

Cyleno Reis Guimarães

Evolução e Índice de Proteção das  
Áreas Vegetadas de Belo Horizonte

XII Curso de Especialização em Geoprocessamento  
2010



UFMG  
Instituto de Geociências  
Departamento de Cartografia  
Av. Antônio Carlos, 6627 – Pampulha  
Belo Horizonte  
cartog@igc.ufmg.br

**CYLENO REIS GUIMARÃES**

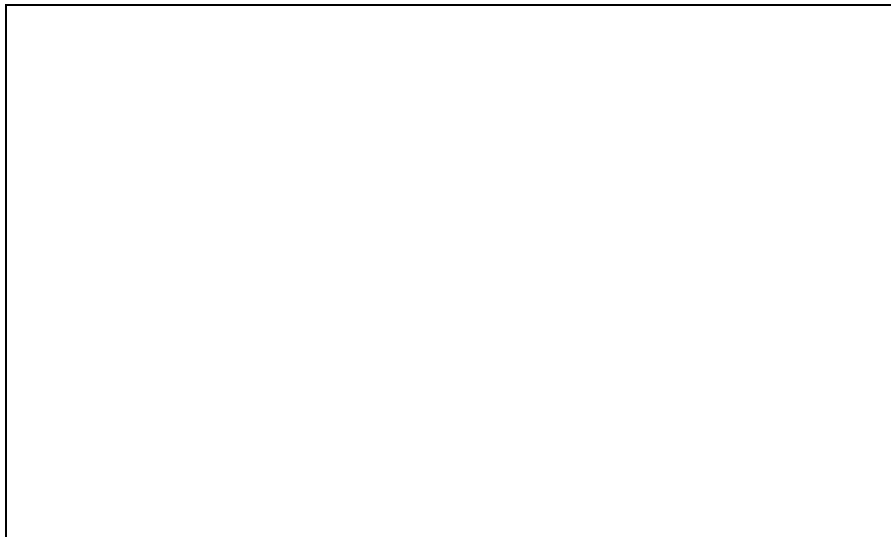
**EVOLUÇÃO E ÍNDICE DE PROTEÇÃO DAS ÁREAS VEGETADAS  
DE BELO HORIZONTE**

Monografia apresentada como requisito parcial à  
obtenção do grau de especialista em Geoprocessamento.  
Curso de especialização em Geoprocessamento.  
Departamento de Cartografia. Instituto de Geociências.  
Universidade Federal de Minas Gerais.

Orientador: Prof. Christian Rezende Freitas

**BELO HORIZONTE**

**2010**



Aluno Cyleno Reis Guimarães

Monografia defendida e aprovada em cumprimento ao requisito exigido para obtenção do título de Especialista em Geoprocessamento, em 16 de dezembro de 2010, pela Banca Examinadora constituída pelos professores:

---

Prof. Msc. Christian Rezende Freitas

---

Prof. Dr. Maria Márcia Magela Machado

*Para Márcia, a luz que guia meu coração*

## **AGRADECIMENTOS**

À minha família;

Aos colegas de turma, em especial ao Moacir, Scott, Simone e Elisa pela convivência e, principalmente, por terem tornado as noites de segunda, quarta e quinta bem mais divertidas;

Ao Charles, irritantemente conhecedor de qualquer software em uso ou não;

Ao amigo e orientador Christian e à Márcia pela ajuda no desenvolvimento do trabalho e pela compreensão dos problemas;

Aos demais professores, monitores e amigos que contribuíram para a conclusão desse trabalho;

Aos colegas da PBH, Agnus, Soninha e Rodrigo pelo apoio e pela troca de ideias.

Vida longa e próspera a todos. E que a Força esteja com vocês...

## RESUMO

As cidades estão constantemente exercendo pressão sobre os recursos naturais, sendo este um processo inerente à construção do espaço urbano. Com o agravamento dos incidentes envolvendo fenômenos naturais, a questão ambiental entrou na pauta das agendas governamentais. As áreas verdes tornaram-se um dos principais ícones da defesa pelo meio ambiente. Nas cidades, seus efeitos positivos são grandes. Para se criar uma política efetiva de proteção e manutenção das áreas verdes urbanas é necessária a sua identificação e o estabelecimento de mecanismos de avaliação e controle. Através do sensoriamento remoto e do processamento digital de imagens foi levantada a cobertura vegetal do município de Belo Horizonte para os anos de 1986 e 2010. Com a análise espacial, foi possível a análise da evolução dessa cobertura e o desenvolvimento de indicadores (Densidade de Áreas Vegetadas, Densidade de Áreas Protegidas, Índice de Áreas Vegetadas, Índice de Áreas Protegidas e Índice de Proteção das Áreas Vegetadas), que permitem o monitoramento dessas áreas e que poderão subsidiar o estabelecimento de políticas de planejamento e gestão ambiental.

Palavras chave: Áreas verdes, indicadores, meio ambiente, geoprocessamento, sensoriamento remoto

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### Figuras

Figura 1 – Fluxograma de trabalho.....	26
Figura 2 – Mapa de uso do solo, 1986.....	30
Figura 3 – Mapa de uso do solo, 2010.....	31
Figura 4 – Mapa de mudança de uso do solo, 1986-2010.....	32
Figura 5 – Mapa de áreas protegidas estaduais e municipais, 2010.....	34
Figura 6 – Indicadores por Região Administrativa, 2010.....	35

### Gráficos

Gráfico 1 – Classes de uso do solo em Belo Horizonte, 1986-2010.....	29
Gráfico 2 – Índices de áreas vegetadas e protegidas – IAV/IAP, 2010.....	36
Gráfico 3 – Índice de proteção das áreas vegetadas – IPAV, 2010.....	37
Gráfico 4 – Comparação IAV/IAP entre porção norte e sul de BH, 2010.....	38



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Uso do solo em Belo Horizonte (km <sup>2</sup> ), 1986-2010 .....	28
Tabela 2 – Variação nas classes de uso do solo, 1986-2010.....	29
Tabela 3 – Síntese dos indicadores de áreas vegetadas – Belo Horizonte, 2010 .....	36

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

APA – Área de Proteção Ambiental

APE – Área de Proteção Estadual

FAO – Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (Food and Agriculture Organization)

GeoTIFF – Georeferenced Tagged Image File Format

GPS – Sistema de Posicionamento Global (Global Positioning System)

INPE/DGI – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais/Divisão de Geração de Imagens

OMS – Organização Mundial da Saúde (World Health Organization/WHO)

ONU – Organização das Nações Unidas (United Nations/UN)

PBH – Prefeitura de Belo Horizonte

RA – Região Administrativa (Regionais)

RMBH – Região Metropolitana de Belo Horizonte

RPPN – Reserva Particular do Patrimônio Natural

SBAU – Sociedade Brasileira de Arborização Urbana

SPRING – Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas (software)

TM/ LANDSAT –Thematic Mapper (um dos sensores embarcados no satélite Landsat 5)

USGS – Serviço Geológico dos Estados Unidos (United States Geological Survey)

WGS84 – Sistema Geodésico Mundial (World Geodetic System) 84

## SUMÁRIO

Lista de ilustrações.....	viii
Lista de tabelas .....	ix
Lista de siglas e abreviaturas.....	x
1. Introdução.....	12
2. Objetivos .....	14
2.1 Objetivos específicos.....	14
3. Bases Teóricas .....	15
3.1 Cidades, preservação ambiental e áreas verdes urbanas.....	15
3.2 Indicadores.....	18
3.3 Geoprocessamento no planejamento urbano.....	21
3.3.1 Sensoriamento remoto e imagens de satélite.....	21
3.3.2 Processamento digital de imagens .....	22
3.3.3 Análise espacial .....	23
3.4 Metodologia .....	24
4. Análise de resultados.....	27
4.1 Análise temporal – Evolução da área vegetada.....	28
4.2 Construção de indicadores .....	33
5. Conclusões.....	39
Referências bibliográficas .....	40
Anexos .....	43

## 1. INTRODUÇÃO

A acentuada urbanização verificada pelas cidades brasileiras, notadamente a partir da década 70, trouxe consigo diversos problemas de ordem social, ambiental, econômica, fundiária, entre outros e que se apresentam na ordem do dia das agendas governamentais neste início de século. O rápido aumento da população urbana fez com que as cidades crescessem à revelia do planejamento urbano, implicando na expansão desordenada do seu território e no seu avanço sobre os remanescentes naturais, especialmente pela parcela da população excluída do processo produtivo capitalista.

Como local primordial das experiências antrópicas e um dos principais agentes modificadores do ambiente natural, a cidade apresenta-se como um dos grandes focos do embate entre desenvolvimento e preservação ambiental. O desafio, dentro do conceito de desenvolvimento sustentável, coloca-se na manutenção da qualidade do ambiente urbano, sem que haja prejuízo dos espaços e recursos naturais.

Silva Júnior (s.d.) afirma que as questões ambientais estão cada vez mais relacionadas ao bem estar dos cidadãos, aumentando o anseio pela harmonização entre crescimento econômico e equilíbrio ambiental. A temática ambiental está cada vez mais inserida nos programas de planejamento passando, inclusive, a constituir metas dos mesmos, sendo as áreas verdes um dos principais temas na pauta de discussões.

A presença de áreas verdes no universo urbano é um fator essencial no resgate dos aspectos positivos da relação das formas urbanas com a natureza. A distribuição das áreas verdes urbanas e a distância entre elas influem diretamente sobre as suas funções econômica, estética, social e ecológica. Desse modo, torna-se imprescindível que a gestão das áreas verdes urbanas incorpore em seus aspectos sociais e ambientais conceitos relacionados à qualidade, quantidade e distribuição destes espaços, fazendo associações quanto às diferentes categorias de áreas verdes e sua distribuição espacial na cidade. (SILVA JÚNIOR, s.d.)

Dessa forma, torna-se importante elaborar meios de avaliação e acompanhamento das variações ao longo do tempo dessas áreas, para que as políticas públicas possam ser ajustadas ao interesse coletivo e de acordo com a dinâmica urbana.

Como afirmam Hulsmeyer e Souza (2007), o geoprocessamento constitui uma ferramenta de grande utilidade, pois permite, em curto espaço de tempo, a obtenção de uma grande

quantidade de informações qualitativas e quantitativas. O uso do sensoriamento remoto, aliado à utilização de Sistemas de Informações Geográficas e tecnologia GPS, são meios de que se dispõe hoje para acelerar e reduzir custos dos mapeamentos, auxiliando no planejamento urbano.

O uso do geoprocessamento permite a rápida identificação e quantificação dessas áreas, através das ferramentas de sensoriamento remoto e processamento digital de imagens. Isso permite agilidade no tratamento da informação, que aliada às ferramentas gratuitas, possibilita análises detalhadas e a um baixo custo de operação e implantação, facilitando seu acesso por administrações municipais sempre envolvidas com escassez de recursos.

Dentro dessa perspectiva, este estudo propõe duas formas para o acompanhamento da evolução das áreas verdes no município: a primeira, através da identificação e espacialização das áreas verdes em um determinado intervalo de tempo e a segunda, pela construção de indicadores que reflitam o estado dessas áreas, trazendo a possibilidade de comparação entre os diversos setores da cidade.

## **2. OBJETIVOS**

O objetivo deste trabalho consiste em analisar a variação das áreas vegetadas no município de Belo Horizonte nos últimos 24 anos através das ferramentas de geoprocessamento e desenvolver índices para o monitoramento e avaliação das áreas vegetadas.

### **2.1 Objetivos Específicos**

- Conhecer a extensão e distribuição da cobertura vegetal e das áreas protegidas no município (1986-2010);
- Analisar a variação da densidade de áreas verdes no período (1986-2010);
- Calcular o Índice de Áreas Vegetadas (IAV) e o Índice de Áreas Protegidas (IAP), verificando a sua adequação à diretriz de 12m<sup>2</sup>/hab do Plano Diretor de Belo Horizonte (2010);
- Estabelecer um indicador do nível de proteção das áreas vegetadas (2010).

### 3. BASES TEÓRICAS

#### 3.1 Cidades, preservação ambiental e áreas verdes urbanas

A preocupação ambiental, que tem como marco histórico a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano, em junho de 1972, desde então vem ganhando importância nas discussões governamentais acerca do futuro das cidades.

A crescente degradação do ambiente urbano, em parte pela distorção das prioridades dos governos, em parte pelo descaso com o interesse comum, vem revelando sua face mais cruel, como mostram os recentes desastres ocorridos em Santa Catarina (2008/2009) e na região serrana do Rio de Janeiro (2010/2011), dentre outros.

Os abusos cometidos sobre a natureza chegaram ao limite. Eventos que antes aconteciam em localidades específicas ou com grande periodicidade ocupam o dia-a-dia dos noticiários. As alterações do ambiente natural, especialmente a partir da Revolução Industrial do final do século XIX e, em particular, com os grandes avanços tecnológicos do século XX, colocam questões relevantes na pauta de discussões atual.

As cidades há muito tempo crescem à margem do seu substrato natural, aquele que lhe dá suporte, desconsiderando sua dinâmica, seus regimes, assentando sobre ele um novo ambiente, alterado, porém sempre dele dissociado. A lógica funcionalista de produção do espaço urbano não é mais capaz de responder a todas as questões que ora se apresentam no contexto das cidades de hoje.

As dimensões ambiental e social, mais do que nunca, tornaram-se essenciais na busca pela cidade sustentável, aquela que trará equidade no uso dos recursos naturais, justiça social, equilíbrio econômico, moradia para todos, conceitos amplamente ligados ao que se convencionou chamar de “qualidade de vida”.

Na busca pela sustentabilidade nas cidades atuais, com uma distribuição dos espaços urbanos e rurais/naturais melhor proporcionada, teorias urbanísticas que resgatam a presença do ambiente natural em comunhão com as cidades, como a Garden-City de Ebenezer Howard<sup>1</sup> ou

---

<sup>1</sup> *Garden City*, utopia proposta pelo arquiteto inglês Ebenezer Howard no seu livro *Garden Cities of Tomorrow* em 1902, no qual traçava um plano urbanístico que almejava ser a perfeita união entre cidade e campo (*town-country*).

a Broadacre de Frank Lloyd Wright<sup>2</sup>, entre outras, nas primeiras décadas do século passado, são resgatadas como uma alternativa vantajosa para a vida urbana.

Hoje se assiste a uma volta do naturalismo, talvez não de uma maneira romântica como viram Howard e Wright, mas como necessidade, para amenizar os efeitos adversos sobre a cidade tais como ilhas de calor, enchentes, tornados, ruído elevado, poluição do ar, inversão térmica e tantos outros fenômenos, antes esporádicos, agora tornados corriqueiros no cotidiano de todos.

A “qualidade de vida” é frequentemente associada à presença de certa quantidade de ambiente natural, como corroboram os subúrbios de alta renda que se multiplicam na RMBH (Nova Lima, Lagoa Santa, Santa Luzia, Vespasiano, entre outros). As cidades estão por demais cheias, por demais “cinza”, por demais barulhentas.

Nesse sentido, torna-se cada vez mais relevante a manutenção dos remanescentes naturais urbanos, aí não só incluídas as formações vegetais, mas também os recursos hídricos, iluminação e ventilação naturais, entre outros. As áreas verdes tornaram-se os principais ícones de defesa do meio ambiente pela sua degradação e pelo exíguo espaço que lhes é destinado nos centros urbanos.

A presença do “verde” nas cidades contemporâneas não se restringe mais ao aspecto paisagístico ou recreativo, como são tradicionalmente vistas. Sua importância é muito maior do que serem áreas de lazer ou locais para preservação da flora e fauna. As áreas verdes são peças-chave no provimento dos serviços ambientais<sup>3</sup> nas grandes cidades. Diante dessas constatações torna-se premente a manutenção (e até a ampliação) das áreas hoje existentes na malha urbana

Diferentemente da terra, ar ou água, o “verde urbano” não é uma necessidade óbvia da cena urbana, embora seja um atributo muito importante, porém negligenciado, no planejamento do desenvolvimento das cidades (NUCCI et al, 2003).

Segundo Almeida et al (2009), as modificações produzidas pelo homem, no caso das cidades, são o principal vetor da degradação ambiental, sendo que essa dinâmica tende a suprimir os

---

<sup>2</sup> *Broadacre City* foi formulada pelo arquiteto americano Frank Lloyd Wright na década de 1930, sendo um plano urbanístico comunitário descentralizado, apoteose dos recém nascidos subúrbios e que tem muito em comum com os conceitos de Howard.

<sup>3</sup> Serviço ambiental é o termo utilizado para designar as funções dos ecossistemas para a manutenção das condições adequadas para a vida no planeta, inclusive do homem. São exemplos de serviços ambientais: produção de oxigênio e purificação do ar pelas plantas; estabilização das condições climáticas, por meio de moderação das temperaturas, das chuvas e das correntes de ar; controle de erosão e deslizamentos; entre outros.



elementos físico-naturais para dar lugar ao desenvolvimento urbano. A manutenção dos espaços livres de construção, nos quais as áreas verdes se inserem, garante uma série de benefícios à população.

Os assim chamados serviços ambientais só serão satisfatoriamente providos pelas áreas verdes se apresentados em quantidade e qualidade adequadas. É necessária certa quantidade de espaço verde por habitante, com composição e estrutura de vegetação que correspondam às funções desejadas pela população (BERTOLO et al, 2005).

Diante disso, torna-se necessário determinar para as áreas verdes urbanas não só a sua serventia, mas também o entendimento do que este termo significa. Na análise proposta neste estudo, estes conceitos são de extrema importância, pois interferem diretamente na tipologia das áreas que serão consideradas no cálculo dos diversos índices de áreas verdes.

Os estudos em escala local tendem a considerar a presença de árvores isoladas, canteiros e jardins nos cálculos de área vegetada. Em escala municipal e regional, o mapeamento tende a se generalizar, centrando numa visão de conjunto da área.

Um fator relevante a ser considerado no mapeamento das áreas verdes urbanas é a definição conceitual da área a ser mapeada, bem como quais são as funções desempenhadas na trama urbana que serão mapeadas.

Os termos espaços livres, espaços abertos e áreas verdes são frequentemente utilizados para designar áreas semelhantes. “Do ponto de vista conceitual, uma área verde é sempre um espaço livre” (CAVALHEIRO e DEL PICCHIA, 1992). Os autores defendem que o termo espaço livre deveria ser preferido ao uso de área verde, por ser mais abrangente, incluindo, inclusive as águas superficiais.

No entanto, muitos dos serviços ambientais associados ao verde urbano não precisam necessariamente estar atrelados a algum uso pela população. O simples fato da existência de uma área de proteção integral na cidade já traz benefícios para o clima, qualidade do ar, ruído, fauna urbana, entre outros.

A partir desses conceitos, este estudo adotou os termos área vegetada e área protegida. A área vegetada abrange, independente do seu uso ou da posse, as áreas cobertas por vegetação (arbórea, arbustiva ou gramínea). Por outro lado, do ponto de vista da gestão ambiental, as áreas protegidas são tão ou mais importantes do que as áreas vegetadas, visto que a dinâmica da substituição de usos inerente ao processo de produção da cidade tende a suprimir os

remanescentes naturais. Sendo assim, a área protegida é aquela de propriedade particular ou pública, com cobertura vegetal significativa total ou parcial e que tem seu uso/manutenção assegurado na forma de unidades de conservação, parques, praças e outros.

### **3.2 Indicadores**

O planejamento urbano atual carece da incorporação de novos mecanismos de gestão urbana, capazes de responder à crescente demanda e importância da dimensão ambiental no cotidiano das cidades. Dentre esses instrumentos, destacam-se os sistemas de indicadores e os índices, possibilitando “a produção de diagnósticos, o subsídio à proposição de políticas públicas (bem como avaliação da eficácia das mesmas), além de proporcionar a um maior número de atores, o acesso à informação.” (SEPE e BRAGA, 2009).

Os indicadores são importantes instrumentos de gestão, pois permitem rápida visualização dos êxitos e fracassos das políticas públicas, simplificando temas complexos a uma quantidade de números que podem ser facilmente tomados e entendidos por quem elabora as políticas e pelo público em geral.

Apesar disso, “na última década os sistemas de indicadores têm sido tratados como métodos de relativa eficiência para o monitoramento da qualidade urbana por trabalharem com variáveis diversas e complementares. Nem sempre a construção desses sistemas têm incorporado aspectos relativos a espaços livres públicos de lazer ou espaços livres em geral e não raramente são incorporados de maneira pouco consistente. Observa-se ainda que a melhora dessas ferramentas depende também da compreensão ou aprimoramento de princípios relativos ao planejamento de espaços livres.” (FONTES, 2008)

Uma política de gestão e manejo das áreas verdes exige, primeiramente, um diagnóstico preciso da sua ocorrência e do seu estado. O verde é o elemento mais frágil nas cidades, uma vez que sofre diretamente os efeitos da ação antrópica, representada pelas pressões da urbanização e do adensamento populacional. “Para garantir um mínimo de bem-estar à população, é importante quantificar os elementos relacionados à cobertura vegetal presentes nas cidades.” (ALVAREZ et al, 2010)

Para Sepe e Braga (2010), a escolha dos melhores indicadores de sustentabilidade aplicáveis às cidades se encontra muito distante de consensos, assim como a própria definição de desenvolvimento sustentável/sustentabilidade.

A caracterização das áreas verdes, analisando seus aspectos quantitativos, qualitativos e de distribuição na malha urbana é de fundamental importância para que se possa realizar um planejamento urbano e ambiental condizente com a realidade e a necessidade do meio. Estes aspectos têm sido abordados através de indicadores, dependentes e independentes da demografia, expressos respectivamente em termos de superfície de área verde/habitante (Índice de Áreas Verdes e Arborização Urbana) e a parcela de solo ocupado pelas áreas verdes (Densidade de Áreas Verdes). (SÁ et al, s.d.)

Medições quantitativas como porcentagens de áreas verdes por quadra ou área verde por habitante fornecem modos de identificar e localizar áreas para replanejamento e reconstrução da cidade. Por outro lado, porcentagens e distribuição dos espaços verdes também podem ser utilizadas para caracterizar uma “imagem da cidade”, qualidade de vida ou atratividade de determinados quarteirões ou de unidades de planejamento. (SCHOPFER et al, s.d.)

No Brasil, o monitoramento corrente da oferta de espaços livres públicos prende-se a critérios mais quantitativos que dimensionam principalmente a área de espaço livre per capita ( $m^2/hab$ ) sem, contudo, haver consenso no meio técnico ou acadêmico sobre parâmetros ótimos ou sobre a diversidade de tipos e funções dos espaços livres. Dessa forma, é bastante comum que um mesmo indicador seja utilizado de maneira diferente por cada gestor ou pesquisador, dificultando avaliações comparativas e reformulações urbanísticas. (FONTES, 2008)

No entanto, o uso de estimativas de  $m^2/habitante$  vem sendo questionado desde a década de 80, como ressalta Silva Júnior (s.d.), visto que tais índices incorporam todo tipo de área livre, incluindo terrenos muitas vezes inadequados. Esta é uma questão importante, já que os valores dos indicadores podem variar consideravelmente de acordo com a tipologia das áreas, considerando-se ou não aspectos como o seu uso, características físicas ou a sua posse (pública ou privada), como discutido anteriormente.

Como em geral o termo áreas verdes está associado a “diversos tipos de espaços urbanos que têm em comum o fato de serem abertos, acessíveis, relacionados com saúde e recreação ativa e passiva, proporcionando interação das atividades humanas com o meio ambiente (DEMATTE, 1997 apud HARDER et al, 2006), este estudo adotou o termo áreas vegetadas,

que engloba as áreas com algum tipo de cobertura vegetal (arbórea, arbustiva ou rasteira), não fazendo distinção de uso, propriedade, acessibilidade, entre outros, por entender que todas as áreas vegetadas entregam um certo número de serviços ambientais, em maior ou menor quantidade em função de suas características.

A questão controvertida da categorização e definição de áreas verdes adotadas por vários autores brasileiros torna ainda mais complexa uma avaliação sobre aquilo que se poderia chamar de “índices mínimos de cobertura vegetal” (OLIVEIRA, 1996 apud HARDER et al, 2006).

Na tentativa de chegar a um denominador comum para estas questões, técnicos de diversas áreas têm buscado estabelecer um valor mínimo ideal de áreas verdes por habitante que satisfaça às necessidades humanas e permita um nível mínimo de qualidade do ambiente urbano. No entanto, o estabelecimento desse valor está longe de um consenso. O valor de 12m<sup>2</sup>/hab, considerado ideal e largamente difundido no Brasil, frequentemente atribuído à ONU, OMS ou FAO é desconhecido dessas organizações, como discutido por Cavalheiro e Del Picchia (1992). Mesmo assim, o Plano Diretor de Belo Horizonte (Lei 7165/96 e alterações posteriores) adotou esse valor como uma das diretrizes para o meio ambiente<sup>4</sup>. A SBAU, em sua Carta de Londrina, recomendou o valor de 15m<sup>2</sup>/hab para as áreas verdes públicas, entendidas como sendo aquelas destinadas à recreação e com finalidade de assegurar as condições mínimas de qualidade de vida.

Além dos indicadores de Densidade de Áreas Vegetadas (DAV), que expressa a parcela de solo ocupado pelas áreas verdes, será calculado, de maneira análoga, o indicador de Densidade de Áreas Protegidas (DAP).

Para a verificação do atendimento à diretriz de 12m<sup>2</sup>/hab do Plano Diretor de Belo Horizonte, serão calculados o Índice de Áreas Vegetadas (IAV) e o Índice de Áreas Protegidas (IAP), expressos em metros quadrados por habitante (m<sup>2</sup>/hab), para o município e também desagregados por Região Administrativa. A partir desses indicadores, será calculado o Índice de Proteção das Áreas Vegetadas (IPAV), variando entre zero e um. O índice é resultante da razão entre as áreas protegidas e as áreas vegetadas (IPAV = IAP/IAV). Na sua variação, o valor um significa que todas as áreas vegetadas são protegidas, enquanto o valor zero indica que nenhuma área vegetada é protegida.

---

<sup>4</sup> Art. 22, Inciso XV – Assegurar a proporção de, no mínimo, 12 m<sup>2</sup> (doze metros quadrados) de área verde por municípe, distribuídos por administração regional.

### 3.3 Geoprocessamento no Planejamento Urbano

#### 3.3.1 Sensoriamento remoto e imagens de satélite

Segundo Jensen (2011), “sensoriamento remoto é a arte e a ciência de obter informação sobre um objeto sem estar em contato físico com o objeto”. Ponzoni & Shimabukuro (2010), ressaltam que, além dos conceitos de distância, informação e contato físico expressos acima, devem ser destacados “aqueles intrínsecos aos processos de interação entre radiação eletromagnética, considerada a peça fundamental das técnicas de sensoriamento remoto e os diferentes objetos (alvos) dos quais se pretende extrair alguma informação”.

Atualmente, há uma variedade de sensores – radares, sensores de varredura e sensores fotográficos – que fornecem dados sobre a superfície terrestre, idealizados para a produção de imagens do terreno e que utilizam radiação eletromagnética como fonte de energia.

O sensoriamento remoto pode ser usado para medir e monitorar importantes características biofísicas e atividades humanas na Terra (Jensen, 2011), podendo ser exploradas diferentes escalas de trabalho, dependentes da natureza dos estudos pretendidos, constituindo uma das importantes ferramentas do geoprocessamento para o mapeamento urbano.

Com a popularização das ferramentas de geoprocessamento, aí incluídos o sensoriamento remoto, o processamento digital de imagens, os softwares de SIG e Desktop Mapping, e a consequente redução de custos operacionais, há um crescente aumento da demanda pela sua utilização no apoio ao planejamento urbano e territorial.

Em relação à aplicação de dados de sensoriamento remoto, Foresti e Pereira (1987, *apud* LUCHIARI, 2001) comentam que o ambiente urbano é composto de vários materiais como o concreto, o asfalto, as coberturas cerâmicas e metálicas dos edifícios, as áreas desnudas e os vários tipos de vegetação. Em relação à aplicação das técnicas de sensoriamento remoto o conjunto desses materiais, ocorrendo em pequenas áreas, resulta em texturas, variações de tonalidades e padrões bastante complexos. A composição química e a estrutura física desses materiais fazem com que cada um possua uma maneira característica de interação com a energia eletromagnética, revelando respostas espectrais diferentes.

A interpretação das imagens de sensoriamento remoto sofreu uma grande contribuição oferecida com os avanços da informática, principalmente os relacionados com o advento e

vulgarização do microcomputador pessoal. O uso do computador passou a ser um instrumento indispensável no processo de análise dessas imagens. Por meio das técnicas de processamento digital de imagens, é possível aplicar uma série de rotinas computacionais aos dados, de modo a permitir a extração de informações específicas sobre determinadas feições de interesse do pesquisador. Esse procedimento reduz em muito o conhecimento do intérprete, que tem um papel relevante. Com o objetivo de identificar e estudar o comportamento da vegetação, as rotinas de classificação de padrões e as que visam obter índices de vegetação são aplicadas às imagens.

### *3.3.2 Processamento Digital de Imagens*

Segundo Dutra (2003, apud BARBOSA, 2003), as imagens de satélites são processadas por sistemas computacionais através de funções matemáticas específicas em poucos minutos ou até mesmo segundos. Soma-se a isso, a informação de que o processamento digital traz um ganho substancial porque permite distinguir detalhes não visíveis a olho nu e a separar um número muito maior de cores que o olho humano; ajuda a melhorar a qualidade para a identificação visual; extrai, automaticamente, informações quantitativas de objetos presentes na imagem; e, armazena os dados de forma altamente eficiente.

Há mais de uma década, os produtos do imageamento pelo sistema Landsat vêm sendo utilizados como material de base para o mapeamento de feições ao longo de gradientes contínuos de área, permitindo, além da representação do terreno, análises temporais de fenômenos terrestres diversos.. Além da redução do custo final dos trabalhos, outras vantagens também podem ser citadas quando do emprego desse material, bem como de outros produtos de sensores orbitais similares: fornecem uma visão geral do terreno e possibilitam obter um bom nível de exatidão na estratificação automática da paisagem estudada. (BARBOSA, 2003)

Os esquemas empregados em trabalhos de classificação para fins de mapeamento consistem geralmente de uma adaptação aos sistemas gerais de classificação. As classes podem ser definidas como unidades simples ou associação de classes; isto vai variar em função do espaço a ser estudado e a escala de trabalho. Na maioria das vezes a unidade simples aparecerá apenas em estudos de detalhe ou semidetalhe; nos levantamentos a nível regional predominarão as associações de classes. As classes básicas, nessa proposição, são: agricultura,

pecuária, agropecuária, extrativismo, mineração, áreas especiais e áreas urbanas. (BARBOSA, 2003)

Este estudo adotou as imagens gratuitas TM/Landsat 5, que permitiram um maior intervalo temporal para uma mesma escala de trabalho, com resolução espacial (30m) adequada ao nível de análise pretendido (análise regional). Com estas imagens, foi possível indicar classes de uso do solo que subsidiaram a construção dos indicadores e a análise temporal da evolução da área vegetada.

### *3.3.3 Análise Espacial*

Complementarmente ao sensoriamento remoto e ao processamento digital de imagens, a análise espacial também é utilizada pelo planejamento urbano como suporte para estudos de processos e fenômenos inerentes à dinâmica e ao desenvolvimento das cidades (BARBOSA, 2002), através do tratamento e organização do dado geográfico.

Bailey (1994, *apud* ROCHA, 2004) define a Análise Espacial como uma ferramenta que possibilita manipular dados espaciais de diferentes formas e extrair conhecimento adicional como resposta. Incluindo funções básicas como consulta de informações espaciais dentro de áreas de interesse definidas, manipulação de mapas e a produção de alguns breves sumários estatísticos dessa informação; incorporando também funções como a investigação de padrões e relacionamentos dos dados na região de interesse, buscando, assim, um melhor entendimento do fenômeno e a possibilidade de se fazer previsões.

O processo da análise espacial segundo Câmara et al. (2002) compreende um conjunto de procedimentos encadeados cuja finalidade é a escolha de um modelo inferencial que considere explicitamente o relacionamento espacial presente no fenômeno. Os procedimentos iniciais da análise incluem o conjunto de métodos genéricos de análise exploratória e a visualização dos dados, em geral através de mapas. Essas técnicas permitem descrever a distribuição das variáveis de estudo, identificar observações atípicas não só em relação ao tipo de distribuição, mas também em relação aos vizinhos e buscar a existência de padrões na distribuição espacial. Através desses procedimentos é possível estabelecer hipóteses sobre as observações, de forma a selecionar o modelo inferencial melhor suportado pelos dados.

De posse dos mapas de classificação de uso do solo para 1986 e 2000, foi possível realizar o seu cruzamento, utilizando os conceitos de álgebra de mapas, para a geração do mapa de

mudança de uso do solo, que permitiu identificar os locais onde houve alteração de uso e quais os novos usos assumidos.

### **3.4 Metodologia**

Para o desenvolvimento do estudo, adotou-se como premissa a utilização de recursos que oferecessem baixo custo de execução e manutenção. Daí a opção pelo software Spring para a classificação das imagens, com complementação das análises e elaboração de layouts de impressão nos softwares ArcGIS e MapInfo, já utilizados pela Prefeitura de Belo Horizonte.

Seguindo essa linha, foram utilizadas imagens de satélite do município de Belo Horizonte disponibilizadas gratuitamente na internet em diversos sítios nacionais e estrangeiros. Apesar da limitação imposta pela resolução das imagens disponíveis, essa resolução atende à escala de planejamento pretendida por este estudo.

Dentre as resoluções disponíveis para as imagens gratuitas, adotou-se a resolução de 30m, a qual permitiu a utilização de imagens obtidas com o sensor TM do satélite Landsat 5, lançado em 1984, tendo sido escolhidas imagens para os anos de 1986 e 2010, totalizando um intervalo temporal de análise de 24 anos, sendo:

- Data: 16/09/1986 – TM/Landsat 5 – Bandas 3, 4 e 5 – USGS/Global Visualization Viewer (<http://glovis.usgs.gov/>) – Anexo A;
- Data: 01/08/2010 – TM/Landsat 5 – Bandas 3, 4 e 5 – INPE/DGI – Divisão de Geração de Imagens ([http://www.dgi.inpe.br/siteDgi\\_EN/index\\_EN.php](http://www.dgi.inpe.br/siteDgi_EN/index_EN.php)) – Anexo B;

Após o download das imagens, foi efetivamente iniciada a sua manipulação com o georreferenciamento no ArcGIS, para correção de pequenos deslocamentos. Com as imagens ajustadas, foi realizada a sua classificação a fim de determinar do uso do solo no município de Belo Horizonte. Foi utilizado o software Spring, do INPE. O método utilizado foi o da Máxima Verossimilhança (MaxVer), sendo estabelecidas cinco categorias: urbano, solo exposto, verde 1 (arbóreo, arbustivo), verde 2 (gramínea/rasteiro) e água.

O raster resultante foi exportado no formato GeoTIF e trabalhado no ArcGIS para tabulação dos dados e extração das áreas de cada uma das categorias para o município e para cada uma



das regiões administrativas. As cinco categorias de uso do solo foram agrupadas em três para simplificação da análise: urbanizado (urbano e solo exposto), vegetado (verde 1 e 2) e água.

De posse dos quantitativos, os valores foram trabalhados no Microsoft Excel na forma de tabelas e gráficos. Com estes procedimentos, estava concluída a etapa de geração de dados de cobertura vegetal no município e que subsidiou a análise temporal.

Para a construção dos índices, no entanto, ainda foi necessário determinar as áreas protegidas no município, bem como sua extensão e distribuição. Para este fim, foram utilizadas as bases vetoriais:

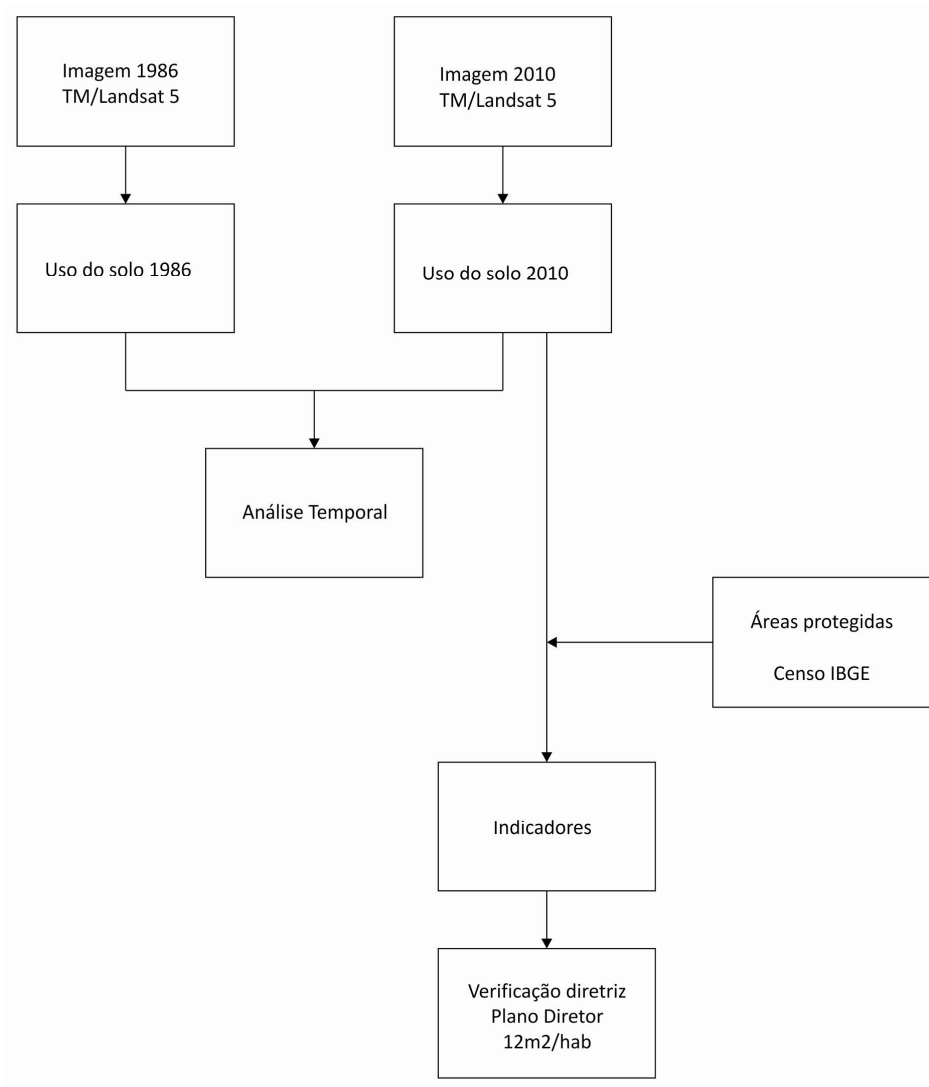
- Programa BH Verde – Secretaria Municipal de Meio Ambiente, fornecida em 04/08/2010. Essa base contém as áreas verdes públicas;
- Unidades de Conservação Estaduais, de 20/11/2009 – Instituto Estadual de Florestas/IEF, fornecida em 27/07/2010.

Conceitualmente, as áreas protegidas foram definidas da seguinte forma:

- Para as áreas estaduais, foram consideradas apenas aquelas unidades de conservação que possuem restrição efetiva ao uso antrópico. Incluíram-se, dessa forma, os Parques Estaduais (Serra do Rola Moça, Baleia e Serra Verde), Estação Ecológica (Cercadinho) e Reserva Particular do Patrimônio Natural/RPPN (Minas Tênis). Foram excluídas as demais áreas, tais como, Áreas de Proteção Ambiental/APA, Áreas de Proteção Especial/APE, entre outras, por se entender que tais áreas estão sujeita a planos de manejo que irão interferir na quantidade da cobertura vegetal.
- Para as áreas municipais, foi utilizada a base do Programa BH Verde, que realizou um levantamento completo das áreas públicas definidas nos projetos de parcelamento do solo, identificando seu uso previsto e efetivo, além de características físicas, equipamentos urbanos instalados, estado de conservação, entre outros. A partir desse banco de dados, foram filtradas as áreas referentes aos parques municipais, praças e espaços livres de uso público.

As bases foram trabalhadas no ArcGis para cálculo das áreas protegidas no município de maneira análoga àquela adotada para a imagem classificada. Os dados foram posteriormente trabalhados no Excel para geração de tabelas e gráficos. A figura 1 a seguir apresenta resumidamente o fluxo adotado no estudo.

**Figura 1 – Fluxograma de trabalho**



#### 4. ANÁLISE DE RESULTADOS

Passados mais de dez anos da aprovação do Plano Diretor, a Prefeitura de Belo Horizonte (PBH) ainda carece de uma análise mais aprofundada sobre a quantidade e qualidade das áreas de interesse ambiental, públicas e privadas, a fim de conhecer a sua real situação e estabelecer políticas que viabilizem o cumprimento da diretriz de 12m<sup>2</sup>/hab contida no plano.

De fato, a PBH não possui um mapeamento sistemático da cobertura vegetal, exceto pelas áreas protegidas na forma de parques, praças, áreas livres de uso público e outras. E mesmo nessas áreas, ainda há outros equipamentos urbanos tais como quadras esportivas, bancos, guaritas, sedes administrativas, entre outros, que representam a parcela construída em contrapartida às áreas naturais.

Até o momento, somente esforços localizados procuraram delimitar e identificar as áreas vegetadas no município. Somente com a identificação e quantificação das áreas vegetadas, será possível a verificação do cumprimento da diretriz contida no Plano Diretor e a comparação entre as nove Regiões Administrativas.

Muito embora a PBH disponha de um grande número de dados e informações, estes são frequentemente negligenciados pela própria estrutura segmentada na qual a administração se organiza. Soma-se a essa condição, a ausência de recursos para aprimoramento da infraestrutura física e para aquisição de ferramentas que auxiliem nas ações de planejamento e gestão.

O presente estudo busca, a um só tempo, aproveitar os dados disponíveis, tanto na prefeitura quanto em outras fontes, e utilizar ferramentas de baixo custo, como os softwares e imagens gratuitos, para não só localizar tais áreas, através da classificação de imagens orbitais, como também realizar uma análise temporal, permitindo visualizar as regiões mais afetadas pela pressão urbana e as áreas onde houve crescimento da cobertura vegetal.

Complementando a análise temporal, serão calculados indicadores que possibilitarão, numa análise conjunta, traçar um perfil da distribuição das áreas verdes no município, apontando situações que podem subsidiar o estabelecimento de diretrizes para a política ambiental municipal.

#### 4.1 Análise temporal – Evolução da área vegetada

Para a análise da evolução da área vegetada, inicialmente foi necessário identificar o uso do solo no recorte temporal proposto. O método utilizado para a classificação das imagens TM/Landsat 5 dos anos de 1986 e 2010, com 30m de resolução espacial, foi o da Máxima Verossimilhança (MaxVer), realizado no software Spring. Após a classificação, as cinco classes iniciais (urbano, solo exposto, água, vegetação arbórea/arbustiva e vegetação rasteira/gramínea) foram agrupadas em três classes: água, urbano e verde. As Figuras 2 e 3 mostram os mapas resultantes do processo de classificação.

Os valores das classes, divididos por Região Administrativa (RA) são apresentados na Tabela 1 a seguir:

**Tabela 1 – Uso do solo em Belo Horizonte (km<sup>2</sup>), 1986-2010**

Região Adm. (RA)	Área	1986			2010		
		1-Urbano	2-Agua	3-Verde	1-Urbano	2-Agua	3-Verde
Barreiro	53,65	29,31	0,00	24,34	32,86	0,06	20,55
Centro Sul	32,99	23,45	0,00	9,54	24,52	0,06	8,30
Leste	27,67	19,44	0,00	8,22	21,23	0,01	6,33
Nordeste	39,56	23,42	0,00	16,14	29,98	0,07	9,38
Noroeste	37,66	34,79	0,00	2,87	35,10	0,01	2,42
Norte	33,71	14,58	0,00	19,14	20,74	0,01	12,84
Oeste	32,31	25,49	0,00	6,82	26,91	0,02	5,27
Pampulha	46,47	23,45	1,64	21,37	30,84	1,77	13,70
Venda Nova	28,30	19,40	0,02	8,87	23,99	0,04	4,16
<b>Belo Horizonte</b>	<b>332,32</b>	<b>213,34</b>	<b>1,67</b>	<b>117,32</b>	<b>246,18</b>	<b>2,06</b>	<b>82,95</b>

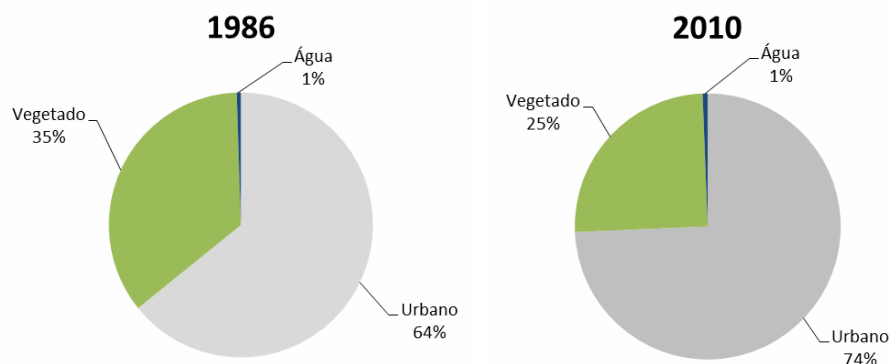
Do ponto de vista da distribuição espacial, verifica-se que as grandes áreas vegetadas estão localizadas na periferia do município, próximas aos limites municipais. Isso é devido à expansão radial a partir do anel formado pela Avenida do Contorno, início da ocupação da capital, acompanhando os vetores formados pelos grandes corredores viários.

Com a crescente conurbação metropolitana, é necessária atenção para estes remanescentes, para que não só as pressões internas, mas também as pressões externas, não venham a suprimi-los, como vem acontecendo nas regiões vizinhas de Contagem, Nova Lima e Santa Luzia.

As RA com maior extensão de áreas vegetadas são Barreiro, Pampulha, Norte e Nordeste. Apesar da redução global na área vegetada em 2010, girando em torno de 10% da área

municipal em 1986 (Gráfico 1), as RA citadas permaneceram como aquelas de maior área vegetada no município.

**Gráfico 1 – Classes de uso do solo em Belo Horizonte, 1986-2010**



Proporcionalmente à sua área, as RA Norte e Barreiro são as que possuem maior área vegetada, com cerca de 38% do seu território em 2010. A RA Noroeste é a que apresenta a menor quantidade de cobertura vegetal, apenas 2,42km<sup>2</sup> ou 6,42% do seu território em 2010.

A partir dos mapas de uso do solo, foi elaborado um mapa de mudança do uso do solo (Figura 4), no qual são identificadas as áreas que sofreram alteração de uso a partir da comparação entre os cenários. A Tabela 2 a seguir mostra os quantitativos referentes a esse mapa.

**Tabela 2 – Variação nas classes de uso do solo, 1986-2010**

Região Adm. (RA)	Área km <sup>2</sup>	1986-2010					
		1-Sem Modif		2-Verde		3-Urbano	
		km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%
Barreiro	53,65	44,21	82,40	2,89	5,39	6,55	12,20
Centro Sul	32,99	27,72	84,02	2,07	6,26	3,21	9,72
Leste	27,67	23,24	84,00	1,29	4,66	3,14	11,36
Nordeste	39,56	30,61	77,37	1,19	3,00	7,76	19,62
Noroeste	37,66	34,51	91,63	1,36	3,61	1,80	4,77
Norte	33,71	26,19	77,69	0,70	2,09	6,82	20,23
Oeste	32,31	27,23	84,28	1,79	5,53	3,29	10,20
Pampulha	46,47	33,19	71,42	2,99	6,43	10,29	22,15
Venda Nova	28,30	22,53	79,62	0,61	2,16	5,15	18,21
<b>Belo Horizonte</b>	<b>332,32</b>	<b>269,43</b>	<b>81,07</b>	<b>14,88</b>	<b>4,48</b>	<b>48,02</b>	<b>14,45</b>

Figura 2 - Mapa de uso do solo, 1986  
 Classificação de imagem TM/Landsat 5 (16/09/1986)  
 Belo Horizonte/MG

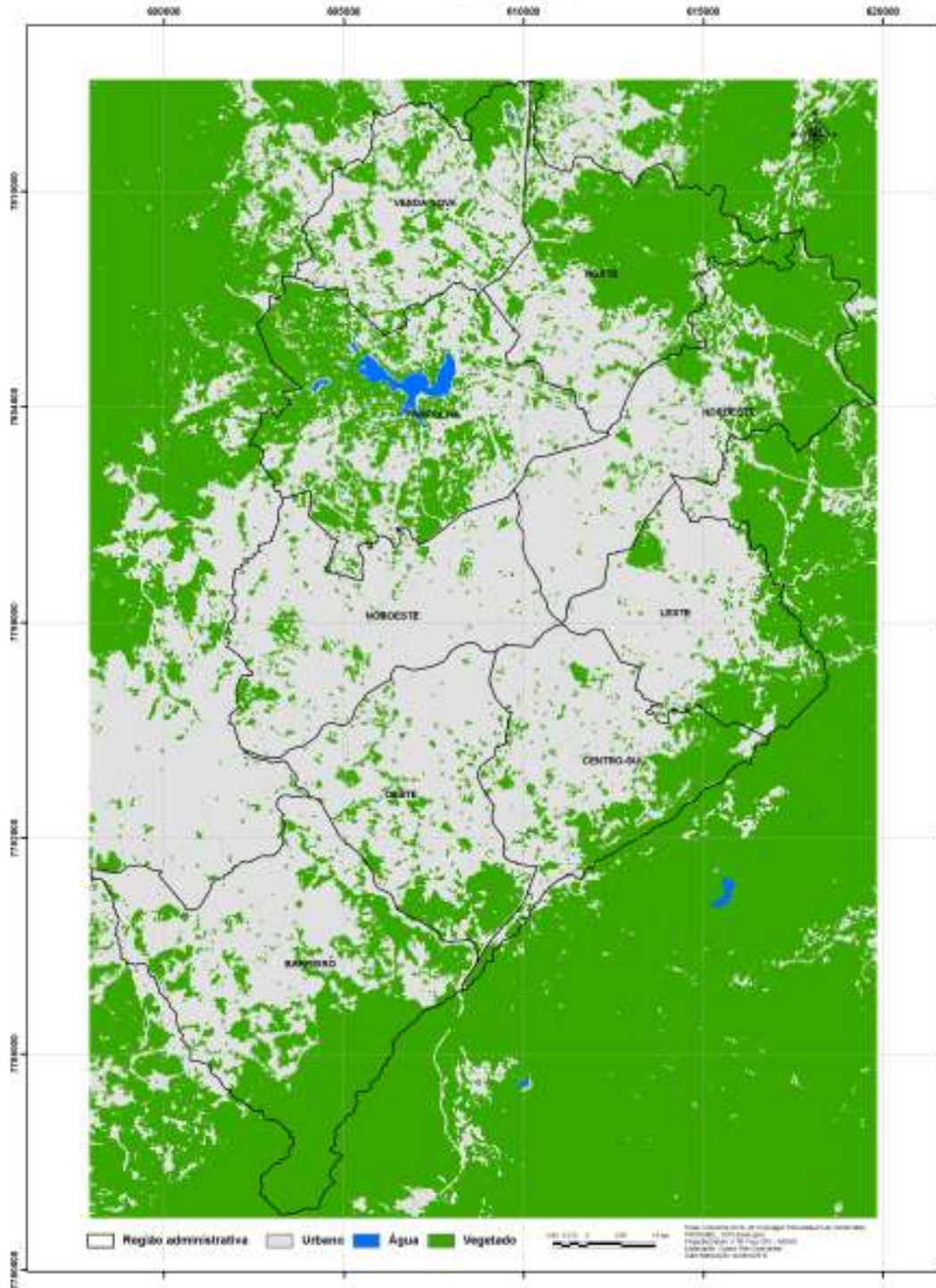




Figura 3 - Mapa de uso do solo, 2010  
 Classificação de imagem TM/Landsat 5 (01/08/2010)  
 Belo Horizonte/MG

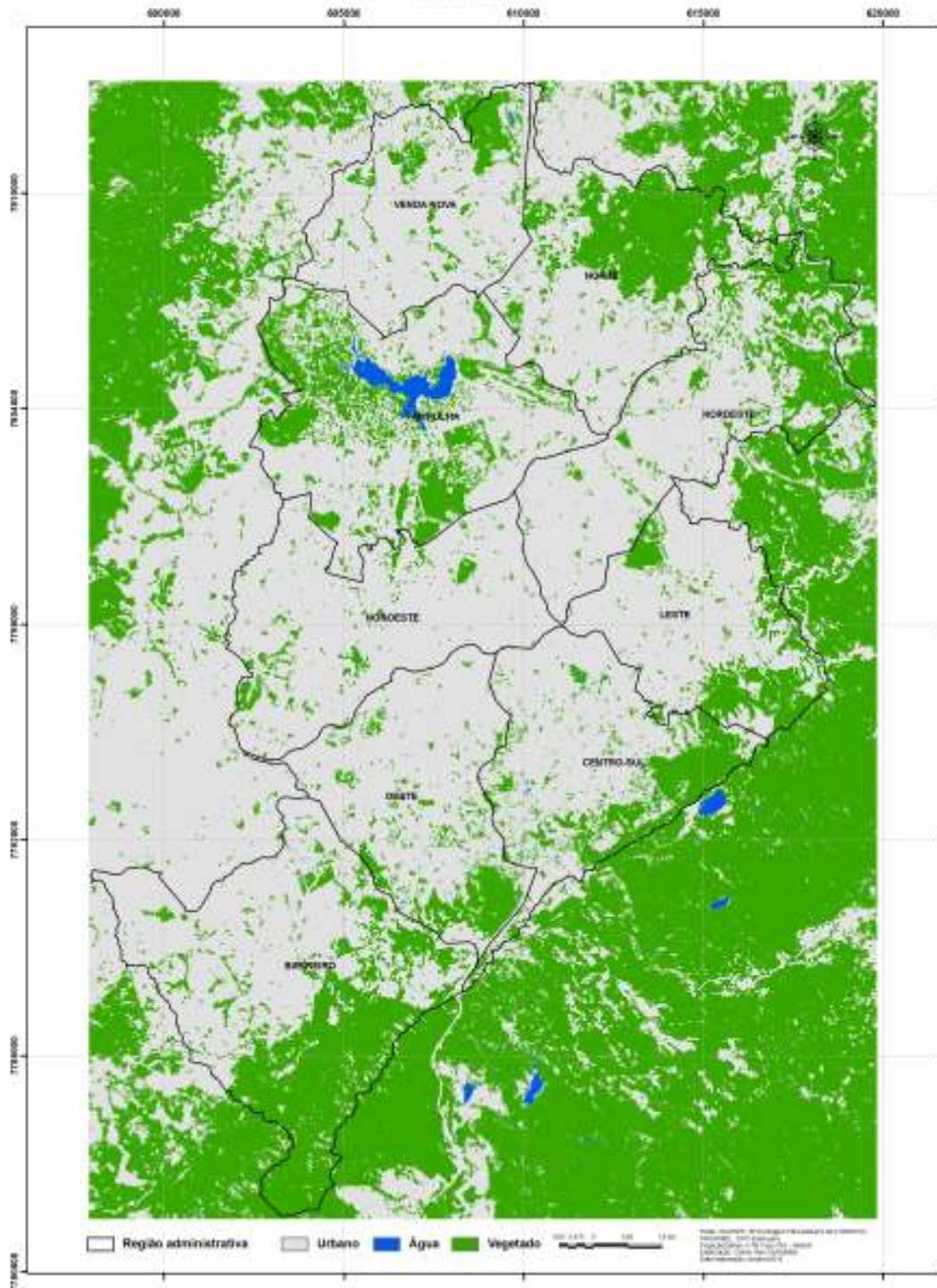
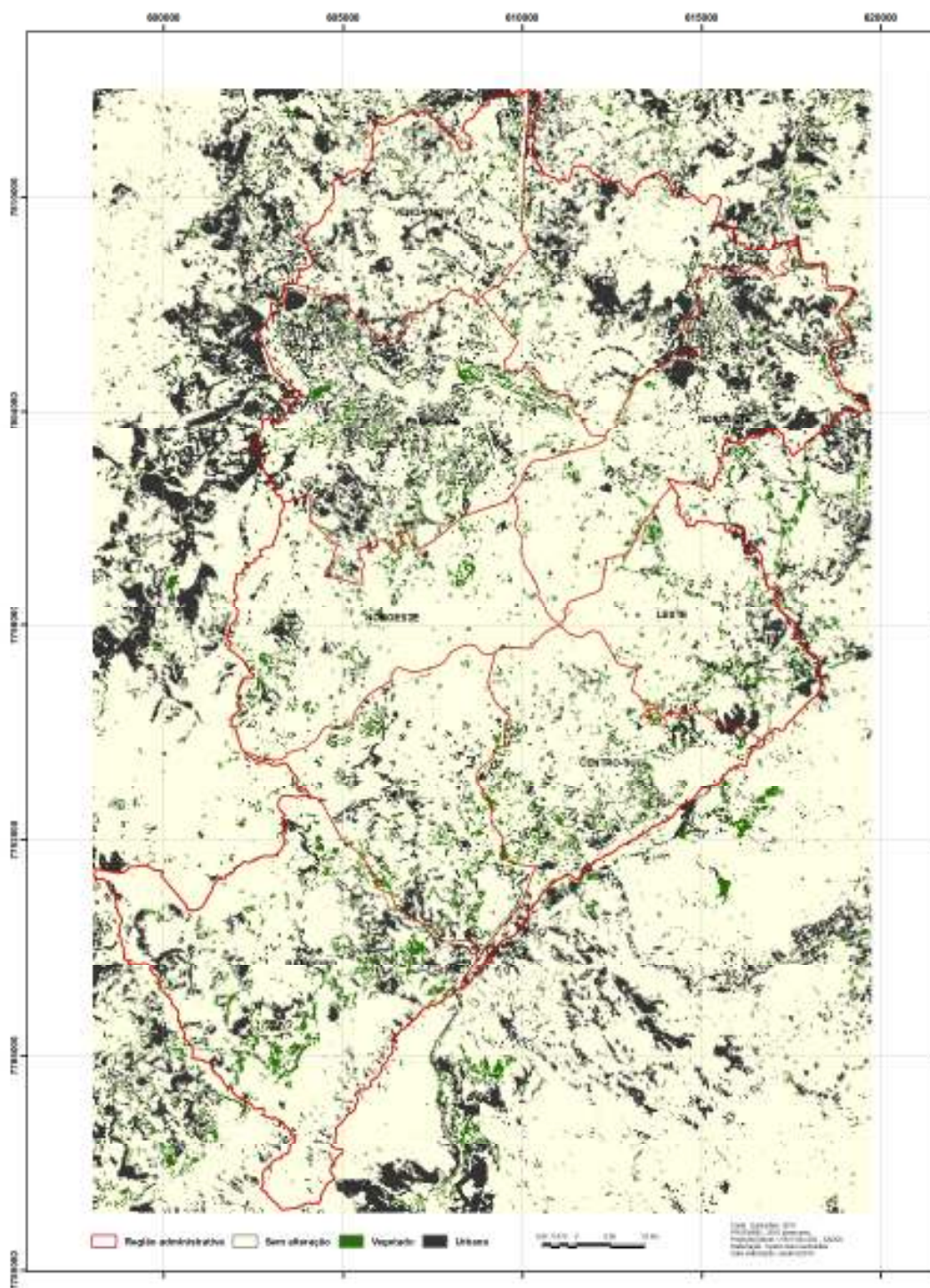


Figura 4 - Síntese mudança de uso do solo, 1986-2010  
Belo Horizonte/MG





A evolução da área vegetada mostra que houve, na realidade, uma redução de cerca de 30% de sua área total no período analisado – 117,32km<sup>2</sup> em 1986 contra 82,95km<sup>2</sup> em 2010, sendo que essa redução é mais expressiva nas RA da porção norte do município (Pampulha, Venda Nova, Norte e Nordeste) com um nível de mudança de uso da ordem de 20% contra uma média de 10% verificada na porção Sul (Barreiro, Oeste, Centro-Sul e Leste) (Tabela 2).

Pelo mapa da Figura 3, são visíveis as manchas de alteração do uso nas regiões próximas às grandes áreas vegetadas, especialmente nas RA Norte e Noroeste. Na Pampulha, a alteração distribuiu-se pelo seu território, embora possa ser percebida concentração na porção oeste, mais próxima da divisa com o município de Contagem.

Essa mudança concentrada na porção norte do município pode ser atribuída a dois motivos principais: (a) historicamente, esta é uma área ainda menos adensada do que a porção sul, mais próxima do centro histórico e início da ocupação de Belo Horizonte, possuindo maior oferta de terrenos vazios e, além disso, (b) grande parte das áreas vegetadas no norte do município não são protegidas, ao contrário da porção sul onde quase todos os remanescentes são parques ou outras unidades de conservação. Este fato será demonstrado no item seguinte ao ser discutido o Índice de Proteção (IPAV).

#### **4.2 Construção de indicadores**

Para a construção dos indicadores, inicialmente foram determinadas as áreas protegidas conforme descrito na metodologia e apresentadas na Figura 5. De posse das áreas vegetadas e das áreas protegidas, foram elaboradas a Figura 6, o Gráfico 2 e a Tabela 3 a seguir, sintetizando os indicadores propostos.

Considerando-se a diretriz de 12 m<sup>2</sup>/hab do Plano Diretor, o município cumpre quase integralmente o estabelecido, visto que somente o Índice de Áreas Vegetadas – IAV da RA Noroeste (6,74m<sup>2</sup>/hab) está abaixo do valor. No entanto, ao serem analisadas as áreas protegidas, há uma inversão, sendo que apenas as RA Barreiro, Pampulha e Centro-Sul (50,7 m<sup>2</sup>/hab, 18,2 m<sup>2</sup>/hab e 20 m<sup>2</sup>/hab, respectivamente) possuem Índice de Áreas Protegidas – IAP acima da diretriz do plano. Essa diferença dá uma mostra da fragilidade de grande parte da área vegetada municipal, já que a sua proteção garantiria efetivamente a diretriz estabelecida.

Figura 5 - Áreas protegidas estaduais e municipais, 2010  
Belo Horizonte/MG

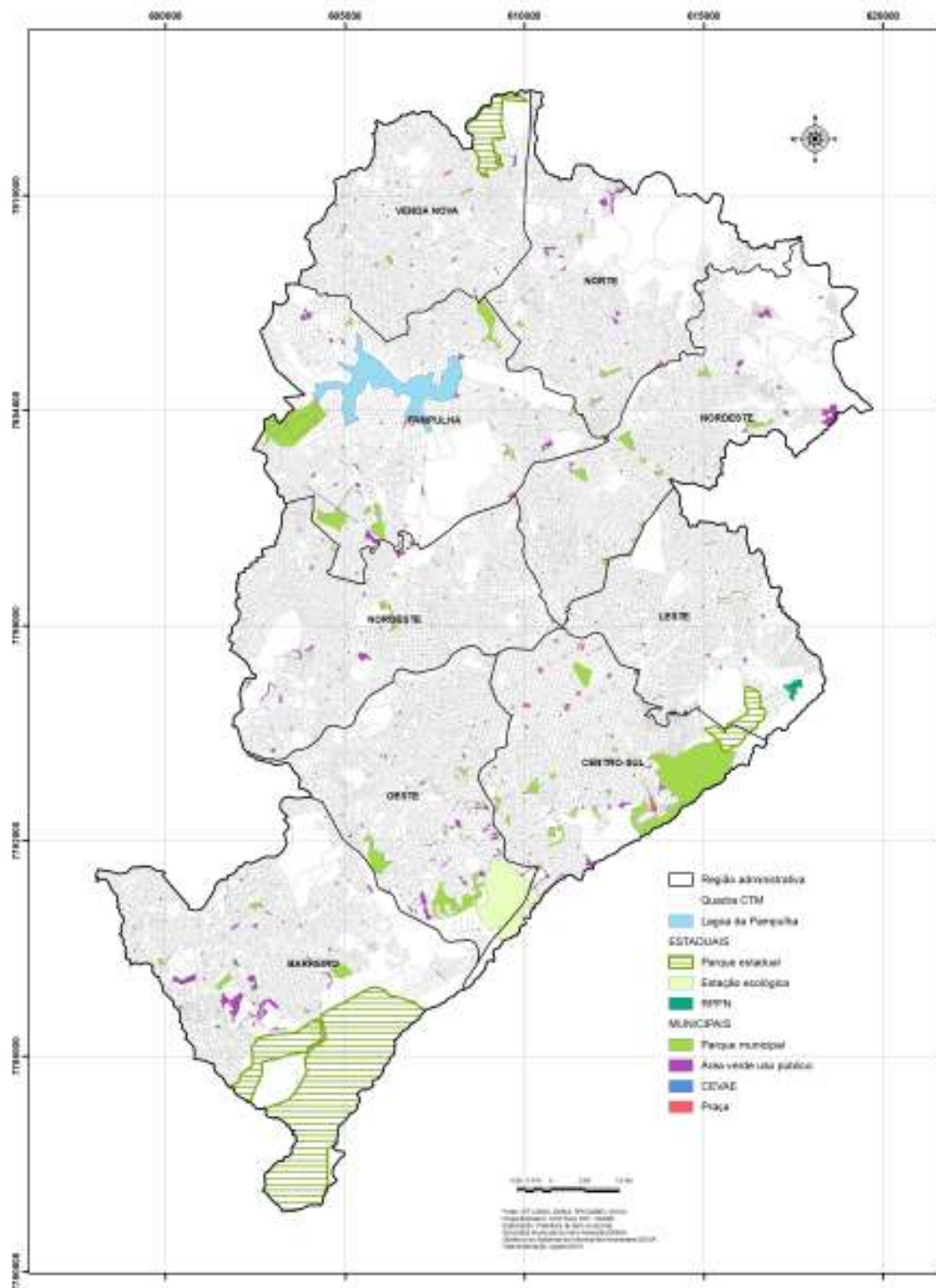
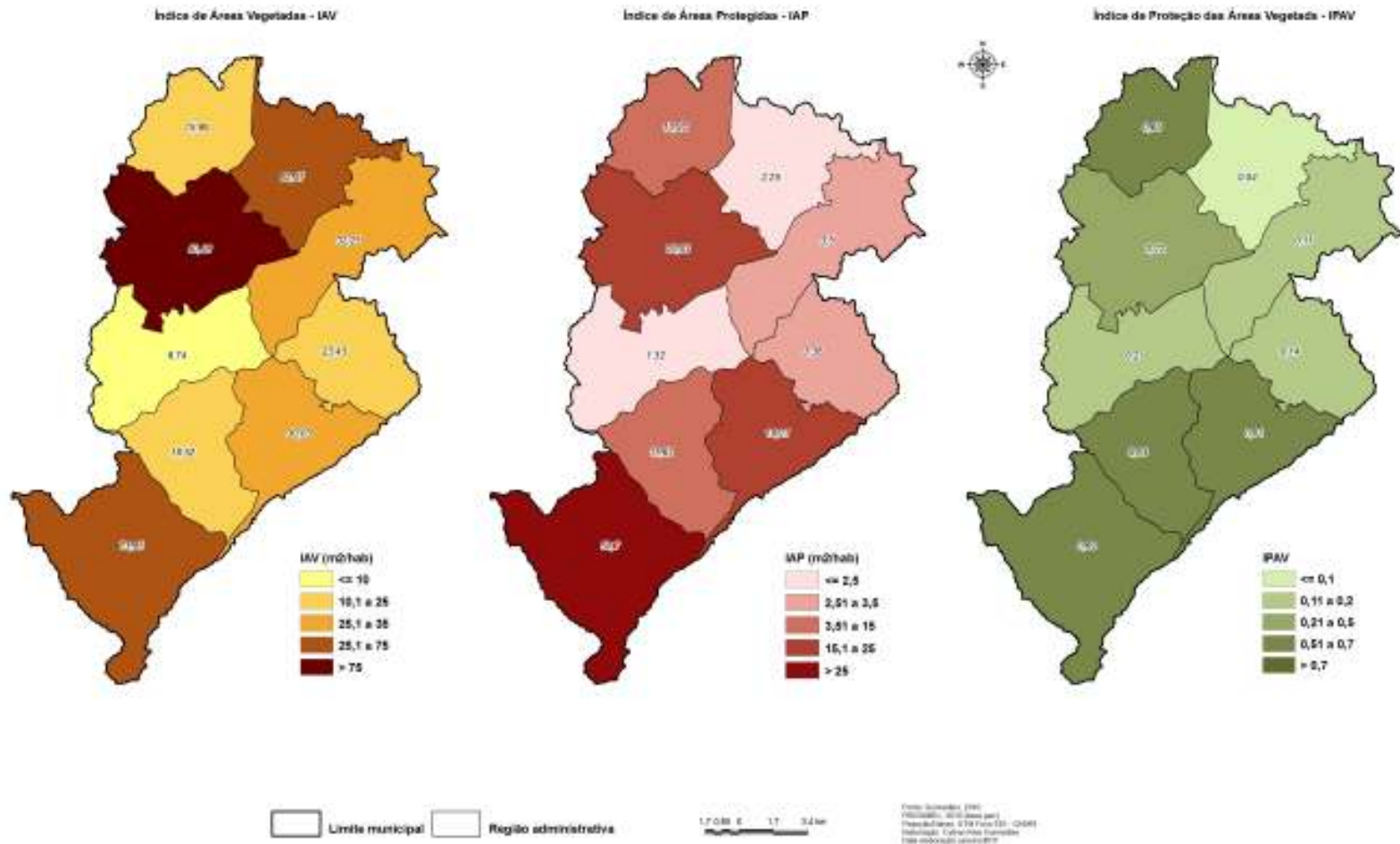


Figura 6 - Indicadores por Região Administrativa, 2010  
Belo Horizonte/MG

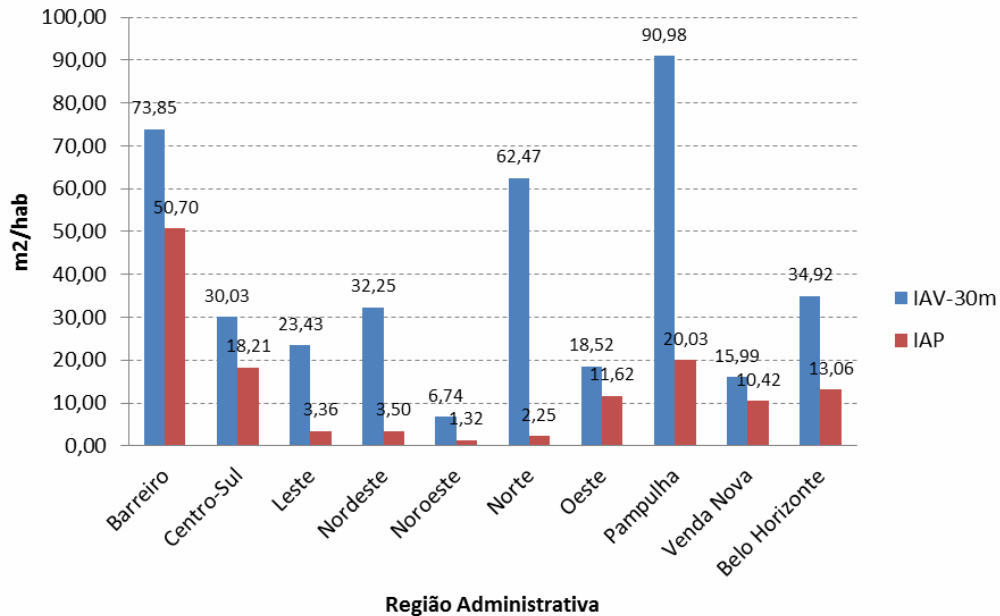


**Tabela 3 – Síntese dos indicadores de áreas vegetadas – Belo Horizonte, 2010**

Região Adm. (RA)	Área Total	População	DAV		DAP		IAV	IAP	IPAV
	km <sup>2</sup>	hab	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	m <sup>2</sup> /hab	m <sup>2</sup> /hab	
Barreiro	53,65	278.231	20,55	38,30	14,11	26,29	73,85	50,70	0,69
Centro-Sul	32,99	276.459	8,30	25,17	5,03	15,26	30,03	18,21	0,61
Leste	27,67	270.144	6,33	22,88	0,91	3,28	23,43	3,36	0,14
Nordeste	39,56	290.823	9,38	23,70	1,02	2,57	32,25	3,50	0,11
Noroeste	37,66	358.780	2,42	6,42	0,48	1,26	6,74	1,32	0,20
Norte	33,71	205.615	12,84	38,10	0,46	1,37	62,47	2,25	0,04
Oeste	32,31	284.523	5,27	16,30	3,31	10,24	18,52	11,62	0,63
Pampulha	46,47	150.529	13,70	29,47	3,02	6,49	90,98	20,03	0,22
Venda Nova	28,30	260.340	4,16	14,71	2,71	9,58	15,99	10,42	0,65
<b>Belo Horizonte</b>	<b>332,32</b>	<b>2.375.444</b>	<b>82,95</b>	<b>24,96</b>	<b>31,03</b>	<b>9,34</b>	<b>34,92</b>	<b>13,06</b>	<b>0,37</b>

DAV – Densidade de áreas vegetadas; DAP – Densidade de áreas protegidas; IAV – Índice de áreas vegetadas; IAP – Índice de áreas protegidas; IPAV – Índice de proteção de áreas vegetadas.

**Gráfico 2 – Índices de áreas vegetadas e protegidas – IAV/IAP, 2010**

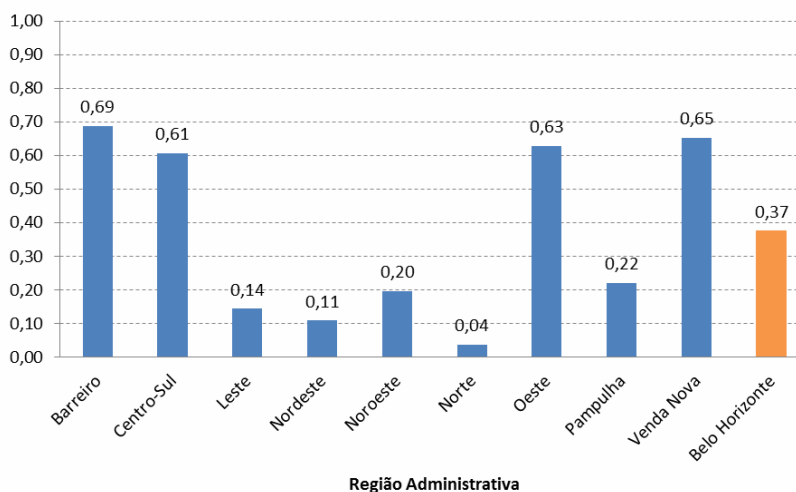


Cabe destacar que o elevado IAV da Pampulha deve-se, em grande parte, ao fato desta ser a RA menos populosa. Se comparada com a RA Centro-Sul, que possui Densidade de Áreas Vegetadas – DAV semelhante, seu IAV é quase 30% maior em função da sua baixa densidade demográfica.

O IPAV mostra que em apenas quatro das nove RA a proteção atinge valores acima de 60% da área total vegetada. Esse fato torna-se particularmente preocupante ao se observar que nas demais RA o índice atinge, no máximo, 20%, sendo que na RA Norte é de apenas 4%

(Gráfico 3), embora esta mesma RA possua a 3ª maior área vegetada no município com 12,84 km<sup>2</sup> (Tabela 3).

**Gráfico 3 – Índice de proteção das áreas vegetadas – IPAV, 2010**



Em relação aos índices atuais, a RA Norte irá sofrer uma alteração significativa nos próximos anos, com a execução da Operação Urbana do Isidoro, recém-aprovada pela Lei 9959/2010 que alterou o Plano Diretor e a Lei de Parcelamento, Ocupação e Uso do Solo<sup>5</sup> municipais. Com a ocupação da região com parcelamento do solo, parte da área vegetada será suprimida acarretando diminuição na DAV e no IAV. No entanto, com a criação dos parques previstos, haverá aumento na DAP, IAP e no IPAV. Ou seja, o índice de proteção irá aumentar, mas a área vegetada total irá diminuir. Essa aparente incoerência merece análise cuidadosa, atentando para os interesses públicos não só do ponto de vista ambiental, mas também social e econômico. Verifica-se, portanto, a importância e a necessidade da análise conjunta dos índices para a correta mensuração da situação e tomada de decisão pela administração municipal.

Na média geral do município, as discrepâncias na distribuição espacial das áreas vegetadas são compensadas, com um resultado entre regular e bom. Os indicadores atendem à diretriz do Plano Diretor (IAV de 34,92 m<sup>2</sup>/hab e IAP de 13,06 m<sup>2</sup>/hab). No entanto, esse resultado pode ser melhorado se considerarmos que o IPAV municipal é de apenas 0,37; verifica-se a necessidade de implantação de medidas que garantam não só a permanência de tais áreas, mas que ampliem a área protegida e garanta a sua distribuição equilibrada pelo território.

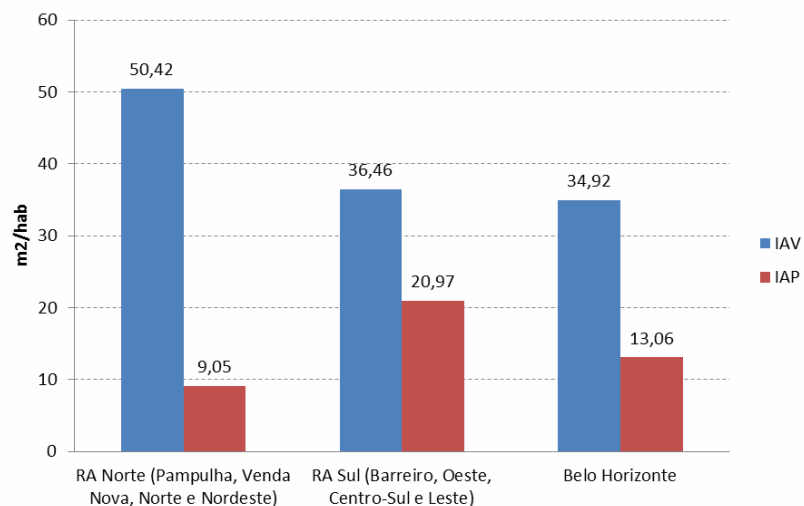
<sup>5</sup> Leis 7165/1996 e 7166/1996, respectivamente, alteradas pelas Leis 8137/2000 e 9959/2010.

Em todas as estatísticas, fica evidente a grande carência de espaços vegetados na RA Noroeste, que, além de possuir a menor extensão de áreas tanto vegetadas quanto protegidas, é a RA mais populosa do município.

A distribuição das áreas vegetadas remanescentes mostra dois agrupamentos claros: um na porção sul e outro na porção norte do município. O Gráfico 4 mostra a comparação entre os IAV e IAP agrupados segundo essa setorização. Verifica-se que na porção norte, embora a área vegetada seja significativa, é muito baixa a área protegida. Esse fator, entre outros, tem reflexo no mapa de mudança de uso do solo discutido anteriormente (Figura 4), no qual houve maior redução da área vegetada nessa porção do município.

Por outro lado, a porção sul, devido à presença de alguns fatores como a Serra do Curral, as altas declividades, a urbanização e o adensamento mais antigos e a pressão imobiliária, obrigou o poder público a intervir visando assegurar a sua permanência, por isso o maior número de áreas protegidas.

**Gráfico 4 – Comparação IAV/IAP entre porção norte e sul de BH, 2010**



## 5. CONCLUSÕES

Este trabalho teve o objetivo não só de conhecer a extensão e a distribuição das áreas vegetadas no município, como também avaliar a sua variação no período de 24 anos, entre 1986 e 2010, e calcular índices que permitissem o acompanhamento das mudanças, além de subsidiarem a formulação de políticas públicas de manejo dessas áreas. A partir do levantamento realizado e da metodologia empregada, será possível a atualização dos indicadores pelo órgão ambiental municipal, aprimorando a gestão das áreas verdes no município.

Dentre os resultados esperados, o estudo confirmou a tendência de redução das áreas vegetadas, substituídas pelo crescimento da mancha urbana, bem como a localização periférica das grandes áreas de remanescentes. Embora tenha havido redução na quantidade de áreas vegetadas, Belo Horizonte atende à diretriz do Plano Diretor de 12m<sup>2</sup>/hab, ressaltando-se que, do ponto de vista das áreas protegidas, esse índice está bem próximo do limite.

Constatou-se que a distribuição pelas nove Regiões Administrativas não é homogênea, cabendo destacar a RA Noroeste, com a menor área vegetada por habitante e com baixa possibilidade de ampliação e a RA Norte, com um índice de proteção extremamente baixo, apesar da grande área vegetada.

Esse fato torna-se particularmente preocupante ao se pensar nas mudanças que se delineiam para a região em função tanto de ações do Estado quanto dos grandes eventos esportivos a se realizarem na próxima década, tornando essa região alvo futuro de grande especulação e interesse. Nessa perspectiva, os indicadores aqui desenvolvidos serão de grande importância para o monitoramento e manutenção da qualidade ambiental no município.

Como última ressalva, há que se atentar para a dubiedade dos índices, devendo-se sempre procurar a análise conjunta e não apenas isoladamente, como discutido para a Operação Urbana do Isidoro na RA Norte. Como diretriz geral, recomenda-se a proteção das áreas vegetadas remanescentes, a fim de garantir, no mínimo, os índices de qualidade aqui verificados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, D. C. S.; PINA, J. H. A.; RESENDE, T. M. **Análise da qualidade ambiental por meio do geoprocessamento: um estudo do bairro Planalto no município de Uberlândia/MG.** *Revista Caminhos da Geografia*, v.10, n.32, dez/2009, p. 100-112.

(Disponível em

<<http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/viewFile/10852/6415>>.

Acessado em 18/05/2010).

ALVAREZ, I. A., SILVA FILHO, D. F., COUTO, H. T. Z., POLIZEL, J. L. **Comparação entre Videografia e Fotografia Aérea para Diagnóstico da Vegetação em Ambiente Urbano de Piracicaba, SP.** *Revista Árvore*, Viçosa/MG, v. 34, n. 4, p. 691-698, 2010.

(Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/rarv/v34n4/v34n4a14.pdf>>. Acessado em 31/01/2011).

BARBOSA, D. B. L. **Geoprocessamento Aplicado às Análises de Distribuição de Valores do Imposto Predial e Territorial Urbano – IPTU e Índice de Qualidade de Vida Urbana – IQVU na Área Central de Pedro Leopoldo/MG.** 2002.

(Disponível em <<http://www.csr.ufmg.br/geoprocessamento>>. Acessado em 25/01/2011).

BARBOSA, E. C. **Mapeamento da Ocupação da Terra e Adequação à Legislação Ambiental na Região do Alto Sub-Bacia do Ribeirão da Mata com o Auxílio de Sensoriamento Remoto e Técnicas de Geoprocessamento.** 2003.

(Disponível em <<http://www.csr.ufmg.br/geoprocessamento>>. Acessado em 25/01/2011).

BELO HORIZONTE. **Plano Diretor de Belo Horizonte.** Lei nº 7.165 de 27 de agosto de 1996. Diário Oficial do Município, Poder Executivo, Belo Horizonte, MG, 28 ago. 1996.

BERTOLO, L. S.; ROCHA, J. V.; YOUNG, A. F. **Evolução temporal do índice de vegetação da área urbana de Curitiba-PR.** *Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE, p. 2051-2058.

(Disponível em

<<http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.20.00.11/doc/2051.pdf>>. Acessado em

13/05/2010).

CAVALHEIRO, F.; DEL PICCHIA, P.C.D. **Áreas Verdes: Conceitos, objetivos e diretrizes para o planejamento.** *Anais do 1º Congresso Brasileiro Sobre Arborização*



*Urbana e 4º Encontro Nacional Sobre Arborização Urbana*. 13-18 setembro 1992, Vitória, pp. 29-38.

(Disponível em <<http://www.geografia.ufpr.br/laboratorios/labs/?pg=producao2-php>>. Acessado em 19/09/2010).

FONTES, N. **Indicadores, Índices e Padrões Relativos a Sistemas de Espaços Livres**. 1º Simpósio de Pós-Graduação em Geografia do Estado de São Paulo – SIMPGEO/SP, Rio Claro, 2008.

(Disponível em <<http://www.rc.unesp.br/igce/simpgeo/935-956nadia.pdf>>. Acessado em 19/09/2010).

HARDER, I. C. F., RIBEIRO, R. C. S., TAVARES, A. R. **Índices de Área Verde e Cobertura Vegetal para as Praças do Município de Vinhedo, SP**. *Revista Árvore*, Viçosa/MG, v. 30, n. 2, p. 277-282, 2006.

(Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/rarv/v30n2/a15v30n2.pdf>>. Acessado em 30/01/2011).

HULSMeyer, A. F.; SOUZA, R. C. A. **Avaliação das áreas permeáveis como subsídio ao planejamento de áreas verdes urbanas de Umuarama-PR**. *Akropolis*, Umuarama, v. 15, n. 1 e 2, p. 49-59, jan/jun. 2007.

(Disponível em <<http://revistas.unipar.br/akropolis/article/viewFile/1416/1239>>. Acessado em 18/05/2010).

JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente**. São José dos Campos: Parêntese, 2011.

LUCHIARI, A. **Identificação da Cobertura Vegetal em Áreas Urbanas por meio de Produtos de Sensoriamento Remoto e de um Sistema de Informação Geográfica**. *Revista do Departamento de Geografia*, 14, p. 47-58. 2001.

(Disponível em <[http://www.geografia.fflch.usp.br/publicacoes/RDG/RDG\\_14/RDG14\\_Ailton.pdf](http://www.geografia.fflch.usp.br/publicacoes/RDG/RDG_14/RDG14_Ailton.pdf)>.

Acessado em 30/01/2011).

NUCCI, J. C.; WESTPHALEN, L. A.; BUCCHERI FILHO, A. T.; NEVES, D. L.; OLIVEIRA, F. A. H.; KROKER, R. **Cobertura Vegetal no bairro Centro de Curitiba/PR**. *Revista GEOUERJ*, Número Especial, Rio de Janeiro, 2003.

(Disponível em

<[http://www.geografia.ufpr.br/laboratorios/labs/arquivos/NUCCI%20et%20al%20\(2003\).pdf](http://www.geografia.ufpr.br/laboratorios/labs/arquivos/NUCCI%20et%20al%20(2003).pdf)>. Acessado em 18/05/2010).

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y.E. **Sensoriamento Remoto no Estudo da Vegetação**. São José dos Campos: Parêntese, 2010.

SÁ, O. R.; FIGUEIREDO, R. D, SOUZA, M. M. **Levantamento de áreas verdes como instrumento indicador de qualidade ambiental e de vida na cidade de Bebedouro-SP**. II Simpósio de Ecologia. s.d.

(Disponível em <<http://www.simposioppgern.ufscar.br/resumos-simposio/086>>. Acessado em 13/05/2010).

SCHOPFER, E.; LANG, S.; BLASCHKE, T. A **“Green Index” incorporating remote sensing and citizen’s perception of green space**. s.d.

(Disponível em <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.136.3035>>. Acessado em 27/05/2010).

SEPE, P. M., BRAGA, R. **Indicadores de Sustentabilidade e o Planejamento Urbano-Ambiental: uma contribuição para a aplicação na cidade de São Paulo**. IX Seminário de Pós-Graduação em Geografia da Unesp Rio Claro, 03 a 05 de novembro, 2009.

(Disponível em <<sites.google.com/site/seminarioposgeo/anais/patricia.pdf>>. Acessado em 30/01/2011).

SILVA JÚNIOR, P. R. **A importância das áreas verdes**. s.d.

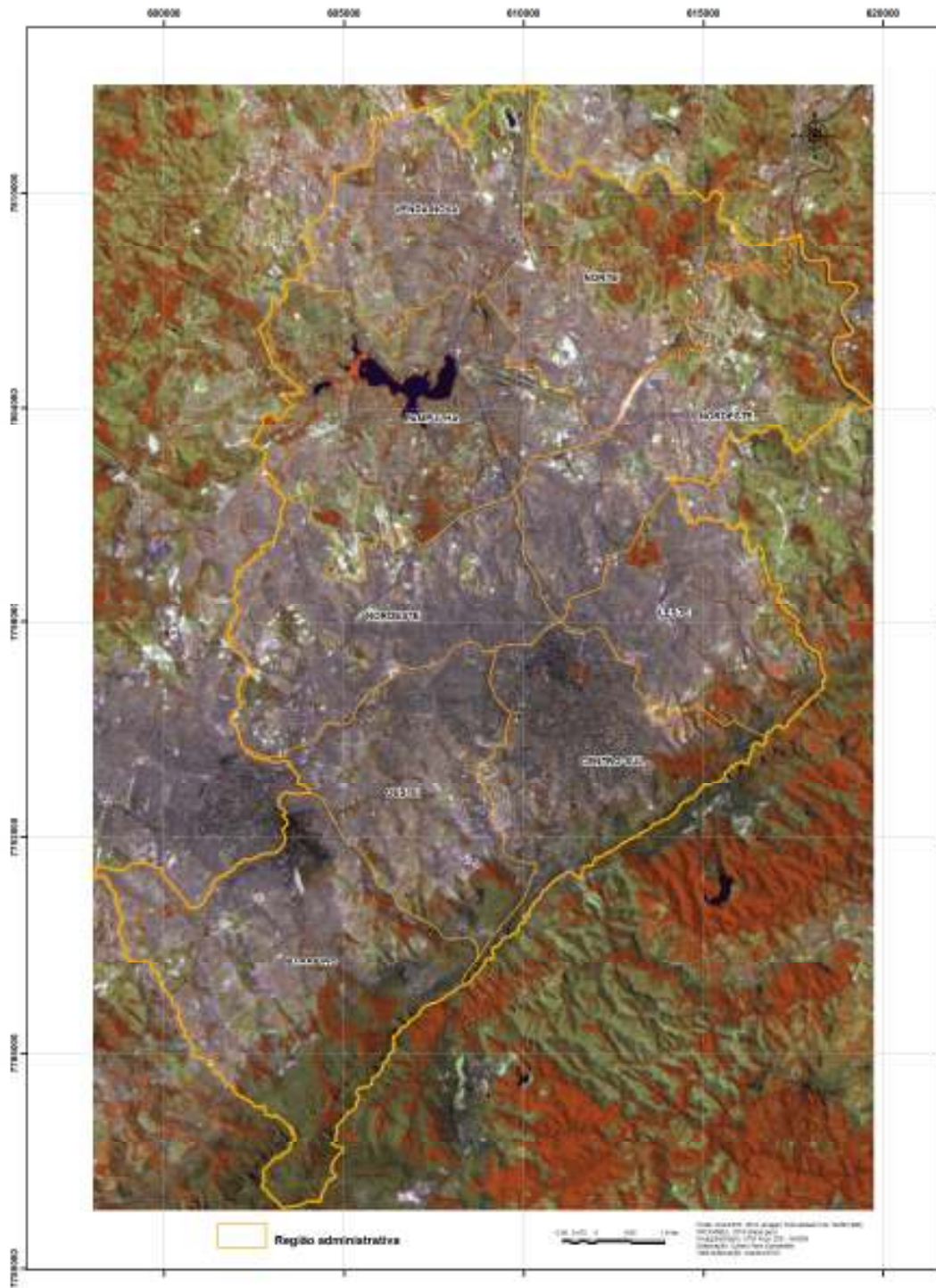
(Disponível em

<[http://www.bioagri.com.br/site/img\\_site/arquivos\\_ambiente/37\\_622b2937f17255d5ca7948ca8a3e23e7.pdf](http://www.bioagri.com.br/site/img_site/arquivos_ambiente/37_622b2937f17255d5ca7948ca8a3e23e7.pdf)>. Acessado em 13/05/2010).



**ANEXO A – IMAGEM 1986 TM/LANDSAT 5 (RGB453)**

Composição RGB453 Imagem TM/Landsat5, 1986  
Belo Horizonte/MG



**ANEXO B – IMAGEM 2010 TM/LANDSAT 5 (RGB453)**

Composição RGB453 Imagem TM/Landsat5, 2010  
Belo Horizonte/MG

