

ASTRONOMIA E MEIO AMBIENTE: UMA VISÃO SEMIÓTICA

Jorge de Albuquerque Vieira
Dept^o de Astronomia - IGEO/UFRJ

1. INTRODUÇÃO

Preocupações com o meio ambiente têm gerado, nos últimos anos, uma crescente consciência do risco que a espécie humana sofre por ainda não estar preparada para lidar com a sua própria maneira de ser, o que pode vir a comprometer sua permanência no planeta, assim como a de outras formas de complexidade, a maior parte viva.

Essas preocupações não são atingidas através de um processo puramente racional, mas sim através de sofrimentos que são consequências da nossa visão limitada em lidar e agir sobre o que pensamos ser a realidade. Nos últimos tempos, além do citado processo de conscientização, um razoável esforço tem sido dedicado na geração de conhecimento que possa amparar a mudança de atitude necessária à manutenção da sobrevivência do vivo. O que temos observado é uma tendência cada vez mais intensa na direção do trabalho inter e transdisciplinar, o que parece ser um requisito necessário para elaborar uma das questões epistemológicas mais gritantes entre as desencadeadas pela nossa civilização: o problema da complexidade.

Ciências como a Ecologia, em seu contexto a Ecologia Humana, a Sociologia, a Psicologia, etc., lidam com os objetos de máxima complexidade conhecida; consequências aplicáveis a partir desses campos de conhecimento, como as trabalhadas pelas tecnologias da saúde e todo o corpo de conhecimento que favorece a melhoria da qualidade de vida, dependem da melhoria crescente do status epistemológico das ciências da complexidade. Neste trabalho tentaremos evidenciar aspectos relacionais entre as ciências do complexo e as chamadas geociências, através da apresentação sistêmica dos processos de semiose os quais, acima de tudo, caracterizam o chamado reino do vivo e seu necessário meio ambiente.

2. GEOCIÊNCIAS, ECOLOGIA E MEIO AMBIENTE

Até o início do corrente século, o pensamento científico, em sua maioria, manifestou-se através de uma grande compartimentação, tornando os cientistas em especialistas e criando limites na elaboração dos conceitos complexos - um exemplo sempre citado é o confronto entre a física mais clássica, de Newton a Einstein, com o tempo físico, o reducionismo, o mecanicismo, etc. e a biologia, rica de processos não-lineares, de processos emergenciais e necessitando de uma nova visão do tempo (Prigogine e Stengers, 1984).

Ao longo do século, novas visões baseadas no trans e interdisciplinar e também na tentativa de captura do complexo vieram a surgir na maioria das vezes sob o estímulos da tecnologia, mais ativa e sob urgência do que a ciência pura.

Essas visões alimentaram-se em sua base do confronto citado, ou seja, entre o inanimado e o animado, entre o considerado simples e o complexo, entre o redutível e o irredutível, entre o reversível e o irreversível. Tivemos assim a Teoria Matemática da Comunicação, de Shannon e Weaver, hoje rotulada como Teoria da Informação (desenvolvida em um contexto tecnológico e de comunicação); a Cibernética de Wiener e Rosenbluth (nascida do estudo

de paralelos e analogias entre sistemas vivos e não-vivos) e a chamada Teoria Geral de Sistemas, numa primeira tentativa de delimitação feita por Ludwig Von Bertalanffy (no contexto da Biologia).

Todas essas teorias ou proto-teorias tinham como objetos aqueles de uma complexidade maior que a permitida no nível ontológico do físico, muitas vezes relacionando objetos pertencentes a vários níveis. Conceitos físicos, químicos e biológicos (e todas as variações interníveis possíveis) começaram a encontrar referenciais onde podiam ser relacionados, livrando-se assim dos limites de especializações rígidas (embora mais seguras). O desenvolvimento dessas linhas de pensamento veio amparando, progressivamente, a crescente necessidade do que hoje podemos chamar consciência ecológica: a Ecologia, uma ciência também nova, lida com objetos de vários tipos (físicos, físico-químicos, químicos, biológicos, biofísicos, bioquímicos, psicológicos, psicofísicos, psicoquímicos, biopsicológicos, sociais, biosociais, psicossociais).

Parece-nos óbvio que as preocupações ecológicas atuais só podem ser enfrentadas e elaboradas por um observador educado nas visões de síntese e emergência, o que exige algum cuidado quanto ao ontológico. O contexto ecológico envolve a citada enorme diversificação de objetos, ou seja, a diversidade ontológica evidente no real (admitida, aqui, a hipótese realista como a mais comum no pensar científico; aspectos idealistas também têm sido bem desenvolvidos mais recentemente).

Um nicho ecológico é um sistema complexo desenvolvido em um sistema ambiente caracterizado por traços essenciais que são classificados como astronômicos, geológicos, geográficos e meteorológicos, o domínio das geociências. Esses aspectos ambientais conectam, do ponto de vista da teoria dos sistemas abertos, o nicho aos ciclos evolutivos universais (Gal-Or, 1975), o que evidencia a necessidade da visão integrada entre as geociências e ainda destas com a Ecologia e todos os processos estudados pelas chamadas ciências humanas.

A noção de sistema aberto ecológico e meio ambiente é assim necessariamente sistêmica, tendo em vista a enorme diversidade na composição, na conectividade e nos tipos de subsistemas envolvidos (integralidade). Esses parâmetros são as marcas essenciais da complexidade e da organização, estudados pelo conjunto de ciências de síntese citadas anteriormente (Bunge, 1979); aspectos de máxima complexidade conhecida, os do domínio do humano, talvez exijam mais do que uma Teoria Geral de Sistemas possa fornecer, transcendendo a noção de sistema como atualmente estabelecida (Morin, 1977: 143).

Sob esse ponto de vista, o lidar com a complexidade exige mais ferramental, capaz de conectar as ciências do geral e do complexo com a ontologia sistêmica; uma boa candidata é a semiótica, a ciência geral de signos e linguagens, fundamental na compreensão de todos os processos de conectividade e comunicação, seja no animado ou no inanimado.

3. INFORMAÇÃO, CONEXÃO E SEMIOSE

Semiótica é a ciência de signos e linguagens em geral, incluindo o verbal e o não-verbal (Santaella Braga, 1983: 15).

Desenvolvida desde a antiguidade, principalmente pelos gregos e recebendo contribuições posteriores na idade média, veio no entanto a ter um crescimento notável devido ao trabalho do cientista e filósofo norte-americano, Charles Sanders Peirce (1839-1914). Trabalhada no contexto de um sistema filosófico, a Semiótica foi por ele classificada como uma ciência da descoberta, ao mesmo nível da Lógica. A contribuição maior deste autor, além de sua Lógica

e importantes questões em Teoria do Conhecimento, foi a noção do signo e uma exaustiva classificação dos mesmos. Para ele, um signo era "algo que representa algo para alguém, em algum respeito ou capacidade".

Uma conceituação mais elucidativa é dada por Peirce em outro de seus escritos (Vol. V parágrafo 347 ou, como convencionado para referências por aqueles que hoje tentam recuperar suas idéias, o nº 6.347 de seus "Collected Papers"; a mesma citação é encontrada em Santaella Braga, 1983: 78).

"Um signo intenta representar, em parte (pelo menos) um objeto que é, portanto, num certo sentido, a causa ou o determinante do signo, mesmo se o signo representasse o objeto falsamente. Mas dizer que ele representa seu objeto implica que ele afeta uma mente de tal modo que, de certa maneira, determina naquela mente algo que é mediatamente devido ao objeto. Essa determinação da qual a causa imediata ou determinante é o signo e da qual a causa mediada é o objeto pode ser chamada de interpretante".

E neste contexto, Semiose significa "ação do signo".

Para autores mais recentes, como Sebeok (1991) o domínio da Semiótica estende-se não só ao estudo de signos e linguagens, mas via semiose, à transmissão, recepção, interpretação, codificação e decodificação, etc., dos mesmos, ou seja, aos domínios da informação, comunicação e linguagens em geral. Essa concepção, já entrevista por Peirce em sua famosa frase: "...the entire Universe...is perfused with signs, if it is not composed exclusively of signs", gera as visões contemporâneas da Etologia, Fitosemiótica, Endosemiótica, Zoosemiótica, etc.

Vista após Peirce como só aplicável ao universo cultural, e com ênfase em linguística e literatura (Semiologia), na verdade a Semiótica lida com qualquer tipo de signo e com qualquer processo de semiose. Assim, se um médico busca sintomas em um paciente para fazer um diagnóstico ou se um caçador depara com determinado tipo de pegada e daí infere a natureza da caça, o que ambos fazem é Semiótica, nos casos citados muito apoiada em uma faceta dos signos, o índice.

Os sistemas ambientais são de alta complexidade, manifesta já a partir de sua composição e em seus níveis de funcionalidade. Nesse tipo de sistema, encontramos uma composição de alta diversidade - e é sempre bom frisar que o ecológico não é só feito do vivo, mas também das relações entre vivo e não-vivo.

Um sistema apresenta sempre, por definição, algum grau de conectividade. Se conceituarmos, de acordo com Uyemov (1975: 96) sistema como um agregado de elementos relacionados entre si a ponto de ser possível a partilha de propriedades comuns e coletivas, vemos que as idéias de conexão e transporte de informação são fundamentais para a sua compreensão. Elementos (ontologicamente, objetos) diversos em natureza podem no entanto estar conectos por processos geradores de ação, no sentido de Bunge (1979: 6). As condições ambientais que são não-vivas interagem com e determinam a história do vivo (como bem estudado na biogeografia ou biologia comparada); relevo, ventos, variações típicas de temperatura, ou seja, uma série de fatores físicos, químicos, geológicos, geográficos, meteorológicos e astronômicos governam, em termos de meio ambiente, a história e evolução de um nicho ecológico.

Informação, sob a forma de diferenças sensíveis em algum nível (Bateson, 1980: 32) faz a mediação entre entidades de natureza diversa; para as escolas mais idealistas, como a de Sebeok e Uexkull (Sebeok, 1991: 20) processos informacionais no inanimado são de natureza protosemiótica. A semiose efetiva seria uma característica de sistemas vivos. Mas de um ponto de vista paradigmático ou mesmo doutrinário (Anderson et al., 1984) os posicionamentos realistas, também compatíveis com as idéias peirceanas, são fontes de

semiose, principalmente através da termodinâmica de sistemas abertos. Isso inclusive envolve a noção realista e material de informação, como na escola soviética (Ursul, 1975).

Um determinado estímulo (sinal) vindo do ambiente inanimado ou de outro ser vivo atua sobre um determinado paciente vivo, que reage com uma determinada resposta, geradora do signo. Esse processo básico de comunicação envolve, no signo, alta complexidade em termos de codificação e decodificação. Assim, uma resposta do tipo "suor", devido a uma elevação da temperatura ambiente, envolve conceitos e processos como: homeostase, transdução física, química, físico-química, biofísica e bioquímica; centros redutores de informação atuando; arcos reflexo disparados, etc.

Há um processo de comunicação entre meio ambiente inanimado e sistema animado e, muito mais ainda, entre o meio ambiente animado e sistema animado (como no caso de sociedades animais, simbiose, parasitismo, comensalismo, etc.).

Transporte eólico de pólen, difusão de hormônios e cheiros, sinalização por cores em plantas e animais, fototropismo, orientação pela luz polarizada do Sol (como no caso das abelhas) orientação em vôos migratórios por configurações de estrelas (como no caso de pássaros), tudo isso envolve uma rede de semiose entre o sistema vivo e as condições disponíveis do meio ambiente.

A coleção desses processos, de alta diversidade e complexidade, é que fornece a conectividade entre os elementos tão díspares de um sistema como o ecológico. Ou seja, conectividade e o conseqüente fluxo de informação; estrutura daí decorrente; integralidade (geração de subsistemas); funcionalidade e finalmente organização, eis aí o que é tornado possível no referencial semiótico.

4. O PAPEL DAS GEOCIÊNCIAS NO ESTUDO DE SISTEMAS AMBIENTAIS

A partir do que foi desenvolvido nos itens anteriores, torna-se visível a importância do tratamento científico permitido pelas chamadas geociências, para o estudo do meio ambiente e Ecologia. Os nichos ecológicos terrestres desenvolveram-se evolutivamente em um meio de relativa alta complexidade, principalmente química, que compreende a superfície do planeta primeiramente nas regiões cobertas por água e depois nas regiões continentais. A história da Terra fala de extensões continentais em deslocamento e fragmentação, o que parece ter influenciado em muito no transporte, difusão e adaptação de espécies vivas ou na geração de nichos de características muito especiais. As Biogeografia e Biologia Comparada tratam dos sistemas vivos nesse referencial espaço-temporal.

Do ponto de vista evolutivo, a origem do planeta é estabelecida em um contexto astronômico; sua evolução posterior incorpora processos estudados pela Geologia e Meteorologia, sua configuração superficial mais recente gerando o cenário da Geografia. É importante notar que o "dimensionamento" dos sistemas ecológicos no nosso planeta depende de fatores astrofísicos e geofísicos. O tipo de estrela (o Sol, no caso, uma anã G1V) com seu espectro típico de radiação; a relação Sol-Terra em termos de órbita, estabilidade orbital, variações permissíveis de temperatura; o campo gravitacional do planeta, função de sua massa; suas condições internas de temperatura e dinâmica; o tipo de composição química e a atmosfera conseqüente e sua posterior evolução; todo um mecanismo envolvendo a capacidade atmosférica de bloqueio, absorção, transmissão e reflexão de radiação de várias frequências e o comportamento solar, tudo isso gera um meio ambiente astrofísico e geofísico para a emergência dos sistemas vivos.

Nosso olho tem um determinado tamanho e uma resposta em frequências eletromagnéticas

típicas devido ao Sol; nosso corpo tem que respeitar, em sua constituição material (o que inclui tamanho e peso do cérebro) o campo gravitacional terrestre. Nossos ouvidos foram "dimensionados" pela evolução para trabalhar em determinado domínio de sinais acústicos, dependendo de pressões evolutivas, mas também da natureza de nossa atmosfera. E assim por diante.

O que é sugerido como regendo essa sinfonia de evolução sistêmica é a termodinâmica de sistemas abertos - alguns autores (Gal-Or, 1983; 1975) tentam mostrar a conectividade entre os vários ciclos evolutivos do Universo, desde a evolução cosmológica (se admitido um modelo cosmológico evolutivo) até os ciclos altamente complexos que envolvem as termodinâmicas solar, planetária e biológica, usando o cenário da gravitação.

Também é sugerido que o grande passo dado pelos sistemas vivos primevos, em meio líquido, na busca da permanência via o crescimento da complexidade, foi a transição do status de indivíduo ao de colônia eficiente no aproveitamento da energia solar, através da fotossíntese. Na visão de Margulis (1981) e/ou Anderson (1984), um notável sistema eminentemente semiótico teria sido desenvolvido no planeta, a chamada biosfera (que hoje ampara a "hipótese Gaia"), que agora já contém uma noosfera.

A Ecologia indica as plantas como sendo os sistemas produtores, ou seja, aqueles que elevam a complexidade do físico e do químico ao vivo; animais surgem como reprodutores ou transformadores, alimentando-se de plantas e outros animais - nessa fase, a complexidade atinge seu nível mais alto; finalmente, temos os fungos, como os decompositores, devolvendo ao meio ambiente inanimado a complexidade degradada. Os citados autores classificam as plantas como sistemas "input", de entrada; os animais como sistemas "throughput", de transição e os fungos como sistemas "output", de saída. Entrada, transição e saída de que? De um surto de complexidade, só possível através de uma notável elaboração semiótica, cujo ápice está justamente nos animais.

E os humanos encontram-se aí, nessa fase de alta complexidade.

Todas as atividades estudadas pelas ciências humanas, mais os mitos, o pensamento religioso, o conhecimento artístico, tudo isso forma um "pico" de complexidade apoiado, através das raízes da árvore da evolução, nesse notável sistema. E o contexto onde tal processo desenvolve-se é geocientífico.

Sinais de entrada, oriundos do mesmo, estimulam, modulam, disparam crises, geram grandes cadeias sógnicas de alta diversidade, sempre levando à elevação da complexidade como produto final (mais uma vez segundo Peirce, signos evoluem).

O que temos vivido agora é a perigosa fronteira entre a complexidade que meramente reage aos estímulos e aquela, bem maior, que os elabora, controla ... ou descontrola. Desenvolvemos a notável capacidade de agir sobre, de transformar o meio ambiente, mas não sabemos ainda como atingir o patamar da meta estabilidade, sempre esperado como o "fechamento" de um passo evolutivo. E nossa sobrevivência depende disso.

5. ASTRONOMIA E MEIO AMBIENTE

Estamos habituados a ouvir que a vida surgiu, quase com certeza, nos mares primitivos. São famosos os experimentos de Miller (Ponnamperuma, 1974: 53), em que um ambiente preenchido por uma mistura química suposta representativa daquelas condições primitivas (metano, amônia, água, hidrogênio), ao ser submetido à descargas elétricas (simulando tempestades) gerou elementos básicos para a vida terrestre. Mas é também necessário lembrar que eventos de tal complexidade não são unicamente terrestres. A química galáctica

evolui no sentido de uma química orgânica (Bok, 1981).

De forma muito simplificada, admite-se que as galáxias surgiram de grandes nuvens de gás onde predominava o hidrogênio; que nessas nuvens, por meio de uma série de mecanismos que envolvem atrito, perturbações eletromagnéticas e plasmas "congelados", pressão de radiação, etc., tudo sob a regência de colapsos gravitacionais, estrelas vieram a se formar. Tais estrelas são sistemas abertos, na verdade estruturas dissipativas, no conceito de Prigogine (1984). O colapso gravitacional gera uma crise relacional, onde um parâmetro de densidade, ao ter seu valor crítico ultrapassado, "dispara" um outro fator crítico, em temperatura; e isso deflagra reações termonucleares no interior protoestelar, que geram pressão de radiação suficiente para sustentar, em movimento inverso, o colapso gravitacional, a crise inicial. Para que isto ocorra (o sistema aberto permanecer algum tempo em meta estabilidade), sua complexidade interna aumenta, ocorrendo na região nuclear a transição do hidrogênio ao hélio. Mais tarde a produção de hélio encontra seus limites termodinâmicos, a crise gravitacional impõe-se, novo colapso ocorre e a estrela "reage" produzindo elementos mais pesados (como lítio e carbono) para continuar a permanecer.

Tais crises se sucedem e a cada uma a estrela emerge com sucesso, crescendo em complexidade. Cada emergência atira no espaço interestelar material mais complexo, o que altera progressivamente a composição química da galáxia. A vida estelar termina com a produção de ferro, cuja reação termonuclear de origem não é exotérmica e sim endotérmica - em vez da estrela voltar a ter autonomia em energia para deter o colapso, perde a pouca que tem, o que leva a um colapso irreversível final, com produção de anãs brancas, estrelas de neutrons ou buracos negros, dependendo da massa estelar inicial.

Ao longo do ciclo evolutivo das estrelas na galáxia, material complexo preenche nichos inicialmente pobres, regiões do meio interestelar. Talvez ele possa depositar-se sobre grãos de poeira interestelar, buscando já conectividade, formando moléculas complexas. Mas o que podemos dizer é que a espectroscopia na faixa de rádio, via rádio telescópios, já detectou mais de 70 tipos de moléculas orgânicas e pré-orgânicas no meio interestelar.

É nesse sentido que a química galáctica é aquela do vivo, é já a da complexidade. Todo o material necessário para formar cadeias de aminoácidos já encontra-se aí, ao que tudo indica só faltando o nicho adequado para tornar eficaz um surto de complexidade.

O espaço interestelar é repartido em regiões de alta ionização, a vizinhança de estrelas ricas em radiação ultravioleta, notadamente as recém-nascidas. Essa radiação ionizante destrói a tentativa de complexidade transportada por essas moléculas - um processo de alta entropia destruindo organização nascente.

Mas essa mesma radiação pressiona os gases e o pó do meio ambiente, forçando-os a formar "bolsões" de vários tamanhos (sendo os do 1º tipo conhecido chamados glóbulos) que podem atingir densidade suficiente para bloquear as radiações ionizantes do ultravioleta. Nesses bolsões, verdadeiros "úteros cósmicos", estrelas podem nascer posteriormente e se forem por exemplo anãs, com uma relativa baixa produção de ultravioleta e um longo tempo de vida, da ordem de bilhões de anos (como o nosso Sol) elas podem permitir à sua volta sistemas planetários, com a possibilidade de um planeta em condições como as da Terra, um nicho adequado, finalmente, ao surto de complexidade.

O cenário semiótico da vida é montado num cenário mais amplo, protosemiótico, com conexões evolutivas de vários níveis entre os dois. Carregamos uma herança universal, pois somos formados por partículas elementares e átomos e mesmo moléculas surgidas ou em um "Big Bang" distante no tempo ou da evolução da galáxia e suas estrelas. Somos, na verdade, o Universo organizado. Organizando-se ainda. O que alimenta os nossos nichos ecológicos vem do Universo; nós elaboramos essa forma de alimento, alimentando-nos nessa atividade,

gerar a complexidade, até que esta retorna, degradada, ao mesmo Universo.

6. CONCLUSÕES

Os pesquisadores em uma Teoria Geral de Sistemas têm detectado certos parâmetros associados à evolução genérica de sistemas. Um destes, talvez o mais discutido, é o que temos chamado aqui complexidade (Morin, 1984); outro é a integralidade (Denbigh, 1981: 150), a capacidade de um sistema em, durante sua evolução, organizar-se através da emergência de subsistemas. Tais parâmetros sistêmicos são difíceis de definir com rigor lógico (uma referência exemplar é o trabalho de Bunge, 1979). Mas uma característica que tais parâmetros parecem possuir é não-conservação, ou seja, tanto complexidade quanto integralidade não se conservam nos sistemas. O estudo em Ecologia tem-se voltado mais para a complexidade.

O que podemos então concluir é que todo problema ecológico e de meio ambiente é um reflexo de um processo mais amplo, basicamente associado à termodinâmica de sistemas abertos, onde o Universo funciona como um sistema geratriz. A evolução do Universo como um todo (uma questão cosmológica) gera todos os ciclos evolutivos, desde a formação de galáxias até a evolução de sistemas vivos; a principal forma de conectividade entre esses ciclos são os processos de semiose em um contexto temporal. Como se a complexidade do Universo sempre tendesse a crescer.

Embora a universalidade dessa hipótese possa ser arduamente discutida, ela parece fazer sentido pelo menos localmente, nas vizinhanças do sistema solar.

O parâmetro fundamental associado ao Universo e sua temporalidade é a permanência. Sistemas, no fluxo do tempo e gerenciados pela evolução do todo, tendem a permanecer. E na maioria das vezes, essa permanência só pode ser garantida pelos surtos de complexidade; somos o resultado de tal processo universal. Ignorando qualquer proposta mais teleológica (para que o crescer e evoluir?) vemos que a vida, em todos os seus níveis representa uma herança também universal. é nosso problema decidir se vale a pena participar conscientemente desse processo - isso implica em olhar o futuro, a história do planeta em seus vários níveis composicionais e não meramente viver nossa vida ou momentos tão individuais da mesma.

Essa decisão é quanto a valores, o pantanoso terreno da Axiologia. Não nos adianta, nesse sentido, entender como funciona uma biosfera ou um ecossistema - é preciso perceber, sentir o valor que a vida tem (e se há algum) nesse contexto tão amplo. Nosso cotidiano na superfície do planeta, agravado e sabotado por processos insistentes de desvalorização, nos afasta cada vez mais da visão de nosso valor universal, curiosamente na época em que somos obrigados a pensar tanto, com urgência, na saúde do planeta.

É necessário "pensar o verde", tentar salvá-lo, já que isto significa salvar não só plantas, mas todos os sistemas vivos e entre eles nossas futuras gerações, mas também é necessário não permitir que tal exercício fique restrito a eventos semioticamente controlados e manipulados. Em termos, é necessária uma ecologia não de propagandas, mas que vise entre tudo salvar também pessoas, e agora, para que haja um futuro para a nossa espécie. Esse é o desafio colocado pelo confronto entre o que, por exemplo, é veiculado em nossos canais televisivos e as pobres ou ausentes condições de sobrevivência de nosso povo.

De todos os povos que perecem à mingua, espécies afinal em extinção.

Tendo em vista tudo de péssimo que a espécie humana tem sido capaz mas também tudo de bom que já provou poder atingir, é necessária a preservação da complexidade e, quer aceitemos ou não, são os humanos o melhor exemplo desta que conhecemos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERSON, M.; DEELY, J.; KRAMPEN, M.; RANDSELL, J.; SEBEOK, T.A. & VON UEXKULL, T. (1984). A semiotic perspective on the sciences: steps toward a new paradigm. *Semiotica* 52-1/2, 7-47.
- BATESON, G. (1980). Mind and Nature. New York: Bantam Books.
- BOK, J.B. (1981). Early phases in star formation. Sky & Telescope, abril.
- BUNGE, M. (1979). Treatise on Basic Philosophy Vol. 4. Dordrecht: D. Reidel Publ. Co.
- DENBIGH, K.G. (1981). Three Concepts of Time. New York: Springer-Verlag.
- GAL-OR, B. (1975). Philosophical Problems in Thermodynamics. In Entropy and Information in Science and Philosophy. Kubat, L., Zeman, J., Ed., 211-230. Praga: Elsevier Sci. Publ. Co. (1983). Cosmology, Physics and Philosophy. New York: Springer-Verlag.
- MARGULIS, L. (1981). Symbiosis in Cell Evolution: Life and its environment on the early Earth. San Francisco: W.H. Freeman and Company. MORIN, E. (1977). O Método Vol. I: a natureza da natureza. Mira-Sintra: Publicações Europa-América Ltda. (1984). O Problema Epistemológico da Complexidade. Mira-Sintra: Publicações Europa-América Ltda.
- PEIRCE, C.S. (1936-1966). Collected Papers of Charles Sanders Peirce. Hartshorne, C., Weiss, P., Burks, A.W., Ed., Cambridge: Harvard University Press.
- PONNAMPERUMA, C. (1974). The chemical basis of extraterrestrial life. In Interstellar Communication: scientific perspectives. Ponnampuruma, C., Cameron, A.G.W., Ed., 45-58. Boston: Houghton Mifflin Company.
- PRIGOGINE, I., STENGERS, I. (1984). A Nova Aliança. Brasília: Editora da Universidade de Brasília.
- SANTAELLA BRAGA, M.L. (1983). O que é Semiótica. São Paulo: Ed. Brasiliense.
- SEBEOK, T.A. (1991). A sign is just a sign. Bloomington: Indiana University Press.
- URSUL, A. (1975). The Problem of the Objectivity of Information. In Entropy and Information in Science and Philosophy. Kubat, L., Zeman, J., Ed., 187-200. Praga: Elsevier Publ. Co.
- UYEMOV, A.I. (1975). Problem of direction of time and the laws of systems development. In Entropy and Information in Science and Philosophy. Kubat, L., Zeman, J., Ed., 93-102. Praga: Elsevier Sci. Publ. Co.