

A APLICAÇÃO DA ABORDAGEM EM SISTEMAS NA GEOGRAFIA FÍSICA*

Antonio Christofolletti**

INTRODUÇÃO

Em seu desenvolvimento, a Geografia enriquece-se constantemente com os influ- xos provenientes de novas perspectivas conceituais e analíticas. Essa dinâmica é fruto do processo de interação entre os campos científicos, e a rapidez com que tais afluxos são incorporados depende da permeabilidade das fronteiras do setor específico, que é consequência da percepção de seus membros para tais proposições e da capacidade de analisar as potencialidades (em suas vantagens e desvantagens) inerentes a essas perspectivas. Apresentando continuidade em sua estrutura, a Geografia vai-se transformando e ganhando fortalecimento conceitual, profundidade analítica e relevância aplicativa.

Várias ondas inovativas sacudiram a ciência geográfica nas três últimas décadas. A adoção da abordagem em sistemas foi a mais generalizada, enquanto as proposições baseadas na fenomenologia e no marxismo

restringiram-se ao movimento teórico no campo de ação da Geografia Humana. Esses movimentos criaram oportunidade para debates e a avaliação dos resultados mostra-se positiva. Os avanços na ciência geográfica caminham no sentido de compatibilizar a análise e a interpretação das unidades complexas, em seus vários níveis hierárquicos de organização, com as análises pontuais ou específicas de processos e formas.

Embora se possa mencionar alguns trabalhos pioneiros na adoção da idéia de sistema na literatura geográfica (Strahler, 1950; 1952; Culling, 1957; Hack, 1960), as proposições mais explícitas sobre o uso da teoria de sistemas em Geografia Física começaram a se avolumar na década de 60, servindo como ponto de partida o artigo de Chorley (1962). A partir de então observa-se difusão, em ritmo acelerado, das noções e perspectivas dessa concepção estrutural, no âmbito da Geografia Física e o seu uso já integra o consenso operacional dos trabalhos geográficos, nas atividades de pesquisa como também no setor dos livros didáticos destinados ao ensino universitário.

* Recebido para publicação em 20 de setembro de 1989.

** Professor Titular do Instituto de Geociências e Ciências Exatas — IGCE da Universidade Estadual Paulista do Rio Claro — UNESP e pesquisador do Conselho Nacional do Desenvolvimento Científico e Tecnológico — CNPq.

Não é nossa intenção fazer estudo da teoria de sistemas nem levantamento e avaliação da literatura geográfica existente. Também não desejamos realizar inventário dos casos e proposições destinados à Geomorfologia, Climatologia, Biogeografia, Pedologia, Hidrologia, etc., embora alguns exemplos específicos possam ser mencionados. O objetivo é tecer algumas considerações sobre a definição e campo da Geografia Física, procedimentos analíticos e desenvolvimento aplicativo da Geografia Física e chamar atenção para as abordagens que se estão estabelecendo no cenário científico sobre os sistemas dinâmicos, cuja potencialidade aplicativa é muito grande para os estudos geográficos.

Deve-se, também, estar ciente das diferenças relacionadas com o uso dos termos teoria e abordagem. A teoria de sistemas constitui o amplo campo teórico tratando dos sistemas, com seus conceitos e noções, levando a uma visão de mundo integradora, a respeito da estrutura, organização, funcionamento e desenvolvimento dos sistemas. Salienta a preocupação de ser uma construção teórica descrevendo, explicando e predizendo todos os tipos e categorias possíveis de sistemas. O estudo de sistemas envolve a utilização de procedimentos analíticos, a fim de aplicar as noções e as concepções a respeito das características, nuances e funcionamento dos sistemas. Tais análises representam as abordagens operacionais que possibilitam a pesquisa e o estudo dos sistemas, apresentando adaptações e ajustagens a cada categoria de sistemas e em função das perspectivas focalizadas nos setores científicos. Dessa maneira, a abordagem em sistemas pode ser considerada como o conjunto dos procedimentos que envolvem a aplicação das noções da teoria dos sistemas nos estudos geográficos.

DEFINIÇÃO E CAMPO DA GEOGRAFIA FÍSICA

Torna-se oportuno salientar que a Geografia corresponde ao estudo das *organizações espaciais*, que representam a categoria de fenômenos constituidora do objetivo

da Geografia (Christofolletti, 1976; 1983). O termo *organização* expressa a existência de ordem e entrosamento entre as partes ou elementos componentes de um conjunto. O funcionamento e a interação entre tais elementos são resultantes da ação dos processos, que mantêm a dinâmica e as relações entre eles. Essa integração resulta num sistema organizado, cujo arranjo e forma são expressos pela estrutura. Se há possibilidade para se distinguirem diversos tipos de organização, os de interesse geográfico são os possuidores da característica espacial.

Para a Geografia, a noção de espaço envolve a presença de extensão ou área, usualmente expressos em termos da superfície terrestre. A característica espacial, que se torna a mais relevante para a Geografia, indica que o objetivo da Geografia deve ter expressão real, materializar-se visualmente em panoramas paisagísticos perceptíveis na superfície terrestre. Essa localização e dimensionalidade territoriais constituem a resposta para a indagação "onde?", que persistentemente transparece ao longo da sua história. A dimensão espacial é atributo e qualitativo para caracterizar o objeto de significância geográfica, mas a Geografia não é o estudo do espaço.

Se a organização espacial é unidade integrada, ele é composta por diversos elementos que se expressam na estrutura espacial, que se interagem pelos fluxos de matéria e energia. Considerando-se a focalização em sistemas, duas categorias (elementos) podem ser distinguidas no primeiro escalão hierárquico: os *geossistemas* (organizações espaciais oriundas dos processos do meio ambiente físico) e os *sistemas sócio-econômicos* (organizações espaciais oriundas dos processos ligados com as atividades humanas). Utilizando o tradicional vocabulário designativo, o primeiro corresponde ao campo da Geografia Física enquanto o segundo corresponde ao da Geografia Humana. A integração de ambos cria uma unidade espacial que corresponde ao objeto de estudo da denominada Geografia Regional, que representaria a abordagem de sistemas com complexidade hierárquica maior. A compreensão desse aninhamento hierárquico propicia condições para se entender a unicidade e precisar o vocabulário

da Geografia, superando dicotomias desde há muito alimentadas na literatura, mormente entre Geografia Física e Geografia Humana ou entre Geografia Sistemática e Geografia Regional.

A nossa atenção, nesta oportunidade, está direcionada para o campo de ação da Geografia Física, que corresponde ao estudo dos geossistemas. Conceitualmente, a etapa seguinte consiste em distinguir os elementos componentes do geossistema. Como a expressão concreta na superfície terrestre constitui a relevância espacial para a análise geográfica, torna-se necessário que os elementos surjam ocupando áreas e territórios, que sejam visualizados em documentos tais como fotos aéreas, imagens de radar e satélites e outros documentos. Deve-se também distinguir as fontes fornecedoras de energia, responsáveis pela dinâmica do sistema, e as redes de transporte e circulação envolvidas nos processos de interação.

No geossistema, a topografia, a vegetação e os solos preenchem tais requisitos, mas o clima não é componente materializável e visível na superfície terrestre, embora seja perceptível e contribua significativamente para se sentir e perceber as paisagens. Todavia, o clima é *fator* fundamental, pois constitui o fornecedor de energia, cuja maior incidência repercute na quantidade disponível de calor e água. O clima surge como controlador dos processos e da dinâmica do geossistema, mas não como elemento integrante da organização espacial. Essa concepção controladora do clima é tradicional, pois o objetivo da Geografia Física sempre foi o de compreender como o mundo funciona. Nos estudos realizados em épocas passadas essa tarefa foi perseguida através da descrição cuidadosa e classificação dos fatos e fenômenos e pela procura em discernir padrões na sua distribuição na superfície terrestre. O estágio de explicação era atingido quando se relacionavam tais padrões àquilo que era considerado como o fenômeno causativo. Por exemplo, a distribuição da vegetação, das formas de relevo ou das grandes classes pedológicas era resultante das características observadas nas grandes zonas climáticas.

As considerações expostas até o momento referem-se às organizações espaciais

(sistemas ambientais físicos) tomando como foco de tratamento os geossistemas passíveis de serem discernidos nas áreas de terras emersas. Se levarmos em conta a grandeza da escala mundial, o planeta Terra também pode ser visualizado como um geossistema. Nesse caso, os seus elementos componentes seriam a atmosfera, a hidrosfera (mares e oceanos) e os continentes. As características de cada elemento são peculiares e os fluxos de energia e matéria entre eles podem ser estabelecidos e mensurados. Há estrutura, funcionamento e organização. Se há consenso em se admitir e aplicar a noção de geossistemas nas áreas continentais, ainda há dificuldades em se conceitualizar e aplicar a abordagem de sistemas para os componentes da hidrosfera e da atmosfera. Essa dificuldade não diminui o grau de relevância desses componentes para a Geografia Física, nem sua função nos processos de interação, mas incide, apenas, na formulação conceitual de serem sistemas, com elementos componentes próprios, ou serem componentes controladores nos mecanismos dos ciclos energéticos e de matéria existentes na superfície terrestre.

A quantidade de calor e umidade fornecida pelo clima ao geossistema (das terras emersas) precisa ser transportada, como também os materiais provindos dos componentes litológicos. A circulação da água, sedimentos e outros materiais, assim como os fluxos de energia, são os responsáveis pela interação e coesão do sistema espacial. Essa circulação funciona através de redes de canais e fluxos. Dentre as redes de canais, a mais visível e reconhecida é a rede de canais fluviais. A grandeza do canal fluvial está relacionada com o volume do fluxo. Considerando-se que há relativa permanência e constância nas condições ambientais, a respeito da rede hidrográfica pode-se dizer que o tamanho territorial é o fator mais importante para aumentar o abastecimento, sob as mesmas condições climáticas. A propósito dessa relação pode-se aplicar a noção de crescimento alométrico. No caso da bacia do Paraíba do Sul há proporcionalidade entre o aumento da área e o aumento do volume fluvial. No exemplo da bacia do rio Tietê, o crescimento

alométrico é negativo, pois a taxa de aumento da área da bacia é maior que a taxa de aumento no débito fluvial.

Um outro nível hierárquico de tratamento pode ser discernido na análise dos geossistemas. Trata-se do estudo das características e dos processos atuantes em cada elemento e nos seus controladores fundamentais, para que melhor se possa compreender a organização especificada e a da unidade superior. Daí a atenção que os geógrafos dedicam à Geomorfologia, Biogeografia, Pedologia, Hidrologia e Climatologia. Não há razão para se desprezar essa terminologia tradicional, embora haja aprimoramento constante no conjunto conceitual e analítico desses campos de ação. Focalizando o geossistema ou os seus componentes (subsistemas), não se deve olvidar os controles exercidos pelas atividades antrópicas, que podem ser contabilizados como *inputs* de energia e matéria interferindo nas características, na dinâmica e transformação dos sistemas.

Em prosseguimento, não se pode deixar de salientar o interesse geográfico no estudo dos componentes de cada um dos elementos que integram o geossistema, em suas parcelas e funcionamento. A subdivisão e a composição inerente a cada abordagem podem depender de critérios pertinentes a cada setor. Nessa abordagem deve-se manter a coerência perante as definições e noções da teoria de sistemas, mas os critérios empregados são diferenciados quando aplicados à Geomorfologia, Hidrologia, Biogeografia, Climatologia, etc.

No caso da Geomorfologia, por exemplo, quando se utiliza o critério das relações entre formas e processos costuma-se distinguir os setores de estudo ligados com a geomorfologia fluvial, geomorfologia eólica, geomorfologia das vertentes, geomorfologia litorânea, geomorfologia glaciária, etc. Para cada classe a que se dedique atenção, o pesquisador irá preocupar-se com as formas, processos e fluxos a fim de compreender e explicar o modelado que surge na superfície terrestre. Se para cada setor torna-se relativamente fácil aplicar a abordagem em sistemas, ainda não há proposição para se compor a interação entre tais setores co-

mo sendo elementos componentes do "sistema geomorfológico".

Entretanto, na análise e perspectiva do geógrafo, deve-se estar sempre ciente do entrosamento aninhado entre os vários níveis da concepção hierárquica da organização especial e avaliar adequadamente em cada escala a significância da ação exercida pelos fatores físicos e sócio-econômicos. Por exemplo, a caracterização de que os geossistemas constituem o objeto de estudo da Geografia Física faz com que essa disciplina adquira finalidade própria e não interfira com as esferas de ação das disciplinas que analisam seus elementos e fatores (Geomorfologia, Climatologia, Pedologia, Hidrologia, Biogeografia, etc.). A Geografia Física não deve estudar os componentes do quadro físico por si mesmos, mas investigar a unidade resultante da interação e as conexões existentes nesse conjunto. Essa concepção algo organicista assinala que o conjunto resultante não é apenas a composição da somatória das suas partes, mas surge como algo individualizado e distinto, com propriedades e características que só o todo possui. Nessa perspectiva, toda atividade antrópica exercida na superfície terrestre age sobre a dinâmica e características de um determinado geossistema e, por fluxos encadeantes, direta ou indiretamente sobre os aspectos de cada elemento particular. No estudo dos geossistemas deve-se integrar os *inputs* energéticos dos processos pluviotérmicos, dos processos sócio-econômicos e dos processos geodinâmicos, por exemplo, verificando as mudanças e as transformações na dinâmica e na expressividade espacial físico-geográfica.

A FOCALIZAÇÃO ANALÍTICA

Praticamente estável até os anos 60, a Geografia Física recebeu inovações posteriores que a colocaram em constante agitação, tanto teórica como tecnicamente. A Geografia Física pode ser considerada como sendo sistema aberto, apresentando continuidade em sua estrutura, mas se fortaleceu conceitual e analiticamente, ampliando sua temática de ação e, em decorrência,

descortinando novos horizontes e aplicabilidade. Conceitualmente, a adoção da teoria de sistemas foi a mais profunda, cuja abordagem criou possibilidades para a análise das formas, dos processos e da dinâmica evolutiva dos sistemas geoambientais. Nos procedimentos tecnológicos, as influências maiores foram exercidas pelos avanços e possibilidades no sensoriamento remoto, que na possibilidade de fornecer imagens a cada 18 dias e com grau de resolução maior começa a competir com as pesquisas de campo, e pelo desenvolvimento na tecnologia dos microcomputadores e na informática. Esse arsenal tecnológico pode ser aplicado nos diversos níveis de tratamento analítico nos estudos sobre geossistemas.

Como os geossistemas possuem grandeza territorial, a caracterização espacial torna-se aspecto inerente. Por essa razão, é preciso que se faça o estudo da infra-estrutura e funcionamento dessas unidades localizadas. Por outro lado, como sistemas abertos, possuem relacionamentos como outras unidades, sendo também preciso conhecer as interações entre unidades espacialmente distintas no interior do geossistema e entre geossistemas diferenciados. Todavia, não se pode esquecer que o padrão espacial observável representa resposta a um *continuum* evolutivo, à seqüência de eventos que se sucederam ao longo do tempo. O estudo da dinâmica é essencialmente realizado em determinada grandeza da escala temporal, pois reflete as ajustagens internas do sistema à magnitude dos eventos, mantendo sua integridade funcional ou se ajustando em busca de mudanças adaptativas às novas condições dos fluxos. Nesse contexto, ganham importância o conhecimento relacionado com os conceitos de equilíbrio, funcionamento e evolução dos sistemas (Chorley e Kennedy, 1971; Huggett, 1980; Montgomery, 1989). A conotação da defasagem temporal também se torna adequada no estudo entre os distúrbios e as reações, mesmo quando as respostas possuem interação espacialmente distinta, com efeitos aparecendo em locais situados a determinada distância dos acontecimentos desencadeadores. Para determinados fenômenos, que ocorrem nos fluidos, utiliza-se mesmo o conceito da propagação de ondas.

A análise geográfica dos geossistemas envolve procedimentos analíticos complexos, direcionados para o levantamento das características morfológicas, para o conhecimento da dinâmica e para o estudo dos equilíbrios e evolução. Tais fases que são inerentemente ligadas, embora possam ser processadas independentemente, constituem a perspectiva relacionada com a compreensão da natureza do sistema ambiental físico. Com base nessa compreensão desenvolvem-se, então, os procedimentos avaliativos, as atividades de uso, o manejo e o planejamento.

A descrição e análise das características morfológicas constituem a fase do estudo dos padrões espaciais apresentados pelos sistemas, verificando os aspectos da estrutura e composição dos elementos componentes e do próprio sistema, como unidade. Essa abordagem analítica situa-se na fisionomia do concreto, fornecendo imagem da morfologia dos componentes e da distribuição espacial. Essa análise realça as características geométricas dos arranjos e da distribuição espacial, tomando como base as variáveis incidentes sobre pontos, linhas-áreas e volumes. A focalização costuma ser direcionada para atributos que são específicos de cada elemento, procurando fazer levantamento e inventário dessas características. Por exemplo, no caso de se usar a bacia de drenagem como sistema unitário, os atributos ligados à área, perímetro, formato, densidade de drenagem, densidade de rios, etc. são para a bacia em sua globalização. Outros índices são propostos para a análise específica das vertentes e das reles de drenagem. O mesmo acontece quando se focalizam as características climáticas, hidrológicas e biogeográficas, assim como as das atividades humanas inseridas no sistema. Se no estudo dos elementos considerarmos as variáveis que necessitam de mensurações para serem operacionalizadas, penetra-se no setor da análise morfométrica e topográfica; se apenas se considerarem variáveis ligadas com o arranjo dos componentes, penetra-se no setor da análise topológica.

O segundo nível preocupa-se com a análise dos fluxos de matéria e energia e com os processos atuantes. Essa focalização procura compreender a funcionalidade que se

opera nos elementos do sistema, nas mais diversas escalas de grandeza. Ela se preocupa com os processos de intemperismo nas vertentes, com o transporte dos sedimentos nos cursos de água, com o fluxo de calor e balanço energético, com os fluxos de água e balanços hídricos, com a produção e transferência da biomassa, com a erosão dos solos e transformação do relevo, e com a ação antrópica. Toda a dinâmica do geossistema acaba sendo analisada nos processos de transformação ocorrentes em cada elemento e nos mecanismos de interação que se refletem nas relações e fluxos entre os elementos e na caracterização funcional da unidade integrativa. Os processos e a dinâmica não são em si mesmos expressivos visualmente, mas as forças atuantes expressam-se no arranjo espacial e nas características morfológicas discerníveis e analisadas. Além da compreensão dinâmica do sistema, também pode-se analisar as interações do sistema focalizado com os sistemas externos, considerando o grau de dependência funcional entre os elementos e os fatores controlantes.

A integração da morfologia e da dinâmica possibilita a plena compreensão do geossistema, assim como de seus subsistemas (elementos). Analiticamente pode-se focalizar ora a morfologia ora os processos, mas é a integração das forças atuantes e das formas resultantes que se torna a responsável pelos aspectos observados nas unidades da superfície terrestre, no tradicional termo designativo de paisagens. Essa interação também pode ocorrer sob diversas escalas de grandeza e complexidade: compatibilizar os materiais, processos e as características de determinado solo; os processos morfo-genéticos com a morfologia das vertentes; o transporte de sedimentos e a magnitude dos fluxos com os aspectos da morfologia dos canais; os balanços energéticos e hídricos e as transformações na litologia com a cobertura vegetal e morfologia topográfica, etc.

Deve-se lembrar que, aparentemente, há maior facilidade e rapidez na realização de análises morfológicas do que no estudo dos processos. Para as análises morfométricas e topológicas a operacionalização das pesquisas pode ser feita em trabalhos de cam-

po e também sobre documentos, tais como cartas topográficas, fotos aéreas, imagens de sensoriamento remoto, etc. Há proposição muito grande de variáveis e índices a serem medidos para salientar as características geométricas e de composição. Os estudos sobre processos devem ser feitos através de observações no campo, de procedimentos experimentais e de modelização. O uso de determinados documentos não esclarece a dinâmica dos processos, mas pode servir para mostrar sua existência. Por exemplo, uma série de fotos ou imagens pode denunciar que aconteceram mudanças na topografia das vertentes ou na cobertura vegetal; imagens e mapeamentos podem assinalar deslocamentos do leito fluvial nas planícies de inundação.

Outro aspecto analítico está relacionado com a pertinência das atividades antrópicas nos estudos de Geografia Física. Um assunto está em analisar a relevância do conhecimento produzido em Geografia Física para a sociedade, redundando na caracterização de sua aplicabilidade. Outro reside em focalizar as influências e a interação das atividades antrópicas no geossistema. O primeiro reside em considerar a significância dos *outputs* gerados no geossistema para a análise e características de outras categorias de sistemas (sócio-econômicos, por exemplo) e na interação da organização espacial. O segundo possui implicações analíticas para quem se decide focalizar o estudo do geossistema e dos seus vários subsistemas.

Ao lado das condições climáticas, os grupos humanos ou a sociedade constituem fatores importantes para se compreender o ritmo e a magnitude dos processos e as transformações geradas nos sistemas ambientais físicos. As potencialidades do grupamento humano ou da sociedade controlam o usufruto da superfície terrestre para satisfazer suas necessidades e interferem sobre os processos e dinâmica reinantes nos elementos dos geossistema e, também, modificam as características morfológicas.

A eliminação ou a substituição da cobertura vegetal atua na produção da biomassa e na defesa dos solos; a construção de áreas urbanas e agrícolas interfere no balanço hídrico e energético; a intensidade da irri-

gação e o consumo de águas pelas populações urbanas (com suas atividades industriais) repercutem no volume e regime fluvial; o uso de fertilizantes e agrotóxicos incide nas reações químicas do intemperismo, na qualidade das águas e na vida das plantas e animais; as escavações, cortes e aterros e as atividades de mineração interligam-se com o transporte de sedimentos e se refletem na morfologia topográfica. Dessa maneira, as atividades humanas representam um fator significativo e de magnitude crescente de energia a interferir nos geossistemas. E a pressão demográfica, devido ao crescimento rápido da população no Século XX, amplia suas necessidades e interfere no ritmo da produção natural e na recuperação das características dos elementos componentes do sistema ambiental físico. Um exemplo algo simplista serve para caracterizar esse assunto: na grandeza populacional das tribos indígenas as atividades econômicas da agricultura eram realizadas através de queimadas em pequenas áreas e o uso dessa parcela fazia-se por tempo relativamente curto. A rotação de áreas possibilitava que a recuperação dos setores abandonados ocorresse, ao longo dos anos, recompondo-se a mata destruída e a fertilidade dos solos. Na época atual as práticas agrícolas ganharam outra dimensão, sendo preciso utilizar enormes áreas a fim de que se possa contribuir para o abastecimento da população e para as atividades do comércio e da indústria. Não se pode mais dar-se ao luxo de deixar as terras descansando por longos anos, visando à recuperação natural. A fim de manter a sua produtividade empregam-se artifícios tecnológicos variados estimulando (ou substituindo) os mecanismos da natureza e procurando manter as terras constantemente ocupadas e produtivas.

Há, portanto, uma complexa interação abrangendo forças provenientes dos controladores climáticos, da geodinâmica terrestre e das potencialidades sócio-econômicas, com base nas características sociais, tecnológicas e culturais. Considerando apenas esses três conjuntos controladores, pode-se considerar que o geossistema em seu estado, equilíbrio e evolução representava a resposta e o funcionamento às

relações e interações dos *inputs* climáticos e geodinâmicos, em sua organização espacial abrangente e na de seus componentes. Todavia, na atualidade, os *inputs* induzidos pelo homem ganham relevância cada vez maior, repercutindo no funcionamento, no equilíbrio, nas transformações e nas características morfológicas. Por essa razão, Skopek e Bartos propõem abordagem ao nível de sistemas antropocológicos para o estudo das paisagens (Skopek e Bartos, 1988).

Essa focalização analítica da Geografia Física leva-nos à compreensão dos sistemas ambientais físicos, salientando as características relacionadas com a estrutura e composição, o funcionamento dos processos e o estudo dos fluxos que representam os mecanismos de interação do sistema, fornecendo o estado do geossistema. Mas há uma evolução, um desenvolvimento histórico que se expressa na passagem de um estado para outro, cuja abordagem analítica enriquece-se em busca de uma explicação genética. Essa abordagem explicativa da gênese pode ser direcionada para relacionar as transformações no estado do sistema como conseqüências das mudanças observadas nos sistemas e fatores controlantes, ou para expor o desenvolvimento interno do sistema. Nessa segunda perspectiva, a análise procura caracterizar o desenvolvimento operacional de interação entre os componentes até que o sistema haja alcançado o estado de estabilidade. Na primeira perspectiva, procura-se avaliar as respostas dos componentes e do próprio sistema às mudanças externas. Por exemplo: analisar as fases e as transformações do geossistema em face das mudanças climáticas ocorridas no Quaternário; analisar as respostas das formas de relevo em face das alterações nos processos morfogenéticos devido às mudanças na cobertura vegetal e nas condições climáticas. Em conseqüência, deve-se ajustar adequadamente a grandeza da escala temporal envolvida nessa seqüência evolutiva com a grandeza espacial do sistema analisado. Por essa razão, na escala espacial dos geossistemas, torna-se necessário pesquisar sobre as mudanças ocorridas nos tempos geológicos, mormente no Quaternário. Os setores de pesquisa

sobre a Paleoclimatologia, Paleoidrologia e Paleogeomorfologia, por exemplo, interpenetram-se. Para os cenários brasileiros não é justo olvidar a riqueza informativa contida em inúmeros trabalhos de Aziz M. Ab'Sáber, falando de domínios morfológicos na América do Sul, de domínios morfoclimáticos e utilizando a potencialidade da teoria dos refúgios (Ab'Sáber, 1977; 1981; 1988), entre outros.

DESENVOLVIMENTO APLICATIVO DA GEOGRAFIA FÍSICA

Para focalizar o desenvolvimento aplicativo da Geografia Física, podemos optar por dois caminhos. O primeiro consiste em delinear as aplicações relacionadas com a Geomorfologia, Climatologia, Hidrologia, Biogeografia e Geografia dos Solos, elaborando listagem e inventário dos trabalhos pertinentes aos mais diversos casos de utilização. O segundo caminho está em focalizar a temática mais pertinente ao foco da Geografia Física propriamente dita, assinalando as aplicações ligadas com a análise do meio ambiente, com os azares e impactos ambientais, com a avaliação ambiental e com a predição ambiental e recuperação das áreas degradadas. São temas decorrentes do estudo dos geossistemas e esta distinção, praticamente, representa um esquema analítico, cujas etapas denunciam uma evolução no tratamento aplicativo das informações oriundas da Geografia Física. Obviamente que esse quadro expositivo pode ser reaplicado a cada um dos setores componentes da Geografia, e deve-se lembrar que essa proposição abrangente foi apresentada por Gregory (1985), quando realizou avaliação sobre a natureza dessa disciplina.

A *análise do sistema ambiental* é um dos requisitos básicos para uma Geografia Física mais relevante. Propicia um levantamento das características observáveis e mensuração dos fenômenos, gerando informações básicas para a análise. A questão maior reside na escolha das informações, tendo em vista o objetivo a ser almejado na prática. Por exemplo, as temperaturas anuais

médias e as precipitações anuais médias são dados que desde há muito são manuseados pelos geógrafos nos estudos sobre os climas. Todavia, a imagem delineada é tênue e o seu potencial aplicativo é baixo. Se verificarmos a quantidade de dias com geadas, os períodos secos e a frequência e magnitude dos eventos climáticos, essas observações possuem maior relevância para a agricultura e uso do solo, assim como para o estudo dos recursos hídricos, ao mesmo tempo em que a imagem descritiva do clima ganha contornos mais precisos. A análise da variabilidade, tendências e ciclicidade dos fenômenos climáticos pode ser relacionada com a dinâmica dos processos morfogenéticos e respostas nos sistemas fluviais, em função das cadeias de eventos que se interconectam. Tais análises são importantes para caracterizar os *inputs* de calor e umidade e o funcionamento do meio ambiente, e conhecimento sobre a vulnerabilidade do sistema e dos seus componentes, em absorverem ou se modificarem perante aos impulsos de fluxos advindos dos fatores controlantes.

A *análise dos azares naturais e impactos ambientais* representa a investigação detalhada dos acontecimentos e das conseqüências ligadas com a magnitude e frequência dos fenômenos (eventos), inserindo-se no estudo da dinâmica dos processos dos sistemas ambientais. Os azares naturais são desencadeados pelas forças dinâmicas da natureza, expressando-se em fluxos e processos de alta magnitude, podendo ser classificados como climáticos, geomorfológicos, hidrológicos, sísmicos, vulcânicos, etc. Tais eventos relacionam-se com as secas, precipitações, deslizamentos, enchentes, terremotos, erupções, vendavais, etc. Os eventos naturais podem acontecer em qualquer parcela da superfície terrestre, mas sua incidência apresenta distribuição desigual nas áreas dessa superfície, podendo-se distinguir áreas com variados graus de potencialidade de risco. Os impactos ambientais são decorrentes da interferência humana, através de ações acidentais ou planejadas, provocando alterações direta ou indiretamente. Nos impactos ambientais os *inputs* de energia e matéria desencadeados ou agilizados pelo homem

fluem pelos elementos do geossistema, ocasionando distúrbios na sua dinâmica e na própria sociedade. Nesse conjunto analítico, fala-se muito no desencadeamento de eventos catastróficos (deslizamentos, enchentes, etc.) e dos efeitos pertinentes à poluição (do ar, da água, do solo) e das transformações ambientais relacionadas com a urbanização, industrialização e agricultura, por exemplo. A preocupação com os azares naturais e impactos ambientais é tarefa inerente à atividade do geógrafo, com toda sua potencialidade aplicativa, mas para sua execução há necessidade de se obter conhecimento adequado dos processos, do funcionamento e equilíbrio do geossistema, dos limiares dos fenômenos e da interação com as atividades humanas. Assim, a análise geográfica também dirige atenção para os ambientes construídos pelo homem, transformando e modificando as características dos geossistemas naturais. Se as designações de "clima urbano" e "geomorfologia urbana" já são conhecidas desde há muito na literatura, recentemente os geógrafos propõem abordar o estudo do meio ambiente urbano e caracterizam uma Geografia Física urbana (Douglas, 1983; 1989). Poder-se-ia, então, falar adequadamente de *geossistemas urbanos*?

A *avaliação do meio ambiente e dos processos ambientais* representa o estágio no qual as pesquisas procuram mostrar como determinadas características do meio ambiente são apropriadas para formas particulares de utilização. Representa a análise visando a estabelecer o potencial de uso. É aplicação direcionada para usos específicos, estabelecendo a viabilidade para as obras de engenharia, agricultura, lazer, instalações urbanas, portos, aeroportos, etc.

A *predição e o design do meio ambiente* constituem o estágio final desse esquema evolutivo proposto por Gregory (1985). Enquanto a avaliação do meio ambiente está predominantemente voltada para discernir as potencialidades dos recursos ambientais contemporâneos para usos específicos, a predição e o *design* estão mais preocupados com o futuro. Envolvidos com o padrão e organização futura das atividades no uso das potencialidades discernidas nos geossistemas, perante as necessidades sócio-

-econômicas emergentes, esse campo de ação representa um dos aspectos mais significativos no contexto de aplicação da Geografia Física e constitui o essencial dos trabalhos ligados com o Planejamento Ambiental e/ou Planejamento Físico Geográfico. A sua operacionalização deriva do conhecimento sobre a estrutura e funcionamento dos geossistemas, dos mecanismos e das mudanças ocasionadas pelos impactos ambientais, da visão de futuro que a sociedade possui e as suas proposições surgem das avaliações feitas sobre as alternativas imaginadas para o planejamento das paisagens. As concepções e os procedimentos relacionados com o planejamento e monitoria ambiental (Baldwin, 1985), com a criação de cenários futuros, com o manejo ambiental visando ao desenvolvimento sustentado (Turner, 1988; Clark e Munn, 1986), passam a ter conexão com a formação e atividade profissional do geógrafo (Christofolletti, 1988). Pode-se incluir, também, o envolvimento com a feitura de planos para a recuperação de áreas degradadas, visando à recomposição e novo estado de estabilidade do meio ambiente.

Essas etapas estão inerentemente interligadas com as tarefas do geógrafo (descrição, análise, explicação, avaliação e predição) e resultam do uso do conhecimento científico gerado nos diversos níveis de abordagem analítica. Dessa maneira, não seria demasiado considerar que as preocupações emanadas nos movimentos ambientalistas e ecológicos surgidas na última década estão em busca da aplicabilidade do conhecimento geográfico.

A INSERÇÃO DE NOVOS CONCEITOS

A teoria dos sistemas foi introduzida na Geomorfologia em 1952, por Arthur Strahler, fundamentando-se nos trabalhos de Ludwig von Bertalanffy sobre a biologia teórica. Os conceitos e a abordagem relacionados com essa perspectiva ganharam aceitação e predominaram nos estudos realizados na Geografia Física, como demonstra o excelente apanhado feito por Huggett

(1985). Todavia, o desenvolvimento científico ocorrido tanto na Física como na Química, a respeito dos sistemas dinâmicos e estruturas dissipativas, vem chamando a atenção dos geógrafos e propicia a inserção de novos conceitos na abordagem sobre sistemas. Há enriquecimento, transformando e ampliando os ensinamentos provindos das ciências biológicas, ganhando-se maior potencialidade para a análise integrada da organização espacial e para a análise das interações, da estrutura e das transformações nos sistemas ambientais físicos e sócio-econômicos. Entretanto, embora seja trabalhada há mais de três décadas, é justo lembrar que os geógrafos estão longe de esgotar a riqueza conceitual e analítica inserida apenas nos trabalhos ligados com a perspectiva da biologia teórica sobre os sistemas.

A análise dos fluxos e transformações da energia nos sistemas ambientais inclui-se no campo da *energética*. Preocupado com as questões da Ecologia, Phillipson (1966) definiu a energética como sendo o campo de investigação "relacionado com as transformações de energia que ocorrem no interior dos ecossistemas". Essa perspectiva propiciou o desenvolvimento da *bioenergética*, sendo que Broda (1975) considerou os organismos como máquinas químico-dinâmicas e identificou três classes de processos bioenergéticos: fermentação, fotossíntese e respiração. A propósito das abordagens energéticas, Gregory (1987) organizou coletânea salientando os fluxos e a potencialidade dessa perspectiva na análise dos geossistemas, destacando também exemplos ligados com a atmosfera, erosão, solos e biogeografia.

Surgem contribuições relacionadas com a *sinérgica*, que vem sendo apresentada como visão holística, composta por princípios unificadores para o conjunto das ciências (Haken, 1977; 1985; Fuller, 1982). A sinérgica é definida como campo de pesquisa interdisciplinar, preocupada com a cooperação das partes individuais de um sistema que se integram a fim de produzir estruturas macroscópicas, com expressão espacial, temporal e funcional. Haken (1985) procurou salientar as possibili-

dades aplicativas da sinérgica no campo de ação da Geografia.

A utilização dos conceitos da Física para se compor uma visão de mundo integradora, considerando especialmente o campo da termodinâmica, vem sendo elaborada por Prigogine e Stengers (1979; 1984a; 1984b), por Bohm (1980), Rifkin (1980) e Haigh (1985), entre outros. Prigogine e Stengers desenvolveram pesquisas sobre as estruturas dissipativas, que possuem comportamentos não-lineares, apresentando flutuações. A noção básica reside na interação entre funções, estruturas e flutuações, que se compatibilizam nos conceitos de funcionamento (comportamento), morfologia (estado) e evolução (transformação) propostos por Chorley e Kennedy (1971).

A termodinâmica ensina que a quantidade total de energia do universo é constante e que a entropia total está crescendo continuamente. Isso significa que é impossível criar ou destruir energia, pois a quantidade de energia do universo foi fixada desde o início e manter-se-á até o final dos tempos. Entretanto, se a energia não pode ser criada nem destruída, ela pode ser transformada de uma forma para outra. Nessa transformação a energia vai-se dissipando, mudando de um estado para outro, promovendo o aumento da entropia. À medida que aumenta a entropia, diminui a quantidade de energia para a realização dos processos. Para que haja funcionamento contínuo do sistema há necessidade de que receba fluxos adicionais de energia, a fim de propiciar condições de trabalho e diminuir a entropia: é o processo de entropia negativa ou nega-entropia. Para o geossistema Terra, a energia solar representa *input* de nega-entropia.

No campo de ação da Geografia Física o problema reside no conhecimento dos mecanismos que promovem o crescimento da entropia, assegurando a evolução do geossistema até que este atinja o estado final de equilíbrio. No procedimento teórico, consiste em conhecer as leis dinâmicas que realizam a passagem de um estado para outro, isto é, a seqüência evolutiva.

Se a evolução fosse a da termodinâmica linear, o geossistema caminharia para um estado estacionário próximo da máxima en-

tropia, compatível com as condições reinantes nos fatores controlantes. Por exemplo: esse estado seria o das superfícies aplainadas, no ciclo de erosão, e o do clímax, no tocante à vegetação? Entretanto, Prigogine mostra que o comportamento predominante é o dos sistemas não-lineares submetidos a condições de não-equilíbrio, salientando-se nessa abordagem o papel das flutuações.

Penetra-se, então, no estudo das estruturas dissipativas, em que os sistemas abertos estão sujeitos às flutuações originadas *inputs* que ultrapassam os limiares de determinados parâmetros das características ou componentes do sistema, gerando uma reação que modifica o estado do sistema. A desordem introduzida pelo distúrbio vai sendo recomposta pelos mecanismos de interação, levando a um outro estado de ordenação (ou organização). Enquadram-se, aqui, as noções de equilíbrio meta-estável e de erosão episódica (Chorley e Kennedy, 1971; Schumm, 1975; Chorley, Schumm e Sudgen, 1985). O processo de desenvolvimento é não-linear, sendo passível de abordagens estocásticas e de reconhecimento dos estados mais prováveis. Uma possível ocorrência de elevada magnitude no *input* ocasiona nova flutuação, estabelecendo diminuição na entropia ou desordem. Há, assim, na dinâmica das funções e mecanismos de interação uma dissipação de energia, no evoluir em busca de outra de outra estrutura e organização.

A *teoria do caos* desenvolveu-se na última década (Bai-lin, 1984; Kaneko, 1986; Gleick, 1988). Mitchell Feigenbaum, físico trabalhando em Los Alamos, em 1974, começou casualmente a se preocupar com a complexidade dos sistemas dinâmicos e, posteriormente, outros grupos compostos por físicos e matemáticos dedicaram atenção aos comportamentos complexos dos sistemas, de modo que nos anos 80 a teoria do caos vem sendo proposta como sendo "a construção de uma nova ciência", surgindo também como visão holística. Apresenta características de multidisciplinaridade, pois "é a ciência da natureza global dos sistemas, reunindo em trabalho conjunto pesquisadores provindos de campos tradicionalmente separados" (Gleick, 1988).

Tais conceitos novos já começaram a transparecer na literatura geográfica. As proposições mais explícitas surgiram em 1985, quando W. E. H. Culling apresentou a teoria dos sistemas dinâmicos não-lineares em sua aplicação para a Geografia Física, mostrando que "o estudo da dinâmica dos sistemas não-lineares é extraordinariamente rico e complexo, envolvendo comportamentos periódicos e caóticos, e se considera que as condições de desequilíbrio são fontes para a ordem em 'um sistema'" (apud Huggett, 1987).

O ano de 1987 assinala maior florescimento. Culling (1987) expõe a potencialidade das abordagens modernas sobre os sistemas dinâmicos para o pensamento geográfico, tanto na Geografia Física como na Geografia Humana, enquanto Huggett (1987) analisa as implicações para a Geomorfologia advindas dos conceitos relacionados com os sistemas dissipativos. Durante a XIX Assembléia Geral da União Internacional de Geodésia e Geofísica, realizada em agosto de 1987, na cidade de Vancouver (Canadá), Adrian Scheidegger e Martin Haigh coordenaram um simpósio a respeito da abordagem dos sistemas dinâmicos no estudo dos azares naturais, salientando que essa "abordagem representa uma metodologia para se reconhecer as similaridades funcionais na evolução das singularidades em muitos sistemas", e que começa a ser desenvolvida no âmbito das geociências (Haigh e Scheidegger, 1988). No volume *Geomorphological Models*, organizado por Ahnert (1987), Haigh (1987) se utiliza da teoria dos sistemas para analisar as noções de hierarquia e auto-organização em Geografia, considerando a evolução das estruturas dissipativas. Em outros artigos, Culling (1988a; 1988b; 1988c; 1989) trata da aplicação das noções de ergodicidade, dimensão e entropia e da análise da variabilidade espacial em paisagens, considerando que a regularidade/irregularidade das paisagens exhibe estocasticidade e pode ser estudada como função de um campo gaussiano. Callies e Herbert (1988) estudam a produção de entropia no sistema mundial da superfície terrestre-atmosfera e analisam a hipótese de que um clima, tendo uma produção máxima de entropia, pode ser inter-

pretado em função dos conceitos termodinâmicos.

Uma explicação intrigante nos é oferecida por Glasby (1988). No contexto do meio ambiente, considera que o aumento da desordem (diminuição da entropia) pode ser pensado como sendo degradação ambiental, cujo aumento é rapidamente crescente em conseqüência da industrialização. A remoção da cobertura vegetal, por seu lado, acrescenta *inputs* de energia natural para a erosão dos solos e processos morfogenéticos, que se adicionam ao consumo atual de energia no globo (avaliada atualmente em 10 TW). Assim, é substancial o *input* de energia dirigida à degradação ambiental, como resultado das atividades humanas. Dessa maneira, Glasby observa que a degradação ambiental (desordem) não pode ser eliminada através de procedimentos mais adequados de manejo, pois se torna corolário do consumo de energia humana e, portanto, da atividade econômica.

Não se deve esquecer as tentativas relacionadas com a aplicação da teoria das catástrofes, com base nas obras de René Thom (1972; 1975; 1988), no estudo do

desenvolvimento e mudanças nos sistemas. Ao lado das proposições gerais de Wagstaff (1976) e Wilson (1981a; 1981b), surgem como indicadores as contribuições de Graf (1979), sobre os canais fluviais, e de Ai e Miao (1987), sobre os deslizamentos. Os estudos das fractais, com base na obra de Mandelbrot (1983), também vão ganhando penetração nos estudos geográficos. Goodchild e Mark (1987) elaboraram um apanhado sobre a natureza fractal dos fenômenos geográficos, reunindo ampla bibliografia.

A Geografia Física beneficiou-se significativamente com a aplicação das abordagens em sistemas. Nos anos atuais, novas concepções estão surgindo e apresentando desafios à comunidade dos geógrafos. Praticamente, encontramos-nos perante nova etapa que surge no desenvolvimento dos estudos geográficos. Há necessidade de conhecer esses conceitos e os seus procedimentos analíticos e interpretativos, atitude aliada obviamente à avaliação das suas potencialidades e ajustagens operacionais adequadas às características dos fenômenos que constituem o campo de ação da ciência geográfica.

BIBLIOGRAFIA

- AB'SÁBER, Aziz Nacib. Os domínios morfológicos da América do Sul. Primeira aproximação. *Geomorfologia*, n. 52, São Paulo, IGEOG-USP, 1977.
- _____. Domínios morfoclimáticos atuais e quaternários na região do cerrado. *Craton & Intracraton*, n. 14, p.1-37. UNESP (São José do Rio Preto, SP), 1981.
- _____. O pantanal mato-grossense e a teoria dos refúgios. *Revista Brasileira de Geografia*, 50 (2): 9-57, volume especial, Rio de Janeiro, 1988.
- AHNERT, Frank. *Geomorphological Models*. Catena Verlag, Cremlingen (Catena Supplement n° 10), 1987.
- AI, N.S.; MIAO, T. D. A model of progressive slope failure under the effect of the neotectonic stress field. In: *GEOMORPHOLOGICAL MODELS* (Ahnert, F., editor), p.21-29. Catena Verlag, Cremlingen, 1987.
- BAI-LIM, H. *Chaos*. World Scientific Press, Cingapura, 1984.
- BALDWIN, John H. *Environmental Plannings and Management*. Boulder, westview Press, 1985.
- BERTALLANFY, L. von. An outline of the general system theory. *British Journal of Philosophical Sciences*, 1: 134-165, 1958.
- _____. *Teoria Geral dos sistemas*. Petrópolis, Vozes, 1973.
- BOHM, D. *Wholones and the implicate order*. Londres, Routledge & Kegan Paul, 1980.
- BRODA, E. *The evolution of the Bionergetic processes*. Oxford, Pergamon Press, 1975.
- CALLIES, U.; HERBERT, F. On thermodynamic evolution criteria with radiation effects of the global climate system. *Annales Geophysicae*, 6 (6): 645-657, 1988.
- CHORLEY, R. J. Geomorphology and general systems theory. *U. S. Geol. Survey Prof. Paper 500-B* (Transcrito em *Notícia Geomorfológica*, 11 (21): 3-22, 1971, Campinas), 1962.

- CHORLEY, R. J.; KENNEDY, B. A. *Physical Geography: a systems approach*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1971.
- CHORLEY, R. J.; SCHUMM, S. A.; SUDGEN, D. E. *Geomorphology*. Londres, Methuen & Co., 1985.
- CHRISTOFOLETTI, Antonio. As características da Nova Geografia. *Geografia*, 1 (1): 3-33, Rio Claro, 1976.
- _____. *Análise de sistemas em Geografia*. São Paulo, Hucitec e EDUSP, 1979.
- _____. Geografia Física. *Boletim de Geografia Teórica*, 11 (21-22): 5-18, Rio Claro, 1981.
- _____. Definição e objeto da Geografia. *Geografia*, 8 (15-16): 1-28, Rio Claro, 1983.
- _____. Significância da teoria de sistemas em Geografia Física. *Boletim de Geografia Teórica*, 16-17 (31-34): 119-128, Rio Claro, 1986-87.
- _____. A potencialidade das abordagens sobre sistemas dinâmicos para os estudos geográficos. *Geografia*, 13 (26): 149-151, Rio Claro, 1988a.
- _____. Geografia Física, Planejamento do meio ambiente e desenvolvimento sustentado. *Geografia*, 13 (26): 165-176, Rio Claro, 1988b.
- _____. L'évaluation sur le concept de organization spatiale. *L'Espace Géographique*, Paris (no prelo), 1989.
- CLARK, W. C.; MUNN, R. E. *Sustainable Development of the Biospheres*. Cambridge, Cambridge University Press, 1986.
- CULLING, W. E. H. Multicyclic streams and the equilibrium theory of grade. *Journal of Geology*, 65 (3): 259-274, Chicago, 1957.
- _____. *Equifinality: chaos, dimension and pattern. The concept of non-linear dynamical systems theory and their potential for Physical Geography*. Graduate School of Geography, London School of Economics, Londres, 1985.
- _____. Equifinality: modern approaches to dynamical systems and their potential for geographical thought. *Trans. Institute of British Geographers*, 12 (1): 57-72, 1987.
- _____. A unified theory of particulate flows in geomorphic settings. *Earth Surface Processes and Landforms*. 13 (5): 431-440. Londres. 1988a.
- _____. Dimension and entropy in the soil-covered landscape. *Earth Surface Processes and Landforms*, 13 (7): 619-648, Londres, 1988b.
- _____. A new view of the landscape. *Trans. of the Institute of British Geographers*, 13 (13): 345-360, Londres, 1988c.
- _____. The characterization of regular/irregular surfaces in the soil-covered landscape by Gaussian Random Fields. *Computer & Geosciences*, 15 (2): 219-226, Oxford, 1989.
- DOUGLAS, Ian. *The Urban Environment*. Londres, Edward Arnold, 1983.
- _____. The rain on the roof: a Geography of the urban environment. In: HORIZONS IN HUMAN GEOGRAPHY (Gregory, D. e Walford, R., editores), p.217-238. Londres, Macmillan Education, 1989.
- FULLER, R. B. *Synergetics: explorations in the geometry of thinking*. New York, Macmillan Publishing Co., 1982.
- GLASBY, G. P. Global entropy and pollution. *Ambio*, 17 (5): 330-335, 1988.
- GLEICK, James. *Chaos: making a new science*. Hardmondsworth, Penguin Books, 1988.
- GOODCHILD, M. F.; MARK, D. M. The fractal nature of geographic phenomena. *Annals Assoc. American Geographers*, 77 (2): 265-278, 1987.
- GRAF, William L. Catastrophe theory as a model for change in fluvial systems. In: ADJUSTMENTS OF THE FLUVIAL SYSTEMS (Rhodes, D. D. e Williams, G. P., organizadores), p.13 a 32. Londres, George Allen & Unwin, 1979.
- GREGORY, Ken J. *The Nature of Physical Geography*. Londres, Edward Arnold, 1985.
- _____. *Energetics of Physical Environment*. Chichester, John Wiley & Sons, 1987.
- HACK, John T. Interpretation of erosional topography in humid tropical regions. *American Journal of Science*, 258-A: 80-97 (Tradução em *Notícia Geomorfológica*, 12 (24): 3-37, 1972), 1960.
- HAIGH, Martins J. Geography and general systems theory, philosophical homologies and current practice. *Geoforum*, 16 (3): 191-203, Oxford, 1985.
- _____. The Holon: hierarchy theory and landscape research. In: GEOMORPHOLOGICAL MODELS (Ahnert, F., editor), p. 181-192. Catena Verlag, Braunschweig, 1987.
- SCHEIDEGGER, A. E. Dynamic system approach to natural hazards: an introduction. *Zeits fur Geomorphologie*, Suplemento n. 67, p. 1-3, Berlim, 1988.

- HAKEN, H. *Synergetics: an introduction*. Berlin, Springer Verlag, 1977.
- _____. *The science of structure: synergetics*. New York, Van Nostrand Reinhold, 1984.
- _____. *Synergetics — an interdisciplinary approach to phenomena of self-organization*. *Geoforum*, 16 (3): 205-212, Oxford, 1985.
- HUGGETT, Richard J. *Systems Analysis in Geography*. Oxford, Oxford University Press, 1980.
- _____. *Earth Surface Systems*. Berlin, Springer Verlag, 1985.
- _____. *Dissipative systems: implications for Geomorphology*. *Earth Surface Processes and Landforms*, 13 (1): 45-49, Chichester, 1987.
- KANEKO, K. *Collapse of Tori and Genesis of Chaps in Dissipative Systems*. Cingapura, World Scientific Press, 1986.
- MANDELBROT, Benoit B. *The fractal Geometry of Nature*. San Francisco, W. H. Freeman & Co., 1983.
- MONTGOMERY, Keith. Concepts of equilibrium and evolution in geomorphology: the model of branch systems. *Progress in Physical Geography*, 13 (1): 47-66, Londres, 1989.
- PHILLIPSON, J. *Ecological Energetics*. Londres, Edward Arnold, 1966.
- PRIGOGINE, Ilya; STENGERS, Isabelle. *La Nouvelle Alliance*. Paris, Presses Universitaires de France, 1979.
- _____. ; _____. *A Nova Aliança*: Brasília, Editora Universidade de Brasília, 1984a.
- _____. ; _____. *Order out of chaos: man's new dialogue with nature*. Londres, Bantam Books, 1984b.
- RIFKIN, Jeremy. *Entropy: a new world view*. Londres, Bantam Books, 1980.
- SCHUMM, Stanley A. Episodic erosion: a modification of the geomorphic cycle. In: THEORIES OF LANDFORM DEVELOPMENT (Melhorn, W. L. e Flemal, R. C., editores). Binghamton, State University of New York, 1975.
- _____. *The fluvial systems*. New York, John Wiley & Sons, 1977.
- SKOPEK, Vaclav; BARTOS, Michael. An anthropo-ecological approach to landscape use optimization. *Geo-Journal*, 17 (3): 365-372, Dordrecht, 1988.
- SOTCHAVA, V. B. O estudo de geossistemas. *Métodos em Questão*, n. 16, 52 p., São Paulo, IG-USP, 1977.
- STERMBERG, Hilgard O'Reilly. Aggravation of floods in the Amazon river as a consequence of deforestation? *Geografiska Annaler*, 69A (1): 201-220, 1987.
- STRAHLER, Arthur N. Equilibrium theory of erosional slopes approached by frequency distribution analysis. *American Journal of Science*, 248 (10 a 11): 673-696 e 800-814, 1950.
- _____. Dynamics basis of Geomorphology. *Geol. Soc. American Bulletin*, 63: 923-938, 1952.
- _____. Systems theory in Physical Geography. *Physical Geography*, 1 (1): 1-27, 1980.
- THOM, René. *Stabilité structurale et morphogénèse*. Paris, Librairie Armand Colin, 1972.
- _____. *Structural stability and morphogenesis*. Reading, W. A. Benjamin, 1975.
- _____. *Esquisses d'une sémiophysique*. Paris, Interéditions, 1988.
- TURNER, R. Kelly. *Sustainable environmental management: principles and practice*. Londres, Belhaven, 1988.
- VIEIRA, Jorge Albuquerque. Termodinâmica e vida. *Humanidades*, 6 (20): 42-47, Brasília, 1989.
- WAGSTAFF, J. M. Some thoughts about Geography and catastrophe theory. *Area*, 8: 316-320, Londres, 1976.
- WILSON, A. G. *Catastrophe Theory and Bifurcation*. In: QUANTITATIVE GEOGRAPHY (Wrigley, N. e Bennett, R. J., organizadores) p. 192-201. Londres, Routledge and Kegan Paul, 1981a.
- _____. *Catastrophe Theory and Bifurcation*. Londres, Croom Helm, 1981b.
- _____. *Geography and the Environment*. Chichester, John Wiley & Sons, 1981c.

RESUMO

Em virtude da aplicação da abordagem em sistemas, a Geografia Física apresentou acentuado desenvolvimento para a análise da organização espacial dos sistemas ambientais físicos, que vem recebendo a denominação de geossistemas. O geossistema é unidade composta por elementos que se interagem, resultando numa organização complexa e individualizada. Conforme o interesse do pesquisador torna-se possível realizar análises morfológicas (estrutura), análises sobre o funcionamento (fluxos, processos, interações, etc.) e análises integrativas (sobre a unidade complexa do geossistema), mas são momentos que se integram no contexto dos níveis hierárquicos e na escolha temática. As ati-

vidades antrópicas inserem-se no âmbito dos geossistemas, redundando em aspectos morfológicos e introduzindo alterações nos fluxos, na estrutura e no desenvolvimento. Dessa maneira, as noções de estabilidade e vulnerabilidade ganham importância. Considerando as questões ambientais e as escalas temporoespaciais, a Geografia Física possui elevado potencial de aplicabilidade. Nos últimos anos a Geografia Física está recebendo influxos de novos conceitos e perspectivas, relacionadas com a energética, sinérgica, estruturas e sistemas dissipativos e teoria do caos, por exemplo. Pode-se reconhecer que atualmente essa ciência encontra-se no limiar de uma nova fase em seu desenvolvimento conceitual e analítico.

Palavras-chaves: Abordagem em sistemas; Análise ambiental; Geografia Física; Geossistemas; Organização espacial.

ABSTRACT

The systems approach was very important to Physical Geography, showing conceptual and operational conditions for the environmental systems analysis, so called *geosystems*. The geosystems are unities composed by elements (relief, soils, vegetation, etc.) and interactions (energy and matter flows). They can be focused from different viewpoints, as morphological analysis (structures), functional analysis (flows, processes, dynamics, etc.) and integrative analysis (the geosystem unity). It is possible to distinguish some hierarchical levels and thematic options, considering the researcher interest. The anthropic activities are operating within the geosystems, resulting in features, flows and changes consequences. The equilibrium and evolution notions can be analysed. So, considering the environmental issues and the time-spatial scales, the Physical Geography has great potential of applicability. In the last years some concepts and approaches are being introduced in the Physical Geography, as the energetics, synergetics, structures and dissipative systems, chaos theory and others. So, it is possible that the Physical Geography is now just at a threshold phase of conceptual and analytical development.

Key-Words : — Geosystems; Environmental Analysis; Physical Geography; Spatial Organization; Systems Approach.