

TEORIA GERAL DO SISTEMA: HISTÓRICO E CORRELAÇÕES COM A GEOGRAFIA E COM O ESTUDO DA PAISAGEM

TEORÍA GENERAL DEL SISTEMA: HISTÓRICO Y CORRELACIONES
CON LA GEOGRAFÍA EL ESTUDIO DE PAISAJE

GENERAL SYSTEM THEORY: *HISTORY AND* CORRELATIONS
WITH GEOGRAPHY AND THE STUDY OF THE LANDSCAPE

Cláudia Câmara do Vale

Profa. Dra. do Departamento de Geografia
da Universidade Federal do Espírito Santo
camaravale@gmail.com

Resumo: Este artigo trata de um breve histórico acerca da Teoria Geral do Sistema, proposta por Ludwig von Bertalanffy. Faz considerações sobre a repercussão dessa teoria na Geografia, discutindo suas origens e repercussões nos estudos de cunho sistêmico. Trata da abordagem sistêmica, do geossistema e da paisagem nos estudos geográficos, sobretudo na biogeografia. Este artigo constitui parte da tese de doutoramento da autora intitulada “Séries geomórficas costeiras do estado do Espírito Santo e os habitats para o desenvolvimento dos manguezais: uma visão sistêmica”. Discute as contribuições dos estudos de Vitor Sotchava e Georges Bertrand no âmbito da Geografia Física.

Palavras-chave: Teoria Geral do Sistema. Geossistema. Paisagem. Geografia Física. Aplicação.

Resumen: Este artículo es una breve historia acerca de la Teoría General del sistema, propuesto por Ludwig von Bertalanffy. Consideraciones sobre el impacto de esta teoría en la geografía se hacen discutiendo sus orígenes e implicaciones para los estudios de carácter sistémico. Este enfoque sistémico de los estudios geosistema y del paisaje en la geografía, especialmente en la biogeografía. Este artículo es parte de la tesis doctoral de la autora de “Serie geomórficas estado costero de Espirito Santo y de los hábitats de los manglares para el desarrollo: una visión sistémica”. Describe las contribuciones de los estudios de Vitor Sotchava y Georges Bertrand en la Geografía Física.

Palabras clave: Teoría del Sistema General. Geosistema. Paisaje. Geografía Física. Aplicación.

Abstract: This article is a brief history about the General System Theory, proposed by Ludwig von Bertalanffy. Considerations about the impact of this theory in geography are made, discussing its origins and implications for studies of systemic nature. This systemic approach to the geosystem and landscape studies in geography, especially in biogeography. This article is part of the author's doctoral thesis entitled “Series geomórficas coastal state of Espirito Santo and the habitats of mangroves for development: a systemic view.” Discusses the contributions of studies of Vitor Sotchava and Georges Bertrand within Physical Geography.

Universidade Federal da Grande Dourados

Keywords: Theory of General System. Geosystem. Landscape. Physical Geography. Application.

INTRODUÇÃO

Nós diríamos de bom grado, escreve Max Sorre, que toda geografia está no estudo da paisagem: os outros meios de conhecimento, análise de estatísticas, análise históricas da evolução dos agrupamentos humanos com base em documentos de arquivos, servem somente para precisar, para completar, para ratificar as idéias que nós extraímos do estudo direto da natureza. Todas as idéias de um biogeógrafo são extraídas da contemplação da paisagem. É preciso estar no meio da natureza para sentir o ritmo da sua vida. (SORRE, 1913).

Quando me foi solicitado escrever sobre a Geografia da paisagem e suas aplicações no âmbito da Geografia Física, imediatamente me veio à mente reordenar as ideias do capítulo dois da minha tese, acerca dos fundamentos teórico-metodológicos, que tratam não só da Teoria Geral do Sistema, mas também sobre a perspectiva hierárquica, que também é sistêmica, aplicada ao entendimento integrado do estudo acerca dos manguezais.

Embora o cerne da pesquisa de doutoramento tenha sido os manguezais, sua distribuição, desenvolvimento, manutenção e associação com as formas de relevo costeiro - abordados a partir de uma visão sistêmica e hierárquica, pois ambas se complementam - não serão, nesse artigo, discutidos os resultados fito-ecológicos acerca dos manguezais. A discussão centralizar-se-á sobre os fundamentos teóricos que conduziram tal pesquisa.

Tendo lido muitos artigos sobre a paisagem, normalmente associados ao geossistema e às pesquisas em Geografia Física, apontando para um método aplicado aos estudos da relação sociedade-natureza, percebo que ora alguns artigos são cientificamente rigorosos, ora outros, infelizmente, não passam de idéias soltas e sem a preocupação de amarrá-los a uma coerência geográfica. Há que se esclarecer alguns conceitos sobre sistema, visão sistêmica (*geossistêmica*), paisagem e ecossistema. Dessa forma, esse artigo versa, predominantemente, sobre a Teoria Geral do Sistema, cuja discussão desemboca nas questões acerca do conceito de geossistema e da paisagem e da sua correlação com a Geografia.

TEORIA GERAL DO SISTEMA: BREVES CONSIDERAÇÕES HISTÓRICAS

Início este item com um interessante pensamento de Bertalanffy, publicado em Davidson¹ (1983, p. 23) que diz o seguinte:

[...] se as leis dos sistemas biológicos - que regem os processos como crescimento e adaptação - podem ser aplicados às áreas além da biologia; e se a lei da gravidade é igualmente aplicável às maçãs e aos planetas; e se a lei da probabilidade se aplica igualmente à genética e aos seguros de vida, então as leis dos sistemas biológicos, bem poderiam ser aplicáveis à psique humana, às instituições sociais, e ao conjunto global da ecosfera.

O modelo conceitual de Bertalanffy (1968) é aquele do organismo vivo como um sistema aberto, uma entidade em contínua interação com o ambiente, então tal modelo continha implicações revolucionárias para a ciência social e comportamental.

¹ Muito mais pode ser lido acerca da vida e da obra de Ludwig von Bertalanffy em Mark Davidson (1983), Ervin Laszlo (1993), Maria von Bertalanffy e Ervin Laszlo (1975) e Gerald M. Weinberg (1975).

Segundo Bertalanffy (op.cit.), embora o termo *sistema* propriamente dito não tivesse sido realçado, a história desse conceito inclui muitos nomes ilustres, tais como Gottfried Leibniz (1646-1716) que o usou sob a denominação de *Filosofia Natural*. Nicolau de Cusa (1404-1461) e Hermann Hesse (1877-1922) viam o funcionamento do mundo refletido em um jogo abstrato habilmente construído sob uma *visão sistêmica*.

As “gestalten físicas”² e os fenômenos biológicos e psicológicos, desenvolvidas em 1924 por W. Köhler (1887-1967) indicavam tentativas de obras no campo da Teoria Geral do Sistema, embora não tratassem do problema em toda sua generalidade. O mesmo pesquisador, em 1927, levantou o postulado de uma teoria do sistema destinada a elaborar as propriedades mais gerais dos sistemas inorgânicos comparadas às dos sistemas orgânicos.

Entretanto, para Bertalanffy (1968), foi a obra de Alfred Lotka, escrita em 1925, que mais se aproximou do objetivo da Teoria Geral do Sistema, e devem-se a ele algumas formulações básicas do conceito geral do sistema. Embora sendo um pesquisador estatístico, seus interesses repousavam muito mais nos problemas das populações do que nos problemas biológicos do organismo individual. Lotka concebeu comunidades como sistemas, e entendia o organismo individual como a soma de suas células.

Lotka (1925 apud BERTALANFFY, 1968) advogava uma concepção *organísmica*³ na Biologia que enfatizasse a consideração do organismo como totalidade ou sistema e visse o principal objetivo das ciências biológicas na descoberta dos princípios de organização em seus vários níveis.

Há cerca de 90 anos, Bertalanffy inicia sua carreira científica, quando então a Biologia achava-se empenhada na controvérsia mecanicismo-vitalismo. Contrários a esse ponto de vista, ele e outros cientistas foram levados a pensar no *organísmico*, que significa que os organismos são coisas organizadas e que, caberia a eles, enquanto biólogos, descobrir em que consistiam.

Segundo Laszlo (1974), houve também certo caos a respeito do termo em inglês que provocou muitos mal-entendidos. A teoria foi criticada com o rótulo de pseudociência; mas não era senão um modo de considerar as coisas do ponto de vista holístico. O conceito original da Teoria Geral do Sistema era o de *Allgemeine Systemtheorie* (Lehre). “Theorie” (Lehre), o mesmo que *Wissenschaft*⁴ tem em alemão um significado mais amplo que as palavras inglesas “theory” e “science”. Uma *Wissenschaft* é qualquer corpo organizado de conhecimentos, incluindo as *Geisteswissenschaften*, que não podem ser consideradas em inglês como verdadeiras ciências.

² Gestaltismo: doutrina relativa a fenômenos psicológicos e biológicos, que veio alcançar domínio filosófico, e consiste em considerar esses fenômenos não mais como soma de elementos por isolar, analisar e dissecar, mas como conjuntos que constituem unidades autônomas, manifestando uma solidariedade interna possuindo leis próprias, donde resulta que o modo de ser de cada elemento depende da estrutura do conjunto e das leis que o regem, não podendo nenhum dos elementos preexistir ao conjunto. (FERREIRA, 1975).

³ Segundo o tradutor do livro Teoria Geral do Sistema, conserva-se o neologismo “organísmico” para indicar que se trata de uma especial intenção do autor explicada pelo contexto. A palavra “órgão” ou “orgânico”, que em português serve de adjetivo tanto a “órgão” como a “organismo”, não expressaria o que o autor pretende dizer.

⁴ Do Alemão, trabalhar com o saber; buscar o saber.

O termo “Theorie” se aplica a qualquer conjunto de conceitos sistematicamente apresentados, sejam empíricos, axiomáticos ou filosóficos. (Lehre possui o mesmo significado, mas não é possível traduzi-lo com propriedade, e seu equivalente mais próximo em espanhol, *enseñanzas*, soa a dogma e arcaísmo). Portanto, quando von Bertalanffy fala de *Allgemeine Systemtheorie* é congruente com a idéia de estar propondo uma perspectiva nova, uma nova forma de fazer ciência, ainda que não com a interpretação de que somente o fez a “Teoria Geral do Sistema” para significar que é uma teoria científica de valores gerais.

Entretanto, as objeções feitas à teoria foram aos poucos sendo derrubadas e pelo conteúdo da carta do economista K. Boulding à Bertalanffy, datada de 1953, percebe-se que a Teoria Geral do Sistema começava a ter uma aceitação maior por parte da comunidade científica. Nessa carta, Boulding afirma que ambos haviam chegado a uma conclusão muito semelhante quanto à TGS, embora partindo de campos científicos diferentes, “*existindo um corpo daquilo que chamei “teoria empírica geral”, ou “teoria geral do sistema”, em sua excelente terminologia, com larga aplicação em muitas disciplinas diferentes.*” (BERTALANFFY, 1968, p. 14). Para Boulding, com certeza muitas pessoas em todo o mundo haviam chegado essencialmente à posição que eles tinham acerca da teoria, mas estavam tão amplamente espalhadas e não se conheciam umas às outras, que foi grande a dificuldade de atravessar as fronteiras das disciplinas.

Desde 1947 Bertalanffy requintou, modificou e aplicou os conceitos da Teoria Geral do Sistema, tendo difundindo-a por meio da publicação “General System Yearbook”. Muitos cientistas sociais estudaram, compreenderam e aplicaram a teoria dos sistemas. Em muitas áreas a aceitação foi relutante, mas nem por isso, em outras, menos empolgante.

Nas últimas duas décadas nós testemunhamos à emergência do “sistema” como conceito-chave da pesquisa científica. Evidentemente, os sistemas já eram estudados há séculos, mas algo novo foi agora acrescentado... A tendência a estudar os sistemas como uma entidade e não como um aglomerado de partes está de acordo com a tendência da ciência contemporânea que não isola mais os fenômenos em contextos estreitamente confinados, mas abre-se ao exame das interações e investiga setores da natureza cada vez maiores. Sob a égide da pesquisa dos sistemas (e seus numerosos sinônimos) assistimos também à convergência de muitas criações mais especializadas da ciência contemporânea. [...] Esta pesquisa prossegue e muitas outras estão sendo entrelaçadas em um esforço conjunto de investigação, que envolve um espectro cada vez mais amplo de disciplinas científicas e tecnológicas. Estamos participando do que é, provavelmente, o mais amplo esforço para chegar a uma síntese do conhecimento científico como jamais foi feita. (ACKOFF, 1959, apud BERTALANFFY, 1968, p.9).

Quanto ao significado da Teoria Geral do Sistema, não obstante à subdivisão da ciência em várias disciplinas, cada vez mais especializadas, observa-se, pelo exposto acima, a busca por um referencial que a unifique, que permita ao físico se comunicar com o biólogo ou com o cientista social, pois, independente do escopo de cada disciplina, problemas e concepções semelhantes surgem em campos amplamente diferentes. Nesse sentido, utilizando uma afirmação de Bertalanffy (1968, p.31),

[...] uma lei exponencial de crescimento aplica-se a certas células bacterianas, a populações de bactérias, de animais ou de seres humanos e ao progresso da pesquisa científica, medida pelo número de publicações em genética ou na ciência em geral.

As entidades acima citadas são completamente diferentes, contudo a lei matemática é a mesma. Há sistemas de equações que descrevem a competição das espécies na natureza, na físico-química e na economia. Para Bertalanffy esta correspondência deve-se ao fato das entidades consideradas poderem ser interpretadas, sob certos aspectos, como “sistemas”, ou seja, complexos de elementos em interação.

Segundo Bertalanffy (1968), a Teoria Geral do Sistema seria um instrumento útil capaz de fornecer modelos a serem utilizados em diferentes campos e transmitidos de uns para os outros, salvaguardando-os do perigo das analogias superficiais. A correspondência biunívoca que trata a teoria do sistema é muito mais que uma analogia, na medida em que possibilita poder ser aplicadas abstrações correspondentes e modelos conceituais a fenômenos de diferentes naturezas, residindo nesse fato o valor da Teoria Geral do Sistema.

Quanto aos principais propósitos da Teoria Geral do Sistema, há uma tendência geral no sentido da integração nas várias ciências, naturais e sociais, cuja centralização repousa na teoria dos sistemas. Portanto, esta mesma teoria pode ser um importante meio para alcançar uma teoria “exata” nos campos não físicos da ciência. Desenvolvendo princípios unificadores que atravessem verticalmente o universo das ciências individuais, aproxima-se da meta da unidade na diversidade ou multiplicidade da ciência que, finalmente, pode conduzir à integração muito necessária na formação científica.

A Teoria Geral do Sistema foi postulada por alguns motivos que, segundo Bertalanffy (1968) foram a preocupação com os campos da ciência biológica, sociais e do comportamento que romperam com o reducionismo da Física, exigindo uma nova tecnologia (ou problemática?) que buscasse a generalização de conceitos científicos e modelos.

Problemas recorrentes nos campos das ciências biológicas, sociais e comportamentais da “ciência clássica”, tais como os problemas dos organismos e da própria natureza, eram totalmente desprezados, considerados ilusórios ou metafísicos. O aparecimento de modelos representando os aspectos de interação entre as variáveis da natureza implicou a introdução de novas categorias no pensamento e na pesquisa científica. A resolução de problemas no campo das ciências que apresentavam múltiplas variáveis, tais como a Biologia, exigia novos instrumentos conceituais para tratar os *problemas da complexidade organizada*. Os modelos teóricos, de onde decorrem os instrumentos, tinham que ser *interdisciplinares*, pois transcendem os departamentos convencionais da ciência e se aplicam a fenômenos em diversos domínios.

É importante ressaltar a preocupação do autor com a aplicação da Teoria Geral do Sistema nas ciências humanas, examinando a aplicação da concepção sistêmica às perspectivas mais amplas, isto é, aos grandes grupos humanos, sociedades e à própria humanidade em sua totalidade, pois, segundo ele, o problema da história humana avulta com a mais ampla aplicação possível da idéia de sistema.

SISTEMAS: CONCEITOS

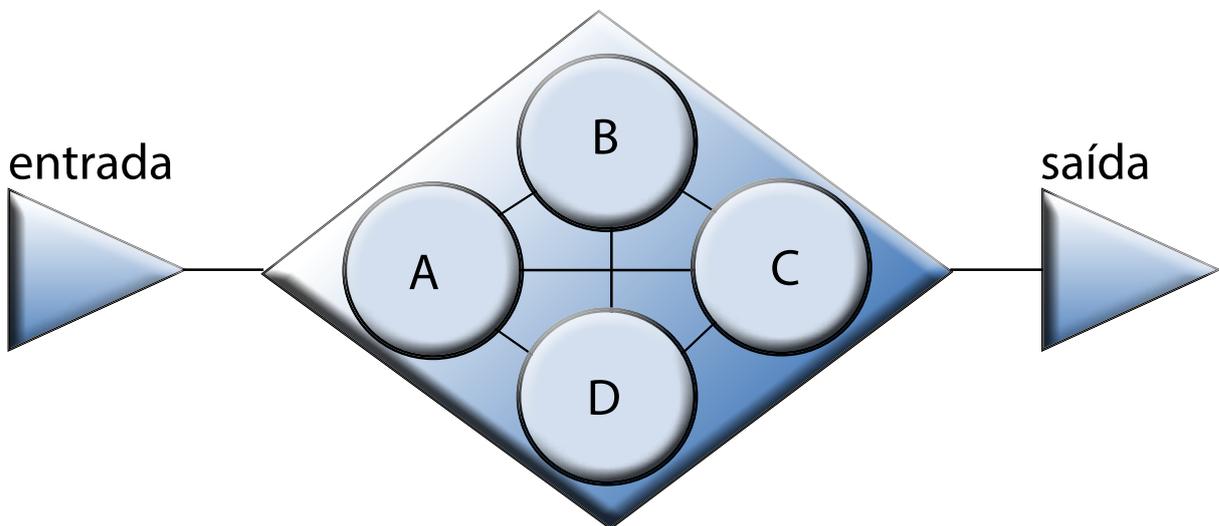
A Teoria Geral do Sistema define *sistema* como complexo de componentes em interação, conceitos característicos das totalidades organizadas tais como interação, soma, mecanização, centralização, competição, finalidade, etc., e aplica-o a fenômenos concretos. Segundo Hall & Fagen (1965, apud CHRISTOFOLETTI, 1979), um sistema é o conjunto dos elementos e das relações entre eles e entre os seus atributos.

Segundo Christofolletti (op.cit.) considerando que os sistemas funcionam executando processos, visando obter determinadas respostas, Thornes & Brunsten (1977 apud CHRISTOFOLETTI, 1979, p.10) “*definem o sistema como conjunto de objetos ou atributos de suas relações, que se encontram organizados para executar uma função particular.*” Dessa forma, dentro desse conceito, o sistema é um operador que em um determinado lapso de tempo recebe a entrada (*input*) e o transforma em saída (*output*).

Já para Miller, (1965 apud CHRISTOFOLETTI, 1979), o sistema é um conjunto de unidades com relações entre si e o seu grau de organização permite que assuma função de um todo que é maior do que a soma de suas partes.

Baseando-se nessas definições se pressupõe, inicialmente, que os sistemas devem ter suas partes componentes, denominadas *unidades*, ou *elementos* ou, ainda, *componentes*, as quais devem encontrar-se inter-relacionadas, dependentes umas das outras, através de ligações que denunciam os fluxos (figura I).

Figura I - Representação esquemática de um sistema, assinalando os elementos (A, B, C e D) e suas relações, assim como o evento entrada e o produto final



Fonte: Christofolletti (1979).

Tais unidades ou elementos possuem *atributos* ou *qualidades* que as caracterizam e também aos sistemas. Segundo Christofolletti (1979), dependendo do sistema, podem ser selecionadas algumas qualidades para melhor descrever suas partes. Os atributos ou qualidades

podem referir-se ao comprimento, área, volume, características da composição, densidade dos fenômenos observados, dentre outras.

Os sistemas apresentam ainda entrada e saída, *input* e *output*, respectivamente. A entrada é composta por aquilo que o sistema recebe, é o alimento do sistema, por exemplo, um rio recebe água da precipitação e sedimentos fornecidos pelas vertentes; a Terra recebe energia solar; um animal recebe alimentação. Pode-se exemplificar com outros tipos de entrada como uma fábrica que recebe matéria-prima para sua produção. Cada sistema é alimentado por determinados tipos de entradas. Essas entradas que o sistema recebe sofrem transformações em seu interior e, posteriormente, são enviadas para fora, isso constitui a saída ou o *output*, portanto, toda entrada corresponde a um tipo de saída.

Praticamente, a totalidade dos sistemas que interessam ao geógrafo não atua de modo isolado, mas funciona dentro de um ambiente e faz parte de um universo maior. Esse conjunto maior, no qual se encontra inserido o sistema particular que se está estudando, pode ser denominado de universo, o qual compreende o conjunto de todos os fenômenos e eventos que, através de suas mudanças e dinamismo, apresentam repercussões no sistema focalizado, e também de todos os fenômenos e eventos que sofrem alterações e mudanças por causa do comportamento do referido sistema particular. (CHRISTOFOLETTI, 1979, p. 3).

Ainda segundo o autor, dentro do *universo* podem-se classificar os primeiros como sistemas *antecedentes* ou *controlantes* e os seguintes como sistemas *subsequentes* ou *controlados*. Todavia não há necessariamente um encadeamento linear, seqüencial, entre os sistemas antecedentes, o sistema em foco e os sistemas subsequentes, como se eles constituíssem uma corrente composta por elos ininterruptos, inseparáveis.

Os sistemas subsequentes podem voltar a exercer influências sobre os antecedentes, através do mecanismo de retroalimentação, ou *feedback*, numa perfeita interação entre todo o universo.

A superfície da Terra apresenta uma infinidade de fenômenos e distinguir um sistema dentro de uma multiplicidade é um ato mental que procura abstrair o referido sistema da realidade envolvente. Isso vai depender da formação intelectual e da percepção geográfica e ambiental inerente a cada pesquisador.

Campbell (1958 apud CHRISTOFOLETTI, 1979), propôs algumas normas para serem consideradas pelo observador a fim de minimizar a subjetividade envolvida no processo de escolha: 1) a proximidade física de suas unidades; 2) a similaridade de suas unidades; 3) o objetivo comum de suas unidades e 4) a padronização distinta ou reconhecível de suas unidades. Obviamente nem sempre essas normas podem ser seguidas.

Com relação ao tamanho, grandeza ou magnitude, o sistema pode ser focalizado em diversas escalas espaciais. Os sistemas estudados pela Geografia Física apresentam variadas ordens de magnitude e complexidade. Pode-se considerar o sistema terrestre de modo global – a geosfera –, em sua totalidade, um continente, uma região, um indivíduo do mundo animal ou vegetal ou um sistema natural ao nível molecular. A separação e a distinção dos

diversos níveis de sistemas podem ser arbitrárias, envolvendo a noção de *limiaries*, no tocante ao nível de tratamento, e aos mecanismos e estruturas de sua composição. (CHRISTOFOLETTI, 1979).

Quando se decide qual será o sistema a ser estudado, definindo os seus elementos e as suas relações, é mais fácil delimitá-lo no espaço e no tempo, diferenciar suas unidades componentes, interligadas pelas relações internas e estabelecer os sistemas ambientais controlantes que atuam sobre o sistema escolhido através das relações externas. Nesse sentido, a identificação dos limiaries é difícil de ser feita, mas não é impossível fazê-la.

Imagine o *sistema solar*, através da radiação solar enviada para a Terra, em uma escala hierárquica maior, que gera, através das diferentes taxas de absorção de calor ao longo de diferentes latitudes, um gradiente de pressão, que faz com que movimento o ar em diferentes direções e velocidades, portanto agindo no *sistema atmosférico*, em uma escala hierárquica menor e, por conseguinte, agindo este no *sistema fluvial*, em uma escala hierárquica menor ainda, através da quantidade da precipitação gerada em um dado lugar, que irá favorecer o escoamento, a erosão, o transporte e a sedimentação que buscará um nível de base para depositar todo o sedimento e nutrientes e que possivelmente encontrará o *sistema oceânico*. Continuando com o raciocínio, esse dado lugar pode estar entre os trópicos, numa costa abrigada, proporcionando o desenvolvimento do *ecossistema manguezal*, que possuirá dentro de escala hierárquica, quando comparado ao sistema solar, uma dimensão menor ainda. Ainda assim podem-se individualizar diferentes sistemas dentro do manguezal, tais como o *sistema botânico*, o *sistema sedimentológico*, o *sistema hidrológico*, o *sistema microtopográfico*, etc.

Nota-se que os limiaries são praticamente imperceptíveis e difíceis de delimitá-los e que, de uma maneira geral, tomando, por exemplo, o sistema solar como *controlante* e o sistema atmosférico como *controlado*, vê-se claramente aquilo que foi mencionado anteriormente sobre um sistema controlado voltar a exercer influência sobre o controlante, através da retroalimentação, uma vez que o sistema atmosférico é responsável pelo mecanismo de re-emissão para o espaço, dependendo do albedo da superfície, de parte da radiação solar recebida pela Terra.

À medida que decresce a escala do nível de tratamento, o número de sistemas que se pode citar em cada nível, aumenta de maneira rápida e os limiaries são cada vez mais arbitrários. A cada relação individualizada entre os sistemas, inúmeras são as variáveis passíveis de mensuração que expressam atributos. As variáveis a serem escolhidas, bem como as técnicas utilizadas para suas mensurações devem estar diretamente relacionadas com os objetivos da pesquisa que está sendo realizada, e responder a hipótese levantada pela mesma.

Os valores obtidos através das mensurações das variáveis descrevem o relacionamento e o comportamento do sistema em foco. A diversidade das variáveis entre as distintas e múltiplas entidades comprova que os sistemas estão funcionando sob o controle de *fatores externos*, constituintes do seu ambiente, que são os responsáveis pelo fornecimento de matéria e energia ao sistema, estabelecendo os parâmetros que regulam seu funcionamento.

Segundo Langton (1972, apud CHRISTOFOLETTI, 1979), o objetivo é definir um *conjunto de unidades* e as relações entre elas de modo que os valores de certos atributos de um dos conjuntos de unidades, denominadas *variáveis*, possam ser explicados pelos valores que são independentemente assumidos pelos atributos de outras unidades, denominadas *parâmetros*. *Isso requer que todos os parâmetros relevantes do conjunto externo devam ser incluídos; que todas as funções relevantes do conjunto externo devam ser identificadas e que todos os atributos das funções que afetam as variáveis devam ser avaliados.* (p. 7).

Esclarecendo e exemplificando o que foi citado acima, pode-se pensar numa bacia hidrográfica cujos componentes do seu ambiente são as condições climáticas, geológicas e biogeográficas. Já os parâmetros relevantes que são fornecidos para as bacias de drenagem estão relacionados com a quantidade de calor, expressa pelas temperaturas, a precipitação, área e volume dos afloramentos litológicos, área e densidade da cobertura vegetal, profundidade do manto de alteração, dentre outros.

Quanto à composição, vários aspectos devem ser abordados, tais como a matéria, a energia e a estrutura.

No sistema, a *matéria* está relacionada ao material que será mobilizado para ele. Por exemplo, no sistema hidrográfico a matéria é representada pela água e detritos; no sistema hidrológico, pela água em seus estados sólido, líquido e gasoso; no sistema vertente as fontes de matéria são a precipitação, a rocha subjacente e a vegetação; no sistema planta, a matéria é representada pela água e minerais absorvidos do solo. No que se refere a *energia*, esta corresponde às forças que geram a capacidade de funcionamento do sistema, ou seja, que fazem com que o sistema realize trabalho. Deve-se considerar inicialmente a *energia potencial*, que representa a força inicial que gera o funcionamento do sistema, como por exemplo, a gravidade que funciona como a energia potencial para os sistemas hidrográficos, hidrológicos e morfogenéticos. Nesses casos ela desencadeia o movimento da matéria.

Com a matéria em movimento dentro do sistema, surge então a *energia cinética*, ou seja, aquela que mantém o movimento, cuja própria força alia-se à potencial.

O fluxo de energia e de matéria no interior do sistema ocorre através dos *canais de comunicação*. Ao longo das trajetórias desses fluxos, parte da matéria e energia envolvidas pode ficar armazenada em vários setores do sistema, por lapsos de tempo de diferentes escalas, constituindo *reservas* do sistema.

De acordo com Christofolletti (1979, p.12)

[...] desde que haja fluxos de matéria e energia, iniciando o funcionamento do sistema, podemos empregar o conceito de *entropia*. No início do funcionamento de qualquer sistema, vê-se a distribuição desigual e desordenada da energia, havendo máximo de energia livre, isto é, existe a capacidade máxima de realizar trabalho. Desta maneira, a entropia pode ser considerada como medida do grau de desordem que predomina no sistema, ou do grau de energia disponível para o trabalho, estando em relação inversa com ela, quanto maior a entropia, menor a quantidade de energia disponível. Mas se os sistemas

não permanecerem isolados, mas continuarem recebendo afluxos constantes de energia e de matéria, o equilíbrio final (estático) nunca será alcançado, mas o sistema ajusta-se a um estado de equilíbrio estacionário, que se mantém constante em torno dos parâmetros delineados pela intensidade do fornecimento de matéria e energia.

Entretanto, todos os sistemas naturais apresentam um *dinamismo* capaz de modificar seus estados através de contínuas modificações, que são caracterizadas pelas transferências de matéria e energia. Portanto, o *estado de equilíbrio* é um estado quase impossível de ser alcançado em qualquer sistema natural, uma vez que todos eles estão submetidos às transformações ambientais de diferentes escalas espaciais e temporais.

Após a permuta de energia com o meio ambiente, o nível de energia do sistema poderá elevar-se no período seguinte; poderá permanecer constante, e poderá diminuir. Em um segundo momento, conforme as propriedades individuais dos *subsistemas*, uma mesma influência externa poderá ocasionar conseqüências diferentes. Por exemplo, a radiação solar poderá dessecar o solo em determinado subsistema, aumentar a salinidade de uma bacia de drenagem interior ou aumentar a massa da vegetação, como resultado da fotossíntese. (Christofolletti, 1979). Nesse sentido, a entropia, aqui entendida como equilíbrio, estabilidade de energia atuante em um sistema sofrerá, conseqüentemente, alterações.

Para entender o que são os *subsistemas* é necessário compreender que a estrutura do sistema é composta pelos *elementos* e suas relações, expressando-se através do arranjo de seus *componentes*. Nesse sentido, torna-se crucial ter clareza da escala de tratamento quando se deseja caracterizar os elementos de determinado sistema, pois, em qualquer nível de tratamento as unidades do sistema são indivisíveis e consideradas como entidades. Mudando o nível de tratamento para outra escala analítica, as unidades anteriormente distintas podem passar a ser considerada cada uma como um sistema particular, no qual se deve estabelecer seus componentes e suas relações.

Um rio é um elemento do sistema hidrográfico, mas pode ser concebido como um sistema em si mesmo; a vertente é elemento no sistema da bacia de drenagem, mas pode ser sistema em si mesmo [...]. Conforme a escala que se deseja analisar, deve-se ter em vista que cada sistema passa a ser um subsistema (ou elemento) quando se procura analisar a categoria de fenômenos em outro nível de abordagem, estabelecendo interpenetração e aninhamento hierárquico. (CHRISTOFOLETTI, 1979, p. 13).

O tamanho de um sistema, a correlação entre as variáveis de um sistema e a causalidade são três características principais das estruturas de um sistema. O tamanho é determinado pelo número de unidades que compõe o sistema. Quando o sistema é composto por elementos que estão completamente inter-relacionados, a sua complexidade e tamanho são expressos através do *espaço-fase* ou número de elementos, que pode ser de espaço-fase bidimensional, tridimensional, n-dimensional.

Para Christofolletti, (1979) a correlação entre as variáveis de um sistema revela o modo pelo qual elas se relacionam. A *correlação simples* dá-se quando se relacionam variáveis e a *correlação canônica* quando se relacionam conjunto de variáveis.

Quanto à causalidade, sua direção mostra qual é a variável independente, aquela que controla, e a dependente, aquela que é controlada, de modo que a última só sofre modificações se a primeira se alterar. É importante mencionar que os sistemas podem ser classificados de acordo com vários critérios. Para a análise geográfica, o *critério funcional* e o da *complexidade estrutural* são os mais importantes.

O sistema isolado pode ser exemplificado com o clássico “*ciclo de erosão*” de Davis. São aqueles que, a partir das condições iniciais, *a priori*, não sofrem mais nenhuma perda nem recebem energia ou matéria do ambiente que os circundam. Já os não-isolados mantêm relações com os demais sistemas do universo, e podem ser fechados, quando há permuta de energia, mas não de matéria; e os abertos, mais comuns de todos, que são aqueles onde ocorrem trocas contínuas de matéria e energia.

O conceito de sistema aberto, segundo Bertalanffy (1968) encontrou também aplicação nas ciências da Terra, geomorfologia (CHORLEY, 1962) e meteorologia (THOMPSON, 1961), tendo sido traçada detalhada comparação dos modernos conceitos meteorológicos com o conceito organísmico de Bertalanffy em biologia.

Bertalanffy (op.cit.) não imaginava que a Geografia fosse abraçar os pressupostos da Teoria Geral do Sistema, fato esse observado pelo grande número de pesquisas, nas quais o *geossistema* e a *paisagem* são as categorias de análise mais utilizadas nos estudos sistêmicos, considerando sempre a Teoria Geral do Sistema, mesmo que não a discutindo profundamente.

A GEOGRAFIA FÍSICA E A ABORDAGEM SISTÊMICA

Segundo Moraes (1983), a perspectiva da fisiologia da paisagem⁵ vai se fundamentar na Biologia, em particular na idéia de organismo. A paisagem seria um organismo, com funções vitais e com elementos que interagem. Caberia à Geografia conhecer as inter-relações entre fenômenos de qualidades distintas que coabitam numa determinada porção do espaço terrestre. Esta perspectiva introduz a Ecologia no domínio geográfico.

Para a Ecologia da Paisagem “*a paisagem é a expressão espacial dos ecossistemas e um complexo, padrão ou mosaico de ecótopos, ou seja, um mosaico de ecossistemas concretos*” (RODRIGUEZ: SILVA, 2002, p.97).

Forman & Godron (1986) definem “paisagem” como “uma área terrestre heterogênea composta de um grupo de ecossistemas em interação que se repetem de forma semelhante por todo lugar. Outros seguem o geógrafo do século XIX Von Humboldt em definir paisagem como “*Der totale Character einer Erdgegend*”, ou seja, o caráter total de uma região ter-

⁵ Não serão discutidas as várias definições do termo “paisagem” nesse artigo, pois se entende que essa discussão nesse momento não é a mais importante. No entanto, será mencionado o conceito de paisagem de alguns poucos pesquisadores.

restre ou, em uma terminologia mais contemporânea, a ecologia dos ecossistemas terrestres ou o que Zonneveld (1995) chama “ecologia da terra” ou *land ecology*.

Segundo Deffontaines (1973, apud PASSOS 2003, p.56) *a paisagem é o suporte de uma informação original sobre variáveis relativas notadamente aos sistemas de produção e cuja superposição ou vizinhança, revelam ou sugerem interações.*

A influência da Ecologia na Geografia foi muito forte, sobretudo no início do século XIX, fato incontestado percebido pelos trabalhos realizados pelo naturalista alemão Alexandre von Humboldt, considerado pai da Biogeografia, bem como pelos estudos de Ritter e Ratzel e dos russos Dokucháev, Voiéikov, para citar apenas alguns dos mais importantes para a ciência geográfica naquela época.

Para Chorley & Haggett (1974), o termo ecossistema foi formalmente proposto pelo ecologista britânico A. G. Tansley em 1935, como um termo geral tanto para *biome*⁶ – todo o complexo de organismos (animais e vegetais) que vivem juntos naturalmente como unidade sociológica – e seu habitat. Segundo os autores, o conceito formulado por Tansley amplia efetivamente o espectro da própria Ecologia que não é mais puramente biológica, resgatando o uso do termo *microcosmo* de Forbes, formulado em 1887 no sentido de ecossistema.

Segundo Dajoz (1973), o conceito de ecossistema já tinha sido utilizado por Forbes (1887) com a terminologia e noção de *microcosmo* e por Friederichs (1930), que criou o termo *holocenose*. A palavra *biossistema* de Thiernemann (1939) é outro sinônimo. O ecossistema é a unidade funcional de base em ecologia, porque inclui ao mesmo tempo os seres vivos e o meio onde vivem com todas as interações recíprocas entre o meio e os organismos. Os ecologistas soviéticos empregam o termo *biogeocenose*, que se pode considerar igualmente como sinônimo de ecossistema.

Fosberg (1963, apud CHORLEY & HAGGETT, 1974), aperfeiçoa a definição de *ecossistema* de Tansley de acordo com o que se segue: um ecossistema é um sistema de interações em funcionamento composto de um ou mais organismos vivos e seus ambientes reais, tanto físicos como biológicos. A descrição de um ecossistema pode incluir: suas relações espaciais, os inventários de suas características físicas, os habitats e os nichos ecológicos, os organismos e as reservas básicas de matéria e energia, a natureza da entrada de matéria e energia e o comportamento ou tendência do seu nível de entropia.

O conceito de ecossistema proposto por Lindeman (1942), como qualquer sistema composto por processos físicos-químicos-biológicos dentro de uma unidade de espaço-tempo de qualquer magnitude, coloca-o ao alcance operacional da Geografia.

Segundo Chorley & Haggett (1974) o conceito de ecossistema tem quatro propriedades principais importantes na investigação geográfica: a primeira propriedade, chamada de

⁶ Entende-se biome por bioma, que significa uma comunidade mista de plantas e animais (comunidade biótica) que ocupa uma área geográfica em uma escala zonal. Usualmente é aplicado aos ambientes terrestres que apresentam características fisiográficas e estruturas ou fisionomias vegetais similares e está geralmente relacionada aos grandes tipos climáticos da Terra.

*monística*⁷, reúne o ambiente, os mundos humanos, animal e vegetal, numa estrutura única dentro da qual a interação entre os componentes pode ser analisada. A análise do ecossistema remove o dualismo geográfico, porque a ênfase não está em qualquer relação particular, mas no funcionamento e na natureza do sistema como um todo. Os ecossistemas são *estruturados* de uma forma ordenada, compreensível. O fato essencial é que, uma vez identificadas as estruturas, as mesmas podem ser investigadas e estudadas em contraste nítido com as propriedades transcendentais da terra e de suas regiões como organismos. A *funcionalidade* consiste de uma interpenetração contínua de matéria e energia. Uma vez definida a estrutura de um sistema, pode ser possível quantificar as interações e os intercâmbios entre as partes componentes e, pelo menos, nos ecossistemas simples, todo complexo pode ser definido quantitativamente. Finalmente, quanto à *estabilidade*, o ecossistema é um sistema aberto que tende a um estado (quase) estável sob as leis da termodinâmica. “Os ecossistemas num estado estável possuem a propriedade de auto-regulação (ação e reação), e isto é semelhante em princípio a um largo espectro de mecanismos, tais como a homeostase dos organismos vivos.” (CHORLEY & HAGGETT, 1974, p. 81).

Os sistemas, tais como os ecossistemas podem ser concebidos em diferentes níveis de complexidade, e é função do Geógrafo procurar aspectos da realidade que sejam importantes no nível em que o sistema é concebido. [...] Na geografia, por exemplo, o estudo desses sistemas altamente complexos como dos grupos humanos foi realizado muitas vezes ao nível de sistemas “cronométricos”, tais como as relações deterministas simples de causa e efeito. O valor potencial de um sistema depende evidentemente da seleção correta dos componentes no estágio inicial de estruturação, e isto pressupõe normalmente experiência considerável dos problemas e dos dados respectivos. (BOULDING, 1956 apud CHORLEY & HAGGETT, 1974, p. 83).

A Geografia e a Ecologia tratam da distribuição e organização dos fenômenos sobre a superfície da terra. Segundo Bunge (1964 apud CHORLEY & HAGGETT, 1974), ambas as disciplinas desenvolveram conceitos e técnicas semelhantes de manipular problemas semelhantes. Dentro da Geografia, o interesse conceitual da Ecologia ficou mais restrito aos biogeógrafos. Todavia, a influência dos conceitos biológicos ou ecológicos na Geografia foi mais profunda do que se pode supor. Vários termos e conceitos foram e ainda são utilizados de forma corrente, sobretudo em Biogeografia.

Segundo Friederichs (1958), a fronteira entre a Ecologia e a Geografia nunca foi clara, porque ambas lidam com a *paisagem*. A *ecologia da paisagem*, embora sendo uma discussão à parte, lida com o conceito de ecossistema tanto quanto a Geografia, não obstante as críticas ao conceito feitas posteriormente à criação do mesmo, sobretudo pelos geógrafos russos e franceses, principalmente pela carência de unidade espacial. Todavia, não se pode esquecer que, antes das proposições russas e francesas como alternativas ao uso do conceito de ecossistema, o mesmo constituiu-se, para os geógrafos, uma categoria de análise.

⁷ Doutrina segundo a qual o conjunto de coisas pode ser reduzido à unidade, quer do ponto de vista da sua substância (e o monismo poderá ser um materialismo ou um espiritualismo), quer do ponto de vista das leis (lógicas ou físicas) pelas quais o Universo se ordena (e o monismo será lógico ou físico).

A acusação de que o estudo dos ecossistemas “não é geografia” repousa no fato, presumivelmente, de que a definição de eco-sistema não define explicitamente a superfície da terra como campo de operação. “A ecologia é o estudo das relações ambientais; a geografia é o estudo das relações do espaço”, declara Davies (1961, pág. 415), mas continua acrescentando que “o que não está claro é onde acaba uma e começa a outra. (CHORLEY & HAGGETT, 1974, p. 86).

Nesse sentido o biogeógrafo alemão Carl Troll, em 1939, cunhou e definiu o termo *ecologia das paisagens*, que trata especificamente das inter-relações complexas entre os organismos, ou as biocenoses, e os fatores, estudando o manejo integral como ecossistema. Fruto da influência que a Ecologia exerceu sobre a Geografia, a denominação de uma *Ecologia da Paisagem*, cujos princípios repousam sobre a visão horizontal do geógrafo somada à visão vertical do ecólogo, viria a ser uma referência aos estudos, sobretudo biogeográficos, que visavam entender as relações sociedade-natureza.

De acordo com Tricart (1977), enquanto ser intensamente participativo do *ambiente*, o homem provoca modificações que o afetam, independentemente do seu grau de desenvolvimento cultural, técnico e científico. *Da mesma forma, um determinado ambiente pode interferir, ou influenciar o desenvolvimento intelectual do homem.* (p. 17). Como não existe limite inferior para um sistema ou para um fenômeno (subsistema), e como o limite superior é o universo, o conceito lógico de sistema é universal. Sobre isso escreve o Tricart (1977):

O conceito de sistema é, atualmente, o melhor instrumento lógico de que dispomos para estudar os problemas do meio ambiente. Ele permite adotar uma atitude dialética entre a necessidade da análise - que resulta do próprio progresso da ciência e das técnicas de investigação - e a necessidade, contrária, de uma visão de conjunto, capaz de ensinar uma atuação eficaz sobre esse meio ambiente. (p. 19).

A adoção do conceito de sistema pela ecologia favoreceu o desenvolvimento da Geografia Física, já que o entendimento do meio ambiente, que é realizado pelos diversos ramos da Geografia Física, é melhor elaborado dentro de uma abordagem sistêmica. Tricart (op. cit.) sugere uma orientação metodológica cujos propósitos estão baseados na melhora da Geografia Física e no re-equilíbrio da própria Ecologia.

Dentre os autores que se destacam quanto aos problemas da “ecologização” da ciência contemporânea, destaca-se Guerasimov (1983) o qual afirma que estudar as variadas influências do progresso da ciência e da tecnologia sobre o ambiente é um dos problemas mais difíceis da nossa época. Dessa maneira, as “investigações ecológicas” devem ser realizadas de forma integrada entre todos os ramos da ciência e devem tentar alcançar objetivos comuns.

Nesse momento da explanação sobre a Teoria Geral do Sistema, alguns pontos devem ser esclarecidos para que possa ser dada uma seqüência lógica, visando a compreensão da introdução de tal teoria na Geografia.

Mendonça (1989) aborda alguns desses pontos quando discute a questão conceitual da Geografia utilizando para isso a definição de alguns autores: “na concepção de Hettner

(1905) a geografia “é o estudo da superfície da Terra conforme suas diferenças”; na de Sauer (1925) “a geografia é a ciência da diferenciação de áreas”; para Jan Broek (1965) “a geografia é o conhecimento ordenado da diversidade da Terra como mundo do homem.”

Tendo no *Homem e na Terra* seus componentes principais, a Geografia permitiu uma grande abertura quanto às conceituações, abrindo caminho para a divisão do conhecimento geográfico em Geografia Física e Geografia Humana⁸.

O entendimento do surgimento da Geografia Física como ramo “independente” da Geografia, bem como seu desenvolvimento ajudará a compreender de que forma a abordagem sistêmica se encaixa nos pressupostos teórico-metodológicos utilizados como suporte para as pesquisas geográficas, nas quais se busca a interação entre a sociedade e a natureza.

É na Escola Possibilista que se encontram as verdadeiras raízes da Geografia Física, uma vez que em seus estudos o aspecto físico era visto como mero suporte às atividades humanas. A Geografia Física poderia ter sucumbido, ou ter tido um desenvolvimento irrelevante se não houvesse ocorrido sua sub-divisão em vários sub-ramos logo após o declínio do Possibilismo.

Dessa forma, o surgimento de *ciências específicas*, tais como a climatologia baseada na meteorologia, a geomorfologia pautada nos conhecimentos geológicos, a biogeografia tendo tido na Botânica seu mais forte embasamento teórico, permitiu a revigoração das pesquisas em Geografia Física, elevando-a a um patamar científico não antes alcançado.

Obviamente que, desde o surgimento da Geografia Física até seu apogeu, houve um lento processo de concretização da mesma. Todavia, como o objetivo nesse momento não é tratar do processo evolutivo desse ramo da Geografia, mas introduzi-la dentro da Teoria Geral do Sistema, sugere-se ao leitor a busca por referências bibliográficas acerca da história do pensamento geográfico.

Uma consideração deve ser feita, mesmo que de forma breve, para esclarecer a abrangência das perspectivas conceituais envolvidas nos estudos dos sistemas. Com a evolução dos conhecimentos ecológicos e geográficos e diante de perspectivas mais abrangentes sobre as características dos fatores naturais, muitas propostas foram surgindo para definir e delinear as unidades componentes da superfície terrestre.

Uma das proposições iniciais encontra-se vinculada com a *Ecologia da Paisagem*, introduzida pelo geógrafo alemão Carl Troll em 1938, conforme mencionado anteriormente, que também utilizou o termo *geoecologia*. Para Troll o nascimento da *Ecologia da Paisagem* significou a ligação mais importante entre a Geografia (*paisagem*) e a Biologia (*ecologia*). A perspectiva do geógrafo incluía, além das paisagens naturais, as paisagens antrópicas. Essa perspectiva implicava que as paisagens culturais e os aspectos sócio-econômicos deveriam também ser considerados nas análises dos fatores componentes da superfície terrestre.

⁸ Embora seja extremamente importante saber como se deu, no tempo e no espaço, essa dicotomia, não será feito aqui uma discussão acerca do tema, tanto porque há a exigüidade do espaço, quanto porque seria outro tema a ser debatido.

A Teoria Geral do Sistema, ou o próprio “pensamento sistêmico”, elaborado por tantos cientistas ao longo do tempo, abriu caminho não apenas para mais uma “teoria”, mas para uma nova visão de mundo, cujos princípios são os da totalidade, da abrangência das partes, de uma visão holística. Uma visão que concebe a natureza de forma integrada, onde nada pode ser entendido separadamente, onde vários campos de estudos podem ser não unificados, mas complementados.

Nesse sentido, a perspectiva da análise integrada do sistema ambiental converge para a perspectiva da *abordagem sistêmica* da Teoria Geral do Sistema, tendo como maior vínculo a noção e conceituação do *geossistema*. Tal termo criado pelo geógrafo russo Vitor Sotchava, na década de 1960, influenciado por geógrafos como Grigoriev, Issatchenko, dentre outros, constituía-se num método para estudar a espacialidade dos fenômenos geográficos nas planícies soviéticas. Para ele a elaboração de uma classificação e de uma conceituação de geossistemas foi possível a partir do aprofundamento dos estudos da paisagem. Referindo-se, particularmente à noção de *homogêneo e diferenciado*, como princípios fundamentais à classificação do geossistema.

Sotchava (1978) define geossistema como uma classe peculiar de sistemas abertos e hierarquicamente organizados. Entre os elementos fundamentais para a diferenciação dos geossistemas, o autor enfatizava as características dinâmicas e a evolução das paisagens estudadas. Entre as principais características estudadas por ele estava a geomorfologia, a hidroclimática, a pedologia e a botânica, sem esquecer os estudos geoquímicos a respeito dos fluxos de matéria e energia.

Sotchava (op.cit.) considerava os geossistemas fenômenos naturais onde os fatores econômicos e sociais afetariam a sua estrutura e peculiaridades espaciais, onde tais fatores obrigatoriamente devem ser considerados nos estudos e pesquisas dos geossistemas. A sua justificativa se fundamenta na influência sobre as mais importantes conexões dentro de cada geossistema, sobretudo nas paisagens fortemente modificadas pelo homem.

A evolução do geossistema, de um estágio temporal para outro, constitui a essência de sua dinâmica, na qual os componentes naturais independentes revelam diferentes graus e índices de mutabilidade. Tais componentes podem se tornar críticos, e serem responsáveis pela intensidade dos processos físico-geográficos.

A noção de “ecossistema”, também discutida por Sotchava (op.cit.), retoma uma antiga polêmica de escala espacial, uma vez que o ecossistema dos biólogos pode ser apenas uma célula ou uma molécula ou todo um oceano, ou seja, uma unidade espacial sem definição, enquanto para o geógrafo as manifestações moleculares da vida juntamente com o ambiente compõem também ecossistemas. Nesses casos o conceito de ecossistema estaria sendo erroneamente utilizado.

O conceito de ecossistema é biológico, enquanto o geossistema abrange complexos biológicos, possuindo uma organização de sistemas mais complexa, e em comparação com o ecossistema, tem capacidade horizontal mais ampla.

Sobre isso, vale salientar um trecho da obra de Mendonça (1989, p. 19) onde o autor diz que “*a aproximação da ecologia não causa grandes problemas para a Geografia Física, embora se possa pensar que as duas estejam fazendo as mesmas coisas*”. Apesar de possuírem quase os mesmos objetos de estudo e produzirem resultados bastante parecidos, Ecologia e Geografia Física não se fundem numa só ciência.

[...] a visão verticalizada que o ecólogo tem do quadro natural, herdada de sua origem da biologia, é muito diferente da visão horizontalizada do geógrafo que se preocupa demasiadamente com a extensão do fenômeno estudado, entre outras coisas. (MENDONÇA, 1989, p. 39).

Outra preocupação de Sotchava (1977) é definir as unidades espaciais dos geossistemas. Supondo que haja um critério universal para o estabelecimento de uma unidade espacial mínima para geossistemas de diferentes categorias, esse critério teria por base a rotação de substâncias correspondentes à cada categoria de geossistema. Horizontalmente abrange o território onde são encontrados os elementos que asseguram a unidade desse menor sistema. Verticalmente, abrange de 20 a 50 metros de espessura, dentro de cujos limites se encerram o contorno da rotação elementar.

No que se refere à classificação do geossistema, a mesma é construída segundo duas classes: uma de geômeros e outra de geócoros. Prever a direção do geossistema é de interesse tanto acadêmico quanto prático, porém extremamente complicada. A preocupação do autor refere-se à *dinâmica normal* dos geossistemas, inclusive àqueles afetados pelo homem. Dessa maneira a prognose de tal dinâmica é condição necessária para a utilização racional dos recursos naturais.

Do ponto de vista de Sotchava (1978), apesar de todo o conhecimento adquirido sobre a prognose geográfica dos geossistemas, ainda não foram criadas as possibilidades, nem atingidas as condições necessárias para a organização de pesquisas experimentais sobre geossistemas.

Dentro da teoria científica da formação do geossistema, o autor ressalta que na caracterização do meio natural, verifica-se a convergência de dois princípios: homogeneidade e diferenciação.

No processo de desenvolvimento natural desse domínio funcionam, ao mesmo tempo, os processos de homogeneidade e diferenciação. Todas as classes de geossistema com estrutura homogênea chamam-se “geômeros”, e os de estrutura diferenciada são chamados de “geócoros. (SOTCHAVA, 1977, p. 8).

Há vários anos a expressão “áreas homogêneas da natureza”, já é utilizada por geógrafos, apesar disso o critério de homogeneidade do geossistema, não pode ainda ser considerado como medida fixada. A solução metodológica para a questão da homogeneidade torna-se mais propícia a partir de áreas homogêneas elementares (geobiocenoses).

De maneira experimental ou visual, a área homogênea é o ponto de partida para a classificação do geossistema. As áreas homogêneas similares unem-se no fâcies, também segundo o princípio da homogeneidade.

O “geoma” é da categoria dos geômeros que, segundo o autor, está nos limites entre as divisões do meio natural regional e as dimensões topológicas.

Segundo Monteiro (1995), o artigo de Bertrand (1972) representa entre nós, geógrafos brasileiros, o marco inicial da proposta de *Paisagem e Geografia Física Global*, através do *geossistema*, que emerge como novo paradigma. Para Monteiro (op.cit.) o geossistema é certamente, uma proposta geográfica que não pretende ser confundida com aquela de ecossistema.

Portanto, foi a hierarquização da paisagem, proposta por Bertrand (1972), inspirada na concepção espaço-temporal de Andre Cailleux e Jean Tricart, que teve maior repercussão na Geografia brasileira. Para Bertrand (1972):

A paisagem não é a simples adição de elementos geográficos disparatados. É, numa determinada porção do espaço, o resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução. (p.2)

Retomando a questão acerca do termo *ecossistema*, Bertrand (op cit.) afirma que tal termo não deve ser utilizado enquanto categoria geográfica, pois este não tem nem escala nem suporte espacial bem definido. Posto isso, para ele seria melhor renunciar e ajustar a taxonomia biogeográfica, a escolher livremente unidades geográficas globais adaptadas ao estudo da paisagem. Ainda destaca que a geografia francesa pecava pelo desconhecimento acerca dos conteúdos biológicos e ecológicos na síntese da paisagem. Ressalta também a importância do trabalho de Carl Troll, cujo método⁹ representa um enorme progresso sobre os estudos fragmentados dos geógrafos e dos biogeógrafos, uma vez que reagrupa todos os elementos da paisagem, e concede um lugar expressivo às atividades humanas.

Partindo do princípio afirmado por Paul Claval, de que todas as delimitações são arbitrárias e de que é impossível achar um sistema geral do espaço que respeite os limites próprios para cada ordem de fenômenos, Bertrand vislumbra uma taxonomia das paisagens com dominância física, cujo intuito prévio é delimitá-las no espaço e no tempo. Surgem daí as Unidades Superiores denominadas, hierarquicamente por Zona, Domínio e Região Natural, definidas pelo clima zonal e, secundariamente pela geologia; e as Unidades Inferiores tais como o Geossistema, o geofácies e o geótopo. Para Bertrand (1972) a vantagem dessas três unidades inferiores repousa no fato de não terem sido utilizadas, de serem construídas em um modelo idêntico e de evocar cada uma o traço característico da unidade correspondente. O termo geo“sistema” acentua o complexo geográfico e a dinâmica de conjunto; geo“fácies” insiste no aspecto fisionômico e geo“topo” situa essa unidade no último nível da escala espacial.

O geossistema, assim proposto, situa-se entre a 4ª e a 5ª grandeza espaço-temporal, tratando-se de uma unidade dimensional compreendida entre alguns quilômetros e algumas centenas de quilômetros quadrados, escala em que se situa a maior parte dos fenômenos de interferência entre os elementos da paisagem, na qual ocorrem as combinações dialéticas

⁹ Nesse sentido, Bertrand (1972) ressalta que não se trata de um método propriamente dito, mas de uma atitude de espírito.

mais interessantes para o geógrafo. No geossistema ocorre a combinação do potencial ecológico, que envolve o clima, a hidrologia e a geomorfologia; a exploração biológica, incluindo a fauna, a flora e o solo, além da ação antrópica, representada pelas manifestações sociais, econômicas, culturais da sociedade. Nesse sentido, entende que, o geossistema é um “palco” no qual pode ser percebida a interrelação sociedade-natureza, e que pode ser mapeado, lido e compreendido pela ótica de um geógrafo.

O *geofácia* e o *geótopo* correspondem a unidades hierarquicamente menores, encontradas no interior de um geossistema e correspondem sempre a uma combinação característica, cuja vegetação fornece os melhores critérios.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Não é tarefa fácil dissertar sobre o tema das paisagens, dos geossistemas e da aplicabilidade de ambos nos estudos geográficos. Muitos trabalhos, de excelente qualidade, tais como os de Passos (2003; 2007), Rodriguez; Silva (2002), Besse (2006); Claval (2007), dentre muitos outros, que tratam dessa temática, ora sob um viés, ora sob outro, embora nem sempre tratem a paisagem da mesma forma, constituem pesquisas que fazem parte do cotidiano de quem lida profissionalmente com a paisagem enquanto categoria de análise e tenta entender seu percurso na história da Geografia, na epistemologia da Geografia.

Sobre os geossistemas, muitos avanços ocorreram, mas ainda está longe de se chegar a uma conclusão, sobretudo acerca do problema da escala. Todavia, parece ressuscitar, mesmo que tardiamente, para nós geógrafos, a Ecologia da Paisagem (*Landscape Ecology*), cujo embrião se fez na Geografia com Carl Troll. A quantidade de livros e artigos publicados nessa temática é uma porta aberta para nos apropriarmos daquilo que tem um forte cunho biogeográfico.

Embora não tenha sido mencionado em momento algum nesse artigo, o resultado dos estudos dos manguezais sob o enfoque sistêmico e hierárquico tem se mostrado um excelente referencial teórico-metodológico, compatível com a visão holística proposta pela Teoria Geral do Sistema.

Capra, em seu livro “A Teia da Vida” (1996), discute a ascensão do pensamento sistêmico contextualizando-o na história da evolução da ciência. Para Capra (op.cit.) as idéias elaboradas pelos biólogos orgânicos contribuíram a formular um novo modo de pensar – “o pensar sistêmico” – em termos de conexidade, de relações, de contexto.

Ainda segundo Capra (1996), de acordo com a visão sistêmica, as propriedades essenciais de um organismo, ou sistema vivo, são propriedades do todo, que nenhuma das partes possui. Elas surgem das interações e das relações entre as partes. Sobre a importância do pensamento sistêmico Capra afirma:

A visão sistêmica da vida é ilustrada de maneira bela e profusa nos escritos de Paul Weiss, que trouxe concepções sistêmicas às ciências da vida a partir de seus estudos de Engenharia, e passou toda a sua vida explorando e defendendo uma plena concepção orgânica da

Biologia. [...] Na abordagem sistêmica, as propriedades das partes podem ser entendidas apenas a partir da organização do todo. Em consequência disso, o pensamento sistêmico concentra-se não em blocos de construção básicos, mas em princípios de organização básicos. O pensamento sistêmico é “contextual”, o que é o oposto do pensamento analítico. A análise significa isolar alguma coisa a fim de entendê-la; o pensamento sistêmico significa colocá-la no contexto de um todo mais amplo. (CAPRA, 1996, p. 40;41).

A despeito das incontestes dificuldades que ambos os autores da proposição metodológica do geossistema tiveram para estabelecê-la, e das críticas que freqüentemente receberam, a abordagem sistêmica tem como grande mérito propor uma alternativa ao uso corrente do ecossistema em Geografia, pois segundo Sotchava (1978), a fusão desses dois conceitos, além de não promover o progresso quer da Geografia, quer da Ecologia, é incorreta. Por outro lado, segundo Monteiro (1995), embora ainda não tenham sido criadas as possibilidades, nem atingidas as condições necessárias para a organização de pesquisas experimentais sobre geossistemas, o mesmo demonstra relevância para os estudos das relações sociedade-natureza e da avaliação da qualidade ambiental, bem como o aprimoramento como veículo para a aplicação da Geografia no planejamento territorial.

REFERÊNCIAS

- BERTALANFFY, L. von. **General System Theory. Foundations, development and applications**. New York: George Braziler, 1968.
- _____. **Teoria geral dos sistemas**. Petrópolis (RJ): Editora Vozes, 1975.
- _____. **Perspectyvas en la teoría general de sistemas**. Estudios científico-filosóficos. Madrid: Alianza Editorial, 1975.
- BERTALANFFY, L. *ET AL.* **Teoria dos Sistemas**. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1976.
- BERTALANFFY, L. *ET AL.* **Tendencias en la teoría general de sistemas**. Madrid: Alianza Editorial, 1972.
- BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global: Esboço metodológico. **Caderno de Ciências da Terra**. São Paulo: USP. 1972.
- BESSE, J-M. **Ver a terra. Seis ensaios sobre a paisagem e a geografia**. São Paulo: Perspectiva, 2006.
- CAILLEUX, A. & TRICART, J. **Principes et méthodes de la geomorphologie**. Paris: Masson e Cie Editeurs. 1965.
- CAPRA, F. **O ponto de mutação. A ciência, a sociedade e a cultura emergente**. São Paulo: Editora Cultrix, 1982.

_____. **A teia da vida. Uma nova compreensão científica dos sistemas vivos.** São Paulo: Editora Cultrix, 2001.

CHORLEY, R. J. Geomorphology and general systems theory. In: **U.S. Geol. Survey Prof. Paper**, (500-B): p.1-10. 1962.

CHORLEY, J. R. & HAGGET, P. (Coord. Ed.) **Modelos físicos e de informações em Geografia.** São Paulo: Editora da USP, Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora, 1974.

CHORLEY, R. J. & KENNEDY, B. A. **Physical Geography: a systems approach.** Londres: Prentice Hall Inc. Co., 1971.

CHRISTOFOLETTI, A. A teoria dos sistemas. In: **Boletim de Geografia Teórica**, 1 (2) p.43-60. 1971.

_____. **Análise de sistemas em geografia.** São Paulo: Editora Hucitec/EDUSP, 1975.

_____. **Modelagem de sistemas ambientais.** São Paulo: Editora Edgard Blücher, 1999.

CHORLEY, R. J. Geomorphology and general systems theory. In: **U.S. Geol. Survey Prof. Paper**, (500-B): p.1-10. 1962.

CLAVAL, P. **A geografia cultural.** Florianópolis: Ed. da UFSC, 2007.

CORRÊA, R. L. **Trajetórias geográficas.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.

CRUZ, O. 1985. A geografia física, o geossistema, a paisagem e os estudos dos processos geomórficos. In: **Boletim de Geografia Teórica**, 15 (29-30), p.53-62, 1985.

DAJOZ, R. **Introdução à Ecologia.** São Paulo: Editora Cultrix, 1973.

DAVIDSON, M. **Uncommuon sense. The life and thought of Ludwig von Bertalanffy, father of General Systems Theory.** Boston: J.P. Tarcher, INC., 1983.

FERREIRA, A. B. H. **Novo dicionário Aurélio da língua portuguesa.** Rio de Janeiro: Ed. Nova Fronteira, 1975.

FORMAN, R. T. T.; GODRON, M. **Landscape Ecology.** New York: Willey and Sons Eds., 1986.

GRÖNING, G. A questionabilidade do conceito de paisagem. In: **Revista RA'E GA**, Curitiba: Ed. UFPR, n. 8, ano 4, p. 9-18, 2004.

GUERASIMOV, I. Problemas Metodologicos de la ecologizacion de la ciencia contemporanea. In: **La sociedad y el medio natural.** Moscou: Editorial Progreso, p. 57-75. 1983.

GUERASIMOV, I. & MECERJACOV, J. A. Morfoestructure. In: **The Encyclopedia of Geomorphology.** New York: Rhodes W. Fairbrigde. Reinhold Book Corp. 1968.

HOLZER, W. Paisagem, imaginário, identidade: alternativas para o estudo geográfico. In: ROSENDAHL, Z.; Corrêa, R. L. (Orgs.). **Manifestações da cultura no espaço**. Rio de Janeiro: Ed. UERJ/NEPEC, 1999, p. 149-168.

LASZLO, E. **The systems view of the world**. A holistic vision for our time. Cresskill (NJ): Hampton Press, 2002.

LASZLO, E; GROF, S.; RUSSEL, P. **La revolución de la conciencia**. Barcelona: Editora Kairós, 2000.

LE MOIGNE, J-L. **A teoria do sistema geral**. França: Instituto Piaget, 1977.

MECERJACOV, J. P. Les concepts de morphostruture et de morphosculture: un novel instrument de l'analyse geomorphologique. In: **Annales de Geographie**, 77 e années 423, Paris. 1968.

MENDONÇA, F. **Geografia física: Ciência humana?** São Paulo: Editora Contexto, 1989.

MONTEIRO, C. A. F. **Os geossistemas como elemento de integração na síntese geográfica e fator de promoção interdisciplinar na compreensão do ambiente**. Aula inaugural do curso de doutorado interdisciplinar em Ciências Humanas, Sociedade e Meio Ambiente. CFCH-UFSC – Florianópolis. 1995.

_____. **Geossistemas: a história de uma procura**. São Paulo: Editora Contexto, 2000.

MORAES, A. C. R. **Geografia: pequena história crítica**. São Paulo: Editora HUCITEC, 1983.

NETO, R. M. Considerações sobre a paisagem enquanto recurso metodológico para a geografia física. In: **Caminhos da Geografia**. Uberlândia, v.9, n.26, p. 243-255. 2008.

NUCCI, J. C. Origem e desenvolvimento da ecologia e da ecologia da paisagem. In: **Revista Eletrônica Geografar**. Curitiba, v. 2, nº 1, p.77-99, jan./jun. 2007.

PASSOS, M. M. **Biogeografia e paisagem**. Maringá: Editora UEM, 2003.

RELPH, E. **A paisagem urbana moderna**. Lisboa: Edições 70. 1987.

RODRIGUEZ, J.M.M; SILVA, E.V. A classificação das paisagens a partir de uma visão geossistêmica. In: Mercartor – Revista de Geografia da UFC, a.1, n.1, 2002.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais antropizados. In: **Revista do Departamento de Geografia**. São Paulo: FFLHC- USP, n.9, p.65-76. 1994.

_____. **Geomorfologia, ambiente e planejamento**. São Paulo: Contexto, 1992.

_____. **Ecogeografia do Brasil**. Subsídios para planejamento ambiental. São Paulo: Editora Oficina de Textos, 2006.

SAUER, C. O. A morfologia da paisagem. In: CORRÊA, R. L.; ROSENDAHL, Z. (Orgs.). **Paisagem, tempo e cultura**. Rio de Janeiro: Ed. UERJ/NEPEC, p. 12-74, 1998.

SOTCHAVA, V. B. **Biogeografia**. Por uma teoria de classificação de geossistemas de vida terrestre. São Paulo: USP, p. 1-24. 1977.

SOTCHAVA, V. B. O estudo do geossistema. In: **Instituto Geográfico do Estado de São Paulo**. Série Métodos em Questão: p. 1-51, 1978.

SOUZA, G. M. & MONZATTO, A. G. Hierarquia auto-organizada em sistemas biológicos. In: **Coleção CLE**. Campinas, n. 30, p.152-172, 2000.

TRICART, J. Principes et méthodes de la geomorphologies. Paris: Masson et Editeurs, p. 1-19, 1965.

_____. **Ecodinâmica**. Recursos naturais e meio ambiente. Rio de Janeiro: IBGE, Diretoria Técnica, SUPREN, 1977.

_____. Paisagem e ecologia. In: **Inter-facies**. São José do Rio Preto (SP): IBILCE-UNESP, n.76, 1982.

VALE, C. C. **Séries geomórficas costeiras do estado do Espírito Santo e os habitats para o desenvolvimento dos manguezais: um visão sistêmica**. Tese (Doutorado – Programa de Pós-Graduação em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo. 2004.

VASCONCELLOS, M. J. **Pensamento sistêmico**. O novo paradigma da ciência. Campinas: Papirus, 2002.

WEINBERG, G. M. **An introduction to general systems thinking**. Ottawa: John Wiley & Sons, Inc. 1975.

ZONNEVELD, I. S. Land evaluation and landscape science. In: ITC. **Textbook of photo-interpretation**. Enscheda (Hl), 1979.

ZONNEVELD, I. S. The land unit – A fundamental concept in landscape ecology, and its applications. In: **Landscape Ecology**. SPB- Publishing Hague, v. 3, n. 3, p. 67-86, 1989.