

# METODOLOGIA PARA ZONEAMENTOS GEO-ECOLÓGICOS INTERDISCIPLINARES DE BACIAS HIDROGRÁFICAS E ECOSISTEMAS

Paulo Pereira Martins Jr. (\*)

## INTRODUÇÃO

Zonear um território em áreas homogêneas é uma pesquisa científica baseada no princípio da classificação e do estudo da sinergia das variáveis utilizadas. As zonas homogêneas são classificadas pelas associações de diferenças e semelhanças entre si. A técnica do zoneamento pode ser aplicada em uma região seja com o uso de uma única disciplina, com mais de uma disciplina aos modos pluri- e inter- disciplinares. Esses tipos de zoneamentos oferecem particularidades metodológicas e produtos que são específicos de cada um.

Este artigo é o primeiro de uma série sobre o zoneamento interdisciplinar por isso é eminentemente conceitual. Nele se apreende toda uma experiência internacional bem como pesquisas desenvolvidas no sentido de conceituar, especificar e delimitar metodologias próprias para a abordagem interdisciplinar [Martins Jr., 1998]. Questões específicas serão consideradas, mas aquelas que contextualizam essa abordagem no âmbito da produção científica em geral envolve diversos aspectos que ultrapassam essa própria teoria e estão no campo da Epistemologia.

Qual o sentido específico de se zonear uma região, um ecossistema ou uma bacia hidrográfica? Tal coisa advém do fato de que a própria atividade mental se processa ao modo classificatório. Esse tem como etapas:

- (1) discernir;
- (2) identificar;
- (3) definir e
- (4) entender.

As três funções primeiras traduzem a operação classificatória e respondem à pergunta fundamental - *o que é o que* - e a última permite que se disseque os aspectos - *do porque* e *do como*.

A classificação implica a percepção do todo, de suas partes, da relação das partes com o todo e a própria percepção das partes como partes integrais vistas como sub-sistemas. Ora o sentido da classificação é justamente a determinação de homogeneidades e heterogeneidades, tanto estruturais quanto funcionais, que permitirão que as áreas do território se agrupem quanto ao que têm de comum. Essa necessidade de agrupar-se apresenta logo de início como condição básica para se poder identificar as condições de contorno que deverão assim ter uma

geofisiologia própria descritas minuciosamente tal que a lei natural de funcionamento de uma unidade possa aparecer com toda clareza.

O zoneamento cartográfico de uma região, baseado em múltiplas disciplinas, torna-se uma atividade de caráter interdisciplinar se, e tão somente se, envolver o tratamento conjunto e simultâneo de múltiplas variáveis provenientes de diversas ciências, operando-se no contexto de um modelo unificador *a priori*. Isto é totalmente distinto da abordagem pluridisciplinar.

No que diz respeito a bacias hidrográficas, as unidades objeto são as próprias sub-bacias de todas as ordens. São de tamanho muito variável, mas refletem inequivocamente aspectos fisionômicos e funcionais próprios para um zoneamento de unidades sistêmicas de terra e água. Os diversos tipos de zoneamentos não são idênticos entre si, mas uma vez que todos estejam feitos, pode-se então realizar uma comparação entre os mesmos e uma síntese conveniente. Esses passos são totalmente próprios da abordagem interdisciplinar no que ela tem de processo classificatório e diferem fundamentalmente da abordagem pluridisciplinar de integração dos produtos das múltiplas disciplinas.

Para que aquelas etapas se realizem de modo adequado o acesso e/ou a produção das informações básicas deve proceder primeiramente do próprio âmbito das ciências especialistas. A incompletude dos dados de cada ciência especialista, a limitação dos dados a peculiaridades dos assuntos especialistas, as limitações próprias às condições dos sub-sistemas naturais com que toda ciência especialista trata, faz com que a abordagem interdisciplinar, apesar de necessitar das etapas disciplinar e pluridisciplinar, deva dirigi-las *a priori* de modo a coordenar a escolha dos métodos, a seleção dos dados, a determinação do que levantar, a consistência dos dados, os tratamentos estatísticos convenientes e demanda de dados gerados a partir de modelos matemáticos de aplicação setorial.

Classificar bacias hidrográficas e ecossistemas em áreas homogêneas permite prosseguir-se com o estudo da hierarquia e sinergia entre variáveis e áreas homogêneas, e permite vir determinar-se a lei natural de funcionamento de uma unidade ecossistêmica em qualquer estágio de alteração, ou não, em que esteja essa unidade.

## O QUE É ZONEAMENTO GEO-ECOLÓGICO

Os estudos e mapeamentos geo-ecológicos implicam que os aspectos abióticos receberão tanta ênfase quanto os bióticos e posteriormente os aspectos antrópicos, dependendo dos enfoques e/ou necessidades que se queira preferencialmente atender.

Os produtos devem oferecer informações não apenas temáticas, mas de tal modo agregadas que permitam estabelecer-se as mais amplas relações entre as variáveis discriminantes dos diversos sub-sistemas de modo a se poder conhecer:

- (1) o grau de significância relativa entre as diversas estruturas de uma bacia hidrográfica;
- (2) a hierarquia de importância relativa e a sinergia entre as diversas variáveis dos sub-sistemas;
- (3) representar-se as diversas perspectivas possíveis de zoneamentos com um pequeno número final de cartas;
- (4) identificar a sensibilidade relativa das diversas variáveis por unidade homogênea;
- (5) associar-se claramente biogeografia com geologia;
- (6) diminuir os custos operacionais dos zoneamentos com o máximo uso de dados já produzidos;
- (7) estabelecer-se matrizes de sensibilidade das áreas homogêneas aos diversos estilos de intervenção;
- (8) poder realizar-se os zoneamentos com ampla contribuição dos processos de quantificação e, por não menos, poder-se estabelecer uma política de gestão com bases científicas rigorosas e
- (9) estabelecer-se regras de decisão para o processo de gestão.

Todo zoneamento pressupõe a divisão do território em áreas homogêneas o que para tanto exige a determinação das semelhanças e anisotropias dos sistemas naturais. Zonear é estabelecer, portanto, as relações sistêmicas, determinando-se os limites dos sub-sistemas, suas estruturas, entradas e saídas, seu padrão de estabilidade dinâmica e a biodiversidade associada. Tais determinações permitem que se possa estabelecer os estilos convenientes de intervenção e conservação, próprios para cada área, tal que no conjunto de uma região possam ser mantidos os processos naturais de trocas de energia, massa e informação sem portanto alterar a estabilidade geral dos sistemas.

Nos casos de intervenção antrópica os zoneamentos permitem decidir-se quanto a qualidade da intervenção:

- (1) se permissível;
- (2) se justificável somente com apoio de obras de infra-estrutura;
- (3) se tolerável quanto a alterações maiores;
- (4) se definidoras da preservação e
- (5) se úteis para conservação e/ou restauração a algum nível possível de viabilidade (Huang & Ferng, 1990 a, b; Martins & Rosa, 1992 e 1994).

Para se poder modelar as relações morfo-funcionais são necessários os seguintes tipos de zoneamentos:

- (i) geotécnico tipológico regional;
- (ii) de capacidade assimilativa dos cursos d'água;

(iii) da quantidade - qualidade das águas superficiais e subterrâneas;

(iv) estrutura dos geo-sistemas;

(v) morfometria das sub-bacias;

(vi) delimitação das eco-unidades com base nas trocas de energia / massa / informação;

(vii) caracterização da aptidão ecológica direcionada para as atividades silvi-agrícola;

(viii) descrição dos assentamentos e impactos antrópicos e

(ix) a integração por objetivos.

Os zoneamentos, não obstante, podem ser realizados com diferentes graus de acurácia, dependendo dos recursos financeiros disponíveis. Em virtude da grande quantidade de informação disponível no País seria possível realizá-los para a maior parte do território nacional ainda que com diferenças de qualidade. Sua riqueza informacional, mesmo que com qualidade diversa, é tal que permite inclusive estabelecer estratégias de detalhamento / atualização de coletas de dados primários, maximizando as operações de mapeamento e diminuindo os custos financeiros de projetos.

## CLASSIFICAÇÃO EM UNIDADES HOMOGÊNEAS

O pressuposto de unidades homogêneas de terra pode parecer um pouco contraditório ao se tomar as sub-bacias como unidades primeiras de avaliação. Pode acontecer que uma sub-bacia tenha em si mesma uma heterogeneidade significativamente complexa. Apesar dessa situação ser verdadeira a unidade sub-bacia é legítima pelo fato de somente assim ser possível determinar-se a dinâmica hídrica. Por outro lado é sempre possível o uso de unidades de malhas no terreno se assim convier. Essas obviamente oferecem maior resolução para aspectos específicos e permitem obter uma melhor definição de unidades homogêneas, mas têm o inconveniente de serem dissociadas das unidades do mundo real ou seja a sub-bacia por inteiro. Os resultados são distintos conforme se faça a escolha por um ou outro recorte do terreno, ou por ambos.

As sub-bacias podem formar sub-conjuntos e/ou sub-sistemas de unidades homogêneas já que elas mesmas são unidades naturais de divisão de bacias. Ademais a escolha de qualquer um dos casos dependerá, por um lado da disponibilidade de se obter dados e por outro pela validade intrínseca de se entender as próprias sub-bacias no contexto da totalidade da bacia hidrográfica.

## SIGNIFICADO DA CLASSIFICAÇÃO EM UNIDADES HOMOGÊNEAS

As atividades de gestão de bacia hidrográfica, e entre elas o enquadramento de cursos d'água, oferecem uma gama de questões nas quais as águas, tanto quanto as terras, devam ser consideradas em conjunto a fim de se obter um verdadeiro quadro da situação. No caso da simples aplicação da idéia de enquadramento, sem se

levar em consideração o contexto telúrico, isto pode levar a um certo grau de ineficiência na etapa de efetivação do enquadramento e das medidas mitigadoras. O que se propõe é um procedimento que permita fazer-se o enquadramento de terras e cursos d'água em conjunto.

Uma série de razões leva a se adotar uma metodologia de zoneamento e de enquadramento de cursos d'água, que embora distintas, leve em consideração os aspectos telúricos, e em particular a idéia de unidade homogênea, a saber:

- (1) o enquadramento é um instrumento de gerência;
- (2) os rios sintetizam e refletem as condições de alguma área a montante dos mesmos;
- (3) é impossível, a rigor, separar as interações dos processos telúricos e dos processos hídricos;
- (4) apesar do enquadramento se definir em função dos rios, as condições dos processos telúricos e hídricos são codeterminantes com as condições de uso desde um ponto de vista sistêmico;
- (5) a efetivação do enquadramento terá que se dar, muitas das vezes, com ações mitigadoras que intervenham em processos telúricos complexos;
- (6) zoneamentos devem considerar a dinâmica das trocas de energia e massa como os aspectos sensíveis por excelência e
- (7) qualquer planejamento regional só plenamente possível com a visão interdisciplinar.

As idéias sobre os zoneamentos geo-ecológicos, o enquadramento dos cursos d'água, a efetivação do enquadramento e a determinação da dinâmica morfo-funcional dos sistemas naturais são as idéias mestras no processo da produção de informação científica para a gestão. Constituem-se como idéias diretoras do próprio processo cognitivo das pesquisas. Outras metas como o uso ecológico da terra, e a preservação dos recursos naturais, a proteção das zonas de recarga dos aquíferos e dos ecossistemas são por si só motivadoras dos estudos de classificação em áreas homogêneas.

### **AS UNIDADES HOMOGÊNEAS**

A classificação em zonas homogêneas pressupõe que exista nos ambientes naturais um conjunto de situações que possam ser consideradas homogêneas, tanto quanto pela interação dos próprios processos naturais vigentes, quanto pelas respostas que possam dar às interações antrópicas.

Algumas premissas emergem necessariamente do sentido da classificação:

- (1) unidade de terra é um segmento completamente integrado no qual os componentes são funcionalmente interrelacionados uns com os outros;
- (2) unidades de terras são segmentos completamente integrados nos quais o fluxo das águas funciona interrelacionado com os processos telúricos;
- (3) as ligações funcionais são identificáveis pelos processos que ligam os componentes entre si;
- (4) a lógica por trás da classificação é a noção fundamental de integração funcional dos componentes

ambientais dentro de uma área espacialmente delimitada;

(5) a lógica do enquadramento é de correlacionar as demandas, os usos reais e potenciais com a realidade ambiental, atendendo às necessidades humanas sem dano às ligações funcionais das unidades sistêmicas.

### **PROPÓSITOS E APLICAÇÕES DA CLASSIFICAÇÃO**

Muitos são os propósitos e aplicações de uma classificação de terras e águas no contexto do gerenciamento de bacias hidrográficas, do gerenciamento de terras e do enquadramento de cursos d'água. O mais importante é de que os três enfoques sejam indissociáveis, associando-se ainda o diagnóstico das atividades humanas e dos impactos ambientais.

Pode-se enumerar diversos propósitos e aplicações para a atividade de classificação:

- (1) delinear zonas homogêneas para o gerenciamento de terras e dos cursos d'água;
- (2) identificar áreas críticas e/ou sensíveis para o controle e/ou prevenção da poluição por fontes não-pontuais;
- (3) prover uma lógica para estabelecer-se sistemas de estações de monitoramento de qualidade das águas;
- (4) extrapolar resultados de pesquisas e de experiências de gerenciamento para sub-bacias com propriedades similares;
- (5) definir ecologicamente o uso potencial da terra por meio da classificação da capacidade da terra em consonância com a integridade daquela e dos recursos hídricos pertinentes;
- (6) estabelecer a valoração potencial da terra expressa por meio da produção biótica natural e/ou antrópica em consonância com as limitações de impactos permissíveis e a preservação das qualidades gerais da produção das trocas desse sistema natural;
- (7) as atividades de gerenciamento das águas e do seu enquadramento devem levar em consideração as conseqüências dos efeitos das características das terras na capacidade assimilativa dos rios e riachos;
- (8) para as atividades de gerenciamento e efetivação do enquadramento deve-se levar em conta o impacto potencial dos processos telúricos na qualidade das águas superficiais devido a práticas inadequadas de gerenciamento das terras;
- (9) deve-se levar em conta as prioridades relativas do gerenciamento da qualidade da água para a sociedade humana, e para os ecossistemas privilegiando a compatibilização dos mesmos;
- (10) deve-se considerar que a preservação das zonas de recarga de aquíferos é prioritária para o balanço geral da manutenção da quantidade de água na bacia.

### **ASPECTOS SIGNIFICATIVOS PARA A REALIZAÇÃO DA CLASSIFICAÇÃO**

Todo zoneamento que vier a ser feito de um modo interdisciplinar não poderá, por certo, contemplar todas

as variáveis que são atuantes nos sistemas avaliados, proveniente do fato que algumas são mais relevantes e outras de pouca influência. A metodologia proposta já contempla *a priori* pelo menos as variáveis que são reconhecidamente mais significativas nos tipos de sistemas concernidos: os geossistemas, os hidro-sistemas, os biossistemas e a atmosfera.

O modo de abordar as variáveis é o de identificá-las pelo seus significados são quanto:

- (1) a forma e dinâmica de longo prazo dos sistemas;
- (2) a forma e dinâmica de curto prazo dos sistemas;
- (3) a capacidade de suporte dos sistemas;
- (4) aos processos telúricos e hidrodinâmicos em interação;
- (5) aos processos termodinâmicos irreversíveis na manutenção e transformação das interações da biomassa com o meio ambiente de suporte desta;
- (6) aos processos climáticos mais interativos e
- (7) à eventual progressão da entropia no próprio sistema.

### TEORIA PARA A CLASSIFICAÇÃO EM ECO-UNIDADES

A definição de unidade de terra é distinta notoriamente da definição de sub-bacia, já que esta última é dada simplesmente pelos divisores de águas. Por conseguinte uma unidade de terra pode abranger uma ou mais sub-bacias, ou mesmo somente parte de uma sub-bacia. Em ambos os casos a interdigitação dos dois conceitos na cartografia pode ser extremamente útil

Algumas definições dadas à unidades de terras são muito antropocêntricas tais como “*um complexo de atributos da superfície e sub-superfície significantes para o homem*” (Mabbut, 1968). Ainda “*terra refere-se a todas aquelas características físicas e biológicas da superfície terrestre que afetam a possibilidade de uso da terra*” (Gardner, 1976). Pode-se tentar assim uma definição não antropocêntrica da seguinte maneira: **unidade de terra é toda unidade espacial da superfície e sub-superfície terrestres cujas características físicas e bióticas, embora em condição de sistema aberto, guardam atributos e funções unificadas compondo um sub-sistema reconhecível como tal** (Martins Jr. & Rosa, 1992).

Obviamente as áreas cársticas adicionarão, por certo, algumas complicações a essa definição no que diz respeito à parte subterrânea. Mesmo as áreas de rochas cristalinas e sedimentares se mostrarão por vezes permeáveis a essa delimitação. Aquela definição contudo atende à intenção dos estudos classificatórios. A abordagem é fundamentalmente lógica, buscando-se apreender os verdadeiros atributos do meio, associando-os aos componentes físicos, e identificando-se aqueles que são mais ativos, menos ativos ou mesmo menos significantes.

Assim é que os focos da pesquisa devem ser centrados em diversos aspectos tais como os bióticos, os termodinâmicos das interações ambientais, os da

morfometria do terreno, da capacidade assimilativa dos rios, do fundo hidrogeoquímico, das características geotécnicas, da caracterização ecológico-agrícola e dos sistemas hídricos como um todo, incluindo-se a climatologia. Em se focalizando os componentes bióticos do ambiente pode-se preferenciar com ampla margem de representatividade a cobertura vegetal, a fração orgânica do solo, o balanço químico do solo, a retenção da umidade e a lixiviação de nutrientes entre outros.

A determinação de padrões na biosfera deve ser baseada, principal e mais significativamente pelo fluxo de energia e pela reciclagem de nutrientes. Este último dado é de mais difícil disponibilidade sobretudo a nível regional. Assim os objetivos que balizam o enfoque para uma classificação em eco-unidades (Meentemeyer & Elton, 1977) são os seguintes:

(1) “sugerir como podem dados ambientais disponíveis, para os quais existam cobertura generalizada, serem usados como predição dos processos de reciclagem de nutrientes para os quais faltem dados...”;

(2) “...propor uma mais forte integração do ambiente físico no padrão de reciclagem de nutrientes, de tal modo a incrementar a utilidade dos ciclos biogeoquímicos na biogeografia”.

Gersmehl (1976) e Meentemeyer & Elton (*op. cit.*) propõem bases para uma premissa efetiva ao enfoque biótico a saber: “...o conhecimento das variações espaciais das entradas e saídas de nutrientes e das taxas de transferência podem permitir a constituição de um modelo de ciclo de nutrientes a fim de servir como um conceito unificador em estudos biogeográficos”.

São fenômenos significativos no ciclo de nutrientes os múltiplos aspectos da produtividade primária, da decomposição orgânica, do transporte de nutrientes, da erosão dos solos, da ocorrência de deslizamentos, entre outros fatores. O balanço da umidade da área, que é o balanço de energia / umidade, reflete preferencialmente os processos do ciclo biogeoquímico desde o ponto de vista termodinâmico (Schneider & Kay, 1994).

Moss (1984) considerou que “...os dados dos inventários clássicos, e.g., perfis de solos e dados de comunidades vegetais podem ser mais plenamente utilizados e apreciados dentro de um quadro funcional ou de processo, porque as diferenças nestes atributos visíveis da terra podem ser ambos justificados ou abandonados como insignificantes, quando os valores para a eficiência dos diferentes processos forem localizados dentro do quadro espacial das unidades de terra identificadas”. (fim de cit., p.300).

Os inventários clássicos de perfis de solos e de comunidades vegetais são mais comuns no País, mas aqueles das variáveis com valores termodinâmicos são raros e a nível regional possivelmente inexistentes. Apresentam-se como um excelente potencial para desenvolvimento de pesquisas de maior importância para os estudos ambientais. Os inventários clássicos

têm por certo limitações conceituais efetivas, porque neles se assumem algumas relações entre as formas da terra e os perfis de solos que podem ou não ter alguma função de fato relevantes.

Uma abordagem que coloque mais ênfase em trabalhos de percepção auto-ecológica, i.e., relações planta-ambiente, do que no tradicional enfoque sin-ecológico, i.e., relações planta-planta (taxonomia e listagem da comunidade) terá por certo maior significância para o entendimento da dinâmica do sistema e de suas partições no espaço. Moss (1984) aponta para o fato de que “...o caso crítico é o de definir processos relevantes nos componentes que sejam termodinamicamente ativos no domínio dos impactos antrópicos. O que significa, por necessidade, enfatizar os componentes do solo e da vegetação do sistema ambiental e sobre os processos operativos dentro destes componentes...” (fim cit., p.302).

O modelo de compartimento-e-transferência de Gersmehl (1976) modificado por esses autores é um bom caminho de entendimento das questões dinâmicas na biota. Trata-se de uma simplificação operacional do modelo do ciclo mineral do ecossistema e pode prover uma ligação entre os processos num ecossistema de local a local. O modelo confere o seguinte:

(1) a quantidade total de nutrientes minerais dentro do ecossistema depende da razão do monitoramento dos nutrientes para dentro e para fora do sistema;

(2) as quantidades de nutrientes dentro da biomassa viva, húmus e componentes do solo de um sistema são uma função das taxas de transferência destes nutrientes entre os componentes;

(3) com o tempo um ecossistema tende à condição de equilíbrio no qual a quantidade de nutrientes dentro de cada sistema e dentro de cada compartimento permanece a mesma (Meentemeyer & Elton, *op. cit.*).

#### **ATRIBUTOS DO MODELO DE COMPARTIMENTO-E-TRANSFERÊNCIA**

As transferências e suas regulações são, em grande medida, uma função da energia e umidade do ambiente físico. A temperatura e a precipitação, neste contexto, não são bons para predição da qualidade dos ecossistemas. Um dos processos mais significativos, enquanto processo sistêmico, é o da transferência da biomassa viva para o húmus. Este é o processo, por excelência, predominantemente mantenedor do ciclo vegetal e da composição de solos húmicos.

O modelo simplificado de um sistema em equilíbrio ou em estado permanente implica que “a transferência de nutrientes do folheto para o solo deve ser equivalente à transferência do solo à biomassa e para o folheto, mais adições de precipitação ou alteração de rocha, menos qualquer perda por escoamento superficial, desconsiderando-se as trocas gasosas com a atmosfera” (Meentemeyer & Elton, *op. cit.*).

No contexto a evapotranspiração real é assim de grande valor para implementar a variabilidade espacial do ciclo de nutrientes. Seria nesse contexto importante

como linha de pesquisa, desenvolver o conhecimento da variabilidade geográfica e do tempo requerido para alcançar adequada definição de uma variável com vistas aos mapeamentos propostos.

#### **A CLASSIFICAÇÃO**

A bacia hidrográfica é uma unidade fisiográfica natural da crosta terrestre recente, que tem em sua história traços marcantes de variáveis das dinâmicas de longo e de curto prazo, determinadas por estruturas, processos geológicos e biológicos os mais diversos. A escolha de bacias e sub-bacias com vistas a determinação de áreas homogêneas de terras e da interação terra e água, distintamente da determinação em eco-unidades, trata mais especificamente dos aspectos estruturais telúricos, hidrodinâmicos que poderão vir a ser integrados com os processos ecodinâmicos conforme descrito na etapa anterior.

A bacia hidrográfica e suas sub-bacias são, portanto, unidades significativas em virtude desta subdivisão ser natural e representar aspectos próprios aos sistemas telúricos seja com dinâmica de mais longa ou de mais curta duração. A escolha das variáveis básicas é predeterminante aos próprios resultados, entre os quais pode-se citar:

(1) delinear áreas homogêneas para o gerenciamento de terras;

(2) identificar áreas críticas para o controle de fontes de poluição não-pontuais;

(3) prover bases para se estabelecer sistemas de monitoramento;

(4) prover bases para o zoneamento de terras e recursos hídricos que permitam o enquadramento e os estudos das medidas de efetivação do enquadramento.

O propósito da classificação dos sistemas geohidrodinâmicos deve atingir objetivos bem precisos que são ainda parte daqueles indicados anteriormente, a saber:

(1) determinar as conseqüências dos efeitos das características das terras na capacidade assimilativa das águas superficiais;

(2) o impacto das atividades antrópicas nos processos telúricos que afetem a qualidade das águas em virtude de gerenciamento inexistente ou mal adequado de terras;

(3) estabelecer as prioridades classificatórias dos cursos d’água em função da capacidade assimilativa dos mesmos e do uso real e potencial por comunidades humanas.

É sempre oportuno reenfatar a necessidade de se abordar de modo integrado as características ecossistêmicas, os recursos hídricos e as características das terras com fins de gerenciamento. A integração da totalidade destas informações é que forma - o todo- e que permite decisões compatíveis com a realidade, diminuindo por certo o nível de arbitrariedade e de ineficiência entre as intenções da lei, a efetivação de sua aplicação e as correções necessárias de serem realizadas. Este enfoque metodológico foi muito bem

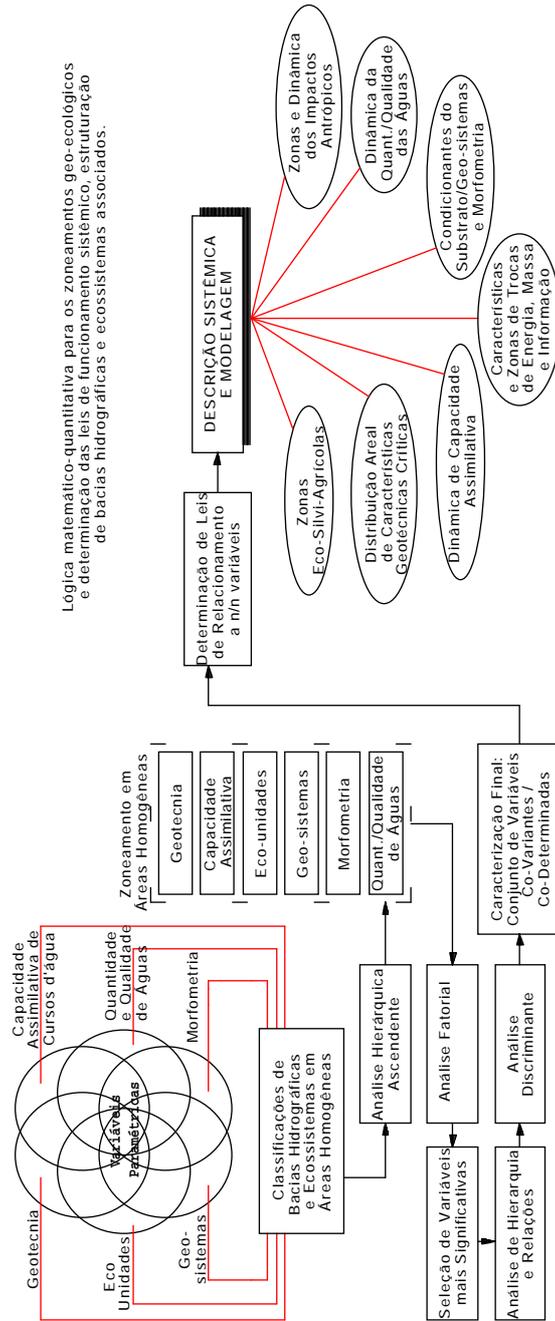


Figura 1 - Algoritmo de alto nível da Abordagem Interdisciplinar.

Figure 1 - High level algorithm for the interdisciplinary approach.

desenvolvido por Huang & Ferng (1990a,b) e Martins Jr. *et al.* (1999).

A classificação para ser eficiente deve ter diminuído o grau de opiniões subjetivas, viesadas pela mentalidade especialista, visando aumentar o grau de eficiência na espacialização dos diversas variáveis que apresentem qualquer tipo de sinergia. A obtenção de tais resultados no âmbito dos sistemas bióticos e geo-hidrocinâmicos tem os seguintes enfoques aplicativos, os zoneamentos de tipos:

- (1) morfométrico de bacias hidrográficas;
- (2) capacidade assimilativa dos cursos d'água;
- (3) zoneamento da qualidade e quantidade das águas;
- (4) zoneamento geotécnico tipológico regional;
- (5) zoneamento ecológico silvi-agrícola (Martins Jr. *et al.*, 1999; Mollison & Holmgren, 1983);
- (6) zoneamento dos geo-sistemas;
- (7) zoneamento morfométrico;
- (8) zoneamento antrópico de assentamentos, usos e impactos
- (9) zoneamento interdisciplinar integrado (fig. 1) [Martins Jr., 1998].

#### AS UNIDADES FINAIS DE CLASSIFICAÇÃO

Por fim as unidades homogêneas são inteiramente voltadas para a necessidade de descrever os sistemas naturais e entre eles os corpos d'água. A lógica de se agrupar sub-bacias em unidades homogêneas está baseada no fato de que os rios traduzem toda a convergência dinâmica de uma área sistêmica, embora o recorte de sub-bacias não coincida necessariamente, ou mesmo raramente, com o recorte das eco-unidades. A integração em perspectiva de ambos os recortes permitirá a apreensão das verdadeiras unidades ecológico-funcionais que compartilham, em diferentes graus, da dinâmica de variáveis idênticas tanto quanto diversas.

#### REFERÊNCIAS

GARDNER, V. Land Evaluation and Numerical Delimitation of Natural Regions. *Geogr. Polonica*. 34. 1976. p. 11-30.

- GERSMEHL, P.J. An Alternative Biogeography. *Annals Association American Geographer*. v. 66. 1976. p. 223-241.
- HUANG, S-L., FERNG, J-J. Applied Land Classification for Surface Water Quality Management: I Watershed Classification. *Journal of Environmental Management*. 31. 1990. p.107-126.(1994)
- HUANG, S-L., FERNG, J-J. Applied Land Classification for Surface Water Quality Management: II Land Process Classification. *Journal of Environmental Management*. 31. 1990. p. 127-141.
- MABBUT, J.A. Review of Concepts in Land Classification. Land Evaluation Australia: MacMillan (G.A. Stewart ed.). 1968.p.11-28.
- MARTINS Jr., P.P., ROSA, S.A.G. Metodologia para o Enquadramento Científico de Cursos d'água no contexto do Gerenciamento de bacias Hidrográficas. Produção das Informações Básicas. Belo Horizonte: Fundação CETEC. 1992. Doc. NT-MDBV. 01/92.
- MARTINS Jr., P.P., ROSA, S.A.G. Arquitetura Sistêmica de Produção da Informação Científica para o enquadramento de Cursos d'água em um Contexto Gerencial de Bacia Hidrográfica. Belo Horizonte: Fundação CETEC. Rel. Final 2ª etapa. 1994.53 p.
- MARTINS Jr., P.P. As Quatro Abordagens Disciplinares. Metodologias E Produtos. Projeto CETEC. em curso 1999.
- MARTINS Jr., P.P. Fundamentos Conceituais para o Desenvolvimento e a Prática das Geociências Agrárias e Ambientais. *A Terra em Revista*. n. 4. Outubro. 1998. p. 10-15.
- MARTINSs Jr., P.P., CANTISANO, M. A. M., DA SILVA, C.M. VIEIRA, R.F., ARÁUJO, A. de. A Low Cost Priority for Watershed Environmental Sustainability - Water as a First Commodity. *Jardin Planétaire. Premier Symposium International sur la Gestion Durable des Ecosystèmes*. Março 14-18. 1999. Chambéry. France
- MEENTENMEYER, V., ELTON, W. The Potential Implementation of Biogeochemical Cycles in Biogeography. *The Professional Geographer*. v. XXIX. n. 3. 1977.
- MOLLISON, B. & HOLMGREN, D. Permacultura Um. Uma Agricultura Permanente nas Comunidades em Geral. São Paulo: Editora Ground. 1983.
- MOSS, M.M. Landscape Synthesis, Landscape Processes and Land Classification. Some Theoretical and Methodology Issues. *GeoJournal*. 7. n.2. 1983.
- MOSS, M.M. Environmental Process Data Input to Systmes of Land Classification: Ecoregions and Ecodistricts of Ontario and Manitoba. *Occasional Papers in Geography*. n.6. Univ. of Guelph. Canada. 1984.
- MOSS, M.M. Land Processes and Land Classification. *Journal of Environmental Management*. v. 20. 1985. p. 295-319.
- SCHNEIDER, E.D. & KAY, J.J. Life as a Manifestation of the Second Law of Thermodynamics. *Mathl. Comput. Modelling*. v. 19. n. 6-8. 1994. p. 25-48.