes Ltda, Petrópolis -RJ, 1975.

BEER, Stafford. *Cibernetics and Management*. English Universities Press, London, 1959.

____, _____. The Will of the People. *Journal of the Operational Research Society*, (1983) 34, 797-810.

____, _____. The Viable System Model: Its Provenances, Development, Mhetodology and Pathology . *Journal of the Operational Research Society*, (1984).

BOHM, David. *A Totalidade e a Ordem Implícita*. Ed Cultrix Ltda, São Paulo, SP, 1992.

BORGES, Marco A. V., BORBA, Gustavo S. & ANDRADE, Aurélio L. Estudo do Sistema Emergência do Hospital Nossa Senhora da Conceição. *Relatório Técnico, PPGEP/UFRGS*. Porto Alegre, dezembro de 1997.

____, _____. & HÖRBE, Francisco. Estudo do Setor de Fiscalização do Departamento Municipal de Limpeza Urbana de Porto Alegre, *Anais do VI Simpósio de Engenharia de Produção*, Bauru, SP, 1999.

BOULDING, K. E.. General Systems Theory – The skeleton of Science. *Management Science*, 1956, 2 (3).

- BUCHDAHL, G.. *The Image of Newton and Locke in the age of Reason*, London, Sheed and Ward, 1961. Apud CHECKLAND, P.. *Systems Thinking, Systems Practice*. New York, John Willey & Sons, 1981, p. 44.
- BUCKLEY, W. (ed). *Modern System Research for the Behavior Scientist*. Aldine, Chicago, 1968.
- _____, _____. *Society as a Complex Adaptative System*, 1968. In: BUCKLEY, W. (ed). *Modern System Research for the Behavior Scientist*. Aldine, Chicago, 1968.
- _____, _____. *Sociologia e a Moderna Teoria de Sistemas*. Editora da Universidade de São Paulo, SP, 1971.
- _____, _____. *General Introduction*. In: BUCKLEY, W. (ed). *Modern System Research for the Behavior Scientis*. Aldine, Chicago, 1968.
- BURREL, G & MORGAN, Gareth. *Sociological Paradigms and Organizational Analyses*. Heinemann, Londres, 1979.
- CAPRA, Fritjof. *A Teia da Vida - Uma Nova Compreensão Científica dos Sistemas Vivos*. São Paulo, Cultrix/Amana-key, 1996.
- _____, _____. & STEINDL-RAST, David (com Thomas Matus). *Pertencendo ao Universo - Explorações nas Fronteiras da Ciência e Espiritualidade*. São Paulo, Cultrix, 1996.
- CHECKLAND, P.. *A Systems Map of the Universe*. Journal of Systems Engineering (1971), 1(2).
- _____, _____. *Science and the Systems paradigm*. Int. J. General Systems. (1976) 3, 127-134.
- _____, _____. *The Shape of The Systems Movement*. Journal of Applied Systems Analyses, (1979) 6, 129-135.
- _____, _____. *Systems Thinking, Systems Practice*. New York, John Willey & Sons, 1981.
- _____, _____. *Rethinking a Systems Approach*. Journal of Applied Systems Analyses, (1981b) 8, 3-14.
- _____, _____. *O. R. and the Systems Movement: Mappings and Conflicts*. Journal of the Operational Research Society, (1983) 34, 661-675
- _____, _____. & CASAR, A.. *Vickers Concept of na Appreciative System: a Systemic Account*. Journal of Applied Systems Analyses, (1986) 13, 3-17.

- ____, _____. *Soft Systems Methodology: an overview*. Journal of Applied Systems Analyses, (1988a) 15, 27-30.
- ____, _____. *Soft Systems Methodology*. In: ROSENHEAD, Jonathan. *Rational Analyses for a Problematic World: Problems Structuring Methods for Complexity, Uncertainty and Conflict*. John Wiley & Sons, Chinchester, 1989.
- ____, ____ & SCHOLES Jim, *Soft Systems Methodology in Action*. Chichester, John Willey & Sons, 1990
- ____, ____ *Varieties of Systems Thinking: the Case of Soft Systems Methodology*. Systems Dynamic Review, (1994) 10, 189-197.
- DANDO, M. R. & BENETT, P. G.. *A Kuhnian Crises in Management Science?* Journal of the Operational Research Society, (1981) 32 p. 92
- DRUCKER, Peter. *The Emerging Theory of Manufacturing*. Harvad Business Review, may-june, 1990
- EMERY, F. E. (Ed). *Systems Thinking*. Pequim Books Ltda, 1969.
- FLOOD Robert L. & CARLSON, Ewart R. *Dealing With Complexity: Na Introduction to the Theory and applications of Systems Science*. Plenum Press, New York, 1988.
- ____, _____. *Liberating Systems Theory: Towards a Critical Systems Thinking*. Human Relation., (1990) 43, 49-75.
- ____, _____. *Total Systems Intevention (TSI): a Reconstitution*. Journal of the Operational Research Society, (1995) 46, 174-191.
- FORRESTER, Jay W.. *Industrial Dynamics: A Major Breakthrough for Decision Makers*. Harbard Business, 36, 4 p. 37-66, 1958.
- ____, _____. *Industrial Dynamics*. New York, London. The MIT Press and John Willey & Sons, 1961.
- ____, _____. *Industrial Dynamics: A Response to Ansoff and Slevin*, Manegement Science (9) 601-618, 1968.
- ____, _____. *Urban Dynamics*. Mit Press, Cambridge, 1969

____, _____. *Principles of Systems*. Productivity Press, Portland, 1990.

____, _____. *System Dynamics, Systems Thinking, and OR*. *Systems Dynamic Review*, (1994) 10, 245-256.

GLEICK, James. *Caos: A Criação de uma nova Ciência*. Editora Campos, Rio de Janeiro, 1990.

HAAL, A. D. & FAGEN, R. E.. *Definition of System*. *Systems Research*, 1956, 18-28. In: BUCKLEY, W. (ed). *Modern System Research for the Behavior Scientist*. Aldine, Chicago, 1968.

JACKSON, Michael C.. *The Nature of 'Soft' Systems Thinking: The work of Churchman, Ackoff and Checkland*. *Journal of Applied Systems Analyses*, (1982) 9, 17-29.

____, _____. *Towards a System of Systems Methodologies*. *Journal of the Operational Research Society*, (1984) 35, 473-486.

____, _____. *Beyond a System of Systems Methodologies*. *Journal of the Operational Research Society*, (1990) 41, 657-668.

____, _____. *Systems Methodology for the Management Sciences*. Plenum Press, New York, 1991.

____, _____. *Social Theory and Operational Research Practice*. *Journal of the Operational Research Society*, (1993) 44, 563-577.

JENKINS, Gwilym M.. *The Systems Approach*. (1972). In: *Systems Behavior*. BEISHON, J. & PETERS, G.. *Systems Behavior*. OUP, London, 1972.

JORDAM, Nehemiah. *Temas de Psicología Especulativa*. Editorial Troquel S.A., Buenos Aires, Argentina, 1974.

KATZ, Daniel. & KAHN, Robert. L. . *Common Characteristics of Open Systems* (1966). In: EMERY, F. E. (Ed). *Systems Thinking*. Pequim Books Ltda, 1969.

____, _____. *Psicologia Social das Organizações*. Editora Atlas S.A. São Paulo, SP, 1978.

KIM, Daniel H.. *Systems Thinking Tools: A User Reference Guide*. Combridge, Pegasus Comunicatins Inc., 1995.

____, _____. *Gestão Sistêmica da Qualidade: Melhorando a Qualidade do Agir e do Pensar*. In: WARDMAN. Kellie T. (ed.) *Criando Organizações que Aprendem*. São Paulo, Futura,

1996.

____, _____. *Toward Learning Organizations: Integrating Total Quality Control and Systems Thinking*. Cambridge, Pegasus Communications Inc., 1997.

KLIR, G. . *Complexity: Some General Observations*. *Systems Research*, (2) 131-140, 1985

KREHER, H., *Self-Organization and Soft Systems Methodology: And Inquiry in to Their Mutual Relationship and Relevance*. Tesis Submitted for The Degree of Doctor of Philosophy. University of Lancaster, 1995.

KREMYANSKIY, V. I. *Certain Peculiarities of organizations as a 'system' from the Point of View of Physics, Cybernetics, and Biology* (1958). In: EMERY, F. E. (Ed). *Systems Thinking*. Pequim Books Ltda, 1969.

KUHN, Thomas S. *A Estrutura das Revoluções Científicas*. São Paulo, Perspectiva, 1995.

LANE, David C. & OLIVA, Rogelio. *The Greater Whole: Towards a Synthesis of SD and SSM*. Proc. of the 1994 Conference of the Intl. System Dynamics Society, 1994.

____, _____. *With a Little Help From our Friends: How System Dynamics and Soft OR Can Learn from each Other*. *Systems Dynamic Review*, (1994) 10, 101- 134.

____, _____. *Can we Have Confidence in Generic structures?* *Journal of the Operational Research Society*, (1998) 49, 936-947.

LAZSLO, Ervin. *Evolution: The General Theory*. Hampton Press, Inc, 1996.

LEVY, David. *Chaos Theory and Strategy: Theory, Applications, and Managerial Implications*. *Strategic Management Journal*, (1994), 15 167-178.

LEWIN, Roger. *Complexidade: A Vida no Limite do Caos*. Editora Rocco Ltda, Rio de Janeiro, RJ, 1994.

MARUYAMA, Norino. *The Second Cybernetics: Deviating-Amplifying Mutual Causal Process*. American Scientist, 1963.

____, _____. *Metaorganization of Information*. *Cibernética* 4, 1965.

- ____, _____. (ed.) *Context and Complexity: Cultivating Contextual Understanding*. Springer-Verlag, New York, 1992.
- MATURANA, H. R.. *La Realidad: Objetiva o Construida? - (I) Fundamentos Biológicos de la Realidad*. Editorial Antrophos, Barcelona, Espanha 1995.
- ____, _____. *La Realidad: Objetiva o Construida? - (II) Fundamentos Biológicos del Conocimiento*. Editorial Antrophos, Guadalajara, México 1996.
- ____, _____. *Vinte Anos Depois* (Prefácio à segunda edição de *Autopoiese – a Organização do Vivo*). In MATURANA, H. R. & VARELA, G. F. J.. *De Máquinas e Seres Vivos: Autopoiese – a Organização do Vivo*. Artes Médicas, Porto Alegre, 1997.
- ____, _____. *Da Biologia à Psicologia*. Artes Médicas, Porto Alegre, 1998.
- ____, _____. & VARELA, Garcia F. J.. *De Máquinas e Seres Vivos: Autopoiese – a Organização do Vivo*. Artes Médicas, Porto Alegre, 1997.
- MEADOWS, Donella H.. *The Unavoidable A Priori*. In: RANDERS, Jorge (Ed). *Elements of The Systems Dynamics Method*. Productivity Press, 1980.
- MINGERS, J. C.. *Towards and Apropriate social Theory for Applied Systems Thinking: Critical Theory and Soft Systems Metodology*. Journal of Applied Systems Analises, (1980) 7, 41-49.
- ____, _____. *Na Introduction to Autopoiese – Implications and Aplications*. Systems Practice. (1989) 2, 159-180.
- ____, _____. *Recent Devevelopments in Critical Management Science*. Journal of the Operational Research Society, (1992) 43, 1-10.
- MORECROFT, John D. W. *Executive Knowledge, Models, and Learning*. In: MORECROFT, John D. W. and STERMAN, John D. *Modeling for Learning Organizations*. Portland, Productivity Press, 1994.
- MORGAN, Gareth. *Cybernetics and Organization Theory*. Human Relations, (1982) 35, 521-537.
- ____, _____. *Imagens da Organização*. São Paulo, Atlas, 1996.
- MORIM, Edgar. *O método I: A Natureza da Natureza*. Publicações Europa-América Ltda, Portugal, 1977.

- ____, _____. *The Concept of System and The Paradigm of Complexity*. In MARUYAMA, Mogoroh *Context and Complexity: Cultivating Contextual Understanding*. Springer-Verlag, New York, 1992.
- ____, _____. *Ciência com Consciência*. BCD União de Editores S.A, Rio de Janeiro, RJ, 1996.
- PAGELS, Heinz R.. *Os Sonhos da Razão: O Computador e a Emergência das Ciências da Complexidade*. Gradiva, Lisboa, 1990.
- PIDD, Michael. *Modelagem Empresarial*. Porto Alegre, Bookman, 1998.
- PORTER, Arthur. *Cybernetics Simplified*. Londres, The English University Press, 1969.
- PROBST, Gilbert J. B. & GOMES, Peter. *Thinking in Networks to Avoid Pitfalls of Managerial Thinking*. In: MARUYAMA, Mogoroh. *Context and Complexity – Cultivating Contextual Understanding*. New York, Springer-Verlag, 1992.
- PRIGOGINE, Ylia. *The Philosophy of Instability*. *Futures*, (1989) 21, 396-400.
- ____, _____. *The End of Certainty: Time, Chaos, and the New Laws of Nature*. The Free Press, New York, NY, 1997.
- RANDERS, Jorge (Ed). *Elements of The Systems Dynamics Method*. Productivity Press, 1980.
- RAPOPORT, Anatol & HOVARTH William J.. *Thoughts on Organization Theory*. *General Systems* 4, 87-91, 1959. In: BUCKLEY, W. (ed). *Modern System Research for the Behavior Scientist*. Aldine, Chicago, 1968.
- ____, _____. *Foreword*. In: BUCKLEY, W. (ed). *Modern System Research for the Behavior Scientist*. Aldine, Chicago, 1968.
- ____, _____. *Aspectos Matemáticos da Análise Geral dos Sistemas*. In: TEORIA DOS SISTEMAS (Ed). Série Ciências Sociais. Editora Getúlio Vargas, 1976.
- RODRIGUES, Luís H., ANDRADE, Aurélio L., BORGES, Marco A. & BORBA, Gustavo S. *Uma Experiência de Ensino Sinérgico de Simulação Computacional e Pensamento Sistêmico* (a ser publicado). Porto Alegre, PPGEP/UFRGS, Maio de 1998.
- ROSENHEAD, Jonathan. *Rational Analyses for a Problematic World: Problems Structuring Methods for Complexity, Uncertainty and Conflict*. John Wiley & Sons, Chinchester, 1989.
- ____, _____. *Introduction: Old and New Paradigms of analyses*. In: ROSENHEAD, Jonathan.

Rational Analyses for a Problematic World: Problems Structuring Methods for Complexity, Uncertainty and Conflict. John Wiley & Sons, Chinchester, 1989.

RICHARDSON, George. P. *Feedback Thought in Social Science and System Theory.* University of Pennsylvania Press, 1991.

—, —. *Introtroduction: Systems Thinkers, Systems Thinking.* Systems Dynamics Review, (1994) 10, 95-98.

ROBERTS, Nancy, ANDERSON, David, RALPH, Deal, GARET, Michael, SHAFFER, William. *Introduction To Computer Simulation: A Systems Dynamics Modellig Approach.* Productivity Press, Portland, 1996.

ROSNAY, Jöel. *The Macroscope,* 1975.

SANTOS, Francisco de A.. *Episteme e Paradigma: Crítica a Thomas Kuhn à Luz de Galileu. Working-paper,* Porto Alegre, PPGA/UFRGS, 1997.

SENGE, Peter M. *A Quinta Disciplina - Arte, Teoria e Prática da Organização de Aprendizagem.* São Paulo, Best Seller, 1990.

—, —. KLEINER, Art, ROBERTS, Charlotte, ROSS, Richard & SMITH, Brian. *A Quinta Disciplina - Caderno de Campo.* São Paulo, Qualitymark, 1995.

SIMON, Herbert A. *Administrative Behavior: A Study of Decision Making Processes in Administrative Organization.* New York, Free Press, 1957.

STEWART, Ian. . *Os Números da Natureza: A Realidade Irreal da Imaginação Matemática.* Rocco, Rio de Janeiro, 1996.

TEORIA DOS SISTEMAS (Ed). Série Ciências Sociais. Editora Getúlio Vargas, 1976.

TRONCALE, Len. *The Systems Sciences: What Are They? Are They One or Many?* European Journal of Operational Research 37 (1988) 8-33.

VARELA, Francisco, *Two Principles For Self Organization.* In ULRICH, H. & PROBST, G. J. B., *Self-Organization and Management of Social Systems. Insights, Promises, Doubts, and Questions.* Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York Tokyo, 1984.

ROSENBLUEETH, A. , WIENER, Norbert, BIGELOW, J.. *Behavior, Purpose and Theleology.* Filosofia of Science, 10, 18-24, 1943. In: BUCKLEY, W. (ed). *Modern System Research for*

the Behavior Scientis. Aldine, Chicago, 1968.

WIENER, Norbert. *Cibernética*. Polígono e Universidade de São Paulo, São Paulo, SP 1970.

____, _____. *Cibernética e Sociedade: o uso humano de seres humanos*. Cultrix Ltda, São paulo, SP, 1984.

WEAVER, Warren. *Science and Complexity*. American Scientist, (1948) 36.

WOLSTENHOLME, E. F.. *System Dynamics in Perspective*. Journal of the Operational Research Society, (1982) 547-556.

ULRICH, H. & PROBST, G. J. B.. *Self-Organization and Management of Social Systems. Insights, Promises, Doubts, and Questions*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York Tokyo, 1984.

ULRICH, W.. *Critical Heuristics of Social Systems Design*. European Journal of Operation Research, 1987, 31 p 276.