

# Metodologia para Zoneamento de Bacias Hidrográficas Utilizando Produtos de Sensoriamento Remoto e Integrados por Sistema de Informação Geográfica

ROBERTO ROSA

UFU - Universidade Federal de Uberlândia  
Departamento de Geografia - Lab. de Geoprocessamento  
38.400-902 - Uberlândia - MG  
rrosa@brufu.bitnet

**Abstract.** The following work shows a methodology of territorial zoning support of a watershed located in the city of Uberlândia, MG; based on the knowledge and integrate analysis of the natural and biological potential available, instrumented by the techniques of remote sensing and geographic information system.

**Keywords:** Remote Sensing, GIS, Territorial Zoning

## Introdução

O crescimento demográfico, a escassez de terras férteis e a ocupação desordenada das terras, principalmente em ambientes de cerrado, onde os solos são ácidos, com baixo estoque de nutrientes e sensíveis ao impacto tecnológico, determinam a necessidade de se identificarem estratégias e diretrizes que harmonizem a vocação dos ecossistemas com sistemas de ocupação, capazes de assegurar produções sustentáveis a longo prazo. Como consequência deve-se adequar o uso dos recursos naturais e do potencial energético de forma a incrementar e melhorar as condições econômicas e o progresso social da população. No entanto, para o uso permanente, sustentado e eficiente das paisagens produtivas, deve-se primeiramente caracterizar as limitações físicas, biológicas e espaciais para a sua ocupação, identificando-se as possíveis sensibilidades dos ecossistemas ao impacto tecnológico.

A Constituição atual criou a nível municipal a obrigatoriedade de elaboração pelas prefeituras dos planos diretores, como uma forma de administrar a área ocupada pelo município através de ações coordenadas.

Instituições públicas, assim como várias organizações não governamentais, vêm atuando com o objetivo de mapear, inventariar e analisar os recursos naturais existentes no ecossistema cerrado, visando principalmente a recuperação e a reabilitação de áreas degradadas, o monitoramento e a recuperação de espécies ameaçadas, bem como o manejo e controle das queimadas.

Sabe-se porém, que o mapa convencional é um documento estático que representa as informações espaciais em um único instante de tempo, aquele no qual a informação é obtida. No entanto, o incremento da computação, aliado à crescente utilização de mapas, para fins diversos, tem mostrado a necessidade de se repensarem as técnicas cartográficas, onde os mapas são transferidos e armazenados em computador, tornando-os passíveis de atualização rápida, precisa e eficiente.

Face ao exposto, o objetivo principal do presente trabalho é o de apresentar uma proposta de metodologia para zoneamento de bacias hidrográficas, utilizando-se dados obtidos por sensores remotos e documentos cartográficos e manipulados por meio de um sistema de informação geográfica. Para testar a metodologia foi escolhida a sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Douradinho (922,69 km<sup>2</sup>) situada no Município de Uberlândia, Estado de Minas Gerais.

## O Conceito de Zoneamento

Segundo Ab'Saber (1987), o conceito de zoneamento exige uma série de entendimentos prévios. Sua aplicação ou utilização em relação a um determinado espaço geográfico exige método, reflexão e estratégias próprias. Os princípios do zoneamento, quando aplicáveis a uma determinada área, requerem uma multidisciplinaridade plena, pelo fato de pretender identificar as potencialidades específicas ou preferenciais de cada um dos subespaços ou subáreas do território em estudo. Para que sejam estabelecidas as bases desse processo, dentro de uma dada conjuntura, é necessário realizar uma pesquisa que vise determinar a vocação de todos os subespaços que compõem um certo território e efetuar o levantamento de suas potencialidades econômicas a partir de um enfoque ecodesenvolvimentista.

A Carta dos Andes (1958) já enunciava o conceito de "zoneamento" como sendo o instrumento básico da organização do território, baseado nas características físicas e de produtividade.

Carneiro e Coelho (1987) conceituam zoneamento como sendo um instrumento para a ordenação de subespaço, que emerge basicamente de um conjunto de interações e atitudes que, contrastando com a dinâmica dos processos naturais e sociais ocorrentes no mesmo, vão permitir a obtenção de princípios e parâmetros relativos à sua utilização.

Conforme o IBGE (1986), o objetivo principal do processo de zoneamento, numa primeira instância, é realizar divisões e classificações do espaço, baseadas em fatores ecológicos, econômicos e sociais e, através do cruzamento dessas duas ordens de fatores, identificar diferentes zonas em regiões, com sua problemática específica, que serão objetos de propostas e diretrizes. Um segundo objetivo do processo de zoneamento, que deverá ocorrer com uma escala de maior detalhamento, visa a organização do espaço no interior de cada unidade, com a indicação das áreas de preservação e das áreas liberadas à ocupação, obedecendo aos princípios de uma política ambiental voltada para assegurar a eficiência produtiva dos espaços e preservar os fluxos vivos da natureza.

O modelo de zoneamento para ordenação de um território depende dos objetivos e do tipo de indicadores e interações utilizadas na análise. O modelo de zoneamento que nos propomos realizar constitui-se em um ordenamento de uma sub-bacia hidrográfica, baseado na identificação e caracterização de sistemas de ocupação, visando o uso racional das paisagens produtivas.

O zoneamento permite identificar os usos atuais inadequados, orientar adequadamente a ocupação de paisagens produtivas ociosas e, eventualmente, dividir a sub-bacia para facilitar o dimensionamento ambiental das políticas de desenvolvimento.

## **Materiais**

Para a realização do presente trabalho foram utilizadas folhas topográficas, fotografias aéreas pancromáticas, imagens TM/Landsat no formato digital, equipamentos e softwares.

Folhas Topográficas de Uberlândia (SE-22-Z-B-VI), Miraporanga (SE-22-Z-D-III), Tupacigurara (SE-22-Z-B-V) e, Prata (SE-22-Z-D-II), na escala de 1:100.000 editadas pela Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Fotografias Aéreas pancromáticas, na escala aproximada de 1:25.000, do levantamento realizado pelo Instituto Brasileiro do Café (IBC) em 1979.

Imagens TM/Landsat em fitas magnéticas (tipo streamer), órbita 221, ponto 73, quadrante D, de 22 de maio de 1994 (bandas 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7).

Equipamentos - estação de trabalho, mesa digitalizadora, plotter e impressora.

Software - foi o Geographical Resources Analysis Support System - GRASS. Trata-se de um sistema de informação geográfica e processamento de imagens desenvolvido pelo Laboratório de Pesquisas do Corpo de Engenheiros de Construção do Exército Norte-americano (USA/CERL).

## **Resultados**

Em síntese o zoneamento trata da compartimentação do território em áreas indicadas à implantação de atividades diversas, podendo ser estabelecido com base nos potenciais disponíveis ou no sentido de selecionar áreas de interesse cujas propriedades sejam préestabelecidas.

A base para atingir tais objetivos foi a adoção da metodologia sistêmica, levando em consideração todos os componentes físicos e biológicos do geossistema. Dessa forma, na primeira fase do trabalho realizou-se o levantamento do meio físico, analisando todos os recursos naturais, os quais foram apresentados na forma de mapas em escalas compatíveis com os objetivos pretendidos. Os estudos demandaram uma base conceitual com visão holístico-sistêmica, integrando os atributos do meio físico com os atributos ecológicos, na identificação de sistemas ambientais especializados. Os princípios norteadores da metodologia procuram compreender as interdependências e inter-relações estruturais da paisagem (geologia, relevo, solo, clima, uso da terra e cobertura vegetal).

O uso recomendado para a sub-bacia representa o produto final da metodologia proposta para o zoneamento usando dados obtidos por sensores remotos, documentos cartográficos e integrados por meio de um sistema de informação geográfica.

Inúmeras são as possibilidades de compartimentação do espaço geográfico para fins de utilizações diversas, tanto do interesse econômico como ecológico. Na avaliação das terras para fins agrícolas são analisadas as terras somente do ponto de vista agrícola, ou seja, sua potencialidade ou não para desenvolvimento de tal atividade. Já no zoneamento procura-se incluir, além das potencialidades agrícolas das terras, as áreas ocupadas e/ou recomendadas para outros tipos de usos, tais como: áreas urbanizadas, áreas de preservação permanente (APP), estação ecológica etc.

No zoneamento procuramos também ser mais específicos na identificação das potencialidades agrícolas, de forma a detalhar mais as potencialidades de uso. Por exemplo, na categoria "terras com aptidão regular para lavouras" procurou-se identificar as melhores terras para lavouras anuais e para as lavouras perenes. Para isso cruzaram-se as informações do mapa de aptidão das terras para fins agrícolas, com as informações dos mapas de solos, densidade de voçorocas, perdas de solo por erosão, formas de relevo, declividade, hipsometria e substrato rochoso, conforme Quadro 1.

Com isso, conseguimos identificar e mapear no presente trabalho as seguintes categorias de zoneamento às diferentes modalidades de uso, com base nos potenciais disponíveis: áreas aptas para lavouras anuais (soja, milho, sorgo, arroz), áreas aptas para lavouras

perenes (café, fruticultura, seringueira), áreas aptas para pastagem plantada, áreas aptas para silvicultura com espécies exóticas (pinus e eucaliptus), áreas aptas para silvicultura com espécies nativas, áreas aptas para pastagem natural, unidades de preservação permanente, área urbanizada (chácaras), Quadro 2. A área ocupada por cada tipo de uso recomendado pode ser observada no Quadro 3.

Áreas aptas para lavouras anuais (soja, milho, sorgo, arroz) - são terras sem problemas de conservação de solo, praticamente planas, com declives menores do que 2 %, com relevo pouco dissecado e altitudes variando entre 700 e 850 metros, tendo como embasamento rochas das Formações Geológicas Adamantina e Marília, sem erosão aparente, bem drenadas e fáceis de trabalhar. Representam 15,9 % da área da sub-bacia.

Áreas aptas para lavouras perenes (café, fruticultura, seringueira) - são terras com problemas simples de conservação de solos, produtivas, com declives suaves (< 5 %), relevo pouco dissecado, taxas de perdas de solo anual maior do que 1400 ton./ Km<sup>2</sup>, ocupando altitudes superiores a 700 metros, bem drenadas, facilmente trabalháveis. Exigem práticas simples de conservação como plantio em nível e culturas em faixas. Ocupam 19,6 % da área.

Áreas aptas para pastagem plantada - terras com problemas um pouco mais complexos de conservação do que a categoria anterior, com produtividade razoável, declividade predominante menor do que 2 %, relevo pouco a medianamente dissecado, com predomínio de áreas com taxas de perda de solo anual menor do que 1400 ton./Km<sup>2</sup> e bem drenadas. Esta categoria ocupa a maior parte da área, ou seja, 26,9 % da sub-bacia.

Áreas aptas para silvicultura com espécies exóticas (pinus e eucaliptus) - são terras que apresentam problemas sérios de conservação do solo. São em geral pouco produtivas para outros usos, declives menor do que 5 %, com uma densidade elevada de voçorocas maior do que 0,5 voc./ Km<sup>2</sup> e relevo variando de medianamente a muito dissecado. São terras que não devem ser aradas todos os anos; ocupam 11,3 % da área.

Áreas aptas para silvicultura com espécies nativas - são terras com restrições à mecanização, com declividade maior do que 10 %, algumas áreas com pedregosidade. Ocupam 1,2 % da sub-bacia.

Áreas aptas para pastagem natural - são terras inadequadas para cultura e pastagem plantada, com declives menores do que 10 %, localizadas em área de relevo pouco a medianamente dissecado, porém ocupando principalmente as áreas com uma densidade de voçorocas de 0,25 a 0,50 voc./ Km<sup>2</sup> e uma taxa anual de perdas de solo maior do que 1400 ton./ Km<sup>2</sup>. Ocupam 11,1 % da área.

Unidades de preservação permanente - esta categoria denomina-se unidade de preservação permanente por estarem nela incluídas as áreas de preservação permanente, como: matas, áreas de veredas com uma faixa de proteção de 80 metros além de suas margens e 50 metros a partir das margens dos cursos d'água (conforme Lei Orgânica do Município de Uberlândia), e uma estação ecológica da Universidade Federal de Uberlândia (com predominância do cerrado). Esta categoria representa 13,5 % da área da sub-bacia do Ribeirão Douradinho.

Área urbanizada (chácaras) - Fazem parte desta categoria as áreas urbanizadas, com usos diversos, com pequenas propriedades, normalmente menores do que 2 hectares, destinadas a alguma produção de subsistência, mas principalmente à recreação. Tal área encontra-se localizada nas nascentes do Ribeirão Douradinho e ocupa 0,4 % da sub-bacia.

O uso atual não corresponde às áreas recomendadas ou aptas para o desenvolvimento de tal atividade. As áreas aptas para lavouras anuais são atualmente subutilizadas, ocupadas pela pastagem, reflorestamento e cerrado degradado. As terras aptas para lavouras perenes são ocupadas prioritariamente com pastagens e culturas anuais. As aptas para pastagem plantada são também subutilizadas, uma vez que são ocupadas por pastagens, cerrado degradado e reflorestamento. As aptas para silvicultura são ocupadas pelo cerrado degradado e pastagens. As aptas para pastagem natural são ocupadas pelas pastagens e culturas anuais, sendo superutilizadas por este último uso, e as unidades de preservação permanente são ocupadas principalmente pelo cerrado degradado e pastagem.

Apenas nas áreas aptas para pastagem natural a maior parte do uso (56,2 %) coincide com o uso recomendado. Convém também destacar que nas áreas aptas para pastagem plantada grande parte do uso atual se deve à categoria pastagens. No entanto, este uso não se refere à pastagem plantada, e sim à pastagem natural que predomina na sub-bacia.

Com a proposta de zoneamento estamos aumentando significativamente as áreas agrícolas (culturas anuais e perenes), passando de 13,8 % da área da sub-bacia para 35,5 %, o que significa um aumento de aproximadamente 200 Km<sup>2</sup> neste tipo de uso, com destaque para o potencial da sub-bacia no uso com culturas perenes (fruticultura e café).

As áreas que atualmente são ocupadas pela pastagem (em sua maior parte natural) sofreriam uma sensível redução, passando de 46,9 % da sub-bacia para 38,0 % . No entanto, 26,9 % da área da sub-bacia podem ser utilizados para pastagem plantada, perdendo-se portanto em área, mas ganhando-se em produtividade.



Quadro 2 - Cruzamentos efetuados e respectivas categorias de zoneamento

Cruzamentos	Categorias
3.1 AND 4.1 AND 5.1 AND 6.1 AND (9.1 OR 9.2)	Áreas aptas p/ lavouras anuais (soja, milho, arroz, etc.)
(3.1 OR 3.2) OR 4.2 AND 5.1 AND 6.2 AND 9.2	Áreas aptas p/ lavouras perenes (fruticultura, café, etc.)
(3.1 OR 3.2) OR 4.2 AND 5.1 AND 6.1 AND 9.2	Áreas aptas p/ pastagem plantada
5.3 OR (5.1 OR 5.2) AND 6.2 AND 9.3	Áreas aptas p/ pastagem natural
4.3 OR (6.3 OR 6.4) AND 9.3	Áreas aptas p/ silvicultura (pinus e eucaliptus)
3.4	Áreas aptas p/ silvicultura (espécies nativas)
1.3 AND (2.1 OR 2.2) AND 9.4 + drenagem.50m	Unidades de preservação permanente
2.9	Área urbanizada (chácaras)

Quadro 3 - Área ocupada por cada categoria proposta no zoneamento

Categorias	Área (Km <sup>2</sup> )	Área (%)
Áreas aptas p/ lavouras anuais (soja, milho, arroz, etc.)	147,0	15,9
Áreas aptas p/ lavouras perenes (fruticultura, café, etc.)	181,0	19,6
Áreas aptas p/ pastagem plantada	248,2	26,9
Áreas aptas p/ pastagem natural	102,5	11,1
Áreas aptas p/ silvicultura (pinus e eucaliptus)	104,1	11,3
Áreas aptas p/ silvicultura (espécies nativas)	11,1	1,2
Unidades de preservação permanente	124,9	13,5
Área urbanizada (chácaras)	3,8	0,4

Com relação à categoria reflorestamento, esta praticamente não sofre alteração em área, mas sim na localização das mesmas. No uso recomendado aparece uma nova categoria que são as unidades de preservação permanente, onde estão incluídas as áreas ocupadas por matas, cerrado, e as margens dos cursos d'água e veredas que atualmente são muitas vezes ocupadas por outros tipos de uso antrópico. Esta categoria ocupa uma área de 13,5 % da sub-bacia, o que corresponde a 124 Km<sup>2</sup>. A categoria que mais sofreu redução, ou seja, foi praticamente extinta para dar lugar a outros tipos de usos, foram as áreas ocupadas por cerrado degradado.

#### Considerações Finais

O planejamento se faz necessário quando as tendências observadas apontam para cenários indesejáveis, que podem ser evitados através de ações corretivas e ou preventivas. Neste contexto, a organização do espaço físico-territorial é concebido como a manifestação do processo de desenvolvimento sócio-econômico vivenciado na sub-bacia e sua interação com o meio físico. Através de ações planejadas é possível orientar as mudanças necessárias para alcançar finalidades que

impliquem em maior bem estar das populações ali residentes. O alcance desta melhoria passa pela necessidade de uma reorganização equilibrada do uso da sub-bacia.

O zoneamento aqui apresentado é uma alternativa de desenvolvimento da sub-bacia em que o uso potencial das terras é proposto em função da proteção dos recursos naturais para as gerações futuras. Nesse processo foram respeitadas as atividades tradicionalmente desenvolvidas, que foram entretanto redimensionadas e redistribuídas na sub-bacia, tendo como objetivo o desenvolvimento mais harmônico e equilibrado evitando conflitos que possam promover os processos de degradação.

A derrubada da vegetação original e o emprego do fogo para limpeza do terreno trazem conseqüências dramáticas quando se trata de região tropical. Os aguaceiros violentos de verão abatendo-se sobre o solo exposto, desencadeiam intensos processos erosivos. A camada superficial do solo e a matéria orgânica é arrastada pela enxurrada. Aceleraram-se os assoramentos dos leitos dos cursos d'água, ao mesmo tempo em que as chuvas levam a terra descoberta e formam torrentes que descem as encostas, os rios e riachos, antes perenes, têm sua vazão reduzida.

Na sub-bacia do Ribeirão Douradinho tem-se uma certa intensificação do uso do solo através de culturas cíclicas e pastagens, que muitas vezes, desconsiderando as implicações morfológicas, sem nenhuma preocupação conservacionista, têm respondido por impactos ambientais que carecem de controle, especialmente os processos erosivos.

A cobertura vegetal intercepta a água da chuva, minimizando o impacto das gotas no terreno, pelo retardo no período da precipitação e pela retenção de água nos diversos estratos vegetais, favorecendo a infiltração, minimizando a desagregação mecânica do solo, limitando o escoamento superficial, conseqüentemente reduzindo a atividade erosiva. A cobertura vegetal possui efeito frenador, ou seja, dissipador da energia do material em deslocamento, em função do sistema radicular e de seu porte (arbóreo, arbustivo, gramíneas, etc.), o que reduz a capacidade de transporte, minimizando o assoreamento dos cursos d' água.

A partir do momento que a cobertura vegetal começa a ser retirada os processos morfodinâmicos se alteram, os solos são castigados diretamente pela incidência dos raios solares e efeitos pluviométricos, além de permitir o aumento da velocidade dos ventos favorecendo a dessolagem. O comportamento dos cursos d' água começam a ser alterados, ou seja, a torrenciosidade da vazão acelerando os processos erosivos, antes controlada pelo lençol freático.

O controle da erosão depende fundamentalmente da redução do impacto direto das gotas da chuva, diminuição da desagregação mecânica das partículas do solo, aumento da infiltração da água e redução da velocidade de escoamento superficial da água excedente. Esses objetivos podem ser atingidos pela adoção conjunta de práticas mecânicas e culturais. Essas práticas incluem o terraceamento, a escarificação (rompimento do solo na camada arável utilizando-se de um escarificador ou descompactador), o plantio direto e a rotação de culturas.

O plantio direto caracteriza-se como prática que implica o mínimo de revolvimento do solo, procurando-se manter sobre ele os restos das culturas (cobertura morta) formando uma camada protetora na superfície.

Essa cobertura morta contribui para a manutenção da umidade, impedindo o ressecamento do solo, protegendo contra a ação das chuvas e, diminuindo as oscilações de temperatura na superfície.

Um outro fator preocupante é a ocorrência de desmatamentos em áreas com declividade moderada e nas cabeceiras dos cursos d' água de primeira ordem, contribuindo em certos casos com a desperenização dos mesmos. São também observados fenômenos de dessolagem principalmente no início das chuvas quando o plantio recente, apresenta baixo índice de área foliar, expondo o solo aos efeitos pluvioerosivos.

O uso da terra, que retrata espacialmente as diversas formas de ocupação quando confrontado com o uso recomendado através do zoneamento, evidencia situações que podem ser analisadas pelos planejadores e administradores municipais, para avaliar suas causas e prováveis efeitos. Neste caso a questão de escala deverá ser observada com bastante cuidado, pois um dado local, recomendado para a implantação de determinada atividade, poderá absorver outra utilização conflitante, quando a análise atinge o nível de detalhe. A proposta em questão deverá apresentar uma razoável vida útil, não se eliminando porém possíveis ajustes que deverão ser introduzidos na concepção original com o passar do tempo.

#### **Referências Bibliográficas**

- AB'SABER, A. N. Zoneamento ecológico da Amazônia: questões de escala em método. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. CEPAL /IPEA. Brasília. mimeografado, 1987.
- CARNEIRO, C. G.; COELHO, G. B. Método operativo para o planejamento e gestão ambiental. In: WORKSHOP para Zoneamento de Áreas de Proteção Ambiental. Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social - IPARDES/SEMA, Curitiba, 1987.
- IBGE. Diretoria de Agropecuária, Superintendência de Recursos Naturais. Termos de Referência para uma Proposta de Zoneamento Ecológico-Econômico do Brasil. Rio de Janeiro, 1986.