

Zoneamentos Ecológicos de Bacias Hidrográficas - Importância Econômica

*Paulo Pereira Martins Junior,
Sidney Augusto Gonçalves Rosa,
Marco Antonio Martins Cantisano,
Lawrence Andrade Magalhães Gomes.*

A Comissão Nacional Independente sobre os Oceanos - uma experiência memorável!

Luiz Philippe da Costa Fernandes - Vice-Almirante

IMPRESSO
ENVELOPAMENTO AUTORIZADO
PODE SER ABERTO PELA ECT

Apoio:



Revista - Economia e Energia e.e.e Economy and Energy
Editor Chefe: Carlos Feu Alvim [feu@ecen.com]

Organização **Economia e Energia - e.e.e - OSCIP**
Diretora Superintendente: Frida Eidelman [frida@ecen.com]



Economia e Energia – <http://ecen.com>

Nº 69: Ano XII - Agosto -Setembro 2008 - ISSN 1518-2932

Versão em Inglês e Português disponível bimestralmente na internet

Textos para Discussão

Zoneamentos Ecológicos de Bacias Hidrográficas - Importância Econômica

*Paulo Pereira Martins Junior, Sidney Augusto Gonçalves Rosa,
Marco Antonio Martins Cantisano, Lawrence Andrade Magalhães Gomes*

Apesar de ser uma prática já consagrada, o zoneamento ecológico é visto neste artigo de diversos modos que podem traduzir a complexidade dos sistemas naturais. Apresenta-se com maiores detalhamentos o grupo de zoneamentos ecológicos como atividade fundamental e produto científico essencial para a gestão ambiental e econômica de bacias hidrográficas bem como da produção econômica nelas instaladas, seja para produção de energia seja para as indústrias de transformação. Os Zoneamentos Ecológicos ZE-L, baseados em múltiplas ciências, portanto pluridisciplinares e interdisciplinares, constituem-se como técnicas fundamentais para o planejamento regional ambiental tanto quanto para o planejamento sócio-econômico como uma parte dos procedimentos interdisciplinares fundamentais para o Ordenamento do Território.

A Comissão Nacional Independente sobre os Oceanos – - uma experiência memorável!

Luiz Philippe da Costa Fernandes -Vice-Almirante

Por estímulo da **Comissão Mundial Independente sobre os Oceanos (CMIO)**, que considerou desejável a formação de comissões assessoras nacionais nos países nela representados, formou-se no Brasil a Comissão Nacional Independente sobre os Oceanos (CNIO), integrada por cerca de uma vintena de figuras das mais representativas do cenário marítimo brasileiro, incluindo três ex-ministros de Estado e, naturalmente, cientistas e representantes da diplomacia, do empresariado ligado ao mar e do Direito Internacional Marítimo. Em setembro de 1998, foi aprovado, formalmente, seu relatório final, intitulado “**O Oceano: Nosso Futuro**”. A CNIO desempenhou papel impar e independente no cenário nacional mas foi extinta. Acredita-se convictamente que se impõe a criação de uma nova Comissão, nos mesmos moldes. Ademais, parece imperioso que o relatório **O Brasil e o Mar no Século XXI**, passadas duas décadas após sua divulgação, venha a ser atualizado e volte a ficar disponível aos nossos *decision-makers*.

SUMÁRIO

Zoneamentos Ecológicos de Bacias Hidrográficas e Importância Econômica	3
Introdução.....	3
OS ZONEAMENTOS ECOLÓGICOS	4
Bases pluri- e inter- disciplinares.....	5
Quantificações.....	6
Modelo de compartimentação e transferência	6
ZONEAMENTOS ECONÔMICOS.....	7
DESENHO DE USO OPTIMAL DO TERRITÓRIO.....	7
CERTIFICAÇÃO DA QUALIDADE GEO-AMBIENTAL ECONÔMICA DE BACIA HIDROGRÁFICA	7
PROBLEMAS	7
OBJETIVOS	8
FUNDAMENTAÇÃO	8
OS ZONEAMENTOS ECOLÓGICOS	9
MÉTODOS PARA ZONEAMENTOS - ZE-L	10
ZONEAMENTO em ÁREAS HOMOGÊNEAS no ALTO RIO das VELHAS – ZSAH,	12
Variante (1)	12
Zoneamento ecológico ZEAH variante M-1 da bacia das Cordornas	15
ZONEAMENTO DE ÁREAS GEO-ECOLÓGICAS REGIONALIZADAS	16
CONCLUSÕES	22
REFERÊNCIAS.....	24
A Comissão Nacional Independente sobre os Oceanos – uma experiência memorável!	27
I – Antecedentes.....	27
II – Principais Atividades da CNIO.....	32
III - Conclusão - Perspectiva futura	33

Zoneamentos Ecológicos de Bacias Hidrográficas e Importância Econômica

Paulo Pereira MARTINS Junior^{1,2}

*Sidney Augusto Gonçalves ROSA*¹

*Marco Antonio Martins CANTISANO*³

*Lawrence ANDRADE Magalhães Gomes*¹

Introdução

Este artigo abre uma série de artigos sobre os zoneamentos: - ecológico ZE-L, econômico ZE-N, ecológico-econômico ZEE, sobre o “Desenho de Uso Optimal do Território de Bacia Hidrográfica” - DUOT e “Certificação da Qualidade Geoambiental e Econômica de Bacia Hidrográfica” - CQGB.

Apesar de ser uma prática já consagrada, o zoneamento ecológico é visto aqui de diversos modos que podem traduzir a complexidade dos sistemas naturais. Assim pode-se perfeitamente usar o termo zoneamentos ecológicos no plural, em virtude do fato de que estes zoneamentos podem ser realizados de diversos modos ante a complexidade e variedade de questões relativas aos vários sistemas naturais inorgânicos e orgânicos.

Apresenta-se com maiores detalhamentos o grupo de zoneamentos ecológicos como atividade fundamental e produto científico essencial para a gestão ambiental e econômica de bacias hidrográficas bem como da produção econômica nelas instaladas, seja para produção de energia seja para as indústrias de transformação.

Por toda parte em nosso País, a partir da década de 1980, a evolução da tecnologia agrícola permitiu um aumento de produtividade sem que a demanda por novas terras agrícolas fosse proporcional ao aumento de produção. Todavia, a demanda por novas terras não deixa de ser um fato, e imperativo, como parte de um aumento crescente da população humana e do comércio internacional. A Amazônia sofre por depredação com 18% das terras desmatadas já abandonadas em 2006. Por outro lado as questões da produção de alimentos e da produção de energia, associadas às questões de segurança ambiental e também

1 – Fundação CETEC. Av. J.C. da Silveira 2000. Horto. 31.170-000 Belo Horizonte. paulo.martins@cetec.br; Tel.: 55 (31) 3489-2250; FAX.: 55 (31) 3489-2227.

2 – Universidade Federal de Ouro Preto, Escola de Minas, Departamento de Geologia. Programa de Pós-graduação.

3 – Georadar Ltda., Belo Horizonte.

4 Economia e Energia

ligadas às mudanças climáticas criam novas demandas por terras, e essas seguramente poderão ser muito fortes, tanto para a produção de cana de açúcar (etanol) quanto de plantas oleaginosas (biodiesel). Regionalmente as demandas por terras são críticas para regiões já tão impactadas como nos Estados de São Paulo, Minas Gerais e Mato Grosso.

Seguramente que o aproveitamento de pastagens usadas e/ou abandonadas parcial ou totalmente servirá para se resolver a pressão de demanda sobre novas áreas para desmatamento, pelo menos em tese, já que a ação normativa e de controle do Estado Federal ainda é fraca ou pelo menos de pouca eficiência. Isto é sabido, já que a tradição histórica no País é predatória e as funções de monitoramento, controle e punição são ineficientes ante os interesses econômicos e políticos.

Questões ligadas às minerações e ao planejamento do território são críticas em diversas bacias, tais como as bacias do Paraíba do Sul e do rio das Velhas. Neste artigo fica configurado o fato que, embora se tenha um foco central na questão agrícola, pastoril, florestal e de industrialização rural, essas questões não estão dissociadas de outras questões, inclusive urbanas. Ligam-se, todavia, com o aspecto fundamental do sucesso para a gestão ambiental de bacias, que devem se fundamentar no conceito de Ordenamento do Território, que se define como:

- O conjunto de técnicas, métodos, produtos de gestão informatizados e as ações administrativo-gerenciais que orientam as atividades de se diagnosticar, planejar, prognosticar, programar e ordenar as atividades humanas dentro de territórios, de modo a criar condições de máxima produtividade, evitando todavia o crescimento de entropia interna ao sistema com a condição de determinar marcha para condições de irreversibilidades críticas, em quaisquer parcelas dos sistemas naturais, de cada subsistemas em específico como também das espécies de plantas e animais.

OS ZONEAMENTOS ECOLÓGICOS

Os Zoneamentos Ecológicos ZE-L, baseados em múltiplas ciências, portanto pluridisciplinares e interdisciplinares constituem-se como técnicas fundamentais para o planejamento regional ambiental tanto quanto para o planejamento sócio-econômico, como uma parte dos procedimentos interdisciplinares fundamentais para o Ordenamento do Território.

Diversos zoneamentos têm sido realizados no País, tais como o zoneamento ecológico ZE-L de Minas Gerais, executado na Universidade de Lavras e o zoneamento ecológico-econômico ZEE do Estado do Maranhão. O Estado do Rio de Janeiro possui lei que dá diretrizes ao ZEE

– Lei 4.063 de 02/01/2003. Oliveira (2004) em dissertação aponta para o aspecto absolutamente fundamental da abordagem ZE-L.

Em pesquisas anteriores (Martins Jr. & Rosa, Projeto MDBV, 1992-1994; Martins Jr. *et al.*, 1993-a, 1993-b, 1994-a, 1994-b, 1998) utilizou-se da noção de “classificações em áreas homogêneas de sub-bacias de n-ordens” (ordens contadas do rio principal para os cursos próximos aos divisores de águas com outras bacias), como efetivos métodos de zoneamentos multi-sistemas / multi-objetivos, tendo como aspecto fundamental delinear áreas homogêneas para o gerenciamento de terras.

Em um conjunto de projetos de pesquisa e desenvolvimento (Projeto MDBV, 1992-1994; Projeto MPEH, 1995-1997; Projeto CRHA, 2002-2006; Projeto GZRP, 2007-2008; Projeto ACEE, 2005-2008) progressivamente evoluiu-se na direção de se propor o desenvolvimento de um “penta sistema de instrumentos de planejamento e gestão, PSPG, regional geo-agro-ambiental e econômico”, dos quais os três sistemas básicos são os de zoneamentos pluri-sistemas e/ou pluri-objetivos de território de bacias hidrográficas. Articulam-se esses nos três sistemas e/ou ferramentas informatizáveis - o Zoneamento Ecológico (ZE-L), o Zoneamento Econômico (ZE-N) e o Zoneamento Ecológico-econômico (ZEE), dos quais o ZE-L é o foco principal deste artigo. Esse triplo Sistema Básico de Instrumentos de Gestão SBIG, com os vários tipos de zoneamentos ecológicos ZE-L, embora sejam métodos já disseminados com variações entre autores, se insere também no desenvolvimento de um novo ramo de conhecimentos proposto para o campo epistemológico das Geociências Agrárias e Ambientais **GAA** (Martins Jr., 1998).

Bases pluri- e inter- disciplinares

As bases pluridisciplinares dos zoneamentos ecológicos envolvem as referências fundamentais das seguintes ciências, engenharias e temas: Geologia Ambiental GA, Geologia Estrutural GE, Estratigrafia Es, Geotecnia Gt, Pedologia Pd, Aptidão de Solos AS, Análise e descrição de Impactos Ambientais IA, Hidrologia Hd, Hidrogeologia Hg, Zonas de Recarga (ZRAs) e Áreas precisas de Recarga (APRs) de aquíferos (Martins Jr. *et al.*, 2006), Botânica Bt, Climatologia Cl, Implicações das Mudanças Climáticas IMC, e secundariamente Economia Física EF, Engenharia Florestal EF, Engenharia Elétrica EE, Engenharias Agrônômica EAn e Agrícola EAc, Engenharia Ambiental EA, Economia Financeira EF. Como ciências de fundo para a montagem dos sistemas informatizados de gestão estão as: Lógica Interdisciplinar (LI) (Martins Jr. *et al.*, 2006), Engenharia e Arquitetura de Conhecimentos (Schreiber *et al.*, 2000; Martins Jr. *et al.*, 2006-2008 Projeto ACEE) e Inteligência Artificial (IA).

Os zoneamentos ecológicos não podem ser confundidos com as cartas de uso da terra, cartas também diagnósticas, mas que têm a função apenas de descrever os usos, ainda que em casos diversos os autores dêem indicação de usos desejáveis. Nem tampouco podem ser confundidos com cartas de Aptidão de solos e cartas Agroclimatoógicas que são ambas formas de zoneamentos voltados para a produção agrícola. Por outro lado, a Análise Exérgica, ainda que não praticada de modo amadurecido no País, permite avaliar potencialidades diversas desde o ponto da expressão das potencialidades de uso de uma bacia expressas em exergia, ou seja, a energia livre de qualquer sistema que pode ser usada ou é usada para exercer qualquer tipo de trabalho. Como exemplo algum tipo de zoneamento ecológico com análise exérgica de potenciais de nutrientes nos solos pode ser mapeado como a variabilidade desses potenciais expressa em joules. Alguns diriam que o mapa de aptidão de solos já cumpre esse papel, mas não o cumpre pelo viés da quantificação das propriedades potenciais quantitativas de micro-nutrientes, por exemplo. Do mesmo modo a instabilidade de terrenos pode também ser expressa em joules, embora as pesquisas não tenham sido desenvolvidas a contento para essas formas de zoneamentos.

Modelo de compartimentação e transferência

De especial interesse é o mapeamento da circulação de massas e de energia nas várias compartimentações dos ecossistemas, dentro de cada ecossistema e entre diversos ecossistemas. Essa circulação pode ocorrer em sistemas seqüenciais, em sistemas em paralelo, em sistemas com parcial superposição ou mesmo integral superposição, nesse caso com distinção especial às variações de qualidades e funções de sistemas entrelaçados.

A noção de análise por compartimento e transferência está na raiz desse zoneamento. Gersmehl (1976) desenvolveu-a em parte sem a análise quantitativa, mas apresentou um bom caminho para tal. Trata-se de uma simplificação operacional do modelo do ciclo mineral do ecossistema que pode prover uma ligação entre os processos em um ecossistema, de local a local. O modelo confere a explicitação dos seguintes aspectos: (1) “a quantidade total de nutrientes minerais dentro do ecossistema depende da razão de monitoramento dos nutrientes para dentro e para fora do sistema; (2) as quantidades de nutrientes dentro do sistema, da biomassa vivente, húmus e componentes do solo de um sistema são uma função das taxas de transferência desses nutrientes entre os componentes; (3) com o tempo um ecossistema tende à condição de equilíbrio, no qual, as quantidades de nutrientes dentro de cada sistema e dentro de cada compartimento permanecem as mesmas” (Meentemeyer & Elton, 1977).

com o ambiente. Essa versão de zoneamento é muito rara como prática na ciência e na administração no País, mas há um caso tipo que são os zoneamentos agrícolas conduzidos no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento M.A.P.A. Esse tipo de zoneamento não é o mesmo que o Desenho de Uso Optimal do Território DUOT, mas trata-se de um zoneamento por Potencialidades agro-ecológicas para a produção econômica agrícola.

A economia, em especial a rural, é necessariamente retroalimentada no tempo pela sustentabilidade ambiental. No caso de ocorrer não-sustentabilidade geo-ambiental, esta poderá transformar as atividades econômicas, especialmente as agrícolas, em condições nulas, ou quase nulas, ao longo de determinado intervalo de tempo. O problema central do zoneamento ecológico é o da articulação do pensamento geo-ambiental, com foco em análise de múltiplos sistemas, como base para o pensamento econômico, em especial Economia Física os quais podem ambos, focar a simples descrição de “o que é” e/ou “a descrição valorativa do que é”.

OBJETIVOS

(1) Apresentar aspectos epistemológico-metodológicos, alguns conteúdos conceituais, aspectos semióticos e sentidos utilitários dos ZE-L; (2) discutir alguns aspectos lógicos, ecológicos como parte própria dos ZE-L, para se chegar a uma modelagem mais adequada desses Zoneamentos ecológicos para bacias hidrográficas; (3) evidenciar a importância desses estudos para a Economia como atividade, e para a produção de energia hidroelétrica e de biomassa.

FUNDAMENTAÇÃO

Zonear um território é classificá-lo em áreas homogêneas, tanto quanto integrar a totalidade das informações que formem quadros cognitivos específicos, que pressuponham e identifiquem a existência de estruturas na Natureza, bem como articulem essas estruturas da Natureza com as atividades econômicas humanas.

O Zoneamento Ecológico constitui, portanto, o primeiro procedimento pluridisciplinar e interdisciplinar integrado para a gestão do território, tanto rural quanto das cidades em relação com os territórios das bacias. Dos sistemas para a gestão ecológica, o ZE-L articula o diagnóstico que esse zoneamento é, por um lado, como uma vertente ontológica de descrição da Natureza, e por outro lado, oferece pressupostos para uma teoria econômica de uso da terra. Embora o assunto Economia Física não esteja no escopo do Zoneamento Ecológico, ela deve permear esse tipo de Zoneamento, especialmente quando o mesmo é realizado por via de objetivos, e não

MARTINS Jr., P.P. 1998. Fundamentos Conceituais para o Desenvolvimento e a Prática das Geociências Agrárias e Ambientais. *A Terra em Revista*. No. 4. outubro. p.:10-15.

MARTINS Jr., P.P., CANTISANO, M.A.M., VIANA, R.F., VIEIRA, R.F. Environmental Impact Assessment of Natural and Anthropologically Induced Erosion Process in 4th Degree Codornas Drainage Basin. *Annals of the 4th International Symposium on Environmental Geotechnology and Global Sustainable Development*. Boston. 1998. August 9-12.

MARTINS Jr., P.P. *Epistemologia Fundamental – Um Estudo Introdutório sobre a Estrutura do Conhecimento e a Aplicação Prática da Epistemologia na Pesquisa Científica*. Belo Horizonte: Fundação CETEC / UFOP-EM-DEGEO. Apostila Pré-livro. 2000. 169p.

MARTINS Jr., P.P., ENDO, I., CARNEIRO, J.A., NOVAES, L.A.d’A., VASCONCELOS, V.V. Modelo de Integração de Conhecimentos Geológicos para Auxílio à Decisão sobre Uso da Terra em Zonas de Recarga de Aquíferos. Belo Horizonte e Ouro Preto: REVISTA BRASILEIRA DE GEOCIÊNCIAS. (36). 04. Dezembro de 2006. p.: 651-662.

MARTINS Jr., P.P., ANDRADE, L.M.G., NOVAES, L.A.d’A. Zoneamento Ecológico-econômico e desenho de Uso Optimal de Bacias Hidrográficas. *Economia e Energia*. No.

MEENTEEMEYER, V., ELTON, W. The potential Implementation of Biogeochemical Cycles in Biogeography. *The Professional Geographer*. v. XXIX. no. 3. 1977.

ODUM, H.T. *Environmental Accounting – Emergy and Environmental Decision Making*. New York: John Wiley & Sons. 1996. 370p.

MARTINS Jr, P.P., ROSA, S.A.G. PROJETO MDBV. Metodologia para o Enquadramento Científico de Curso d’Água no Contexto de Gerenciamento de Bacia Hidrográfica. Belo Horizonte: Memória Técnica do CETEC. Projeto 1992-1994. Relatório II – 1ª Etapa. 1993. 74 p.

MARTINS Jr., P.P., CANTISANO, M.A.M., VIANA, R.F., VIEIRA, R.F. Environmental Impact Assessment of Natural and Anthropologically Induced Erosion Process in 4th Degree Codornas Drainage Basin. *4th INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ENVIRONMENTAL GEOTECHNOLOGY AND GLOBAL SUSTAINABLE DEVELOPMENT*. Boston. August 9-12. 1998.

MARTINS JUNIOR, P.P. (Coordenador). PROJETO CRHA. Conservação de Recurso Hídrico no Âmbito da Gestão Ambiental e Agrícola de Bacia Hidrográ-

to Geológico-ecológico do Alto Rio das Velhas. XXX CONGR. BRAS. GEOL. ANAIS XXX. Camboriu. 1994-a. p.66-67.

MARTINS Jr., P.P., ROSA, S.A.G., CÉSAR, F.M. Zoneamento em Áreas Homogêneas da Alta Bacia do Rio das Velhas com Base nas Características dos Geosistemas. VI SIMP. QUANTIFICAÇÃO GEOCIÊNCIAS. ANAIS VI. Rio Claro. 1994-b.

MARTINS Jr., P.P., CANTISANO, M.A.M., VIANA, R.F., Vieira. R.F. Environmental Impact Assessment of Natural and Anthropologically Induced Erosion Process in 4th Degree Codornas Drainage Basin. Boston: 4th International Symposium on Environmental Geotechnology and Global Sustainable Development. August 9-12. 1998.

mm),
(4) as representações da realidade com vários sistemas semióticos.

Ao se normatizar o conceito, pode-se perceber a amplitude de questões as quais devem ser tratadas em um zoneamento ecológico. Enumeram-se algumas questões como:

- (1) zoneamentos da vegetação natural, da agricultura e pastagens;
- (2) erosão e estruturas susceptíveis à mesma;
- (3) climas e relações plantas / terra / água;
- (4) impactos antrópicos;
- (5) produção agrícola no espaço e no tempo;
- (6) os modelos de produtividade;

- (7) sistemas de transporte, de fontes produtivas e de impactos dos mesmos sobre os sistemas naturais;
- (8) áreas sistemicamente sensíveis e áreas com impactos existentes;
- (9) distribuição demográfica e fontes de produção;
- (10) logística existente para localização de indústrias rurais e para os sistemas de transporte;
- (11) situações e impactos das minerações e
- (12) identificação das áreas com uso de insumos e seus impactos nas cadeias tróficas, e muitos outros temas e problemas.

Esses exemplos permitem indicar quão longe se pode ir com zoneamentos que, a rigor, podem ser tantos quantas forem as necessidades de se perceber, estudar e poder planejar as ações sobre a sociedade e o ambiente.

Para todos os efeitos, considera-se o tipo de zoneamento ZE-L como um instrumento de gestão derivado das Abordagens Pluridisciplinar e Interdisciplinar, indispensáveis para o planejamento da sustentabilidade ecológica e econômica, quaisquer que sejam as condições ambientais em que esteja uma dada região. Anteriormente a essas Abordagens, necessita-se dos já consagrados estudos das várias ciências especialistas com a Abordagem disciplinar e a cartografia disciplinar clássica dessas várias ciências. A Abordagem Interdisciplinar para um zoneamento tem, todavia, peculiaridades sobre os modos de desenvolvimento tanto quanto de apresentação de conteúdos, dado que vem a ser impossível de se introduzir representações totais das questões que são propostas sobre a realidade de uma região em uma única carta.

MÉTODOS PARA ZONEAMENTOS - ZE-L

Os zoneamentos ecológicos, em seus múltiplos aspectos, precisam ser ainda mais aperfeiçoados, chegando-se a consensos, desenvolvendo-os para a integração geo-ecológica e econômica, com indicações lógicas dos diversos procedimentos para os diversos tipos de zoneamentos possíveis, e de suas contribuições para o produto final que são os Zoneamentos Ecológico e Econômico - ZEE.

Para realizar um dos tipos de zoneamento ZE-L, utilizou-se um método (Martins Jr. & Rosa, 1994-a; Martins Jr. et al., 2007) com sete variantes de classificação de sub-bacias em áreas homogêneas. Esse método geral foi aplicado na Alta Bacia do Rio das Velhas (Projeto MDBV, 1993), como também em uma sub-bacia dessa mesma Alta Bacia, sub-bacia das Codornas (Viana, 1998; Cantisano, 1999). Três métodos distintos e específicos estão desenvolvidos:

sobre projetos de desenvolvimento regional e para a gestão ambiental e econômica de bacia hidrográfica e dos biomas. No nível da seqüência de zoneamentos é o mais fundamental.

Conforme o zoneamento se faça em escala de maior detalhe pode-se dividir melhor as sub-bacias e associá-las em áreas homogêneas. A classificação de áreas homogêneas com as sub-bacias fornece associatividades entre unidades naturais, logo, unidades próprias que estão associadas à evolução do relevo e à circulação hídrica superficial.

Todos os zoneamentos ZE-L dão respostas várias às demandas por auxílio à decisão sobre os temas de sustentabilidade, limitações das intervenções humanas, mitigação, áreas próprias para atividades agrícolas, para reflorestamento, para desenvolvimentos energéticos hidroelétricos e de biomassa. Em muitos casos de objetivos específicos como esses dois últimos, os ZE-L devem se associar a mapas de aptidão de solos e mapas de entropia dos perfis das sub-bacias de diversas ordens com os quais se obtêm indicações de áreas de potenciais hídricos. Estes são os primeiros tipos de zoneamento que integram a seqüência de estudos e de produção de instrumentos de gestão ecológica e econômica de bacia hidrográfica. Eles incluem informações fundamentais sobre a Geotecnia regional, os geossistemas, a morfometria das sub-bacias, a capacidade de assimilação de cursos d'água, o uso próprio das terras para agricultura, pastagens e silvicultura, os terrenos para obras de engenharia, as primeiras bases para modelar a Economia Física para todo tipo de produção ligada a recursos naturais, a disponibilidade energética natural e os espaços potenciais para produção de energia de biomassa, permite preparar as bases para um modelo de quantificação relativa de áreas para preservar, conservar e plantar alimentos e biomassa para produção de energia de modo racional quando dirigido pelo enfoque de oferta e demanda de alimentos e também outros temas de interesse para o espectro econômico. São zoneamentos prévios e necessários para o Desenho de uso optimal do território DUOT e para a Certificação Geo-ambiental e Econômica de Bacias Hidrográficas CGBH.

Zoneamentos ecológicos ZE-L, feitos por quaisquer dos métodos discutidos, apresenta bases para os estudos ecológicos e econômicos sob aspectos como da estabilidade natural dos sistemas rochas, solos e relevos, das características de: (1) associatividade entre vegetação natural e rochas e solos; (2) da erodibilidade e da erosão; (3) das áreas para mitigação com reflorestamento; (4) das áreas para agricultura; (5) do estado de alteração dos sistemas naturais; (6) da tipologia de impactos das atividades econômicas e outros temas conseqüentes.

Todo e qualquer tipo de zoneamento ecológico é feito para servir de base para os estudos integrais de Ordenamento do Território, que têm por objetivos servir de base de informações para o auxílio à decisão

focais **ZSTF** – é o zoneamento das mesmas sub-bacias com as mesmas variáveis paramétricas de M-1 cujos resultados se lançam sobre bases cartográficas de temas disciplinares específicos, de interesse, conforme o problema central em foco (erosão, mineração, produção florestal, produção agrícola, construção de estradas, de loteamentos, etc.). Nesses casos realça-se uma série de relações entre diversos tipos de processos geodinâmicos de superfície, em relação com estruturas em profundidade ou vice-versa, por um lado, e por outro com as associações das sub-bacias em classes e dessas estruturas e sub-bacias com as obras e ações humanas.

(M-3) Método de zoneamento de áreas geo-ecológicas

regionalizadas **ZAGR** – é baseado igualmente em correlações entre rochas, relevo, vegetação natural, geomorfologia e pedologia, tomados todavia em conjunto para toda a bacia em questão, mas sem se considerar as sub-bacias de n-ordens da bacia maior, considerando a sub-bacia englobante como “o todo”.

Como resultado obtém-se mapas com zonas de homogeneidade que serão tanto mais homogêneas quanto a escala de observação e os parâmetros que se desejem utilizar como referência de base para a homogeneidade o permitam. Consideram-se como zonas de homogeneidade aquelas determinadas pela conjugação dos aspectos geomorfológicos constituintes do relevo, pedológicos e de ecossistemas vegetais. Ao fim do processo se pode mapear sub-bacias de 2ª ou de 3ª ordem, ou de quaisquer outras ordens, conforme as proporções espaciais da região e a conveniência em face da complexidade. Pode-se então aferi-las com as zonas homogêneas pelas variantes metodológicas M-1 e M-2 de zoneamento de sub-bacias.

Tanto M-1 quanto M-2 são dois tipos de zoneamentos que devem ser aferidos entre si para se averiguar as coincidências entre grandes áreas homogêneas, por exemplo, pelo “método regional dos geossistemas + vegetação (M-3)” e pelo “método de classificação de sub-bacias em áreas homogêneas com as n-ordens de sub-bacias existentes. Assim se tem as seguintes hipóteses optativas [M-1 + M-2], [M-1 + M-3] e [M-2 + M-3]. Pode-se desse modo observar como a agregação das sub-bacias acompanha, e em qual grau de acompanhamento, cada uma das áreas classificadas no zoneamento geo-ecológico regional M-3, bem como com a distribuição dos ecossistemas vegetais naturais, porventura ainda existentes. Cabe ressaltar que mesmo que não mais restem sistemas naturais, as imagens de satélites e de aerofotos de vôos antigos podem servir de base mínima de interpretação para as condições naturais anteriores e para as modificações antrópicas. As “relações das modificações versus a atualidade” permitirão montar projetos de mitigação ambiental e econômica.

ZONEAMENTO em ÁREAS HOMOGÊNEAS no

ALTO RIO das VELHAS – ZSAH,

Variante (1)

A sub-bacia do Alto Rio das Velhas (Fig. 1), afluente de 2ª ordem do Rio São Francisco, é marcada por um intenso processo erosivo que chegou, no caso particular das sub-bacia das Codornas (Figs. 2), a assorear expressivamente a barragem de mesmo nome, processo esse ainda em continuação. Diversas indicações sobre a intervenção antrópica e as condições naturais permitiram realizar-se um estudo de caso de

Associatividade														
Geofor- mas	Áreas de solos do mapa pedológico													
Rochas	Cxbd2	Cxbd3	Gxbd	Lvad1	Lvad4	Lvd1	Lvd3	Lvd4	Rld1	Rld2	Rld4	Rle1	Rube2	DC
EoCp	B	I	C					H	A	G	E	D	F	
	K	O	N			J			L	M				
	S				R				P	Q				
						U			T					
	W					X			V					
										Y				
EoCpd							AE	AC	AB			AA		
								AH	AG			AF		
									AI					
TQd			AJ		AK	AL								
								AM						
			AN											
TQda				AP										
									AR				AQ	
Qa					AS									
DC														AT

Tabela 2 b- Matriz de Correlação entre as classes de Geomorfologia, Lito-Estratigrafia e Pedologia destacando a Associatividade entre as classes (Andrade, 2007).

calcário; 5 – Áreas de superfície tabular intermediária; 6 – Áreas de pedimento - superfície tabular rebaixada; 7 – áreas de planícies aluvionares e hidromorfismo na Fig. 5 que apresenta o zoneamento em áreas homogêneas geo-ambientais regionalizadas.

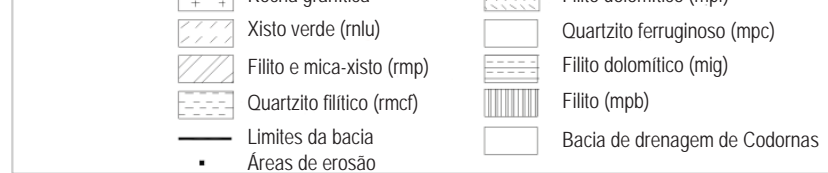


Figura 1 – Alta Bacia do Rio das Velhas com a base de rochas estratigraficamente representadas. Os pontos são áreas erodidas com voçorocas profundas mesmo de até 60m em rochas de diversas idades com diversos potenciais geotécnicos para gerar problemas (Martins Jr. et al., 1998).

No caso do Alto Rio das Velhas, o zoneamento das sub-bacias foi realizado pelo método de classificação hierárquica ascendente ou análise de grupamento (Davis, 1973) com as variáveis de rochas, geoformas e

solos associadas e as variáveis formas das sub-bacias. No caso da sub-bacia das Codornas, de 4ª ordem no Vale do Rio das Velhas, o método foi o mesmo, com o acréscimo dos diversos mapas de Geologia Estrutural, de Estratigrafia, de aspectos notáveis do relevo com as geo-estruturas para o tema que esteve em foco - a erosão (Cantisano, 1999).

Para a Alta Bacia do Rio das Velhas realizou-se um zoneamento em áreas homogêneas pelos geossistemas (rochas + geomorfomas + solos) na escala de 1:50.000 e na sub-bacia das Codornas, para a mesma escala e a escala de 1:25.000. A forma de tratar a maior área e o maior número de variáveis implica que o zoneamento do Alto Rio das Velhas teria uma menor acurácia, ou maior agregação de sub-bacias, na representação em áreas homogêneas do que o zoneamento da bacia das Codornas dentro da própria área do Alto rio das Velhas. A diferença fica evidente entre as Figuras 2, e 4a e 4b. Na Figura 1 observa-se a área da sub-bacia das Codornas em um quadro no Alto Rio das Velhas.

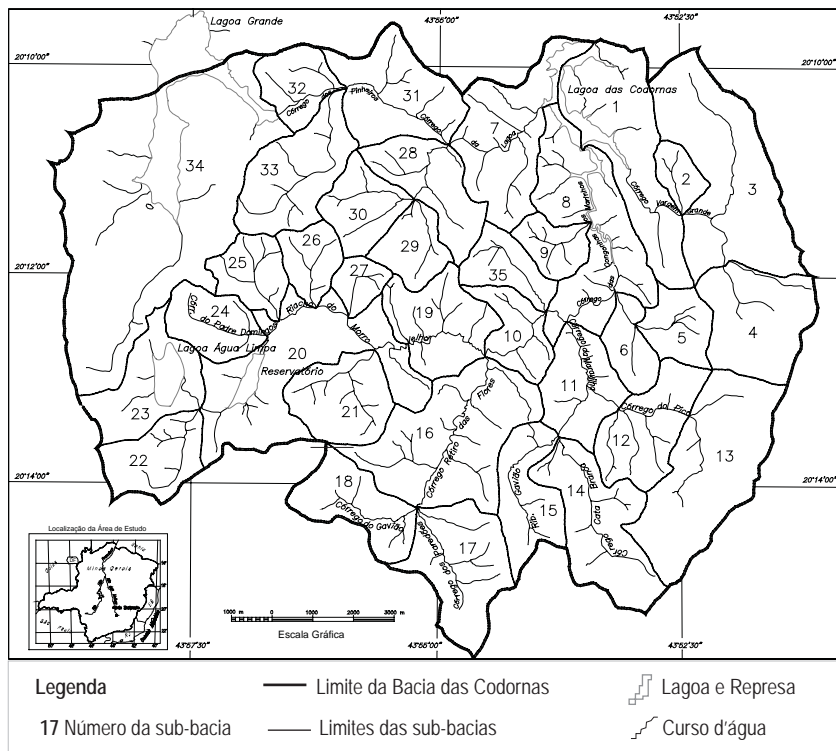


Figura 2 – Mapa de divisão em 35 sub-bacias da sub-bacia de 4ª ordem das Codornas situada entre 20º 07' 20" e 20º 17' 20" de latitude Sul e 43º 50' 00" e 44º 00' 00" de longitude Oeste na Alta Bacia do Rio das Velhas, com aproximadamente 103 km2 nos municípios de Itabirito e Nova Lima com acesso pela Via JK (Br 040) e a estrada para Ouro Preto.

Percentuais em relação à área total da Bacia														
Geofor- mas Rochas	Áreas de solos do mapa pedológico													
	Cxbd2	Cxbd3	Gxbd	Lvad1	Lvad4	Lvd1	Lvd3	Lvd4	Rld1	Rld2	Rld4	Rle1	Rube2	DC
EoCp	0,77	0,81	1,91						0,47	0,46	1,34	4,09	0,92	
	1,32	1,03	0,54			0,53			1,91	0,61				
	1,33				8,69				1,00	1,01				
						4,08			1,06					
	0,65					0,92			0,82					
EoCpd							0,85	1,09	1,66			1,41		
								0,75	0,60			0,48		
									0,44					
TQd			1,04		3,50	0,54								
			0,41					3,39						
TQda				0,90										
Qa								0,93					2,91	
					0,69									
DC														14,42

Tabela 1b - Matriz de Correlação entre as classes de Geomorfologia, Lito-Estratigrafia e Pedologia destacando os valores relativos de incidência em relação à área total da Bacia do Ribeirão Entre Ribeiros (Andrade, 2007) (valores percentuais relativos à área total da bacia).

As Tabelas 1 e 2 mostram o resultado do cruzamento entre as classes de variáveis no formato de matrizes, sendo que a primeira indica os valores relativos de incidência e a segunda enaltece a associatividade. Ambas evidenciam as classes de maior freqüência e representatividade. Vale mencionar que dentre as 287 possibilidades de interação observadas, 45 correspondem a quase 86% da área total da bacia. Ressalta-se que as 242 interações restantes, que juntas somam cerca de 14% da área total, também foram analisadas, traduzidas e classificadas com as propostas de Unidades concernentes às suas características.

as regionalizadas na bacia como um todo.

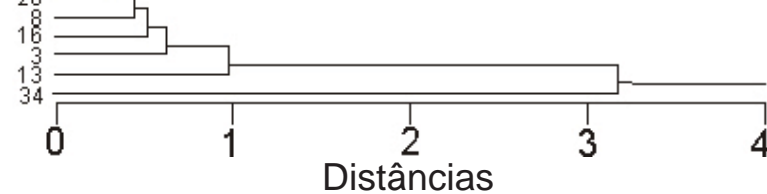


Figura 3 – Resultado da rodada de integração com o método de Análise de grupamento, na última rodada de uma série de testes de Análise de Grupamento, com o qual se obteve uma divisão em áreas homogêneas que melhor represente as características de agregação das sub-bacias da bacia das Codornas da Figura 2, agregando lito-estratigrafia (áreas de rochas), áreas das geofomas do relevo, solos áreas de solos), morfometria (variáveis morfométricas) e erosão (Cantisano, 1999) Método M1 - ZEAH.

ZONEAMENTO DE ÁREAS GEO-ECOLÓGICAS REGIONALIZADAS

A sub-bacia do Ribeirão Entre Ribeiros no Vale do Rio Paracatu foi tratada com esse método M-3. Ela é marcada por uma intensa presença da atividade agrícola mecanizada, sobretudo com manejo irrigado. Isto ocorre em função de uma topografia favorável, principalmente, nas porções centro-oriental da bacia. Contudo, a rápida expansão desses projetos, nas últimas décadas de 1980, produziu e ainda produz problemas ecológicos e conflitos com a dinâmica natural. O aumento descontrolado da área ocupada por culturas, a intensificação do uso da água no processo produtivo agrícola, o manejo muitas vezes inadequado e o não planejamento da utilização dos recursos naturais, principalmente da água, geram desconformidades ambientais e até mesmo sociais em Entre Ribeiros

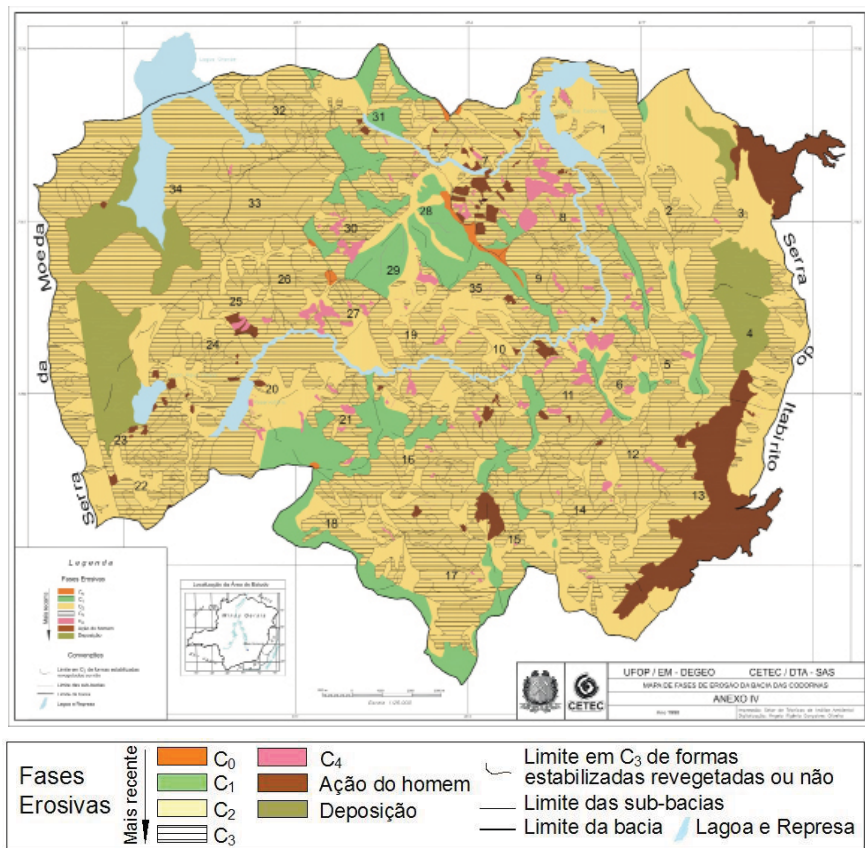


Figura 4a – Zoneamento das sub-bacias da bacia Codornas com indicação de associatividade de áreas homogêneas e focos de erosão, bem como de rochas; trata-se de uma classificação por objetivos pelo M1 - ZSAH.

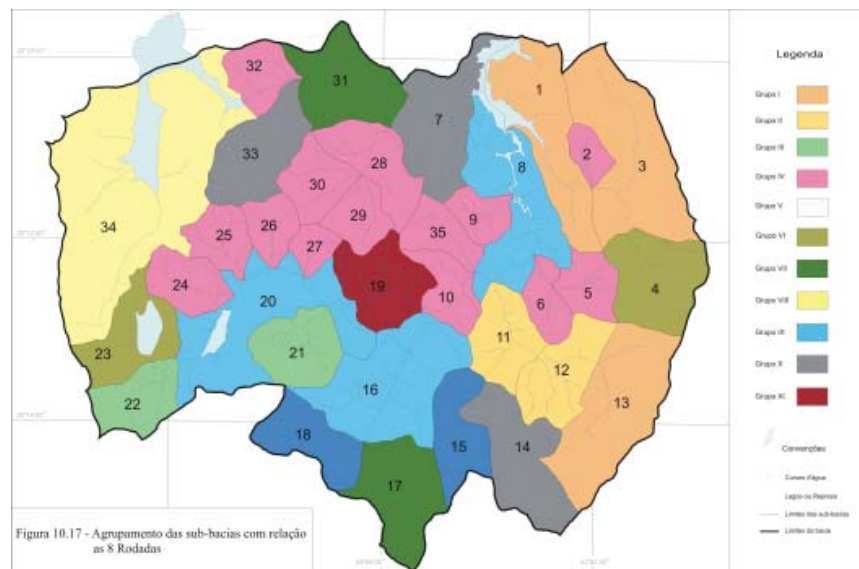


Figura 4b – Zoneamento das sub-bacias da bacia das Codornas com indicação de associatividade de áreas homogêneas pelo Método M1 - ZEAH.

(Andrade, 2007). Conseqüentemente, tais indicações sobre a intervenção antrópica e as condições naturais permitiram elaborar um estudo de caso de zoneamento geo-ecológico, conforme citado no método **M-3** (figura 5-pag. 22).

O Zoneamento da sub-bacia do Ribeirão Entre Ribeiros consistiu na articulação das Abordagens disciplinar e pluridisciplinar (Martins Jr. et al., 2000) das seguintes formas: (1) extrai-se as variáveis dos mapeamentos lito-estratigráfico, topográfico, de aspectos especiais do relevo e dos tipos de solos e (2) de modo pluridisciplinar articulam-se os registros de sistemas próximos como, por exemplo, solos e formas, ou solos e rochas, rochas e formas através do método de matriz de correlação. Esse cruzamento permite verificar o intercâmbio e a inter-relação entre as classes na área da bacia. Em seguida, ocorre uma relativização, isto é, verifica-se a freqüência de associatividade entre as mesmas em relação à área total da bacia. De posse desses resultados é possível classificar, de acordo com a maior incidência, e assim, filtrar e selecionar as interações de classes mais representativas. Em seqüência, procura-se analisar e interpretar as associações enaltecendo as características fisiográficas mais relevantes das áreas, tendo como auxílio os mapas de altimetria, curvas de níveis e do modelo digital de elevação do terreno. Aerofotos e imagens de satélite com trabalho de campo foram usadas para a interpretação da cobertura vegetal e das modificações antrópicas. Na seqüência, atribuiu-se signifi-

– Lei 4.063 de 02/01/2003. Oliveira (2004) em dissertação aponta para o aspecto absolutamente fundamental da abordagem ZE-L.

Em pesquisas anteriores (Martins Jr. & Rosa, Projeto MDBV, 1992-1994; Martins Jr. *et al.*, 1993-a, 1993-b, 1994-a, 1994-b, 1998) utilizou-se da noção de “classificações em áreas homogêneas de sub-bacias de n-ordens” (ordens contadas do rio principal para os cursos próximos aos divisores de águas com outras bacias), como efetivos métodos de zoneamentos multi-sistemas / multi-objetivos, tendo como aspecto fundamental delinear áreas homogêneas para o gerenciamento de terras.

Em um conjunto de projetos de pesquisa e desenvolvimento (Projeto MDBV, 1992-1994; Projeto MPEH, 1995-1997; Projeto CRHA, 2002-2006; Projeto GZRP, 2007-2008; Projeto ACEE, 2005-2008) progressivamente evoluiu-se na direção de se propor o desenvolvimento de um “penta sistema de instrumentos de planejamento e gestão, PSPG, regional geo-agro-ambiental e econômico”, dos quais os três sistemas básicos são os de zoneamentos pluri-sistemas e/ou pluri-objetivos de território de bacias hidrográficas. Articulam-se esses nos três sistemas e/ou ferramentas informatizáveis - o Zoneamento Ecológico (ZE-L), o Zoneamento Econômico (ZE-N) e o Zoneamento Ecológico-econômico (ZEE), dos quais o ZE-L é o foco principal deste artigo. Esse triplo Sistema Básico de Instrumentos de Gestão SBIG, com os vários tipos de zoneamentos ecológicos ZE-L, embora sejam métodos já disseminados com variações entre autores, se insere também no desenvolvimento de um novo ramo de conhecimentos proposto para o campo epistemológico das Geociências Agrárias e Ambientais **GAA** (Martins Jr., 1998).

Bases pluri- e inter- disciplinares

As bases pluridisciplinares dos zoneamentos ecológicos envolvem as referências fundamentais das seguintes ciências, engenharias e temas: Geologia Ambiental GA, Geologia Estrutural GE, Estratigrafia Es, Geotecnia Gt, Pedologia Pd, Aptidão de Solos AS, Análise e descrição de Impactos Ambientais IA, Hidrologia Hd, Hidrogeologia Hg, Zonas de Recarga (ZRAs) e Áreas precisas de Recarga (APRs) de aquíferos (Martins Jr. *et al.*, 2006), Botânica Bt, Climatologia Cl, Implicações das Mudanças Climáticas IMC, e secundariamente Economia Física EF, Engenharia Florestal EF, Engenharia Elétrica EE, Engenharias Agrônômica EAn e Agrícola EAc, Engenharia Ambiental EA, Economia Financeira EF. Como ciências de fundo para a montagem dos sistemas informatizados de gestão estão as: Lógica Interdisciplinar (LI) (Martins Jr. *et al.*, 2006), Engenharia e Arquitetura de Conhecimentos (Schreiber *et al.*, 2000; Martins Jr. *et al.*, 2006-2008 Projeto ACEE) e Inteligência Artificial (IA).

A Comissão Nacional Independente sobre os Oceanos – uma experiência memorável!

Luiz Philippe da Costa Fernandes⁽¹⁾
Vice-Almirante (Ref)

I – Antecedentes

Nos primeiros anos da década de 90, a delegação de Portugal junto à Comissão Oceanográfica Intergovernamental (COI) propôs que fosse organizada, em nível mundial, uma grande conferência internacional sobre o mar. Tal iniciativa, de autoria do então presidente português Mario Soares, após aprovação unânime na COI, teve calorosa acolhida na Unesco, que elegeu 1998 como o Ano Internacional dos Oceanos, e na própria Assembléia Geral das Nações Unidas.

Convidado pela ONU e pela Unesco, Mário Soares concordou em presidir uma comissão mundial, com o propósito de elaborar um relatório independente sobre os oceanos, a ser apresentado na Conferência Internacional sobre os Oceanos, em fins de 1998, no contexto do Ano Internacional dos Oceanos e em conjunto com a realização, em Lisboa, da EXPO-98 – “Os Oceanos: Um Patrimônio para o Futuro”.

Em decorrência, constituiu-se uma **Comissão Mundial Independente sobre os Oceanos (CMIO)**, composta por 40 personalidades das mais expressivas ligadas ao mar, convidadas em sua condição pessoal, mas buscando refletir em sua composição a representatividade geográfica e por disciplinas, entre países industrializados e em desenvolvimento. Tal comissão buscou inserir-se em uma série de outras organizações semelhantes, como a Comissão Willy Brandt para as Relações Norte-Sul, a Comissão Gro Brundtland sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento e a Comissão Ingvar Carlsson sobre Governabilidade Global, entre outras.

De nosso país, passou a compor a CMIO o então Ministro da Ciência e Tecnologia – Dr. José Israel Vargas, que assumiu a Vice-Presidência para a América do Sul, e o então Embaixador na Índia – Luis Filipe de Macedo Soares.

Por estímulo da CMIO, que considerou desejável a formação de comissões assessoras nacionais nos países nela representados, formou-se, no Brasil, a **Comissão Nacional Independente sobre os Oceanos (CNIO)**, integrada por cerca de uma vintena de figuras das mais representativas do cenário marítimo brasileiro, incluindo três ex-ministros de

1 - Ex-Secretário-Executivo da Comissão Nacional Independente sobre os Oceanos

ZONEAMENTOS ECONÔMICOS

Cabe indicar ainda que sumariamente o segundo sistema de zoneamentos, a saber o ZE-N que será discutido oportunamente com fundamentação no conceito de Economia Física (Georgescu-Roegen, 1970; Robert Ayres, 1973; Odum, 1996). Juntamente como terceiro sistema, ZEE é desenvolvido como uma integração de ambos os zoneamentos, ecológico ZE-L e econômico ZE-N, que serão apresentados em artigos vindouros.

DESENHO DE USO OPTIMAL DO TERRITÓRIO

Distintamente dos zoneamentos (1) ecológico, (2) econômico e (3) ecológico-econômico, os quais apontam para “o que é” da realidade atual e/ou potencial de uma bacia hidrográfica, um quarto sistema apontará para a realidade de “o que deve ser” para uma bacia hidrográfica, e se intitula “Desenho de Uso Optimal do Território de Bacia Hidrográfica” – DUOT.

CERTIFICAÇÃO DA QUALIDADE GEO-AMBIENTAL ECONÔMICA DE BACIA HIDROGRÁFICA

Para articular de um ponto de vista da gestão geo-ambiental e econômica do território deve-se desenvolver o quinto sistema, intitulado “Certificação da Qualidade Geo-ambiental Econômica de Bacia Hidrográfica” – CQBH, que permitirá que na gestão se observe as relações de progressão entre o que vinha sendo, para o que pode e deve ser, e que se certifique essa progressão que qualificará a bacia e a produção econômica realizada na mesma.

PROBLEMAS

A questão central no planejamento do uso do território é voltada para três aspectos fundamentais. O primeiro é o diagnóstico ecológico ZE-L, que pode ser de dois tipos:

(1) os zoneamentos por temas ou zoneamento por sistemas, todos descritivos e de caráter genérico, sobre os sistemas existentes em seus vários estados de conservação e degradação e

(2) quando o zoneamento ecológico é voltado para quaisquer objetivos referentes a cada tipo de planejamento que se deseje realizar. Esse segundo não é alvo específico desse artigo.

O zoneamento por objetivos trata da questão do que é “o ideal para que as ações e os projetos executivos atendam para manter os pontos de vista sobre as condições de sustentabilidade ambiental e econômica”. Tal zoneamento não somente descreve o que é, mas deve apontar para condições de sustentabilidade das interações do homem

MARTINS Jr., P.P. 1998. Fundamentos Conceituais para o Desenvolvimento e a Prática das Geociências Agrárias e Ambientais. *A Terra em Revista*. No. 4. outubro. p.:10-15.

MARTINS Jr., P.P., CANTISANO, M.A.M., VIANA, R.F., VIEIRA, R.F. Environmental Impact Assessment of Natural and Anthropologically Induced Erosion Process in 4th Degree Codornas Drainage Basin. *Annals of the 4th International Symposium on Environmental Geotechnology and Global Sustainable Development*. Boston. 1998. August 9-12.

MARTINS Jr., P.P. *Epistemologia Fundamental – Um Estudo Introdutório sobre a Estrutura do Conhecimento e a Aplicação Prática da Epistemologia na Pesquisa Científica*. Belo Horizonte: Fundação CETEC / UFOP-EM-DEGEO. Apostila Pré-livro. 2000. 169p.

MARTINS Jr., P.P., ENDO, I., CARNEIRO, J.A., NOVAES, L.A.d'A., VASCONCELOS, V.V. Modelo de Integração de Conhecimentos Geológicos para Auxílio à Decisão sobre Uso da Terra em Zonas de Recarga de Aquíferos. Belo Horizonte e Ouro Preto: REVISTA BRASILEIRA DE GEOCIÊNCIAS. (36). 04. Dezembro de 2006. p.: 651-662.

MARTINS Jr., P.P., ANDRADE, L.M.G., NOVAES, L.A.d'A. Zoneamento Ecológico-econômico e desenho de Uso Optimal de Bacias Hidrográficas. *Economia e Energia*. No.

MEENTEMEYER, V., ELTON, W. The potential Implementation of Biogeochemical Cycles in Biogeography. *The Professional Geographer*. v. XXIX. no. 3. 1977.

ODUM, H.T. *Environmental Accounting – Emergy and Environmental Decision Making*. New York: John Wiley & Sons. 1996. 370p.

MARTINS Jr, P.P., ROSA, S.A.G. PROJETO MDBV. Metodologia para o Enquadramento Científico de Curso d'Água no Contexto de Gerenciamento de Bacia Hidrográfica. Belo Horizonte: Memória Técnica do CETEC. Projeto 1992-1994. Relatório II – 1ª Etapa. 1993. 74 p.

MARTINS Jr., P.P., CANTISANO, M.A.M., VIANA, R.F., VIEIRA, R.F. Environmental Impact Assessment of Natural and Anthropologically Induced Erosion Process in 4th Degree Codornas Drainage Basin. 4th INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ENVIRONMENTAL GEOTECHNOLOGY AND GLOBAL SUSTAINABLE DEVELOPMENT. Boston. August 9-12. 1998.

MARTINS JUNIOR, P.P. (Coordenador). PROJETO CRHA. Conservação de Recurso Hídrico no Âmbito da Gestão Ambiental e Agrícola de Bacia Hidrográ-

somente por via de uma ontologia descritiva “sobre o que é”.

OS ZONEAMENTOS ECOLÓGICOS

Os zoneamentos ecológicos, como parte das sucessivas etapas de estabelecimentos de um Modelo Geral de Gestão de Bacia Hidrográfica, são procedimentos e ferramentas de gestão a serem necessariamente baseados nas Abordagens Pluridisciplinar e Interdisciplinar (Martins Jr., 2002), desenvolvidas com diferentes métodos entre várias equipes de pesquisadores. Não existem ainda amplos consensos dos pontos de vista teórico e metodológico, bem como de conteúdos e semiótica para esses zoneamentos. Podem-se definir os zoneamentos ecológicos como métodos com produtos que integram, diferentemente, algumas práticas e alguns consensos, entre os diversos tipos de zoneamentos já realizados no País. Assim:

- Zoneamento Ecológico é uma base de informações cartográficas, quantitativas e textuais na qual todos os aspectos ecológicos da infra-estrutura da biosfera, litosfera e hidrosfera locais e da atmosfera, com os clima e micro-climas, são agregados em um quadro caracterizador dos processos naturais vigentes e das estruturas dos diversos subsistemas ecológicos, de modo a classificar o território em áreas homogêneas.

Essa definição apresenta-se ampla o suficiente para conter a grande variedade de zoneamentos já realizados. Por outro lado, para normatizar esse conceito, aponta-se para os seus aspectos predominantes de:

- (1) diagnóstico;
- (2) reconhecimento conceitual e possibilidade de descrição de diferentes sistemas naturais;
- (3) os vários paradigmas especialistas para realizar o diagnóstico e por fim;
- (4) as representações da realidade com vários sistemas semióticos.

Ao se normatizar o conceito, pode-se perceber a amplitude de questões as quais devem ser tratadas em um zoneamento ecológico. Enumeram-se algumas questões como:

- (1) zoneamentos da vegetação natural, da agricultura e pastagens;
- (2) erosão e estruturas susceptíveis à mesma;
- (3) climas e relações plantas / terra / água;
- (4) impactos antrópicos;
- (5) produção agrícola no espaço e no tempo;
- (6) os modelos de produtividade;

sobre projetos de desenvolvimento regional e para a gestão ambiental e econômica de bacia hidrográfica e dos biomas. No nível da seqüência de zoneamentos é o mais fundamental.

Conforme o zoneamento se faça em escala de maior detalhe pode-se dividir melhor as sub-bacias e associá-las em áreas homogêneas. A classificação de áreas homogêneas com as sub-bacias fornece associatividades entre unidades naturais, logo, unidades próprias que estão associadas à evolução do relevo e à circulação hídrica superficial.

Todos os zoneamentos ZE-L dão respostas várias às demandas por auxílio à decisão sobre os temas de sustentabilidade, limitações das intervenções humanas, mitigação, áreas próprias para atividades agrícolas, para reflorestamento, para desenvolvimentos energéticos hidroelétricos e de biomassa. Em muitos casos de objetivos específicos como esses dois últimos, os ZE-L devem se associar a mapas de aptidão de solos e mapas de entropia dos perfis das sub-bacias de diversas ordens com os quais se obtêm indicações de áreas de potenciais hídricos. Estes são os primeiros tipos de zoneamento que integram a seqüência de estudos e de produção de instrumentos de gestão ecológica e econômica de bacia hidrográfica. Eles incluem informações fundamentais sobre a Geotecnia regional, os geossistemas, a morfometria das sub-bacias, a capacidade de assimilação de cursos d'água, o uso próprio das terras para agricultura, pastagens e silvicultura, os terrenos para obras de engenharia, as primeiras bases para modelar a Economia Física para todo tipo de produção ligada a recursos naturais, a disponibilidade energética natural e os espaços potenciais para produção de energia de biomassa, permite preparar as bases para um modelo de quantificação relativa de áreas para preservar, conservar e plantar alimentos e biomassa para produção de energia de modo racional quando dirigido pelo enfoque de oferta e demanda de alimentos e também outros temas de interesse para o espectro econômico. São zoneamentos prévios e necessários para o Desenho de uso optimal do território DUOT e para a Certificação Geo-ambiental e Econômica de Bacias Hidrográficas CGBH.

(M-1) O método de zoneamento das sub-bacias em áreas homogêneas **ZSAH** – é um tipo de zoneamento geo-ecológico de sub-bacias de n-ordens a ser realizado com o uso de numerosas variáveis, medidas da lito-estratigrafia, geomorfologia, pedologia, vegetação, morfometria de bacias, geotecnia e outras ciências com suas variáveis, com as quais se avalia a classificação das várias sub-bacias de n-ordens em áreas homogêneas dentro de uma bacia maior, idealmente de 3ª ordem. São os seguintes zoneamentos (Martins Jr. & Rosa, Projeto MDBV, 1992-1994):

(1) dos vários geossistemas e modos de expressar suas associações entre rochas, geofomas do relevo, solos e formações superficiais no sentido da Geotecnia;

(2) das sub-bacias segundo a morfometria das mesmas;

(3) do uso dos potenciais ideais da terra para fins agroflorestais e pastoris;

(4) da Geotecnia para fins de segurança, de mitigação e de construções de engenharia;

(5) da quantidade, qualidade e circulação das águas subterrâneas e superficiais;

(6) da vegetação e áreas de projetos agrícolas e

(7) da capacidade assimilativa dos cursos d'água na qual a questão do potencial de depuração natural das águas superficiais ante a poluição se faz questão.

Essas noções de sete variantes para os zoneamentos servem como base para um amplo zoneamento geo-ecológico e para dar suporte às posteriores análises das questões econômicas, com especial foco nas questões agrícolas e de engenharia, bem como em questões de inserções urbanas.

(M-2) Método integrado de zoneamento das sub-bacias e de temas focais **ZSTF** – é o zoneamento das mesmas sub-bacias com as mesmas variáveis paramétricas de M-1 cujos resultados se lançam sobre bases cartográficas de temas disciplinares específicos, de interesse, conforme o problema central em foco (erosão, mineração, produção florestal, produção agrícola, construção de estradas, de loteamentos, etc.). Nesses casos realça-se uma série de relações entre diversos tipos de processos geodinâmicos de superfície, em relação com estruturas em profundidade ou vice-versa, por um lado, e por outro com as associações das sub-bacias em classes e dessas estruturas e sub-bacias com as obras e ações humanas.

(M-3) Método de zoneamento de áreas geo-ecológicas

Associatividade														
Geoformas Rochas	Áreas de solos do mapa pedológico													
	Cxbd2	Cxbd3	Gxbd	Lvad1	Lvad4	Lvd1	Lvd3	Lvd4	Rld1	Rld2	Rld4	Rle1	Rube2	DC
EoCp	B	I	C					H	A	G	E	D	F	
	K	O	N			J			L	M				
	S				R				P	Q				
						U			T					
	W					X			V					
									Y					
EoCpd							AE	AC	AB			AA		
								AH	AG			AF		
									AI					
TQd			AJ		AK	AL								
								AM						
			AN											
TQda				AP										
Qa								AR					AQ	
					AS									
DC													AT	

Tabela 2 b- Matriz de Correlação entre as classes de Geomorfologia, Lito-Estratigrafia e Pedologia destacando a Associatividade entre as classes (Andrade, 2007).

zoneamento geo-ecológico, conforme o Método ZSAH variante **M-1**.

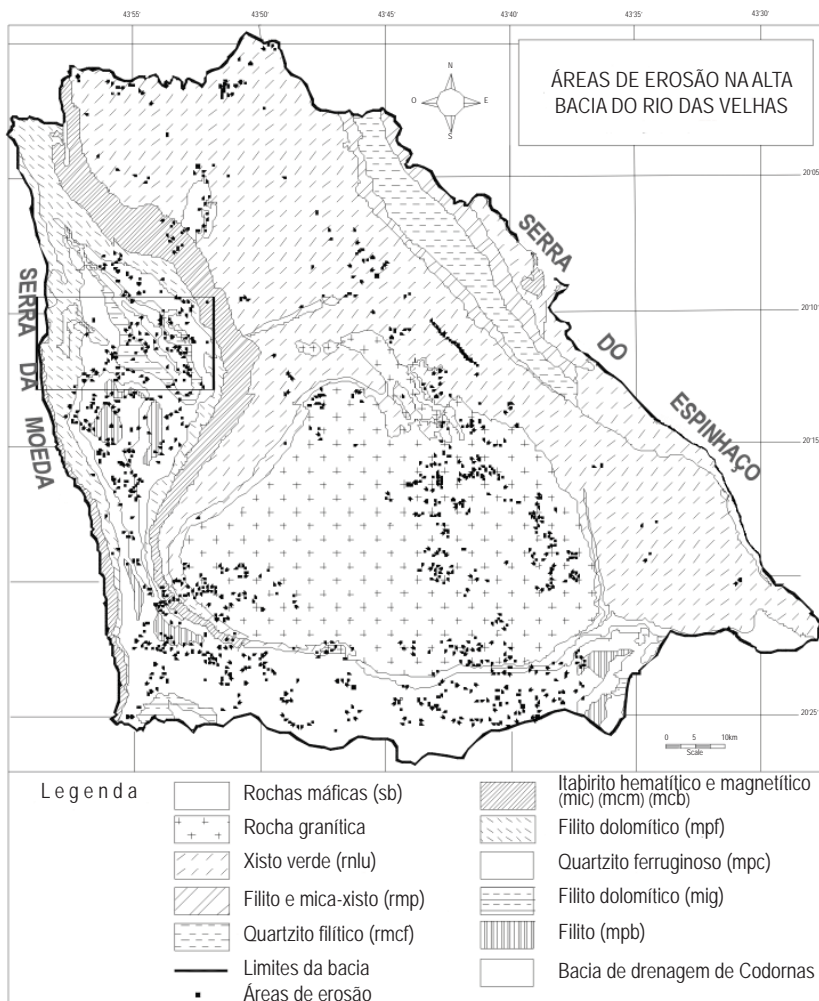


Figura 1 – Alta Bacia do Rio das Velhas com a base de rochas estratigraficamente representadas. Os pontos são áreas erodidas com voçorocas profundas mesmo de até 60m em rochas de diversas idades com diversos potenciais geotécnicos para gerar problemas (Martins Jr. et al., 1998).

No caso do Alto Rio das Velhas, o zoneamento das sub-bacias foi realizado pelo método de classificação hierárquica ascendente ou análise de agrupamento (Davis, 1973) com as variáveis de rochas, geformas e

Percentuais em relação à área total da Bacia														
Geoformas	Áreas de solos do mapa pedológico													
	Cxbd2	Cxbd3	Gxbd	Lvad1	Lvad4	Lvd1	Lvd3	Lvd4	Rld1	Rld2	Rld4	Rle1	Rube2	DC
Rochas														
EoCp	0,77	0,81	1,91						0,47	0,46	1,34	4,09	0,92	
	1,32	1,03	0,54				0,53		1,91	0,61				
	1,33				8,69				1,00	1,01				
						4,08			1,06					
EoCpd	0,65					0,92			0,82					
									4,26					
									0,82					
	1,28						0,85	1,09	1,66			1,41		
								0,75	0,60			0,48		
									0,44					
TOd			1,04		3,50	0,54								
								3,39						
			0,41											
						0,80								
TQda				0,90										
Qa								0,93					2,91	
					0,69									
DC														14,42

Tabela 1b - Matriz de Correlação entre as classes de Geomorfologia, Lito-Estratigrafia e Pedologia destacando os valores relativos de incidência em relação à área total da Bacia do Ribeirão Entre Ribeiros (Andrade, 2007) (valores percentuais relativos à área total da bacia).

As Tabelas 1 e 2 mostram o resultado do cruzamento entre as classes de variáveis no formato de matrizes, sendo que a primeira indica os valores relativos de incidência e a segunda enaltece a associatividade. Ambas evidenciam as classes de maior freqüência e representatividade. Vale mencionar que dentre as 287 possibilidades de interação observadas, 45 correspondem a quase 86% da área total da bacia. Ressalta-se que as 242 interações restantes, que juntas somam cerca de 14% da área total, também foram analisadas, traduzidas e classificadas com as propostas de Unidades concernentes às suas características.

Zoneamento ecológico ZEAH variante M-1 da bacia das Cordornas

Os resultados consistiram na articulação das Abordagens disciplinar, pluridisciplinar e interdisciplinar (Martins Jr. et al., 2000; Cantisano, 1999) das seguintes formas: (1) executam-se os mapeamentos lito-estratigráfico, topográfico, geológico-estrutural, das geoformas do relevo, da erosão e das sub-bacias; (2) de modo pluridisciplinar articulam-se dois a dois os registros de sistemas naturais próximos, como por exemplo [solos e formas] ou [solos e erosão], [tipos de rochas e erosão], [atitudes de rochas e erosão]; (3) de modo interdisciplinar toma-se a totalidade das variáveis paramétricas dos dados descritivos de estruturas em cada sub-bacia, e realiza-se a classificação dessas sub-bacias (Figs.4a, 4b e 5).

Percentuais em relação à área total da Bacia

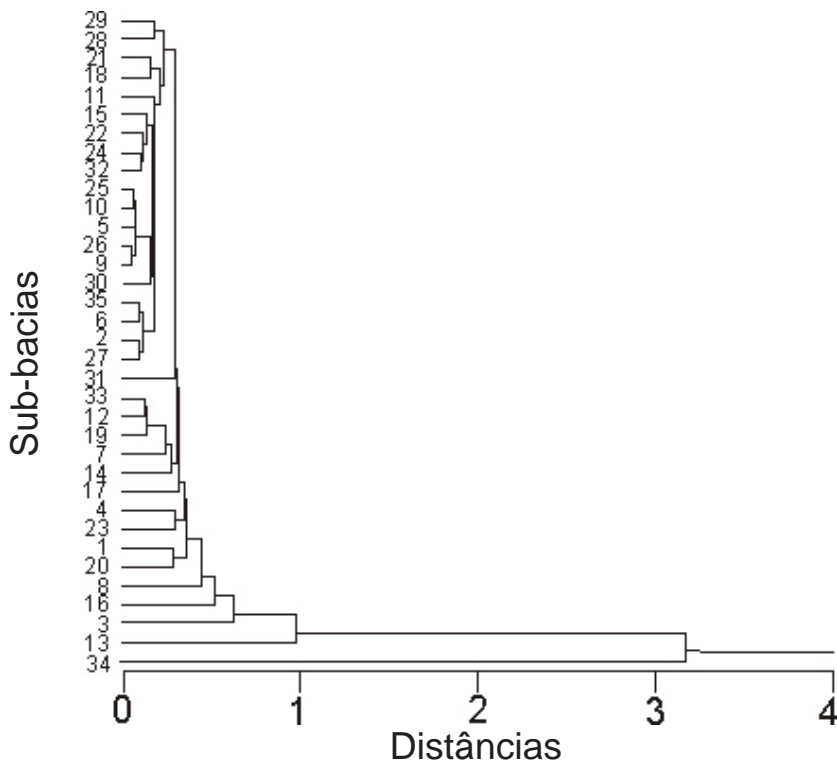


Figura 3 – Resultado da rodada de integração com o método de Análise de grupamento, na última rodada de uma série de testes de Análise de Grupamento, com o qual se obteve uma divisão em áreas homogêneas que melhor represente as características de agregação das sub-bacias da bacia das Cordornas da Figura 2, agregando lito-estratigrafia (áreas de rochas), áreas das geoformas do relevo, solos áreas de solos), morfometria (variáveis morfométricas) e erosão (Cantisano, 1999) Método M1 - ZEAH.

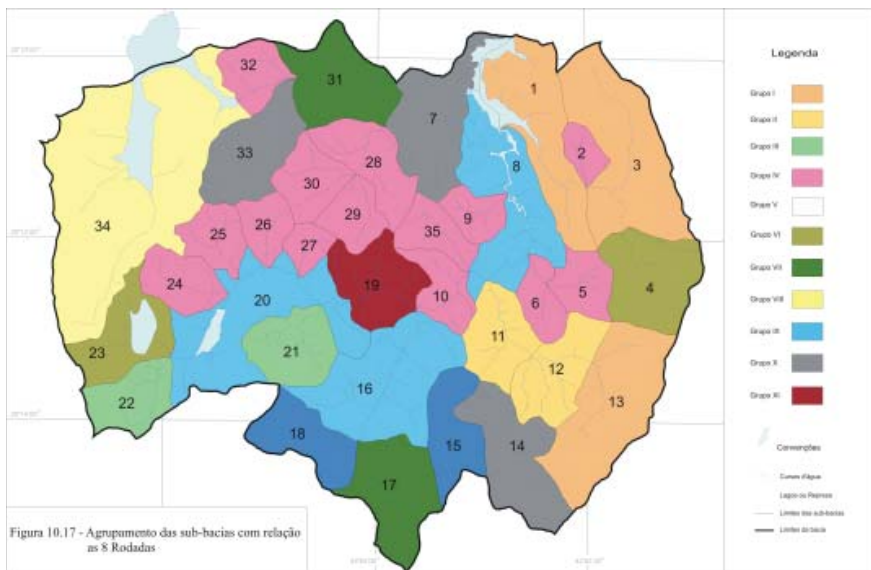


Figura 4b – Zoneamento das sub-bacias da bacia das Codornas com indicação de associatividade de áreas homogêneas pelo Método M1 - ZEAH.

(Andrade, 2007). Conseqüentemente, tais indicações sobre a intervenção antrópica e as condições naturais permitiram elaborar um estudo de caso de zoneamento geo-ecológico, conforme citado no método **M-3** (figura 5-pag. 22).

O Zoneamento da sub-bacia do Ribeirão Entre RIBEIROS consistiu na articulação das Abordagens disciplinar e pluridisciplinar (Martins Jr. et al., 2000) das seguintes formas: (1) extrai-se as variáveis dos mapeamentos lito-estratigráfico, topográfico, de aspectos especiais do relevo e dos tipos de solos e (2) de modo pluridisciplinar articulam-se os registros de sistemas próximos como, por exemplo, solos e formas, ou solos e rochas, rochas e formas através do método de matriz de correlação. Esse cruzamento permite verificar o intercâmbio e a inter-relação entre as classes na área da bacia. Em seguida, ocorre uma relativização, isto é, verifica-se a freqüência de associatividade entre as mesmas em relação à área total da bacia. De posse desses resultados é possível classificar, de acordo com a maior incidência, e assim, filtrar e selecionar as interações de classes mais representativas. Em seqüência, procura-se analisar e interpretar as associações enaltecendo as características fisiográficas mais relevantes das áreas, tendo como auxílio os mapas de altimetria, curvas de níveis e do modelo digital de elevação do terreno. Aerofotos e imagens de satélite com trabalho de campo foram usadas para a interpretação da cobertura vegetal e das modificações antrópicas. Na seqüência, atribuiu-se signifi-