

## **Vocações e Conflitos de Interesse na Ocupação do Território da Região Metropolitana de Belo Horizonte – Apoio ao Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado - PDDI**

Ana Clara Mourão Moura <sup>1</sup>  
Danilo Marques de Magalhães <sup>2</sup>  
Maria Giovanna Parizzi <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Escola de Arquitetura e Urbanismo - UFMG  
Rua Paraíba 697 – 30130-140 - Belo Horizonte – MG, Brasil  
anaclara@ufmg.br

<sup>2</sup> Instituto de Geociências - UFMG  
Av. Antônio Carlos 6627 – 31.270-901 – Belo Horizonte - MG, Brasil  
danzetrindade@yahoo.com.br, giece@uai.com.br

**Abstract:** This meta paper describes spatial analysis conducted to support decision making in the project PDDI - Integrated Development Plan of the Metropolitan Region of Belo Horizonte, a project coordinated by UFMG involving various academic and administrative sectors of the region, and in which the Laboratory of GIS School of Architecture had the task of structuring the Geographic Information System for the entire set and act in the construction and application of spatial analysis models. It presents one of the models that were proposed, through multi-criteria analysis and map algebra, in order to identify tendencies and conflicts of interest resulting from the Matrix Conflicting Interests. The results indicate areas where conflicts take place and whose solution is political activity, as well as the optimal areas for the placement of activities that could generate questions such as landfills and recycling plants, among others. It clearly identifies the environmental vocations and vocations of interest for expansion of urban settlement. The different combinations of environmental and urban interest are mapped, such as the indication of sustainable urban occupation and the occupation of environmental interest that is weakened by the proximity to an urban interest. Areas with potential for change are mapped in order to indicate the regions where if structured interventions with applied catalysts elements are conducted, they can result in the effect of irradiation results and in the transformation of the region.

**Palavras-chave:** spatial analysis, territorial planning, urban planning, análise espacial, planejamento territorial, planejamento urbano.

### **1. Apresentação**

Uma das tarefas da equipe do Laboratório de Geoprocessamento da Escola de Arquitetura, além de longo e expressivo trabalho de estruturação da coleção de dados cartográficos e alfanuméricos para a montagem dos Sistemas de Informações Geográficas, detalhados em relatórios anteriores, foi a de proposição de modelos de análise espacial. Esses modelos visam dar subsídios para as compreensões de algumas dinâmicas territoriais, através de estudos de caracterização da realidade vigente e de predição de algumas condições latentes.

O presente modelo, baseado em análise de multicritérios, visa a identificação das áreas prioritárias para o interesse ambiental, assim como das áreas de maior interesse para a expansão da ocupação urbana na região. Uma vez caracterizadas esses dois grupos de interesse, eles são cotejados de modo a identificar vocações e conflitos de interesse na ocupação do território da RMBH.

### **2. Metodologia de Trabalho - Análise de Multicritérios e Árvore de Decisões**

O geoprocessamento é uma importante ferramenta de apoio á tomada de decisões. Sobre a sua aplicabilidade, Moura (2007,1546) defende:

*“Em lugar de simplesmente descrever elementos ou fatos, os modelos de análise espacial em SIG podem traçar cenários, simulações de fenômenos, com base em tendências observadas ou julgamentos de condições estabelecidas. O uso de um SIG está relacionado à*

*seleção de variáveis de análise e o estudo de suas combinações. São tentativas de representação simplificada da realidade, através da seleção dos aspectos mais relevantes, na busca de respostas sobre correlações e comportamentos de variáveis ambientais. O sistema é estudado segundo determinado objetivo, e tudo o que não afeta esse objetivo é eliminado. O risco da subjetividade pode ser reduzido com processos de ajuste ou calibração, quando são avaliados os parâmetros envolvidos. Uma vez calibrado, o modelo deve passar por processo de verificação, através de sua aplicação a uma situação conhecida, o que é chamado de "validação". Só após a validação é que um modelo deve ser aplicado em situações em que não são conhecidas as saídas do sistema."*

Com o intuito de elaborar os mapas de Síntese de Interesse Ambiental e de Síntese de Interesse de Expansão Urbana, foram selecionadas variáveis que respondem pelas condições do interesse de cada tema, mapeadas inicialmente na forma de mapas temáticos, que e depois foram transformados em superfícies potenciais na distribuição do tema, segundo a pertinência para a elaboração de cada síntese.

Moura explica que a metodologia de análise de multicritérios é bastante adequada para o emprego das geotecnologias na criação de sínteses de variáveis cujo objetivo é a identificação de áreas prioritárias para algum fenômeno ou arranjo geográfico (2007, 2900):

*"O procedimento de análise de multicritérios é muito utilizado em geoprocessamento, pois se baseia justamente na lógica básica da construção de um SIG: seleção das principais variáveis que caracterizam um fenômeno, já realizando um recorte metodológico de simplificação da complexidade espacial; representação da realidade segundo diferentes variáveis, organizadas em camadas de informação; discretização dos planos de análise em resoluções espaciais adequadas tanto para as fontes dos dados como para os objetivos a serem alcançados; promoção da combinação das camadas de variáveis, integradas na forma de um sistema, que traduza a complexidade da realidade; finalmente, possibilidade de validação e calibração do sistema, mediante identificação e correção das relações construídas entre as variáveis mapeadas."*

Para a aplicação da metodologia, o primeiro passo é a definição dos objetivos (a síntese que se pretende obter a partir da combinação de variáveis) para a seleção de temas de mapeamento e estruturação da base de dados cartográfica e alfanumérica.

Estruturada a coleção de dados, eles são trabalhados na forma de mapas temáticos ou planos de informação que retratam superfícies potenciais de distribuição da variável. Os planos de informação podem ser armazenados em formato vetorial ou matricial, mas há fortes tendências para o predomínio das operações dos modelos em formatos matriciais (*raster*). A questão se justifica pela relação de topologia implícita ao processo matricial, o que não só otimiza o cruzamento de dados, como também é condição *sine qua non* em alguns modelos.

Neste trabalho foram organizadas camadas de informação em diferentes escalas, sendo a de menor detalhe as originadas a partir do mapeamento geológico. Decidiu-se pela adoção da unidade territorial de integração de dados no valor de *pixel* ou célula de 50 por 50 metros, o que atende tanto ao critério de acurácia visual e precisão cartográfica, como, sobretudo, pela de dimensão de interesse para a análise territorial, uma vez que a resposta por unidade de área de 50 por 50 metros é mais do que suficiente para os estudos do PDDI (Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado da Região Metropolitana de Belo Horizonte).

Moura (2007: 2902) explica a lógica de combinação de variáveis:

*"O emprego da Média Ponderada cria um espaço classificatório, ordinal, que pode ser também entendido como uma escala de intervalo. Esse processo pode também ser utilizado em escala nominal, desde que os eventos sejam hierarquizados segundo algum critério de valor. A ponderação deve ser feita por "knowledge driven evaluation", ou seja, por conhecedores dos fenômenos e das variáveis da situação avaliada, ou por "data-driven evaluation" que se refere ao conhecimento prévio de situações semelhantes. Nesse processo,*

*a possibilidade de se ponderar de modo inadequado uma situação é o inverso do número de ponderações atribuídas.”*

A Árvore de Decisões é um fluxograma que demonstra como serão combinadas as variáveis pelo processo de álgebra de mapas. Neste trabalho a álgebra adotada foi de média ponderada, sendo os pesos e notas sugeridos por especialistas que dominavam tanto o fenômeno retratado em cada mapa, como tinham conhecimento específico sobre o território de estudo. A seguir, são apresentadas as árvores de decisões empregadas (Figuras 1, 2 e 3):

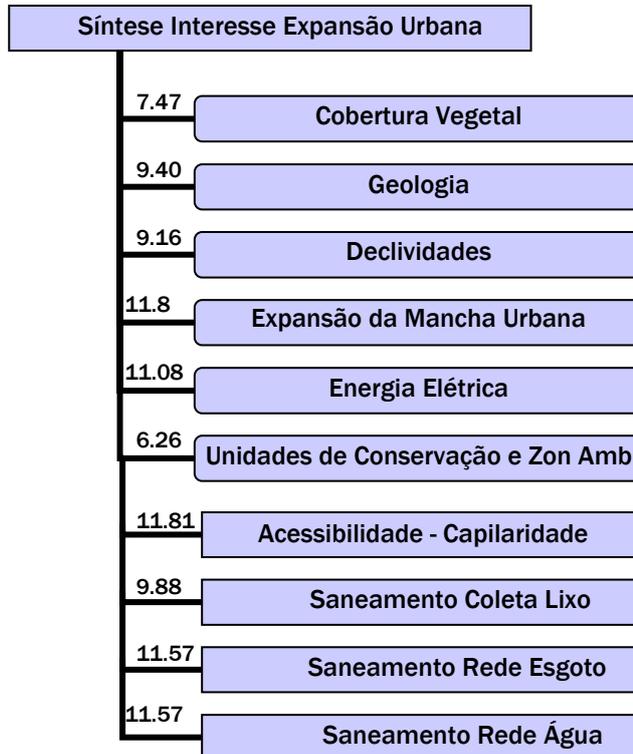


Figura 1: Árvore de Decisões na estruturação da Síntese de Interesse de Expansão Urbana

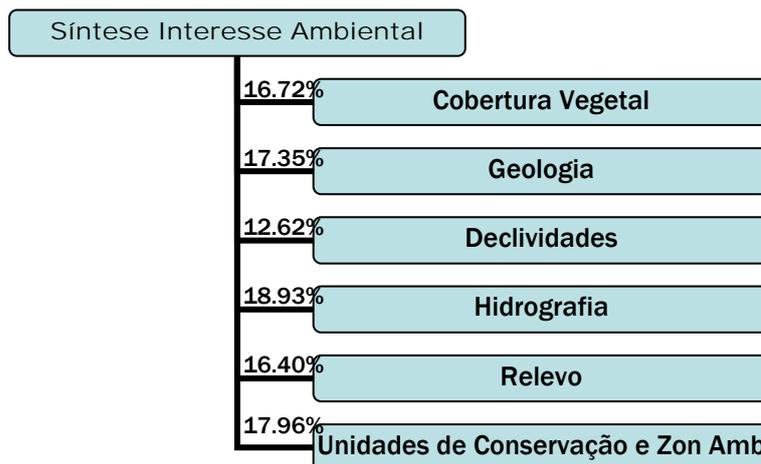


Figura 2 - Árvore de Decisões na estruturação da Síntese de Interesse Ambiental

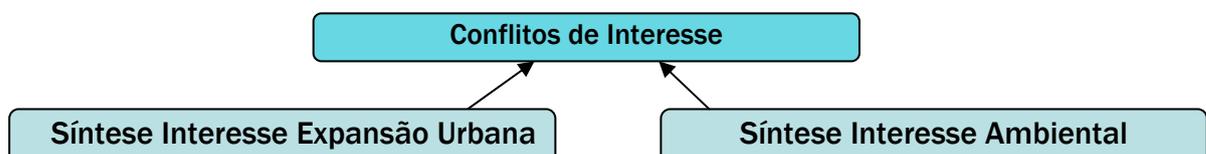


Figura 3 - Árvore de Decisões na estruturação dos Conflitos de Interesse

### 3. Resultados e Discussões

As camadas de informação de cada objetivo de análise, tanto de identificação do interesse ambiental como da identificação do interesse de expansão urbana. Cada camada foi transformada em uma superfície potencial de distribuição da variável em específico, segundo sua importância para cada objetivo de análise. As camadas foram combinadas por análise multicritérios e geraram as sínteses parciais que, por sua vez, foram cotejadas de modo a permitir a identificação de vocações e conflitos de interesse.

#### 3.1. Síntese de Interesse de Expansão Urbana

O procedimento de análise espacial identificou as variáveis que mais determinam o interesse sobre a ocupação antrópica do território de caráter urbano, e promoveu a construção dos planos de informação de cada variável. As camadas de informação foram traduzidas na forma de matrizes com resolução de 50 metros e cujos valores dos componentes de legenda significam o grau de pertinência, de 0 a 10, daquela situação para o interesse de expansão urbana.

**a) Cobertura Vegetal** – mapa obtido através da classificação de imagens de satélite Landsat 2009, resolução 28.5m. Observa-se que onde há expressiva cobertura vegetal ela é classificada como um fator de impedância ao interesse urbano (Figura 4).

**b) Geologia** – O mapeamento geológico teve como base os trabalhos da CPRM e as tipologias foram agrupadas em 10 faixas e classificados segundo as condições de ocupação (Figura 5).



Figura 4 – Cobertura Vegetal interesse urbano

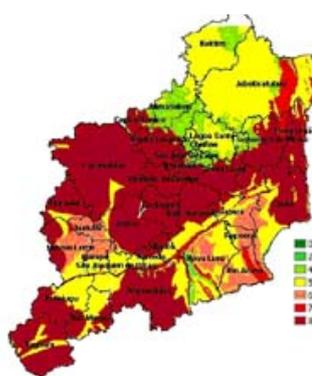


Figura 5 – Geologia interesse urbano

**c) Declividades** – classificadas nas faixas 0 a 5%, 5 a 15%, 15 a 30%, 30 a 47% e acima de 47%. A avaliação das condições de ocupação levou em consideração os riscos de inundação e atribui nota 8 à faixa de muito baixa declividade; a faixa de 5 a 15% recebeu nota 10; a faixa de 15 a 30% recebeu nota 7; a faixa de 30 a 47% recebeu nota 5 sendo considerada de médio risco uma vez que precisa apresentar laudo geotécnico para a ocupação; e a faixa acima de 47% recebeu nota 0 por ser de alto risco e não edificante.

**d) Expansão da Mancha Urbana** – mapa obtido pela localização da mancha de ocupação antrópica e definição de sua área de influência imediata e intermediária (Figura 6).

**e) Energia Elétrica** – mapa obtido pela localização dos postes de energia elétrica da CEMIG (Projeto GEMINI) e suas faixas de influência até as quais o serviço é de fácil extensão.

**f) Unidades de Conservação e Zoneamento Ambiental** – mapa obtido pela localização das unidades de conservação estaduais e federais, somadas às áreas definidas como de interesse ambiental pelos zoneamentos dos planos diretores municipais. É importante destacar que nem todos os municípios da região apresentam zoneamentos em seus planos diretores, de modo que foram mapeadas apenas as informações existentes. Foram separadas em níveis de condições de ocupação urbanas as áreas que são de total impedimento e as áreas consideradas de ocupação sustentáveis (APAs), assim como as sem restrições de interesse ambiental.

**g) Acessibilidade e Capilaridade** – foram mapeadas todas as vias urbanas e todas as estradas e o mapa aplica o procedimento de cálculo de densidade ponderado pela hierarquia viária. Foi feito trabalho de atualização simplificada dos eixos viários inexistentes a partir de imagens de satélite Rapid Eye (Figura 7).

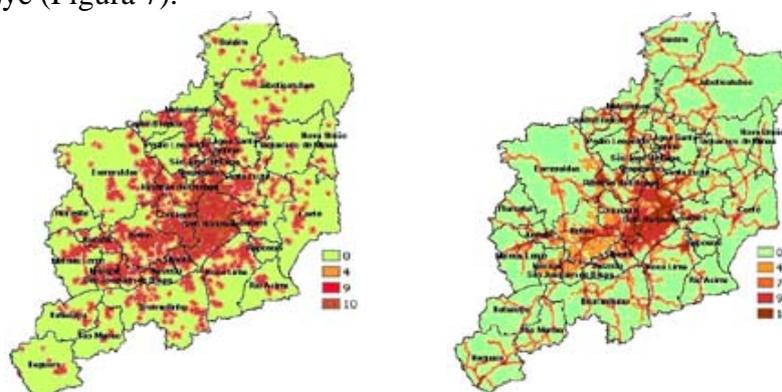


Figura 6 – Expansão da mancha urbana Figura 7 – Acessibilidade e Capilaridade

**h) Saneamento – Coleta de Lixo** – mapa obtido através de tabelas de dados do IBGE (2000) por setor censitário. **Rede de Esgoto** - mapa obtido através de tabelas de dados do IBGE (2000) por setor censitário. **Rede de Água** - mapa obtido através de tabelas de dados do IBGE (2000) por setor censitário.

**i) Mapa Síntese de Interesse de Expansão Urbana:** Uma vez compostos os mapas, eles foram sintetizados por análise multicritérios segundo valores definidos em processo de consulta a especialistas, pelo método Delphi. Os pesos atribuídos para cada camada foram: Unidades de Conservação (estadual e federal) e definição como de interesse ambiental no zoneamento municipal 6.26%, Cobertura vegetal 7.49%, Declividades 9.15%, Geologia 9.40%, Saneamento por Coleta de Lixo 9.88%, Existência de Energia Elétrica 11.08%, Saneamento por Rede de Água 11.57%, Saneamento por Rede de Esgoto 11.57%, Áreas de Expansão Urbana 11.80%, Capilaridade e Acessibilidade 11.81%. É importante lembrar que os riscos de se obter e atribuir um valor ao acaso é muito pequeno, devido ao número de variáveis envolvidas – ele vai de 1 sobre 100 a 10 sobre 100, uma vez que a matriz é composta por 10 variáveis (Figura 8).

Síntese de Interesse de Expansão Urbana

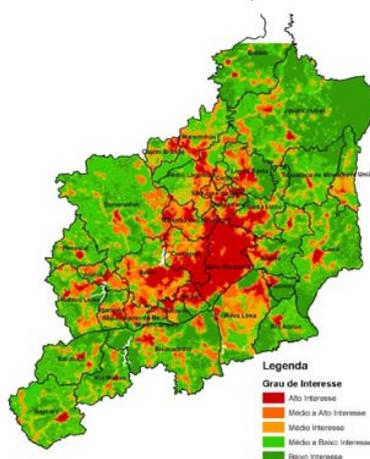


Figura 8 – Síntese de Áreas de Interesse de Expansão Urbana

### 3.2. Síntese de Interesse Ambiental

Através do mesmo procedimento realizado para a composição da síntese de interesse de expansão urbana, foi realizada a construção da síntese de interesse ambiental. Foram

identificadas as variáveis que mais determinam o interesse das condições ambientais e foram elaborados planos de informação de cada variável:

**a) Cobertura Vegetal** – mapa obtido através da classificação de imagens de satélite Landsat 2009, resolução 28.5m. Os tipos de cobertura vegetal foram classificados como de grande porte e de maior interesse ambiental, e de médio porte com médio interesse ambiental.

**b) Geologia** – O mapeamento geológico teve como base os trabalhos da CPRM e as tipologias foram agrupadas em 10 faixas e depois classificados segundo as condições de interesse de preservação.

**c) Declividades** – classificadas nas faixas 0 a 5%, 5 a 15%, 15 a 30%, 30 a 47% e acima de 47%. São consideradas de maior interesse de preservação as declividades acima de 47%, seguidas das declividades de 30 a 47% e áreas de baixa declividade propensas a inundações. As faixas de declividade de 5 a 15 e de 15 a 30% não são prioridade na preservação ambiental, segundo o ponto de vista específico da variável.

**d) Hidrografia** – mapa elaborado a partir da localização e construção das faixas de domínio de corpos d'água.

**e) Relevo** – mapa elaborado a partir de modelo digital de elevação e identificação das faixas de altimetria, seguida da separação de topos de morro e áreas baixas e várzeas.

**f) Unidades de Conservação e Zoneamento Ambiental** – foram elaborados dois mapas, um deles retratando a localização das unidades de conservação estaduais e federais, e outro apresentando as áreas definidas como de interesse ambiental pelos zoneamentos dos planos diretores municipais. É importante destacar que nem todos os municípios da região apresentam zoneamentos em seus planos diretores, de modo que foram mapeadas apenas as informações existentes. Esses dois mapas foram somados e compuseram o mapa de unidades de conservação e zoneamento ambiental.

**g) Mapa Síntese de Interesse Ambiental:** Uma vez compostos os mapas, eles foram sintetizados por análise multicritérios segundo valores definidos em processo de consulta a especialistas, pelo método Delphi. Os pesos atribuídos para cada camada foram: Hidrografia 18.93%, Unidades de Conservação (estadual e federal) e definição como de interesse ambiental no zoneamento municipal 17.96%, Geologia 17.35%, Cobertura vegetal 16.72%, Relevo 16.40% e Declividades 12.62%. É importante lembrar que os riscos de se obter e atribuir um valor ao acaso é muito pequeno, devido ao número de variáveis envolvidas – ele vai de 1 sobre 36 a 6 sobre 36, uma vez que a matriz é composta por 6 variáveis (Figura 9).

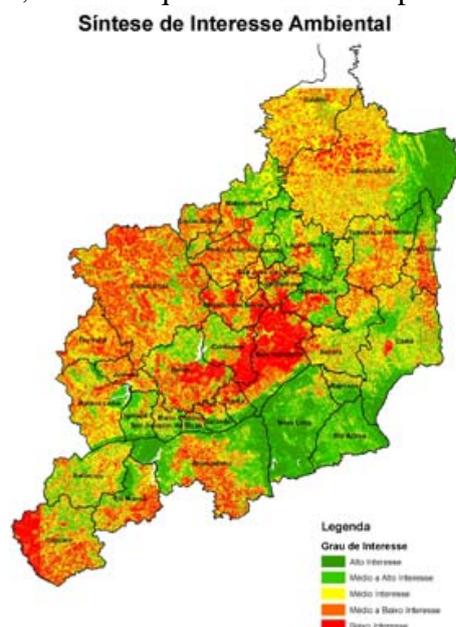


Figura 9 – Síntese de Áreas de Interesse Ambiental

#### 4. Conclusões - Identificação de Vocações e Conflitos de Interesse na Ocupação do Território da RMBH

Uma vez elaboradas as sínteses de interesse de expansão urbana e de interesse ambiental, elas são cotejadas de modo a promoverem a identificação das áreas onde a vocação de ocupação é claramente definida, onde há conflitos de interesse, assim como onde há condições específicas de vocações e interesses.

A lógica de análise continua sendo a análise matricial, nas qual são identificadas as possíveis combinações, como observado na figura 10:

		URBANO				
		A	MA	M	MB	B
AMBIENTAL	A	C	C	Ac	A	A
	MA	C	C	T	A	A
	M	Us	T	T	T	Ai
	MB	U	U	T	SC	SC
	B	U	U	Ui	SC	SC

A – AMBIENTAL  
 U – URBANO  
 C – CONFLITO  
 SC – SEM CONFLITO  
 Ac – AMBIENTAL COM CUIDADOS  
 Ai – AMBIENTAL COM INVESTIMENTOS  
 Us – URBANO SUSTENTÁVEL  
 Ui – URBANO COM INVESTIMENTOS  
 T – TRANSIÇÃO OU POTENCIAL DE TRANSFORMAÇÃO

Figura 10 – Matriz de Combinação e Interesses Conflitantes

Observam-se combinações onde há clara definição do predomínio de interesse ambiental ou do predomínio de interesse urbano. Em condições opostas, há as áreas que são de médio a alto interesse tanto ambiental como urbano, o que gera os conflitos, ao passo que há também áreas de médio a baixo interesse urbano e ambiental, o que as define como sem conflitos. As áreas de conflito serão decididas na política ou a partir de clara definição das prioridades de interesse, o que precisará ser amplamente justificado e argumentado. As áreas sem conflito são indicadas para os usos necessários da ocupação territorial que se colocados em outras posições gerariam conflitos, tais como aterros sanitários, parques industriais, usinas de reciclagem, entre outros.

Há regiões onde há o interesse médio na preservação ambiental e baixo interesse urbano, o que as define como de interesse ambiental, mas com necessidade de investimentos de recuperação. Há regiões onde há o alto interesse ambiental e o médio interesse urbano, o que as define como de interesse ambiental, mas serão necessários cuidados de fiscalização e manutenção, uma vez que há certo interesse urbano fazendo pressão.

Há regiões onde há o médio interesse urbano e o baixo interesse ambiental, o que as define como de interesse urbano, porém com necessidades de investimento para que se tornem de fato atrativas. Há regiões onde há o alto interesse urbano e o médio interesse ambiental, o que as define como de interesse urbano, mas de uso sustentável, uma vez que deve ser considerada também a questão ambiental. Estas áreas têm vocações para APAs.

Nas condições de combinações de médios interesses da ocupação urbana e da preservação ambiental estão regiões classificadas como de transição ou de potencial de transformação. Elas são significativamente interessantes para o planejamento territorial, uma vez que são regiões onde realizadas ações de transformação elas não geram conflitos e têm o poder de gerar efeitos de irradiação de resultados. Os resultados obtidos são apresentados na Figura 11.

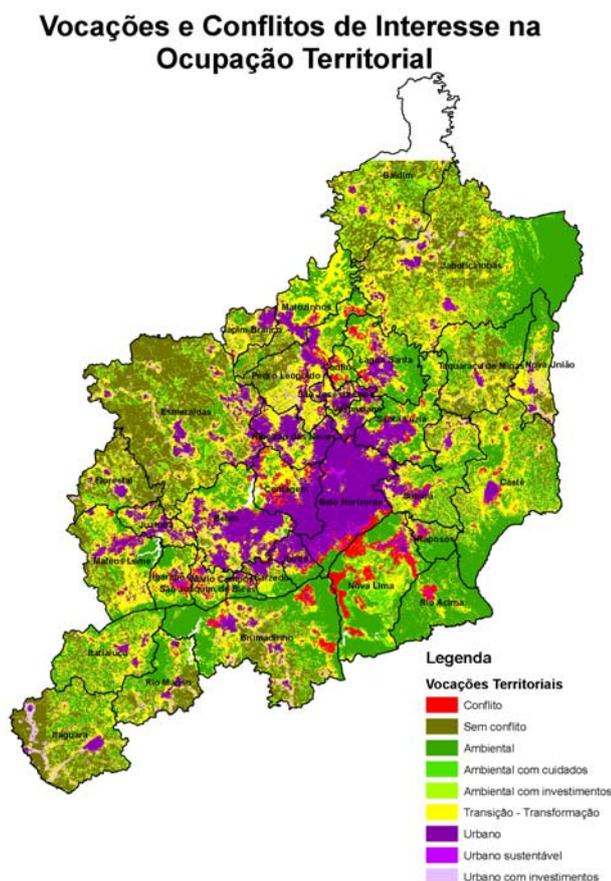


Figura 11 – Vocações de Conflitos de Interesse na Ocupação do Território da RMBH

### Agradecimentos

Agradecemos à valiosa colaboração da CEMIG, pela concessão de dados do projeto GEMINI para as investigações do PDDI – Plano de Desenvolvimento Integrado da Região Metropolitana de Belo Horizonte.

Agradecemos à Fapemig – Fundação de Amparo à Pesquisa no Estado de Minas Gerais - pelo apoio financeiro para a apresentação do trabalho no evento.

### Referências bibliográficas

MOURA, Ana Clara Mourão. **Geoprocessamento na gestão e planejamento urbano**. Belo Horizonte: Ed. da autora, 2ª. edição, 2005. 294p.

MOURA, Ana Clara Mourão. Reflexões metodológicas como subsídio para estudos ambientais baseados em Análise de Multicritérios. In.: Anais do XIII Simpósio de Sensoriamento Remoto (SBSR), 13, 2007, Florianópolis, **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007. Artigos, p. 2899-2906. CD-ROM.

MOURA, Ana Clara Mourão. Discussões metodológicas para aplicação do modelo de Polígonos de Voronoi em estudos de áreas de influência fenômenos em ocupações urbanas – estudo de caso em Ouro Preto – MG. In.: Anais do VII Encontro Nacional da Associação Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos (ENABER), 7, 2009, São Paulo, **Anais...** São Paulo:FEA/USP, 2009.

XAVIER-DA-SILVA, Jorge. **Geoprocessamento para análise ambiental**. Rio de Janeiro: D5 Produção Gráfica, 2001. 228 p.