

ABORDAGEM SISTÊMICA E GEOGRAFIA

*Luiz Eduardo VICENTE¹
Archimedes PEREZ FILHO²*

Resumo

É fato incontestável a influência da Teoria dos Sistemas na ciência moderna. Suas derivações são amplas e fundamentadas numa crescente mudança que envolve uma demanda conjunta de sociedade, ciência, tecnologia e filosofia, o que nos leva a reflexões e discussões sobre tais mudanças e suas conseqüências. Sob essa perspectiva, este artigo discute através de um enfoque cronológico as bases conceituais da Teoria dos Sistemas na Geografia, seus desdobramentos teórico-metodológicos e tecnológicos. A Geografia insere-se neste contexto desde sua fundamentação enquanto ciência, através de discussões sob a necessidade da abordagem e compreensão do meio ambiente como um todo complexo. Dessa maneira, delinea-se e identifica-se a co-relação existente entre as novas perspectivas ambientais, através de uma crescente mudança de enfoque entre sociedade e natureza, e o surgimento do paradigma sistêmico na ciência moderna e suas derivações nas ciências geográficas, suscitando reflexões através da discussão de conceitos, sua gênese e seu aporte aplicado.

Palavras-Chave: abordagem sistêmica; geografia; meio ambiente; tecnologia; sistemas de informações geográficas.

Abstract

System approach and Geography

The influence of the "General Systems Theory" is an incontestable fact. Its ramifications are broad and based on a growing change, involving interconnections among society, science, technology and philosophy. By following a chronological approach, this paper discusses the conceptual basis of the "General Systems Theory" in Geography and its theoretical-methodological and technological extendings. The geographical science pursues, as one of its basis, a comprehensive knowledge of the environment complexity. Therefore, it is possible to clearly identify the onset of a new environment perspective, with emphasis in both society and nature, at the same time that the systemic paradigm and its extendings are strongly influencing the Geographical science, bringing the discussion of new concepts, their origins and applications.

Key words: system approach; geography; environment; technology; geographic information system.

¹ Doutorando do curso de pós-graduação em Geografia da Unicamp – Instituto de Geociências/ Departamento de Geografia. E-mail: vicente@ige.unicamp.br

² Prof. Titular do Instituto de Geociências da Unicamp/Departamento de Geografia. E-mail: archi@ige.unicamp.br

INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

A forma variada, rápida e agressiva com que o homem tem interferido na dinâmica natural da Terra fornece elementos para alguns pesquisadores defenderem a idéia de, no presente, estarmos na vigência de uma nova realidade ambiental, onde as derivações antrópicas apresentam-se cada vez mais influentes e contundentes. O crescimento das cidades; a ocupação irracional de bacias hidrográficas e mananciais hídricos; o desmatamento de florestas tropicais (nichos de grande biodiversidade); a exploração da vida marinha; a dinâmica climática e o comportamento, ainda pouco estudado, do aquecimento global e de fenômenos como o El Niño, entre outros, são apenas alguns dos exemplos, que nos colocam questões de ordem global, as quais não podem ser tratadas isoladamente, mas, através de suas interações e implicações de ordem, não apenas natural, mas também ambiental (sociedade/natureza), ou seja, de cunho geográfico.

Até que ponto tais fenômenos são fruto de um ritmo natural ainda pouco conhecido, dada sua abrangência temporal, ou surgem como a *tal* resposta da natureza à interferência do homem, tão alardeada pela mídia? Ainda são muitos os exageros e excessos em ambos os lados da questão, frutos de uma necessária busca em torno do conhecimento científico.

Arelado ao *vácuo* das discussões que rondam a questão ambiental, muito se fala sobre novas metodologias voltadas para o estudo do meio ambiente e na utilização de tecnologias mais aptas à abordagem da complexidade natural e da consideração da interferência humana na mesma. Porém, tal empreitada, por vezes, carece de uma maior reflexão sobre a gênese das bases científicas inerentes a tais questões, principalmente no que tange a Geografia e seu papel nesse contexto, a qual sempre foi reiterada e enfrentada com competência por diversos nomes desse campo científico. Pensando sob essa perspectiva, esse trabalho aborda a construção de alguns conceitos próprios da Ciência Geográfica, e que encontram-se intimamente ligados às questões de cunho ambiental e de suas implicações na vida humana.

É neste ínterim, que se procura trazer à baila fundamentos e conceitos da abordagem sistêmica na Geografia, restituindo cronologicamente sua contribuição e constituição paradigmáticas. Aborda também, alguns dos principais autores que trabalharam com tal concepção, e os seus desdobramentos na instrumentação tecnológica, onde suscita conclusões que auxiliam na abordagem do meio ambiente, e no próprio refletir da Geografia e de sua conformação enquanto Ciência, assim como no seu fundamental papel frente ao entendimento da dinâmica global.

PRESSUPOSTOS TEÓRICOS-METODOLÓGICOS

A Ciência e o ambiente em que Vivemos

O conhecimento científico é o conjunto de idéias estabelecidas e conectadas entre si, isto é, organizadas segundo uma ordem lógica. Baseia-se em teorias pré-formuladas também conduz à construção de novas teorias ou paradigmas. A ciência é analítica, explicativa e propõe questionamentos. (CONTI, 1997, p.20)

Para entendermos a concepção do pensamento sistêmico na Geografia, devemos, sobretudo, compreender a perspectiva humana em relação à realidade que nos cerca, ou seja, o ambiente em que vivemos, e a evolução deste processo de conhecimento na forma de Ciência.

Através da história, o Homem realiza continuamente um ato reflexivo junto à realidade, que pode ser notado em diversas instâncias, desde a arte, passando pelas relações sociais, econômicas e culturais, até a referida ciência. A esse conjunto de correntes de pensamento, as quais estabelecem parâmetros e critérios para a busca do conhecimento dentro de uma determinada época, podemos chamar de correntes filosóficas, e seu desdobramento dentro do senso comum na sociedade, chamamos de ideologia, sendo que cada período da história é fruto da reflexão filosófica do homem sobre o meio, refletindo-se em tais correntes.

Existe, portanto, uma co-relação direta entre processo histórico e Ciência, a qual pode ser abordada, não tão somente pela dinâmica do seu objeto de estudo através dos tempos, mas sim, principalmente pela mudança de perspectiva do homem sobre esse mesmo objeto, sendo que tais mudanças dão-se pelo ato filosófico e reflexivo do pensamento científico sobre si mesmo, enquanto método, e sobre seu objeto (a realidade), num crescente evolutivo.

Essa reciprocidade reflexiva do Homem em relação aos seus atos, passa, independente da metodologia ou ciência escolhida, por processos de abstração, os quais obedecem modelos conceituais, derivados diretamente de grandes correntes de pensamento, ou seja, constituem-se em mecanismos de apreensão da realidade, sejam eles modelos matemáticos, filosóficos, biológicos, espaciais, etc. Quando esse conjunto de idéias, conceitos e valores não mais é suficiente para explicar as várias faces de uma realidade sempre dinâmica, é que ocorrem transformações fundamentais, suscitando crises estruturais e a revisão de paradigmas.

Essa relação com a realidade dá-se desde o início da existência humana, passando por diferentes níveis de abrangência e consciência em relação ao *ambiente* que ocupamos. O que nos remete à noção de meio ambiente, procurando desvinculá-la dos vícios impostos pelo seu excessivo uso em diferentes áreas nos últimos anos, e sim adotá-la de maneira mais ampla, como sendo onde a ação ou não-ação se verifica. Essa idéia de meio, por vezes desprezada, nos ajudará a compreender a relação simbiótica e intrínseca da vida humana junto à realidade, indo além de um conjunto de ações recíprocas e aparentes num dado espaço, e sim, tomando-as enquanto derivações complexas de ordens variadas: escala (macro/micro), estrutura (físico, química, biológica) e processos. Veremos que ignorar tal relação é penalizar a compreensão dessa mesma realidade.

As ciências naturais ou de base, como a Física, Química e Biologia, sempre extraíram uma lógica causal do mundo que nos cerca, impondo à complexidade de um todo integrado, as limitações de uma observação baseada em modelos estanques. Essa concepção foi de extrema importância num dado momento, porém, as mesmas reavaliaram-se, tomando como ponto de partida os parâmetros envolvidos nesse novo foco da relação homem/meio, onde a complexidade que sempre existiu, mostra-se de maneira exigente, colocando em "*xeque*" conceitos e idéias sedimentadas há mais de 300 anos, as quais não são mais suficientes, per si, para fornecer respostas referentes à investigação do mundo que nos cerca.

Do Universo metafísico ao Universo mecânico

A fim de entender-se a Ciência como a conhecemos hoje, e as transformações que vem ocorrendo, toma-se como recorte deste processo a Idade Média, no período

que vai aproximadamente do Século V até o Século XV, quando tem-se a Ciência erigida sob as ordens dogmática e metafísica, construídas sob a interpretação do pensamento grego, através de pensadores como Santo Agostinho, Santo Ambrósio e principalmente Santo Tomás de Aquino (ANDERY et al, 1988, p.145-151), e na sua modulação dos conceitos aristotélicos de natureza, plenamente adaptados ao teocentrismo da Igreja, que por sua vez, torna-se cada vez mais dominante política e socialmente, frente ao vácuo aberto pela decadência do Império Romano.

Nesse período, a fé cristã em um Deus criador e designador encontrava-se no cerne da ciência medieval, a qual pautava-se na compreensão das manifestações divinas na natureza, buscando uma explicação que facilitasse a comunhão entre o Homem e a mesma. Esse conceito manifestava-se nas ocupações feudais, pequenas e auto-suficientes produtivamente, visto buscarem em ações locais junto ao seu meio (natureza) o necessário para a vida em comunidade. As trocas de mercadorias e bens eram raras entre os feudos, e a posse da terra, fundamental para a estrutura sócio-política vigente.

Os anseios individuais do Homem encontravam-se subjacentes a um rígido conjunto hierárquico de necessidades coletivas, vivenciadas em pequenas e isoladas comunidades, as quais desdobravam-se socialmente na forma de uma conjugação de servidão nas relações sociais, indo do Senhor Feudal até seu Vassalo. A Ciência vigente reforçava dois aspectos fundamentais para a justificação dessa estrutura, o primeiro é o que Capra (1982) denomina de visão *orgânica* da natureza.

As pessoas viviam em comunidades pequenas e coesas, e vivenciavam a natureza em termos de relações orgânicas, caracterizadas pela interdependência dos fenômenos espirituais e materiais e pela subordinação das necessidades individuais às da comunidade. (CAPRA, 1982, p. 49)

O segundo seria a noção de apreensão e compreensão do ambiente dado uma ordem divina de criação e provisão. O intuito de controle ou dominação da natureza, exacerbado no período seguinte, não era a tônica dominante.

É o movimento Iluminista logo após a Idade Média, por volta do século XVIII, que marca o início para o mundo ocidental, de uma maior preocupação com a sistematização e organização da busca do conhecimento científico, evidenciando um novo enfoque na produção do conhecimento, através de conceitos inovadores principalmente na Física e na Matemática, desdobrando-se para a Filosofia e para própria episteme Científica. Pereira e Gioia (ANDERY et al, 1988, p.173), enfatizam os termos gerais dessa mudança:

A utilização da razão, de dados sensíveis e da experiência (em contraposição à fé) são traços que marcam o trabalho dos pensadores desse período, como consequência da transferência da preocupação com as relações Deus-homem para a preocupação com as relações homem-natureza. Esses traços aparecem, embora com ênfases muito diferenciadas, nos trabalhos de Galileu, Bacon, Descartes, Hobbes, Locke e Newton. (PEREIRA; GIOIA apud ANDERY et al, 1988, p.104)

Essa mudança de foco inicia-se de maneira mais representativa com os trabalhos de Galileu Galilei (ANDERY et al, 1988, p. 179), que em meados do século XVI, estabelece matematicamente a lei de Queda dos Corpos em seu manuscrito *De Motu*, sendo que em seguida corrobora empiricamente a teoria heliocêntrica de Copérnico.

Contemporaneamente a Galileu, Francis Bacon (CAPRA, 1982, p.121) estabelece as bases teóricas para o método *empírico indutivo*, pautado na observação/experimentação, sendo uma característica fundamental deste método a busca de

formulações de leis gerais que regem os fenômenos, considerando as mesmas como invariáveis, ou seja, ao apreendê-las sob a ótica da indução e do empirismo *lógico formal*, estar-se-ia entendendo o próprio fenômeno.

René Descartes (CAPRA, 1982, p.56), desdobra os conceitos da lógica formal de Bacon, fornecendo-lhe uma linguagem própria, a da Matemática, estabelecendo o método *racional dedutivo*, onde todo e qualquer fenômeno é passível de ser compreendido ao ser decomposto e estudado através de seus elementos componentes, a chamada abordagem analítica, tendo como seu principal exemplo e contribuição, a Geometria Analítica.

Posteriormente, já no início do século XVIII, o mecanicismo do pensamento cartesiano, assim como o empirismo lógico de Bacon, encontram em Isaac Newton toda a comprovação físico-matemática necessária, para que se pensasse no funcionamento do Universo como uma máquina, ou seja, como um todo regido por padrões lineares de ações e reações que se repetem sempre, daí o padrão matemático do pensamento de Descartes.

Para Descartes, o universo era uma máquina...A natureza funcionava de acordo com as leis mecânicas, e tudo no mundo material podia ser explicado em função da organização e do movimento de suas partes. (CAPRA, 1982, p.56)

Através do reconhecimento da lei da gravidade, Newton criou o método de Cálculo Diferencial, que estabelece postulados sobre o movimento dos corpos, demonstrando ser amplamente aplicáveis para todo o Universo. Decifra, assim, os mecanismos de ação e reação gerais e absolutos da relação *mecânica* existente entre elementos distintos em escalas diferentes.

A sistematização dos conceitos de pensadores como: Copérnico, Galileu, Bacon, Kepler e Descartes, através da síntese físico-matemática de Newton, sedimenta de vez o paradigma do Universo mecânico nas ciências como um todo, indo das ciências de base como a Física e a Matemática, até as biológicas e humanas, influenciando de maneira contundente e inovadora a busca do conhecimento até os dias de hoje.

A mudança conceitual, baseada na idéia do Universo mecânico, ou seja, estanque, linear e previsível, pode ser resumida em dois grandes vértices, principalmente entre os séculos XVI e XIX: o do arcabouço técnico-científico e o da estrutura sócio-cultural. No que tange ao primeiro, o mesmo sustenta satisfatoriamente o acúmulo do conhecimento racional, visto ser esse, de maneira incontestável, um período de grande avanço técnico-científico, sendo que toda a cátedra científica só pode ser considerada como tal, se obedecer aos critérios da ciência dita "*cartesiana*" e da física "*newtoniana*". Sintomaticamente, suscita a reavaliação de valores sócio-culturais, os quais desdobram-se em fatos históricos de grande monta, tais como: a Revolução Francesa, a Revolução Industrial, a intensificação da urbanização, e a ascensão do Capitalismo como modo de produção hegemônico.

Ambos os vértices, são intrinsecamente relacionados e frutos de uma nova relação com o ambiente, onde a ciência proposta pelos pensadores desse período, avança numa concepção de compreensão para predição e conseqüente dominação do ambiente. Esse aspecto fica nítido na sempre presente tentativa de formulação de leis amplamente aplicáveis aos mais diversos fenômenos, assim como na idéia de uniformidade e ciclicidade de todo e qualquer processo, sendo o conjunto de relações subjacentes ao próprio funcionamento do elemento em si. O ambiente passa a refletir, de maneira mais pronunciada, as formas baseadas na exploração e na expropriação da natureza.

O caos do Universo mecânico

Mesmo no auge do paradigma mecanicista, sempre houve indícios de que o Universo e as leis que, supostamente, o regem, não eram tão lineares e previsíveis, como propunham a maioria dos pensadores da época. O conhecimento escolástico e profundo das características de cada elemento componente de um todo, per se, não se mostrava suficiente para a compreensão de diversos elementos do mesmo tipo nesse todo.

O exemplo mais evidente desta afirmação, e que desde muito colocava em dúvida a estaticidade cartesiana, advinha de um todo dos mais complexos, a sociedade. Conhecer um indivíduo através de suas partes componentes e suas necessidades, não significava praticamente nada, quando o mesmo era inserido num todo social.

Autores como Immanuel Kant, Condorcet, S. Simon e Augusto Comte (LÖWY, 1987, p.9), entre outros, tentaram transpor as regras lógico-formais da perspectiva mecanicista, para as ciências humanas, culminando no movimento conhecido como "*positivista*", por vezes desdobrando-se em "*biologismo*", quando a lógica para a compreensão das ações antrópicas deriva de uma lógica biológica da natureza, guardando-se os mesmos princípios mecânicos de ação, reação e invariabilidade.

entendo por física social a ciência que tem por objetivo o estudo dos fenômenos sociais considerados dentro do mesmo espírito que os fenômenos astronômicos, físicos, químicos e fisiológicos, quer dizer, como sujeitos a leis **naturais invariáveis**, cuja descoberta é o objetivo específico de suas pesquisas. (COMTE Apud LÖWY, 1987, p.23) (grifo nosso)

Tal concepção sempre mostrou-se muito mais doutrinadora, no sentido de tentar adequar a realidade a um conceito, do que entendedora dos fatos, pois a sociedade em seu conjunto sócio/político/cultural sempre foi um dos melhores exemplos do quanto a mesma pode ser mutável e complexa em suas relações.

No início do século XIX, Hegel (LÖWY, 1987, p.293), expõe, através do pensamento dialético a existência de uma dinâmica complexa envolta num processo contínuo, que só pode ser compreendida através de seu movimento e do embate entre contrários, ou seja, as relações de contradição dos diversos elementos da realidade. Discípulo e contemporâneo de Hegel, Karl Marx (ANDERY et al, 1988), desdobra o pensamento hegeliano, com ênfase nos processos formadores do ambiente enquanto frutos de um devir histórico de relação do homem com esse mesmo ambiente, através do modo de produção, chegando ao conceito de "*Materialismo Dialético*".

Pode-se destacar na obra de Hegel e Marx (ANDERY et al, 1988, p.366-424), guardadas suas ênfases e particularidades históricas, a peculiaridade de estarem entre os primeiros pensadores a trabalharem com todos complexos, criticando o reducionismo científico e empreendendo uma perspectiva sistêmica, onde encontram-se sempre presentes a idéia de dinâmica, relações, processos, etc.

Dentro dessa perspectiva, Capra (1982) coloca que Marx, mesmo sob a ótica da compreensão do modo de produção, resgata a visão orgânica da relação Homem/Meio, onde Marx coloca que "*O homem vive na natureza, significa que a natureza é seu corpo, com o qual ele deve permanecer em contínuo intercuro se não quiser morrer*" (MARX apud CAPRA, 1982, p.199), ou seja, na crítica marxista ao pensamento mecanicista do século XIX, e a seu fruto direto, o modo de produção capitalista, não por acaso, encontrava-se embutida a noção de todo integrado, assim como a dominação na forma de subjugo e alijamento de parte desse todo, a natureza.

Essa perspectiva ecológica, embutida na releitura da realidade, representa, portanto, um dos primeiros aspectos da mudança sistêmica, que se encontra no cerne

dos anseios da humanidade e na sua busca de qualidade de vida, sendo que, a compreensão de fatos como a poluição em suas diversas formas, a degradação do solo, a mudança do ritmo climático, assim como os interesses econômicos e as atitudes sócio-políticas por trás de tais ações, só pode ser efetivada através de suas inter-relações. O pensamento mecanicista sempre esbarrou no contexto de uma realidade, como ela se apresenta, ou seja, complexa, integrada e por vezes caótica.

O século XX e a realidade sistêmica

Delineou-se, até agora, o processo pelo qual a Ciência e o conjunto de valores da sociedade vem se trasmutando nos últimos 300 anos, através de alguns pensadores, que julgou-se principais. Mas, o que é o conceito de sistemas, quando e através de que autores ele se torna mais evidente para a Ciência?

De maneira distinta, e em períodos diferentes da evolução do pensamento científico, foram diversos os pensadores que trabalharam, esporadicamente e em algum momento, com a noção de sistemas, principalmente ao se depararem com questões não respondidas pelo pensamento científico estabelecido sob a ordem cartesiana. Mesmo Newton e sua definição de Sistema Solar, assim como: Leibniz, Nicolau de Cusa, Vico, ibn-Kaldun e os já citados Hegel e Marx, entre outros (BERTALANFFY, 1973). Porém, é a partir do começo do século XIX, que surgem os primeiros enunciados físico-matemáticos na busca de uma compreensão *sistêmica* do comportamento dos elementos, calcados na incapacidade da física Newtoniana em explicar processos *conservativos* e *dissipativos* do calor, dando origem à Termodinâmica, através do trabalho de Jean-Joseph Fourier, Sadi Carnot e James Prescott Joule, tornando-se base para uma série de teorias e conceitos subjacentes, que tomariam corpo anos depois, tendo como prerrogativa o comportamento não-linear, evolutivo, probabilístico e por vezes caótico, ou seja, sistêmico (PRIGOGINE; STENGERS, 1997).

Bertalanffy (1973, p.28), no início do século XX, aponta o acirramento de tais idéias, através de autores, como: Köler (1924), Lotka (1925), Whitehead (1925), Cannon (1929), etc. Denotando uma sintomática tendência para a rediscussão da ordem científica vigente, esse mesmo autor (Ludwig Von Bertalanffy), num seminário de filosofia em Chicago no ano de 1937, trouxe para discussão uma primeira tentativa de sistematização filosófica do conceito de sistemas. Entretanto, o meio acadêmico, por sua vez, não demonstrava ainda estar receptivo para tais idéias, visto que o particionamento da ciência através de suas especializações encontrava-se em pleno desenvolvimento. Suas idéias alcançam maior repercussão após a Segunda Guerra Mundial, através de sua obra "*Teoria Geral dos Sistemas*", momento esse de grandes transformações de ordem política, social, econômica e cultural, que obviamente trariam em seu bojo uma influência direta nas bases da ciência desde então.

A proposta de Bertalanffy (1973, p.28) pressupunha uma episteme complexa e que, na essência, buscava uma linguagem científica única que englobasse todos os campos do conhecimento, permeando a Biologia, a Engenharia, a Física, a Matemática, a Psicologia, as Ciências Sociais, as Ciências da Terra e outras, através da definição e análise de componentes e estruturas funcionais inerentes a todos os campos da realidade, os quais colocam-se como suporte para sua compreensão, os *sistemas*.

Dentre as várias definições de sistema, expomos comparativamente duas, a de Hall e Fagen (CHRISTOFOLETTI, 1979, p.106), que define sistemas como sendo "um conjunto dos elementos e das relações entre eles e seus atributos", e a de Bertalanffy (1973, p.62), definindo sistemas como "um conjunto de elementos em interação". A respeito de sua definição, o próprio autor comenta que, à primeira vista, tal descritiva pode parecer "[...] tão geral e vaga que não se pode extrair grande

coisa dela" (BERTALANFFY, 1973, p.62), porém, cabe ressaltar que tal idéia só faz-se presente num primeiro momento, frente a definições em frases mais extensas.

Bertalanffy, na verdade, faz referência à condição mais geral e básica que permeia todos os tipos de sistemas, a partir da qual, o mesmo não seria tomado como tal, e outras condições como organização e hierarquia (dos referidos elementos em interação), simplesmente não teriam razão de ser, mesmo porque, algumas dessas condições presentes em certas definições, concretizam-se apenas em determinados tipos de sistemas. Portanto, nos é dado pelo autor, de maneira simples, o primeiro passo para a compreensão geral de sistemas.

Segue-se em meados do século XX, no campo da Física, por exemplo, um conjunto de conceitos emergentes, que gradualmente suscitam novas reflexões sobre o Universo e suas leis, como: a Teoria da Relatividade de Einstein e a noção de tempo não absoluto; a descoberta de partículas elementares de natureza instável, assim como a comprovação de que existe uma correlação direta entre partículas micro e a estrutura macro, corroborando o conceito de Universo mutável, dinâmico, em constante expansão e interação. Tais conceitos fazem-nos rever, através da Física Quântica e Probabilística, a noção de sólidos, movimentos lineares e uniformes de Newton, os quais não explicam o comportamento microscópico de algumas partículas que, dependendo de como são observadas, alteram seu comportamento, podendo até ocupar dois lugares ao mesmo tempo. Prigogine e Stengers (GONDOLO, 1999, p.73) ressaltam que "Pode-se dizer que existe uma dialética entre unidades concretas, sejam partículas, moléculas ou insetos e estruturas globais, formadas por um grande número dessas unidades".

A função observador/observado ganha novas conotações e a própria realidade começa a ser revista, enquanto expressão de pequenas e relativas verdades dinâmicas, aleatórias e casuais.

Os sistemas e as leis da física: sua relação básica com o Ambiente

A casualidade e a complexidade percebidas no universo micro, como bem demonstram, por exemplo, a Termodinâmica e a Física Quântica, servem de base para uma releitura da realidade macro (diretamente percebida pelo Homem), pela própria razão de encadeamento sistêmico percebido nas estruturas afins em suas diferentes escalas, ou seja, na relação primaz com o meio físico e as leis que o regem. Segundo essa relação, um sistema pode ser classificado em aberto ou fechado.

Os sistemas fechados abrangem a relação de elementos em interação que tem seus princípios regidos pelos conceitos tradicionais da física, especificamente as leis da termodinâmica, onde os fluxos de energia e matéria são invariavelmente controlados dentro de um ambiente fechado. Para este tipo de ambiente, Bertalanffy (1973, p.64) expõe o princípio da equifinalidade, onde diz que "[...] em qualquer sistema fechado o estado final é inequivocamente determinado pelas condições iniciais [...] as condições finais dos reagentes dependem naturalmente das condições iniciais." Bertalanffy usa esse conceito para fazer compreender o aspecto diferencial entre um ambiente criado e controlado, que chega ao estado de equilíbrio ou máxima entropia, onde não mais existe energia disponível para realizar trabalho, e o de um ser vivo ou de um ambiente dinâmico e extremamente complexo, os sistemas abertos, onde tais princípios não se aplicam, os quais apenas tendem a um estado de equilíbrio que, segundo Gregory (1992, p. 222) são "[...] definidos como os que precisam de um suprimento de energia para a sua manutenção e preservação, e são mantidos em condição de equilíbrio pelo constante suprimento e remoção de matéria e energia."

Em sistemas abertos, as condições iniciais sofrem a influência direta de um número enorme de variáveis e variantes em processo constante de reações e contra-reações, expressas nas oscilações de seus níveis de entropia.

Todo o organismo vivo é essencialmente um sistema aberto. Mantém-se em um contínuo fluxo de entrada e saída, conserva-se mediante a construção e a decomposição de componentes, nunca estando, enquanto vivo, em um estado de equilíbrio químico e termodinâmico, mas mantendo-se no chamado estado estacionário, que é distinto do último. (BERTALANFFY, 1973, p.103)

Enquadram-se nesse tipo de sistema a totalidade das relações que compõem a realidade como um todo, desde uma célula, passando por bacias hidrográficas, as cidades, a economia, a sociedade, etc, numa relação simbiótica no tempo e no espaço, sendo diversas as concepções teóricas e conceitos desenvolvidos a partir da idéia de sistemas abertos, dando base à abordagem sistêmica, principalmente a partir de meados do século XX.

Shannon (GONDOLO, 1999, p.59), que na década de 1940, desenvolve a Teoria da Informação, na qual se volta para a análise de sistemas organizados, estabelece um aporte conceitual para a medida da complexidade dos mesmos, um conceito vital para áreas que tratam com um grande número de variáveis.

O meteorologista Edward Lorenz (GONDOLO, 1999, p.60), na década de 1960, descobre que o comportamento aparentemente irregular e aleatório em sistemas simples, conduzia a um processo evolutivo e criativo o qual, destaca Gleick (GONDOLO, 1999, p.60), "gerava complexidade, padrões de organização variada, em parte previsíveis, por vezes, estáveis, por vezes instáveis", o que ficou conhecido como Teoria do Caos. A compreensão do que Christofletti (1997, p.10) chama de "comportamento caótico", torna-se um dos preceitos fundamentais para a abordagem sistêmica, sendo estudado de maneira integrada por diversas ciências, gerando modelos que deslocavam-se da mecânica de fluidos aos movimentos sociais.

Os matemáticos Mandelbrot, Hubbard e Barnsley (GONDOLO, 1999, p.61) desenvolvem a Teoria dos Fractais, introduzindo no campo da Geometria a modelagem de fragmentações, irregularidades e rugosidades, inexistentes na geometria euclidiana. A modelagem morfológica seria, a partir de então, revista, aproximando-se das formas naturais e refinando aplicações em áreas afins, tal como destaca Christofletti (1997, p. 10), no campo da Geofísica.

Uma das maiores contribuições ao estudo de sistemas, encontra-se nos trabalhos de Prigogine (GONDOLO, 1999, p.72) e seus colaboradores, que a partir da década de 1950, aplica as leis da Termodinâmica ao estudo do comportamento de sistemas complexos, aprimorando conceitos como: estruturas dissipativas, evolução não-linear, complexidade, ordem, auto-organização, retroalimentação, e outros.

Através dos exemplos desses, que são alguns dos principais autores dessa temática, pode-se delinear a mudança estabelecida pelos trabalhos voltados ao estudo de sistemas desse período, os quais preconizam uma nova linguagem para a ciência junto à natureza.

Trata-se do próprio delineamento de uma proposta de cunho multidisciplinar que transcende o ambiente físico-químico ou sócio-cultural *stricto sensu*, buscando a complexidade do ambiente percebido pelo Homem como o verdadeiro espaço para a necessária interação entre aplicação/compreensão, onde o ambiente e sua complexidade nos re-ensina a apreendê-lo como um todo, abrangendo relações físicas, químicas, biológicas, e sócio-culturais.

Algumas ciências já foram criadas sob a égide deste paradigma. É o caso, por exemplo, da Geografia, que sempre tratou com Complexos Territoriais (SOTCHAVA, 1977, 49 p.), entendendo território como todo o envoltório físico-geográfico, por excelência, um sistema complexo, talvez o mais perceptível e importante de todos. A aplicação e aprimoramento dos estudos sistêmicos nesse campo dá-se quase que paralela e simultaneamente ao seu surgimento, somando-se a conceitos próprios, que objetivavam a superação das limitações do universo cartesiano na busca de uma nova epistemologia.

Veremos, pois, os principais desdobramentos do conceito de sistemas em algumas ciências naturais que tem por peculiaridade de objeto, o estudo de sistemas complexos.

O mais complexo dos sistemas: abordagens ambientais em bases sistêmicas

A complexidade da abordagem sistêmica, sua aplicação e compreensão, assim como seu peso paradigmático tanto para a ciência em geral, quanto para a Geografia e demais ciências que tratam com complexos territoriais, nos colocam questões vitais sobre seu desenvolvimento e aprimoramento através de sua aplicação e reavaliação constantes.

O ingresso do conceito de sistemas nas ciências da natureza dá-se ainda no século XIX por Haeckel (SANT'ANNA NETO, 1997, p.97), que demonstrara um esforço paradigmático de aplicação da abordagem sistêmica em seu trabalho, o que resultou na definição do conceito de *ecologia*, como sendo "[...] estudo das inter-relações dos organismos individuais e seu meio ambiente". Posteriormente A. G. Tansley (GREGORY, 1992) na década de 1930, estabelece o conceito de ecossistema, definido por ele como "todo o complexo de organismos (animais e plantas) naturalmente vivendo juntos como unidade sociológica". Este autor, juntamente com Carl Troll (SANT'ANNA NETO, 1997, p. 159), desdobra o conceito de ecossistema, ao considerar o contexto cultural humano, resultando numa proposta "*geoecológica*".

O conceito de ecossistema apresenta um avanço ao propor uma unidade de estudo com elementos em interação e transformação, num todo complexo e hierarquizado. Conceitos vitais para a posterior compreensão sistêmica na Geografia, porém, o fato biológico ainda prevalecia sobre o fato geográfico, pois não considerava a intervenção humana como parte da estrutura biocenótica, o que limita o próprio conceito de ecologia e sua proposta de compreensão do meio ambiente, onde o foco principal é o meio natural. Ribeiro, esclarece esse aspecto colocando que:

ao estudar ecossistemas se examinam só aquelas relações e processos que tem relação com os organismos, muitas vezes só as relações ecológicas e as peculiaridades estruturais da biocenose. O abiótico se examina do ponto de vista das relações com o organismo; o ecossistema é biocêntrico, se estuda para se conhecer as propriedades dos próprios organismos. (RIBEIRO, 1997, p. 43)

Na geomorfologia, identifica-se enquanto corrente formadora desta ciência, a teoria do *ciclo de erosão* relacionada a evolução do modelado terrestre proposta por Davis (PASSOS, 1998, p.16). Formulada por volta de 1890 e dominante até os anos 1950, considera o relevo como elemento sujeito às influências decorrentes de fases evolutivas (ciclos), resultantes de processos morfogenéticos. Essa teoria, passa a dividir lugar, a partir da década de 1960, com a abordagem analítica de Chorley (CRISTOFOLETTI, 1997, p.9), e o seu conceito de *equilíbrio dinâmico*, também de cunho sistêmico, porém, mais adequado a compreensão de sistemas abertos, onde a

dinâmica topográfica resultante do processo de *interação constante* (de seus elementos), através da acomodação estrutural do relevo (forças geo-tectônicas), e seus agentes morfodinâmicos (clima, erosão), no processo de formação da paisagem, é o que constitui o elemento chave para o estudo geomorfológico.

Gregory (1992), citando Hack e Chorley, nos chama a atenção para uma diferença primaz entre as duas abordagens, que diz respeito à diferença entre sistemas abertos e fechados. Enquanto a obra de Davis (CHRISTOFOLETTI, 1997, p. 9) considera a evolução do relevo em ciclos, baseado no seu estágio inicial (conceito de equifinalidade) até um estado de equilíbrio, o que pressupõe uma estabilização do nível de entropia desse sistema, ou seja, a inexistência de uma dinâmica recorrente pela não consideração de variações na entrada de energia, assim como pela própria influência do estágio em que se encontra o sistema, Chorley considera as transformações do relevo através da interação dos elementos componentes como um todo, assumindo a noção de equilíbrio, só que enquanto dinâmico. Nessa abordagem, o estágio final do relevo não pode ser compreendido simplesmente pelo estágio inicial de seus elementos, dada a variação constante de seus níveis de entropia, inerente ao seu caráter de sistema aberto.

Cristofolletti (1997) ressalta a importância da introdução de tal conceito e define, em linhas gerais, um sistema geomorfológico:

A abordagem sistêmica surge como plenamente adequada à análise geomorfológica, pois considera que um sistema é constituído por um conjunto de elementos interconectados que funcionam compondo uma complexa entidade integrada. Nos sistemas geomorfológicos, as partes constituintes são representadas pelas formas topográficas, integradas pela ação dos processos morfológicos, enquanto os condicionamentos ambientais são representados pela dinâmica atmosférica e fatores da geodinâmica terrestre. (CHRISTOFOLETTI, 1997, p.9)

No campo da Biogeografia, Passos (1998, p.79) resgata, através de Vuilleumier, quatro escolas Biogeográficas: a neo-wallaciana, conceituada por Wallace em 1876; a baseada na vicariância, abordada na obra de Croizat em 1958; o cladismo exposto por Hennig em 1966; e a teoria do equilíbrio dinâmico tendo na obra de MacArthur e Wilson, de 1963, um dos seus principais referenciais. A despeito das diferenças de abordagem identificadas, é ponto comum entre elas o seu caráter de estudo e concatenação de elementos componentes da interface biota/bioma, sua localização e evolução através de sua relação com o meio, assumindo uma necessidade latente de sistematização e visão holística do objeto de estudo. Esses fatores conferiram-na uma proximidade da ecologia, e conseqüentemente, do conceito de ecossistema, que autores como Stoddart e Simmons (GREGORY, 1992, p.219), procuraram frisar e relacionar como resposta a tal necessidade. Porém, é no conceito de paisagem e no seu estudo através do Geossistema, que a abordagem sistêmica melhor contribui para esta disciplina, abrangendo pois, o seu caráter geográfico. Neste sentido, Passos enfatiza:

Para a ecologia, o biótopo inorgânico é apenas um suporte dos fenômenos biológicos. A geografia, ao contrário, privilegia os componentes do biótopo, sobretudo o relevo. A partir do esboço teórico-metodológico proposto por Sotchkava (1963) e Bertrand (1968), os geógrafos procuram desenvolver análises integradas da paisagem, a partir de abordagens centradas na Biogeografia. (PASSOS, 1998, p.87)

Em Climatologia, o trabalho com sistemas complexos e dinâmicos é a base do próprio objeto de estudo. Fundamentando-se no seu método de abordagem, pode-se dividi-la em duas correntes principais: "*Climatologia Física*" e "*Climatologia Dinâmica*" (NIMER, 1989, p. 19). A primeira tem no trabalho de Julius Hann (MONTEIRO, 1976, p.22), no final do século XIX, seu principal expoente, o qual define clima como "o conjunto dos fenômenos meteorológicos que caracterizam a condição média da atmosfera em cada lugar da terra".

A abordagem físico/descritiva tem por princípio a consideração de dados de pressão, temperatura, umidade, insolação, precipitação, separadamente, considerando-se suas médias através de séries de, no mínimo, 30 anos. Por volta da década de 1920, W. Köppen aplicou esse conceito ao desenvolvimento do método de classificação climática que leva seu nome. Apesar desse enfoque, pode-se dizer que a consideração de médias e padrões, em detrimento da efetiva inter-relação entre os elementos elencados, distancia essa abordagem da realidade geográfica em questão.

A partir da Segunda Guerra mundial, destaca-se a proposta de Max Sorre (ZAVATINI, 1996, p.12), na qual, através de um resgate interdisciplinar junto à "*meteorologia dinâmica*" e de um repensar crítico da abordagem geográfica do clima, define novos conceitos da abordagem climatológica, sob a perspectiva da consideração conjunta dos elementos formadores do clima. Na década de 1950, passa a discutir a ideia de *sistemas complexos* na climatologia, através dos conceitos de *dinâmica* e da relação entre *processos* meteorológicos e geográficos. Monteiro (1976), delinea alguns aspectos da proposta sorreana.

[...] o autor enfatiza a noção de tempo (meteorológico) como **unidade complexa**, cheia de **associações, dinâmica** em essência, percebida sensorialmente, e passível de ser arbitrária e abstratamente decomposta e medida nos diferentes elementos que a constituem. (MONTEIRO, 1976, p.19) (grifo nosso)

Subseqüentemente, Pédelaborde, baseado nos conceitos de Sorre (ZAVATINI, 1996, p.12), propõe o "*método sintético das massas de ar e dos tipos de tempo*". Porém, é Monteiro (ZAVATINI, 1996, p.13), que desenvolve os conceitos sorreanos, através da criação de uma nova metodologia na elaboração da proposta de *análise rítmica*, onde os elementos do clima em interação sugerem o seu próprio ritmo em relação ao meio (realidade geográfica), num processo recíproco e dinâmico. Em sua obra "*Teoria e Clima Urbano*", interpreta e adapta a Teoria Geral dos Sistemas na montagem de um modelo para o estudo do clima urbano, o qual define como "um sistema que abrange o clima de um dado espaço terrestre e sua urbanização" (MONTEIRO, 1976, p.93).

Zavatini (2000, p. 30) enfatiza a contribuição de Monteiro ao utilizar o termo "Climatologia Geográfica", e delinear as diferenças cruciais de consideração do homem na análise climatológica, abrindo "uma nova linha de pesquisa". Tal proposta, representa, pois, um dos maiores avanços epistemológicos no que tange a aplicação do conceito de sistemas para a compreensão do ambiente, inserindo-o dentro de uma ótica geográfica, não apenas factual mas também processual e complexa, traduzida no conceito de *ritmo*.

O paradigma sistêmico na Geografia

O paradigma sistêmico na Geografia insere-se na própria necessidade de reflexão sobre a apreensão analítica do complexo ambiental, através da evolução e interação de seus componentes sócio-econômicos e naturais no *conjunto* de sua organização

espaço-temporal, sendo neste contexto que surgem as propostas de cunho sistêmico e sua fundamentação integrada da abordagem do objeto de estudo, e do entendimento do todo (sistema) e de sua inerente complexidade.

Para compreensão da importância de tal inserção na Geografia de hoje, devemos traçar sua trajetória epistemológica começando por considerar a influência kantiana (GREGORY, 1992, p.48) a partir do século XIX, através do positivismo como método científico da época de sua gênese enquanto ciência.

Harvey e Hartshorne (GREGORY, 1992, p.48) enfatizam a dificuldade, por parte da Geografia no momento de sua gênese, em estabelecer normatizações e elaborar leis e princípios gerais (um dos pressupostos básicos do positivismo) baseados numa transposição de leis naturais calcadas em hipótese e empirismo lógico (conceitos próprios da ciência clássica de cunho cartesiano).

Dessa maneira, buscando afirmação e postulados próprios, vários geógrafos centram-se na região e desenvolvem uma relação empírica de levantamento descritivo e dissertativo sobre diferentes lugares, seus componentes, suas particularidades e de seus elementos. O conceito de excepcionalidade (GREGORY, 1992, p.48) geográfica presente nos enunciados geográficos da época, é fruto direto da influência kantiana e do desenvolvimento do conceito de região.

Vicente (2001, p.28), aponta alguns desdobramentos desse momento histórico, os quais são: a formação de um amplo arcabouço informativo a respeito das características do nosso planeta; a exacerbação da especialização do conhecimento geográfico; a tentativa de formulação de leis gerais que culminariam com o embate determinismo/possibilismo, e o desenvolvimento do conceito de paisagem como resposta à busca das definições de método para Geografia.

É nesse contexto que a escola naturalista alemã, em meados do século XIX, tendo como seus maiores expoentes Alexander Von Humboldt e Carl Ritter (PASSOS, 1998, p.15), através do conceito de *Landschaft* (paisagem), lança as bases para uma Geografia de cunho analítico e comprometida com a dinâmica das relações espaciais e do entendimento conjunto da estrutura da superfície terrestre e seus processos. Dicotômica e simultaneamente, temos o desdobramento do conceito de região firmado sobre uma abordagem historicista/comparativa regional de Vidal de la Blache (PASSOS, 1998). Passos (1998, p. 15) comenta o pensamento vidalino, colocando que "[...] a escola francesa [...] influenciada pela história, insistia mais sobre a fisionomia das combinações regionais", as quais pautavam-se numa descritiva regional, seguida de uma tentativa de montagem e interpretação deste mosaico descritivo.

Diferenciam-se, portanto, os enunciados das escolas francesa e germânica, e suas contribuições na tentativa de superação dos fundamentos da ciência clássica e dos pressupostos positivistas, esses por sua vez, nunca completamente adequados Ciência Geográfica e sua perspectiva ambiental, ou seja, da relação homem/natureza. Neste sentido, a abordagem germânica assume de maneira mais contundente o rompimento com tais bases "*clássicas*", avançando na contribuição de um método moderno para a Geografia. Assim, o movimento de especialização compartilhado pelos diversos ramos da Ciência Geográfica, encontra um de seus primeiros pontos de convergência no conceito de paisagem e na abordagem naturalista alemã, tendo sua formulação baseada na proposta de análise integrada da estrutura e dos elementos da superfície terrestre.

É, portando, sob a influência da escola geográfica germânica, que Dokoutchaev (RIBEIRO, 1997, p.43), desenvolve sua teoria sobre solos e o seu conceito de "*esfera físico-geográfica*", o qual, para explicar a gênese dos solos, encara os elementos da paisagem como interagentes e dinâmicos dentro de uma estrutura funcional, delineando pois, os primeiros fundamentos para o desenvolvimento do conceito de *Geossistema*.

Os trabalhos de Dokoutchaev tiveram continuidade através de autores da ex-União Soviética como: V. B. Sotchava, A. A. Grigoriev; I. P. Gerasimov; A. G. Isachenko (RIBEIRO, 1997, p.43), entre outros. Mas é após a Segunda Guerra Mundial e sob uma nova ótica global de desenvolvimento e planejamento, que a Geografia conhece de maneira mais aplicada à sua abordagem, a idéia de sistema.

O Geossistema

Sotchava (1977, p.51), no início da década de 1960, aplica a Teoria Geral dos Sistemas de Bertalanffy, incorporando-a ao âmbito das Ciências Naturais. Define, por sua vez, o conceito de *Geossistema* enquanto "*formações naturais*" que obedecem à dinâmica dos fluxos de matéria e energia, inerentes aos sistemas abertos que, conjuntamente com os aspectos antrópicos, formam um modelo global de apreensão da paisagem, inserindo, pois, de maneira isonômica, o homem na sua interação com o meio natural e na formação e evolução da paisagem.

O termo "*envoltura geográfica*" é lembrado por Ribeiro (1997, p.43), ao referir-se à característica de sistema planetário que Sotchava imprime ao Geossistema, que se propõe, enquanto sistema natural, a abranger todos os outros subsistemas através das "*geoesferas terrestres*", em diferentes escalas de abordagem: vertical, pelo estudo da atmosfera, litosfera e hidrosfera, e horizontal, pela "*diferenciação territorial*" através da interação dos diversos geossistemas, concebendo-lhe limites físico-territoriais.

No período entre a metade da década de 60 até o final dos anos 70, autores como Stoddart, Neef (PASSOS, 1998, p.67), Tricart (RIBEIRO, 1997), Chorley; Kennedy (GREGORY, 1992, p.224), Hartshorne, Snytko (SANT'ANNA NETO, 1997, p.159), entre outros, analisaram e aplicaram a abordagem sistêmica à Geografia através do conceito geossistêmico, tendo sido Bertrand (1972, 27p.) que o simplifica e flexibiliza através da definição de unidades taxonômicas, aqui em ordem de escala físico/territorial: zona, domínio, região natural, geossistema, geótopos e geofácies.

Sua proposta pressupõe limites mensuráveis (Km, m) para essas unidades, baseados numa escala de tempo (herança histórica da paisagem) e espaço (interação entre os geossistemas), utilizando para isso, a cartografia como instrumento fundamental de análise.

Observa-se na obra de Bertrand, diferenças sobre a idéia de *Complexo Natural Territorial* proposto por Sotchava, na medida que o mesmo realiza um resgate do conceito de paisagem enquanto expressão concreta da relação sociedade/natureza sob uma perspectiva histórica, sendo utilizada por ele como base para a abordagem geossistêmica. Segundo Bertrand (1997, p.145), a abordagem geossistêmica constitui-se em grades de leitura simplificadas da paisagem, ou seja, um realinhamento do elemento antrópico no foco geossistêmico, que por sua vez, assume sua condição de modelo teórico junto à concretude paisagística.

O conceito de equilíbrio, tão caro à modelagem de sistemas abertos, é aplicado por Bertrand através da idéia de bioestasia e resistasia. Os termos, baseados na teoria da bioestasia de Erhart (PASSOS, 1998, p.70), identificam ambientes em equilíbrio ou bioestáticos, quando os processos pedogenéticos são os predominantes, e em desequilíbrio ou resistáticos, quando são os processos morfogenéticos que prevalecem no ambiente.

O biologismo da classificação de Erhart, utilizado por Bertrand, acha contraponto nos estudos de Tricart (1977), que trabalha a noção de equilíbrio através de uma classificação em três estádios: meios estáveis, meios intergrades e meios instáveis.

Sob a perspectiva da relação morfogênese/pedogênese, Tricart relaciona os meios estáveis a bioestasia encontrada na obra de Bertrand, e os meios instáveis a resistasia, sendo os meios intergrades o diferencial, pois busca uma maior aproximação da dinâmica natural, refinando a compartimentação entre os dois estádios limite, inserindo uma tentativa de apreensão do *processo contínuo* de transformação do meio. O autor define sua proposta como "*classificação ecodinâmica*" de meio ambiente (TRICART, 1977).

MODELAGEM CONCEITUAL EM BASES SISTÊMICAS

Bertrand (1972, 27p.), no final da década de 1960, apresenta o Geossistema como uma categoria concreta do espaço, composto pela ação antrópica, exploração biológica e potencial ecológico. Posteriormente, a dificuldade de sua aplicação leva o próprio autor a reduzir essa perspectiva, colocando-o como "*um modelo teórico da paisagem*", uma idéia condizente com os primeiros enunciados geossistêmicos de Sotchava.

A dificuldade de trabalhar-se com a proposta inicial de Bertrand baseava-se em sua não consideração da idéia de sistema, assim como ela é, um modelo teórico-conceitual, o qual toma forma mediante abstrações peculiares. Denominam-se abstrações peculiares a particularização de sistemas, ou seja, sua aplicação para o entendimento de um determinado objetivo, o que nos leva a sistemas em particular, como o Ecossistema e o Geossistema.

Bertrand e Sotchava, entre outros, enfrentaram o desafio da amplitude do objeto da Geografia, na tentativa de *modelização* de um sistema de apreensão da relação sociedade/natureza na sua expressão espacial, ou seja, um sistema que conseguisse concatenar todos os elementos da geoesfera terrestre, ou seja, geral em sua escala de aplicação e, ao mesmo tempo, específico, por representar um tipo de sistema aberto.

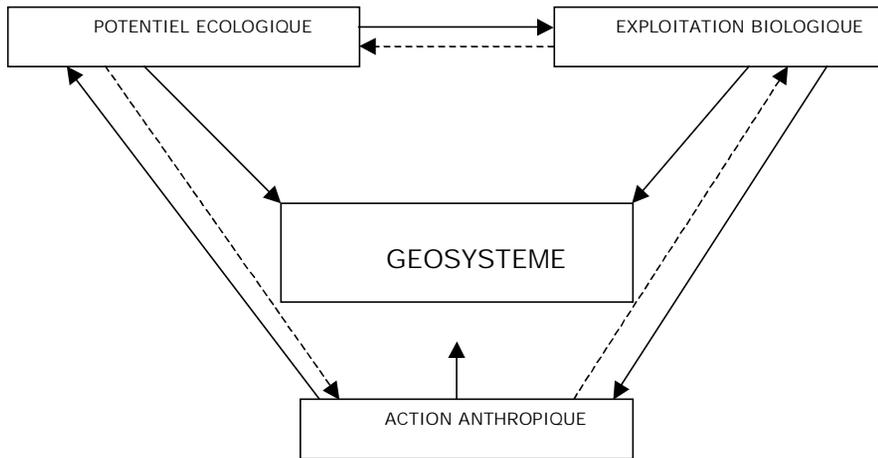
O modelo geossistêmico de Bertrand (MONTEIRO, 2000, p. 31) é passível de ser demonstrado num esquema mais complexo, porém, o autor o representa de maneira simplificada, e nem por isso menos elucidativa. (figura 1)

Tal concepção, na prática, propunha-se a explicar todos os outros subsistemas territoriais, abstraídos, por sua vez, de diferentes ambientes terrestres e que, quando aplicada dessa maneira, mostra-se inviável. Entendemos o porque dessa afirmação quando, sob a luz dos conceitos básicos de sistema, analisamos o Geossistema como a transformação do "*meio natural*", tendo a ação antrópica como processos que imputam mudanças sobre esse ambiente.

Reconhecemos, portanto, o meio natural como *estrutura* principal e a ação antrópica como um dos principais agentes de "*desequilíbrio*", sendo essa interação que determina a compreensão da dinâmica do Geossistema.

Essa abordagem, enquanto modelo, inviabiliza sua utilização em determinados ambientes, onde a vegetação ou o solo não se colocam como elementos-chave, e o nível de antropização é tão alto que não há como estabelecer o que seria um ambiente estável ou bioestático, subtraindo, portanto, o caráter de modelo geográfico global de apreensão do ambiente, que por vezes, fora atribuído ao mesmo.

Figura 1 - Modelo Conceitual de Geossistema



Fonte: Bertrand (reproduzido por MONTEIRO, 2000)

O próprio Bertrand³ concorda e exemplifica tal afirmação, chamando atenção para o nível de antropização do ambiente urbano e as conseqüentes limitações do conceito de Geossistema dentro de sua perspectiva de inserção gradativa do homem no meio natural, sugerindo pois, que haveriam outros conceitos mais adequados ao estudo do meio urbano.

Para completar nossa reflexão, recorre-se ao conceito de *hierarquia* em sistemas, enfatizando que elementos analisados, como o solo, relevo e cobertura vegetal, para que possam ser considerados em suas *relações*, frente a diferentes organizações e funcionalidades, devem ser aferidos através de sua hierarquização. Dessa maneira, efetua-se uma relativização entre os objetivos pretendidos, a escala de abordagem e a dinâmica natural dos elementos abarcados (recorte sistêmico). Preocupações essas, que não comparecem no Geossistema.

Encontra-se um contraponto metodológico à abordagem dos Geossistemas em autores como Chorley (1974) e Clark (1985), os quais, sob a égide de contribuição da escola teórica de Geografia, dão ênfase às ciências exatas na tentativa de elaborar modelos específicos, demonstrando sua viabilidade para aplicação em diferentes ambientes. Porém, se a tentativa de inserção da sociedade no Geossistema (fundamental para a perspectiva geográfica) é realizada mediante sua historicidade, sua concretude na forma de uma dialética da paisagem, neste tipo de abordagem passa por uma tentativa por vezes exacerbada de análise equacionada, onde o sistema volta a confundir-se com seu objeto, na medida que para compreendê-lo, impõe seus limites ao mesmo, reduzindo sua complexidade através de uma lógica causal e linear. Louvável, no sentido de esforço de superação, porém, limitador enquanto método aplicado, devido à própria complexidade inerente às relações humanas, ainda não expressa de todo, em equações ou projeções.

³ BERTRAND, Georges. (Prof. Dr. da "Université de Toulouse"- Toulouse-França) Comunicação pessoal, 1997.

Monteiro (1976, p. 93), através de sua obra "*Teoria e Clima Urbano*", é um dos contribuintes para o avanço dessa temática. O autor propõe "*critérios de escolha*" para o embasamento de sua abordagem, sendo um deles o "*modelismo*", o qual justifica dizendo que "o clima urbano, para o desenvolvimento de sua pesquisa e aperfeiçoamento continuado, necessita tanto de mapeamento quanto de diagramação". Dessa forma, como já foi visto anteriormente, interpreta e adapta a Teoria Geral dos Sistemas na montagem de um *modelo* para o estudo do clima urbano, fazendo uso de abordagens quantitativas e qualitativas, oferecendo um exemplo prático e eficiente de instrumento de gestão e planejamento, circunscrevendo o quantitativismo tendencial, além de adaptar e definir, de maneira única, o conceito de hierarquia, organização e funcionalidade em sistemas abertos, estabelecendo subsistemas e canais de percepção que fazem parte do Sistema Clima Urbano.

Christofoletti (1999) reitera a importância da compreensão dos processos de modelagem aplicados à análise ambiental sobre bases geográficas, em sua obra "*Modelagem de Sistemas Ambientais*", realizando uma amplo mosaico de diferentes modelos em diversas categorias e fundamentações: matemáticos, físicos, geomorfológicos, hidrológicos, geográficos, e outros. O autor discorre sobre suas utilizações e limitações, fornecendo um panorama dos diversos conceitos e aplicações contidos nesse campo.

Notemos que, em busca de uma modelização ideal, existem, em todas as abordagens, um processo de abstração inerente à análise científica e uma recorrente perda da expressão original do objeto de estudo em diferentes níveis, o que, por sua vez, limita um ou outro aspecto da análise. Neste sentido, evidencia-se, através desses exemplos, a necessidade de discussão e aprimoramento de categorias de análise e abstração de modelos conceituais, colocando-se como fundamental para a Ciência Geográfica, o que nos leva a refletir sobre a abordagem sistêmica em termos gerais e na sua flexibilidade de aplicação, enquanto particularização de modelos diversos, ou seja, encontrando-se no cerne teórico-conceitual dessa questão.

Abordagem Sistêmica e Tecnologia em Análise Espacial

A utilização de ferramentas e aportes técnicos sempre foram muito importantes para a Geografia, dado o seu caráter de apreensão e compreensão da organização espacial de diferentes elementos, passando por instrumentos de mapeamento e representação do ambiente, através de: mapas; cartas; fotografias aéreas; imagens de satélite; programas de computador, e outros. É também nesse campo científico-tecnológico que se reconhece, uma crescente e cada vez mais importante presença de conceitos sistêmicos na análise geográfica.

Nos últimos anos, mediante a popularização dos equipamentos de informática e de sua ampla e frutífera utilização, concatenou-se um grande conjunto de técnicas, que convencionou-se chamar de Geoprocessamento, e que antes eram restritas a grandes laboratórios. Essa dita "*popularização*" trouxe uma série de questões que permeiam a Geografia de longa data, no que se refere ao avanço da técnica e suas implicações de fundo teórico-metodológico. A ciência geográfica, de maneira geral, sempre trabalhou de uma forma ou de outra com os fundamentos das ditas "*novas tecnologias*". Esses avanços conceituais, por vezes, não são considerados na utilização de tais ferramentas, sendo justamente esse aspecto que insere a Ciência Geográfica como uma das principais contribuintes do aparato técnico-científico presente hoje na análise espacial e por conseguinte ambiental. Deve-se, portanto, não restringir-se apenas à aplicação de um conjunto instrumental, no que tange a utilização de ferramentas de Geoprocessamento e, sim, refletir sobre sua gênese e particularidades, no que diz respeito aos conceitos que as fundamentam.

Nesse contexto, e mediante as reflexões realizadas até aqui, chama-se a atenção para uma base comum, uma similaridade para a qual devemos atentar entre tais tecnologias e a abordagem sistêmica no contexto geográfico, questionando. Existe tal co-relação? Como isso ocorreu? O que devemos considerar? São reflexões suscitadas e discutidas dentro de um escopo histórico, porém, com certeza não esgotadas.

Seguindo-se, pois, a chamada disseminação de técnicas informatizadas, deve-se tomar o exemplo mais avançado de proximidade entre os conceitos sistêmicos aplicados à tecnologia, com os da própria Geografia, que é o conjunto de técnicas dos Sistemas de Informações Geográficas, que é discutido, entre outros, por Vicente (2001):

Essa tecnologia, ou o conjunto delas, nos coloca questões de ordem complexa sobre o avanço do abordar técnico-científico deste século, onde a simplificação e a generalização particionada do conhecimento de cunho empírico positivista, dão lugar a um pensamento de conjunto, multi, inter e transdisciplinar, o que nos remete a ferramentas que transgridam a unilateralidade e acompanhem esse avanço, uma delas concretiza-se no sistema de informação geográfica. (VICENTE, 2001, p.38)

Bertalanffy (1973, p.19), já na década de 1930, se refere ao aumento da complexidade da tecnologia e na própria mudança nas "*categorias básicas de pensamento*" e que isso dar-se-ia de forma concomitante e abrangente. Ao contextualizarmos historicamente sua afirmação, obtemos provas de que isso aconteceu na Ciência, como abordou-se anteriormente, e também na Tecnologia, principalmente no início do século XX, no período pré e pós Segunda Guerra Mundial.

Pode-se, através da obra de Bertalanffy (1973), referir-se a diversas disciplinas científicas da época como: Engenharia de Sistemas e Ciência da Informação, sendo que, contextualizando-as cronologicamente até hoje, temos o desdobramento de várias outras, tal como a Informática, por exemplo, que tratariam particularmente com tecnologia aplicada a *sistemas complexos*. Por volta da década de 1940, surgem os primeiros computadores e já na década de 1950 são criados, com base na ciência da informação os primeiros sistemas de informações (programas de computador), que trabalhavam basicamente com informações alfa-numéricas (dados em forma de letras e números).

Em 1964, surge no Canadá, através do projeto "*Canadian Geographic Information System*", o primeiro sistema de informação voltado para a análise espacial, ou Sistema de Informações Geográficas (SIG), definido por Aronoff e Burrough como:

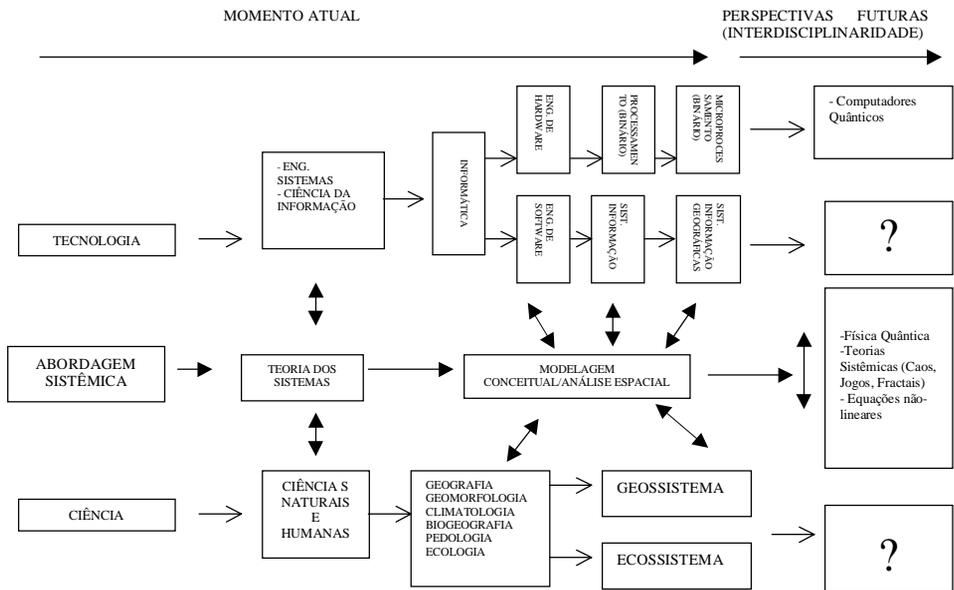
[...] sistemas automatizados usados para armazenar, analisar e manipular dados geográficos, ou seja, dados que representam objetos e fenômenos em que a localização geográfica é uma característica inerente a informação, e indispensável para analisá-las. (ARONOFF; BURROUGH apud CÂMARA; et al, 1996, p. 21)

Dessa forma, o SIG deriva diretamente dos primeiros sistemas de informação, porém, com a capacidade de trabalhar com uma realidade muito mais complexa do que a expressa apenas por códigos alfa-numéricos, e sim, com variações espaciais inconstantes e complexas, como: relevo, localização, topologia, altimetria, etc. Um software gerenciador de SIG é fruto, portanto, de um conjunto de conceitos e técnicas geográficas, matemáticas, geodésicas, estatísticas, cartográficas e de informática, constituindo-se na mais completa ferramenta multidisciplinar de análise espacial existente hoje.

O grande desafio e o principal limitador de tais sistemas é sua capacidade enquanto *modelo* de representar a realidade, tanto que, o que podemos chamar de cerne do sistema é exatamente o banco de dados geográfico: relacionais, hierárquicos, rede, orientados a objeto, entre outros, dependendo do tipo de *modelagem* adotada. Neste sentido, Câmara (1997, p. 3-1) define modelo de dados como “um conjunto de ferramentas conceituais utilizado para descrever como a realidade geográfica será representada no sistema”.

A questão que se coloca é a fundamentação teórico-metodológica subjacente ao desenvolvimento de tal ferramenta, assim como o momento histórico no qual a mesma insere-se, sendo que não podemos dissociá-la de um repensar técnico/científico e cultural. Dessa maneira, os sistemas de informações geográficas constituem-se, num modelo avançado, derivado diretamente de uma perspectiva sistêmica, a qual só pode concretizar-se mediante as categorias de análise da Geografia. Christofolletti, em sua obra, sempre transitou por esses dois campos do conhecimento geográfico, conhecendo a importância de considerá-los em conjunto, indo além de um rótulo da especialidade geográfica e aprimorando conceitos da Geografia como um todo. (figura 2)

Figura 2 - Evolução da aplicação da abordagem sistêmica em análise espacial



Obs: O esquema não expressa todos os desdobramentos da influência sistêmica na Ciência e Tecnologia, no que tange a análise espacial, e sim os considerados fundamentais na discussão deste artigo.

A elaboração de modelos, a definição de categorias de análise e processos de abstração e representações espaciais, constituem-se, portanto, num desafio comum, tanto para a episteme da análise geográfica, quanto para a tecnologia empregada na mesma análise, tendo como pano de fundo e origem a *abordagem sistêmica*.

Esses dois campos (epistemologia e tecnologia em Geografia), guardadas variações de objetivos e semântica, trabalham com os mesmos conceitos de processo, estrutura, elementos, atributos, hierarquia, organização, escalas (espaço-temporais), funcionalidade e complexidade, devendo pois serem considerados e re-trabalhados na busca de um aprimoramento conjunto.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desafio ensejado pela abordagem sistêmica, fruto direto da Teoria dos Sistemas, é o do entendimento da complexidade do todo. Tal necessidade encontra-se não apenas no seio da ciência moderna, como foco de superação dos mosaicos mecânicos da ciência clássica, mas, também como vimos aqui, no cerne de uma nova demanda sócio-cultural. Se a complexidade da natureza não foi reduzida a comportamentos lineares, muito menos o será quando encarada sob uma perspectiva ambiental, ou seja, da qual o Homem é parte integrante. Não há como entender tal realidade por partes, separá-las, dividi-las e depois juntá-las para que funcionem novamente. A Geografia, sempre esteve às voltas com tal desafio, mesmo antes da eclosão da *onda ambiental*, e não por acaso está intimamente ligada a essa "nova" demanda, pois a complexidade sempre foi inerente ao seu objeto de estudo, ou seja, a abordagem da complexidade enquanto *sistema ambiental*.

Foram diversas as contribuições da aplicação dos conceitos sistêmicos à Geografia e, através dela, para os estudos de ordem ambiental, dentre as quais se destacam:

- a constituição de um método unificador para a Geografia;
- a apreensão das estruturas da superfície terrestre de forma integrada;
- o aprimoramento de uma proposta de trabalho científico multidisciplinar;
- o desenvolvimento de técnicas e métodos estatísticos e cartográficos voltados à análise espacial;
- o aprimoramento dos conceitos de gestão e planejamento territoriais sob uma perspectiva ambiental.

Insera-se, nesse contexto, o que muitos chamam de *paradigma sistêmico*, discussão essa nada recente, mas que, a todo momento, nos traz novas nuances e possibilidades, de onde conclui-se que, o paradigma é sobretudo geográfico e constituiu-se no próprio desafio da intervenção analítica sobre o complexo ambiental voltado para o planejamento e gestão (diagnose/prognose), através da evolução e interação de seus componentes ambientais, priorizando suas relações muito mais do que suas particularidades, expressas em sua dinâmica temporal e na sua organização espacial.

Essa reflexão está conjugada à reavaliação de abordagens quantitativas/qualitativas, de escalas e estruturas, na discriminação e apresentação de resultados e indicadores factíveis que sirvam de parâmetro para uma epistemologia coadunada com a complexidade da relação sociedade/natureza.

Dessa forma torna-se vital conhecer tais conceitos e discutí-los, não apenas para criticá-los, mas para superá-los. Foi assim com o Geossistema, com alguns excessos da Geografia Teórica e Geografia Crítica, e será assim sempre, para quem

assumir a responsabilidade da superação, que pode ser alcançada somente de maneira aplicada, num processo de retroavaliação constante, entre ciência, tecnologia e filosofia, sob uma perspectiva multidisciplinar.

Monteiro (2001), expressa tais anseios em sua obra "*Geossistemas: a estória de uma procura*" (grifo nosso), onde expõe parte de sua extensa experiência prática e teórica no desafio do aprimoramento e aplicação da abordagem sistêmica na Geografia. Ele responde à clássica dicotomia Geografia Física/Humana, assim como às pretensas crises advindas da mesma, enfatizando o prazer de superar de maneira aplicada tais diferenças, sempre afirmando e conseguindo, ser Geógrafo. Não somente físico, nem somente humano: Geógrafo.

Nesta obra, Monteiro, faz uma retrospectiva do próprio desafio não só em aplicar a epistemologia geográfica, mas enveredar pelo novo, expressando um desejo que se apresenta como de todos que enxergam na dinâmica do tempo a oportunidade do dever.

Desejaria muito que este meu depoimento sobre a procura desse algo peculiar da Geografia, imaginando como revelável através do "geossistema", pudesse ser seguido por outros depoimentos, mesmo que não fossem dirigidos especificamente a este conceito. (MONTEIRO, 2001, p.105)

REFERÊNCIAS

- ANDERY, Maria Amália et al. **Para aprender a ciência**. Rio de Janeiro: Espaço e Tempo, 1988. 446p.
- BERTALANFFY, Ludwig von. **Teoria geral dos sistemas**. Petrópolis: Vozes, 1973. 351p.
- BERTRAND, Georges. Paisagem e geografia física global: esboço metodológico. **Caderno de ciências da terra**, São Paulo, n.13, 1972. 27p.
- BERTRAND, Georges. A geografia física: de um paradigma perdido a um paradigma reencontrado? In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 7., 1997, Curitiba. **Anais...**Paraná: Universidade Federal do Paraná, 1997. p. 3-5.
- CÂMARA, Gilberto et al. **Anatomia de sistemas de informação geográfica**. Campinas: Instituto de Computação, UNICAMP, 1996. 193p.
- CAPRA, Fritjof. **O ponto de mutação**. São Paulo: Edgard Blücher, 1982. 447p.
- CHORLEY, Richard J.; HAGGETT, Peter. **Modelos integrados em geografia**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A, 1974. 221p.
- CHRISTOFOLETTI, Antônio. **Análise de sistemas em geografia: introdução**. São Paulo: Hucitec-Edusp, 1979. 106p.
- _____. Complexidade e auto-organização aplicadas em estudos sobre paisagens morfológicas fluviais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 7., 1997, Curitiba. **Anais...**Paraná: Universidade Federal do Paraná, 1997. p. 9-19.
- _____. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Edgard Blücher, 1999. 236p.
- CLARK, David. **Introdução à geografia urbana**. São Paulo: DIFEL, 1985. 286p.

CONTI, José Bueno. Epistemologia, Métodos e Técnicas em Geografia/Climatologia In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 7., 1997, Curitiba. **Anais...** Paraná: Universidade Federal do Paraná, 1997. p. 20-23.

GONDOLO, Graciela C. F. **Desafios de um sistema complexo à gestão ambiental:** bacia do Guarapiranga, região metropolitana de São Paulo. São Paulo: Annablume, 1999. 162p.

GREGORY, K. J. **A natureza da geografia física.** São Paulo: Bertrand Brasil, 1992. 367p.

LÖWY, M. **As aventuras de Karl Marx contra o barão Münchhausen.** São Paulo: Busca Vida, 1987. 210p.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil.** 2. ed. Rio de Janeiro. IBGE, 1989. 421p.

PRIGOGINE, Ilya; STENGERS, Isabelle. **A nova aliança.** 3. ed. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1997. 247 p.

MONTEIRO, Carlos A. F. **Teoria e clima urbano.** São Paulo: IGEO/USP, 1976. 181 p. (Série Teses e Monografias, 25)

_____. **Geossistemas:** a história de uma procura. São Paulo: Contexto, 2000. 127p.

PASSOS, Messias M. dos. **Biogeografia e paisagem.** Presidente Prudente: FCT-UNESP/UEM, 1998. 278 p.

RIBEIRO DE MELO, Dirce. Geossistemas: sistemas territoriais naturais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 7., 1997, Curitiba. **Anais...**Paraná: Universidade Federal do Paraná, 1997. p. 43.

SANT'ANNA NETO, João Lima. O ensino de geografia no limiar do século XXI: Avaliação e Perspectivas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 7., 1997, Curitiba. **Anais...**Paraná: Universidade Federal do Paraná, 1997. p. 157-163.

SOTCHAVA, V. B. **O estudo de geossistemas.** São Paulo: IGEOG/USP, 1977. 49p. (Métodos em questão, 16)

TRICART, Jean. **Ecodinâmica.** Rio de Janeiro: IBGE, 1977. 91 p.

TRICART, J.; KILLIAN, J. **L'ecogeographie et l'aménagement du milieu naturel.** Paris: François Maspero, 1979. 325p.

VICENTE, Luiz Eduardo. **Geoprocessamento aplicado a gestão territorial:** uma proposta de abordagem sistêmica para o meio urbano de Presidente Prudente. 2001. 107p. Dissertação (mestrado em Geografia) – FCT - UNESP, Campus de Presidente Prudente.

ZAVATINI, João A. A Climatologia Brasileira, o enfoque dinâmico e a noção de ritmo climático – desenvolvimento, progresso e perspectivas. **Boletim Climatológico,** Presidente Prudente: Faculdade de Ciências e Tecnologia-Unesp, n.2, p.11-20, nov.1996.

_____. O Paradigma da Análise Rítmica e a Climatologia Geográfica Brasileira. **Geografia.** Rio Claro, vol. 25, n. 3, p. 25-43, dez.2000.

Recebido em março de 2003

Revisado em junho de 2003

Aceito em julho de 2003