

Diego Rodrigues Macedo

Geoprocessamento aplicado a
análises de áreas de risco para a
ocupação urbana no município de
Belo Horizonte / MG.

VIII Curso de Especialização em
Geoprocessamento 2005



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

DIEGO RODRIGUES MACEDO

**GEOPROCESSAMENTO APLICADO A ANÁLISES
DE ÁREAS DE RISCO PARA OCUPAÇÃO URBANA
NO MUNICÍPIO DE BELO HORIZONTE / MG.**

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

Orientadora: Profa. Maria Márcia Magela
Machado

Macedo, Diego Rodrigues

Geoprocessamento aplicado análises de áreas de risco para a ocupação urbana no município de Belo Horizonte / MG / Diego Rodrigues Macedo - Belo Horizonte, 2005.

v, 39 f.: il.

Monografia (Especialização) – Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Geociências. Departamento Cartografia, 2005.

Orientadora: Maria Márcia Magela Machado

1.Geoprocessamento 2.Risco geomorfológico 3. Planejamento urbano 4. Geografia física I. Título.

SUMÁRIO

1.Introdução.....	01
<i>Objetivos.....</i>	03
<i>Objetivos específicos.....</i>	03
<i>Justificativa.....</i>	03
2.Fundamentação teórica.....	04
<i>Problemas ambientais urbanos.....</i>	04
<i>Geoprocessamento: tecnologia transdisciplinar.....</i>	08
3.Caracterização da Área de Estudo.....	10
<i>Quadro Fisiográfico.....</i>	10
<i>Aspectos do processo de Ocupação de Belo Horizonte.....</i>	13
4.Etapas de trabalho.....	18
5.Resultados.....	24
6.Considerações finais.....	31
7.Referências bibliográficas.....	33
8.Apêndices.....	36
<i>Apêndice 1 - Compartimentação dos Fatores Naturais do município de Belo Horizonte.....</i>	37
<i>Apêndice 2 - Índice de Vulnerabilidade ao Risco de Ocupação Urbana em Belo Horizonte.....</i>	38
<i>Apêndice 3 - Nível de prioridade para às intervenções em relação ao risco natural em Belo Horizonte.....</i>	39

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização da área de estudo.....	02
Figura 2. Bacias hidrográficas e hipsometria de Belo Horizonte.....	12
Figura 3. Favelas e alguns bairros de Belo Horizonte.....	17
Figura 4. Metodologia empregada na elaboração da Compartimentação dos Fatores Naturais.....	18
Figura 5. Metodologia empregada na elaboração do IVROU.....	20
Figura 6. Metodologia empregada na elaboração do Nível de prioridade, em relação ao risco natural.....	23
Figura 7. Compartimentação dos Fatores Naturais do município de Belo Horizonte.....	25
Figura 8. Índice de Vulnerabilidade ao Risco de Ocupação Urbana em Belo Horizonte.....	28
Figura 9. Nível de prioridade para às intervenções em relação ao risco natural em Belo Horizonte.....	30

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Índice de Vulnerabilidade ao Risco Geomorfológico Urbano.....	21
Quadro 2. Análise de multicritérios.....	23

AGRADECIMENTOS

Ao departamento de Cartografia, pela oportunidade, através da bolsa concedida;

Ao Projeto Manuelzão, pelo estágio e infraestrutura para a execução do trabalho;

Aos membros da banca: professoras Ana Clara, Márcia e em especial à Sílvia, pelos valiosos conselhos ao longo deste ano, que possibilitaram meu crescimento pessoal e profissional.

RESUMO

Este trabalho apresenta os resultados de um estudo sobre os riscos associados ao processo de ocupação urbana, em relação ao quadro natural no município de Belo Horizonte. Várias regiões deste município estão inseridas em áreas onde as condições naturais do terreno não são propícias para a ocupação urbana, de acordo com o plano diretor. Além disto, muitas destas áreas se apresentam ocupadas por uma população de baixa renda, que ali se instalou em função da negligência do poder público, criando loteamentos sem infraestrutura básica e topograficamente incoerentes, além de favelas. O diagnóstico foi construído sob dois aspectos principais: a susceptibilidade/fragilidade natural, aqui considerada em relação aos eventos de inundações e escorregamentos, e a situação sócio-econômica da população residente. A susceptibilidade natural foi avaliada por meio dos aspectos restritivos presentes no plano diretor de Belo Horizonte: declividade e distancia dos corpos d'água. A situação sócio-econômica foi avaliada por meio da construção de um índice de vulnerabilidade, constituído pelos indicadores de renda, escolaridade, número e idade dos habitantes por domicílios e condições destes nos setores censitários inseridos no município. Dentre os resultados, obteve-se uma coleção de cartas temáticas que contempla: as áreas ideais ou inadequadas para ocupação humana; os setores censitários, com seus níveis de vulnerabilidade associados ao perfil dos habitantes; e um mapa final, que consiste em uma sobreposição dos fatores físicos com os de ocupação, que busca ajustar os riscos naturais com realidade da ocupação humana. Este material pode fornecer subsídios importantes para a definição de áreas prioritárias para políticas racionais de ocupação e proteção ambientais.

1.Introdução

Ao longo de sua história e em todo o planeta o homem sempre se preocupou em conhecer o espaço ao seu redor, procurando entender os fenômenos naturais, sua distribuição e o motivo de sua ocorrência. Progressivamente, passou a modificar os seus meios de subsistência e os mecanismos de exploração da natureza, alterando de forma significativa o espaço. Nas últimas décadas essas alterações tornaram-se mais intensas e isso se deve, em grande parte, à modernização dos processos produtivos, ao crescente aumento populacional e sua concentração nos centros urbanos. No Brasil, este processo se inicia principalmente após a década de cinqüenta, com a nova Divisão Internacional do Trabalho, e intensifica-se na década de setenta.

O grande problema, é que esta intensificação dos processos de alteração do espaço urbano não é acompanhada por um modelo de gestão, mas sim moldada pela mão invisível do capitalismo. Entre as várias conseqüências, sobretudo nos centros urbanos, observa-se a ocupação de áreas impróprias ao uso, devido à fragilidade ambiental. Deve-se ressaltar que dentro do processo de construção do espaço, estas áreas são, sobretudo, ocupadas por uma população de baixa renda e baixa escolaridade, sem condição de atenuar as imposições que o meio coloca. A degradação ambiental urbana está presente, de modo incisivo, na Região Sudeste brasileira.

A partir de análises de elementos físicos e humanos, pode-se construir relações que contribuam para as soluções de problemas sociais. Desta maneira, nunca se falou tanto das relações entre sociedade e natureza quanto nos dias atuais (COELHO, 2001). Deve-se destacar que um dos objetivos da ciência geográfica é realizar estudos relacionados às interações entre os aspectos físicos e humanos existentes no espaço, os quais permitem uma compreensão integrada do meio ambiente (GENRICH, 2002). O espaço, por sua vez, pode ser definido como a superfície da Terra, profundamente diferenciada por processos naturais, e que só ganha este significado porque foi sobre este que o homem constituiu sua morada (CORREA, 1982).

O foco deste trabalho é a identificação de áreas que apresentam um quadro de fragilidade ambiental no município de Belo Horizonte (figura 1), no que tange à ocupação humana, sobretudo por causa de escorregamentos e enchentes. Este quadro é

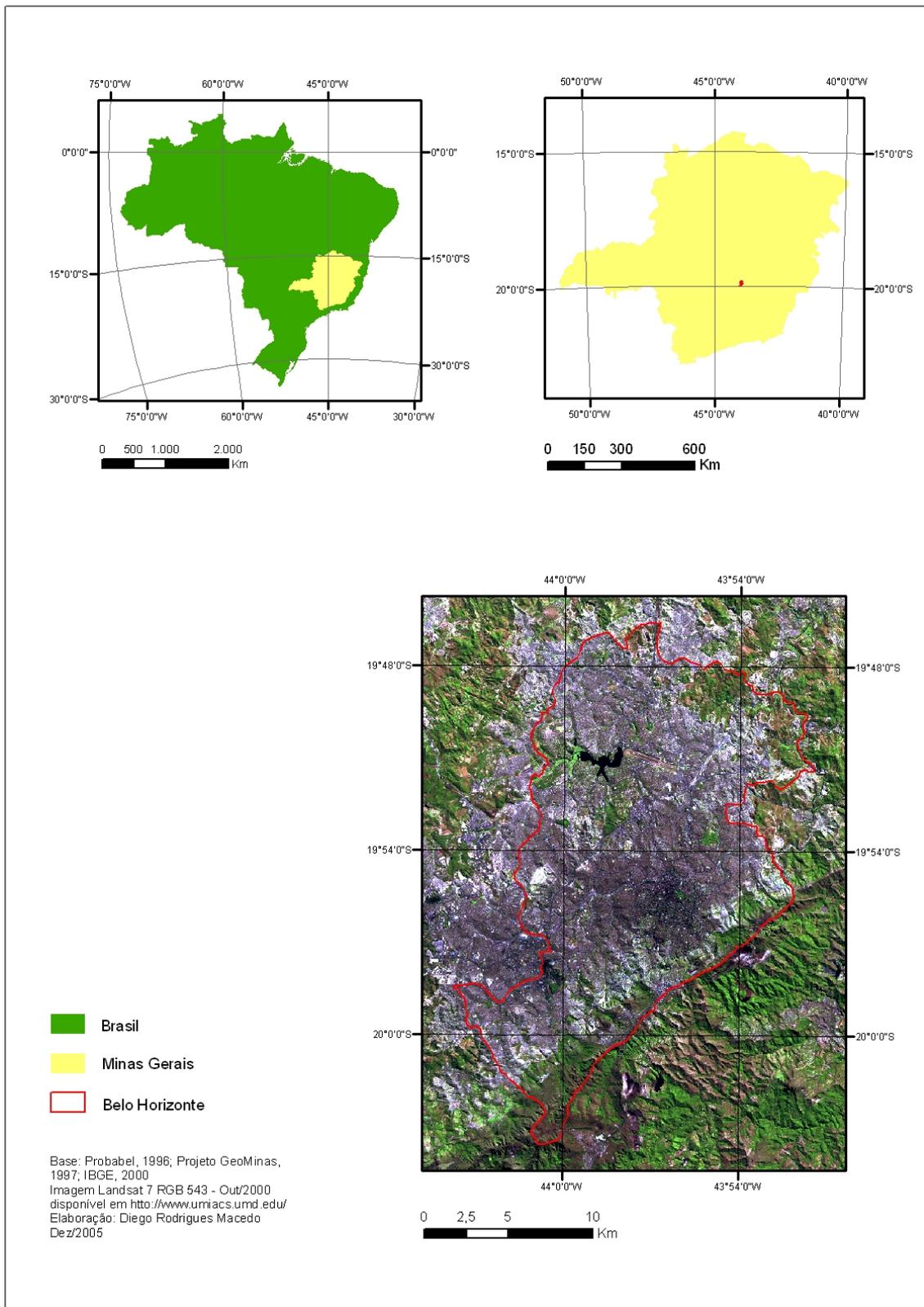


Figura 1. Localização da área de estudo.

potencializado por processos de ocupação desordenados, e a identificação do problema permite análises, prognósticos e viabiliza intervenções por parte do poder público, diminuindo o risco de acidentes.

Objetivos

O objetivo geral deste estudo é realizar um diagnóstico da cidade de Belo Horizonte quanto ao risco ambiental, sobretudo aqueles relacionados a escorregamentos e enchentes. Considerando que a fragilidade ambiental pode ser potencializada ou atenuada, pela ocupação humana, este estudo visa realizar uma análise de vários componentes relacionados tanto à fragilidade física da área quanto às condições socioeconômica dos habitantes.

Objetivos gerais

- Identificação das áreas “*non aedificandi*” no município, segundo os critérios estabelecidos na Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação dos Solos de Belo Horizonte (leis 7.166/96 e 8.137/00);
- Mapear as áreas de risco;
- Identificação das zonas ocupadas em desconformidade com a legislação;
- Criar um Índice de Vulnerabilidade ao Risco Ocupação Urbana (IVROU), baseado nas condições socioeconômicas dos indivíduos que ocupam o município de Belo Horizonte.

Justificativa

Belo Horizonte apresenta características peculiares em seu processo de ocupação, fato explicado por diversos fatores, desde seus aspectos fisiográficos, passando pelo processo de ocupação de Minas Gerais, as decisões do Governo Central (primeiro na Guanabara, depois no Planalto Central) e até mesmo em seu propósito inicial de cidade modelo.

Desta maneira, a cidade planejada cresceu da periferia para o centro, criando situações de um padrão de ocupação aparentemente caótico, mas minuciosamente explicado pelos diversos autores que já a estudaram. Desta forma, este trabalho visa contribuir com este

acervo fantástico sobre a capital dos mineiros, explorando uma nova ótica: a análise conjunta dos aspectos físicos e os aspectos socioeconômicos do município.

Com o advento dos computadores, a partir da década de 1970, e mais intensamente, nos anos 90, observa-se o uso dos Sistemas Informativos Geográficos (SIG's) em diversos estudos, caracterizando-os como ferramentas transdisciplinares (ROCHA, 2000; DAVIS, 2005). Neste sentido, as ferramentas de geoprocessamento foram de fundamental importância neste estudo, onde sem as quais este levaria bem mais tempo para ser elaborado. O processo de aquisição, tratamento e análise espacial das informações por meio dos SIG's são muito importantes às diversas disciplinas na atualidade e, principalmente, em análises geográficas. A compartimentação dos fatores naturais e espacialização das informações relativas ao IVROU, que permitiram a construção da análise correlacionada das predisposições naturais ao risco que o terreno possui, com as condições de ocupação humana deste, são exemplos claros do uso desta tecnologia transdisciplinar. Atualmente os SIG's estão presentes em maior ou menor grau, em grande parte dos estudos ambientais realizados, inclusive em áreas urbanas (LOPES et al, 2003; MOURA, 2003; MACEDO, 2005).

2.Fundamentação teórica

Para este estudo, foram consideradas duas abordagens teórico-metodológicas: a primeira, a respeito dos problemas ambientais urbanos tratados neste estudo, estes ligados ao conceito de risco natural, segundo a concepção de GUERRA e GUERRA (1997); e a segunda a respeito do geoprocessamento e suas ferramentas, que contribuíram na parte metodológica deste trabalho.

Problemas ambientais urbanos

O sítio de Belo Horizonte possui boas condições do ponto de vista geológico, com ressalva às ocupações das cabeceiras de drenagem (deveriam ser áreas verdes) e de encostas íngremes (CARVALHO, 2001). Estas áreas, que são legalmente protegidas pelo plano diretor de Belo Horizonte (BELO HORIZONTE, 1996; 2000), tiveram uma ocupação irregular, fruto da ausência de leis e fiscalização nas décadas passadas. Neste sentido, os movimentos de massa e enchentes são os principais problemas de cunho geomorfológico dentro do município.

A chuva é o principal aspecto a ser observado quando se analisa os movimentos de massa, em países tropicais. A maior parte dos episódios destes processos, ocorridos no Brasil, está associada à alta pluviosidade de duração de poucas horas a alguns dias (GUIDICINI & NIEBLE, 1984; AUGUSTO FILHO, 1995).

As chuvas contribuem para desestabilizar as encostas de duas formas principais: proporcionando o alteamento do nível d'água, gerando força de percolação desestabilizando os solos; e gerando pressões hidrostáticas, preenchendo fendas, trincas e estruturas em solos saprólicos ou em rochas (AUGUSTO FILHO, 1995).

Os tipos mais comuns de movimentos de massa são os rastejos, as corridas, os escorregamentos e as quedas de blocos (AUGUSTO FILHO, 1995; FERNANDES & AMARAL, 2003). Dentro do município de Belo horizonte, em decorrência de suas características litológicas e dinâmica de ocupação, os escorregamentos são os movimentos de massa efetivamente mais importantes.

Escorregamentos (slides) são movimentos rápidos, de curta duração, com plano de ruptura bem definido, permitindo a distinção entre o material deslizado e aquele não movimentado. São divididos com base no plano de ruptura e no material disponibilizado. Quanto ao material este pode ser solo, rocha, mistura e até mesmo lixo (AUGUSTO FILHO, 1995; FERNANDES & AMARAL, 2003). A velocidade máxima depende da inclinação da superfície de escorregamento, da causa inicial da movimentação e da natureza do terreno (GUIDICINI & NIEBELE, 1984).

A vegetação é importante para evitar erosão e movimentos de massa. O conjunto de copas e dossel retém, através de toda sua superfície, água da chuva, que não chega ao solo, além de eliminá-la, através da evapotranspiração. O sistema radicular atua na proteção de encostas, estruturando o solo com as raízes, e estabelecendo escoamento hipodérmico, que desvia e/ou reduz a intensidade de infiltração (GUIDICINI & NIEBLE, 1984).

Segundo CUNHA (1991) os principais condicionantes antrópicos para desencadear processos de movimento de massa são:

- Retirada de vegetação: a retirada de vegetação de uma encosta para a implantação de casas ou mesmo para o cultivo resulta na exposição do solo, aumentando a possibilidade de haver escorregamento e/ou movimentos de massa;
- Acúmulo de lixo nas encostas: quando é molhado, o lixo aumenta de peso pelo seu encharcamento. Por ser um material incoerente tende a escorregar, iniciando o processo de escorregamento do solo da encosta. Os movimentos causados pelo acúmulo de lixo nas encostas adquirem caráter muito destrutivo devido à grande quantidade de água que é colocada em movimento de uma só vez;
- Construção de edificações nas encostas: em locais impróprios, a retirada de material para a implantação das fundações e o próprio peso das estruturas podem contribuir para desencadear movimentos de massas;
- Vazamentos de água e esgoto: sistemas de água e esgoto que apresentam vazamentos contribuem para que o solo fique instável, aumentando a possibilidade de processos erosivos e movimentos de massa. Mesmo pequenos e constantes vazamentos são capazes de encharcar o solo com o passar do tempo,

principalmente em locais com coberturas de cimento, que não permitem a evaporação da água;

- Cortes e/ou aterros: quando tecnicamente mal executados são causas de movimentos de massa. Todo corte ou aterro altera as condições de equilíbrio natural de uma encosta e, portanto devem de preferência ser evitados ou minimizados.

As enchentes constituem processos impactantes em áreas urbanas estando associadas, em sua grande maioria, ao processo de assoreamento dos cursos d'água ou a impermeabilizações do solo à montante dos cursos d'água.

Quando a carga hídrica excede a capacidade da calha do rio, ocorrem enchentes em áreas ribeirinhas. Os problemas resultantes são proporcionais ao nível de ocupação da várzea. As áreas de cabeceiras são as menos ocupadas, por causa de sua declividade, deixando os médios e baixos cursos como áreas preferenciais para a ocupação (TUCCI, 2001).

Existem condições naturais que propiciam as enchentes, como o relevo, tipo de precipitação, cobertura vegetal, e a capacidade drenagem do curso d'água. Geralmente, estes fatores são potencializados pela ação antrópica, mediante obras hidráulicas, urbanização, desmatamento, uso agrícola, reflorestamento, etc (TUCCI, 2001).

Os impactos da urbanização que mais interferem na drenagem urbana são as alterações do escoamento superficial direto. Com o aumento da urbanização, aliado ao aumento das obras na drenagem, os picos de cheias podem chegar a seis vezes mais que o valor natural (PORTO et all, 2001).

Quando as atividades antrópicas influenciam os processos naturais, geralmente estas são negativas e podem acarretar situações de risco para as populações diretamente envolvidas, que, quase sempre, são as mais carentes.

Segundo FERREIRA (1986), a palavra risco significa perigo ou possibilidade de perigo. Ela pode ser associada a várias situações, como na economia (risco de certas ações valorizarem ou desvalorizarem), na biologia (risco de uma população ser dizimada), na medicina (risco do paciente não resistir e falecer), etc.

Quando se trata de áreas de risco de ocupações humanas no Brasil, elas estão principalmente associadas aos movimentos de massa, mais efetivamente, aos escorregamentos e as enchentes, sendo muitas vezes denominadas como áreas de risco geológico, onde a abordagem geotécnica é a mais difundida. Deve-se, porém ressaltar que a abordagem geotécnica não leva em consideração os aspectos de ocupação humana, mas apenas a sobreposição das características naturais da área de estudo.

Segundo GUERRA e GUERRA (1997) o risco natural é empregado para caracterizar os riscos de acidentes causados por forças da natureza. Quanto maior a intervenção humana, maior os riscos de uma catástrofe acontecer. Segundo este raciocínio, não se pode fazer uma análise excludente entre os fatores naturais e humanos.

Quando se trata de Belo Horizonte, a prefeitura municipal, através da Companhia Urbanizadora de Belo Horizonte (URBEL), caracteriza as vilas e favelas como as áreas de risco no município, desprivilegiando outras áreas com potencial para tais acidentes.

Geoprocessamento: tecnologia transdisciplinar

O objetivo principal do geoprocessamento é fornecer subsídios para que diferentes analistas possam determinar as evoluções espaciais e temporais de fenômenos geográficos e suas inter-relações (CÂMARA e MEDEIROS, 1996).

O geoprocessamento pode ser definido como disciplina do conhecimento que se utiliza dados matemáticos e computacionais para o tratamento da informação geográfica, possuindo na atualidade grande expansão, devido ao acelerado desenvolvimento da tecnologia de informática (CAMARA e MEDEIROS, 1996).

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG's / GIS - *Geographical Information Systems*), ferramenta computacional para geoprocessamento, consistem num conjunto integrado e organizado de equipamentos e programas computacionais, dados geográficos e operadores humanos, destinados a coletar, armazenar, atualizar, manipular, analisar e visualizar as informações geograficamente referenciadas (CÂMARA e MEDEIROS, 1996; ROCHA, 2000).

Basicamente, existem duas formas de representar dados espaciais em um SIG: vetorial e matricial (CÂMARA e MEDEIROS, 1996; ROCHA, 2000).

Segundo ROCHA (2000) os vetores são pares de coordenadas (x,y), quem podem representar pontos (apenas um par de coordenadas definem um ponto), linhas (são necessários no mínimo dois pares de coordenadas) ou polígonos (no mínimo três pares de coordenadas, de maneira que o primeiro par se liga ao último, formando um elemento fechado). O formato matricial ou raster é representado como sendo uma matriz, onde cada célula possui uma coordenada x,y; cada célula é denominada pixel.

Dentro das várias possibilidades de tratamento das informações georreferenciadas, as operações booleanas e as operações matemáticas com mapas se constituem como boas alternativas na construção de modelos, permitindo o cruzamento de várias informações (CÂMARA e MEDEIROS, 1996). Deve-se ressaltar que grande parte dos modelos gerados são concebidos através de operações com *layers* (camadas) em formato matricial, pois estes representam melhor os fenômenos com variação contínua no espaço, além de facilitar o processamento das informações (ROCHA, 2000).

As operações booleanas utilizam operadores lógicos e permitem realizar cruzamentos entre dois ou mais planos de informações. A operação lógica do tipo A AND B retorna todos os elementos contidos na interseção entre A e B; A NOT B retorna todos os elementos contidos exclusivamente em A; A OR B retorna todos elementos contidos tanto em A como em B, A XOR B retorna todos os elementos contidos em A e B não incluídos na interseção de A e B (CAMARA e MEDEIROS, 1996).

As operações matemáticas são utilizadas nos *layers* de entrada, submetendo-os a operações de ponderação, e a operação matemática propriamente dita. Deve-se em primeiro lugar gerar um conjunto de regras de ponderação, atribuindo pesos a cada variável, e notas a cada componente desta. A seguir, gera-se um *layer* a partir da operação de média ponderada entre as notas e pesos, que explicita o resultado da análise. As operações matemáticas incluem soma, subtração, divisão, multiplicação, logaritmo, funções trigonométricas, relações (menor que, maior que), etc. (CÂMARA e MEDEIROS, 1996).

3.Caracterização da Área de Estudo

Quadro Fisiográfico

O município de Belo Horizonte está inserido na grande unidade geológica conhecida como Cráton São Francisco, área tectonicamente estável no final do Paleoproterozóico. O limite meridional do Cráton São Francisco é o quadrilátero ferrífero, área de geologia complexa, fruto de mais uma fase de deformação e metamorfismo. Dentro deste quadro, Belo Horizonte está inserido em terrenos granito-gnáissico e das seqüências metassedimentares (SILVA et all, 1995).

O território de Belo Horizonte mostra um quadro fisiográfico diversificado e intimamente vinculado ao substrato geológico. Predominam as rochas Arqueanas integrantes do complexo de Belo Horizonte e seqüências supracruciais de idade Paleoproterozóica, integrantes do Super Grupo Minas. Sedimentos cenozóicos recobrem parcialmente estas unidades (SILVA et all, 1995).

O domínio do Complexo de Belo Horizonte representa 70% do território e tem sua maior expressão ao norte da calha do ribeirão Arrudas. Neste domínio predominam rochas gnáissico-migmáticas, localmente milonizadas. As formações superficiais são representadas por solos residuais de espessura variada; delgado ou ausente nas áreas de exposição do maciços rochosos e espesso, maturo e silto-argiloso nas áreas de relevo muito suave. O domínio de Belo Horizonte integra a unidade geomorfológica denominada Depressão de Belo Horizonte. Predominam colinas de topo plano e arqueado com encostas côncavo-convexas e altitudes entre 800-900 m (figura 2), formada pela dissecação fluvial da área gnáissica. Espigões alongados segundo N-S e E-W destacam-se na paisagem. Os espigões apresentam encostas de alta declividade muito vulneráveis ao escoamento torrencial. Expressivos depósitos coluviais inconsolidados formam-se nas partes baixas das encostas e interagem a jusante com sedimentos aluviais (SILVA et all, 1995).

O domínio do complexo metassedimentar tem sua ocorrência ao sul da calha do ribeirão Arrudas, constituindo cerca de 30% do território da cidade. As características principais deste domínio são a diversidade litoestrutural e morfológica e o relevo acidentado que encontra expressão máxima na Serra do Curral. O domínio engloba uma sucessão de

camadas de rochas metasedimentares representadas por itabiritos, dolomitos, quartizitos, filitos e xistos diversos, de direção geral NE-SW e mergulho para sudeste. Integra o compartimento do Quadrilátero Ferrífero onde a fisiografia serrana mostra a relação entre geologia e as formas de relevo. As camadas de Itabirito, resistentes a erosão pelas couraças ferruginosas, constituem a linha de crista. Esta resistência proporcionou a inversão do relevo (SILVA et al, 1995).

Domínio das formações superficiais é constituído por sedimentos depositados por processos fluviais (SILVA et al, 1995).

A rede de drenagem regional apresenta padrão dendrítico, enquanto os cursos d'água apresentam padrão fluvial meandrante de baixa sinuosidade interrompidos por trechos retilíneos controlados por estruturas do embasamento (figura 2) (LOPES et al, 2003).

A cobertura vegetal do município de Belo Horizonte é composta por remanescentes bastante alterados dos biomas cerrado e mata atlântica. Atualmente, o que se verifica são resquícios da vegetação secundária dispersos por todo o sítio (LOPES et al, 2003). Áreas onde a vegetação está mais bem preservada, apresentando maior diversidade de estratos são principalmente o Parque das Mangabeiras, o Horto florestal da UFMG, o zoológico, áreas na Serra do Curral, a Granja Werneck, além de alguns clubes dispersos pelo município.

O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo Cwa, ou seja, tropical de altitude com inverno seco (Junho, Julho e Agosto) e verão chuvoso (Novembro, Dezembro e Janeiro). As temperaturas médias em todos os meses do ano são superiores a 18°C. Belo Horizonte é considerada uma região chuvosa com índices pluviométricos inferiores a 60mm por mês. A média anual de chuvas é de 1515mm, sendo 89% distribuídos entre Outubro e Março, os meses mais quentes do ano (RIBEIRO e MÓL, 1985).

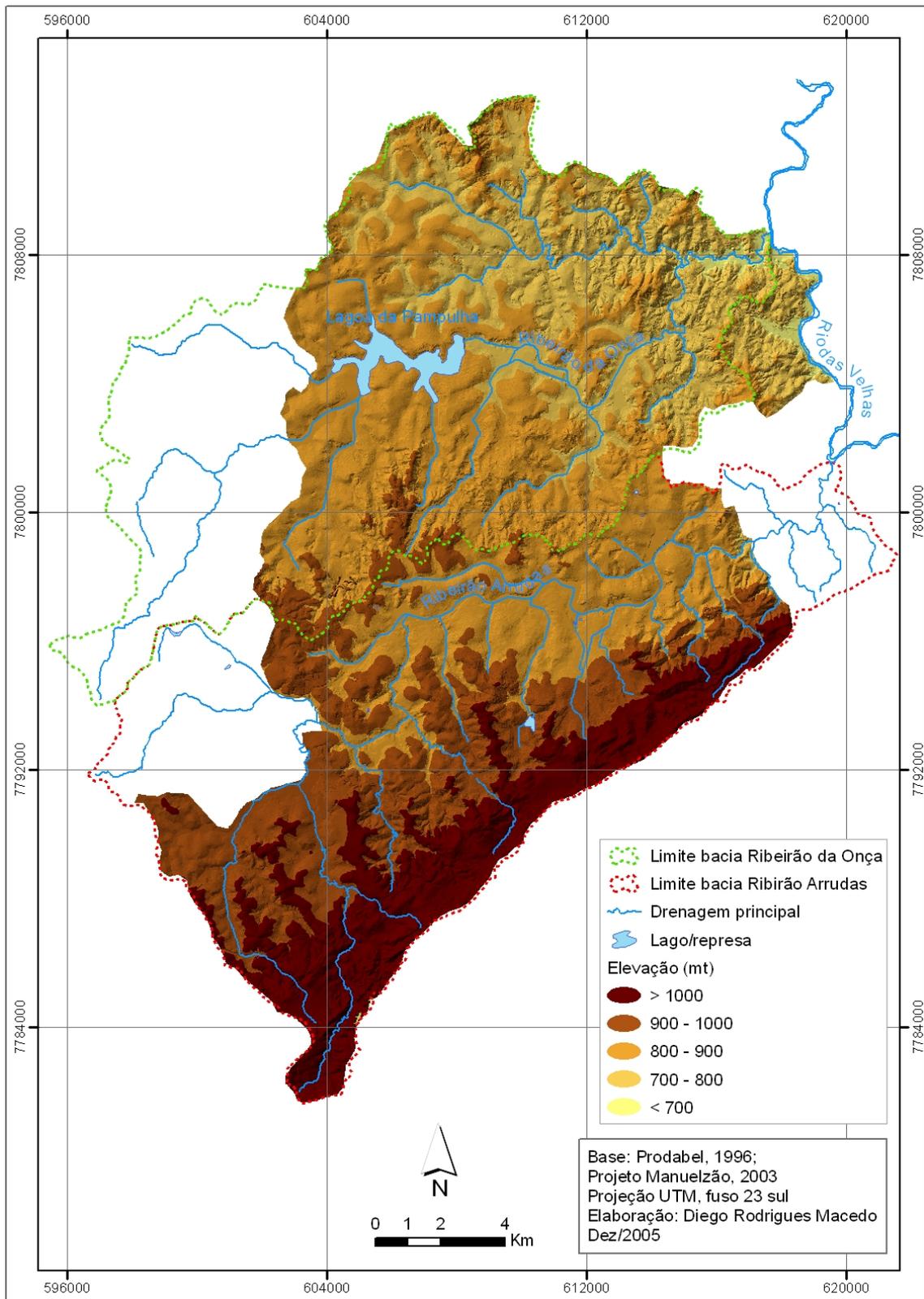


Figura 2. Bacias hidrográficas e hipsometria de Belo Horizonte.

Aspectos do processo de Ocupação de Belo Horizonte

No processo inicial de ocupação da região onde hoje está situada a cidade de Belo Horizonte, a Serra do Curral se firmou como uma barreira física e humana: ao mesmo tempo em que separava o Quadrilátero Ferrífero da Depressão de Belo Horizonte, era também um curral natural para o gado vindo do Sertão, por isso a denominação de Curral Del Rey. Belo Horizonte é um tipo de divisor de vários climas, geologias, geomorfologias e vegetações, onde estes se dividem e se confundem (MONTE-MÓR, 1994).

Belo Horizonte foi planejada para desvincular a idéia da capital mineira de uma cidade imperial (Ouro Preto). Desta forma, se cria uma cidade com ideais positivistas, como as da recente República. O traçado das ruas, com suas linhas retas, de forma simétrica e organizada é um bom exemplo deste projeto positivista (MONTE-MÓR, 1994). A nova capital foi planejada por seus idealizadores para ser uma cidade moderna, higiênica, saudável e prazerosa, consolidando os grupos emergentes na província e na nascente república (COSTA, 1994).

Desde o projeto inicial, visava-se atrair para dentro dos limites da avenida 17 de Dezembro (atual avenida do Contorno) funcionários públicos e membros da elite. O acesso aos lotes na área urbana ocorreu sob a forma de doações ou leilões públicos, onde as famílias mais humildes e que, originalmente, ocupavam a região de Curral Del Rey não tinham condições de adquirir imóveis, ou seja, não se adequavam à categoria de moradores da área urbana de Belo Horizonte (COSTA, 1994).

As áreas fora dos limites da avenida 17 de Dezembro eram destinadas à uma futura expansão da cidade, apresentando padrões mais flexíveis de urbanização, o que acarretou o processo de ocupação das áreas suburbana e rural, de forma muito mais intensa do que na área central. O mercado controlou a expansão urbana de Belo Horizonte, fazendo com que esta fosse realizada da periferia em direção ao centro (COSTA, 1994; MONTE-MÓR, 1994).

No censo de 1912, 68% dos moradores da cidade viviam fora da área originalmente urbana, sendo que 27% das moradias eram barracos, e do total da cidade, apenas 15% tinham energia elétrica, 36% água encanada e 24% coleta de esgoto (PENNA, 1950, *in* COSTA, 1994).

Segundo DINIZ (1981, *in* MONTE-MÓR, 1994) Belo Horizonte nasceu sob o signo da industrialização, mas alguns fatores lhe negaram esta vocação. Entre eles, estão as crises econômicas da virada do século XX, as lutas políticas entre os “mineiros” e os “gerais”, aliança entre interesses antagônicos face ao controle da capital e dificuldades em resolver questões regionais e urbanas, como transporte e energia.

Em 1930 ocorre a criação do pólo industrial mineiro, a Cidade Industrial, determinando um eixo de expansão urbana no sentido oeste em relação ao centro de Belo Horizonte. Ocorre um crescimento urbano intenso até 1945, principalmente além dos limites da Avenida do Contorno. Este crescimento é marcado por novos loteamentos e conjuntos habitacionais, pela construção da Pampulha e da Cidade Universitária, dentre outros. Logo a cidade se expande em direção à dois eixos preferenciais: o eixo oeste, industrial, e o eixo norte (Pampulha), de lazer, cultura e habitações de alta categoria (MONTE-MÓR, 1994).

Entre as décadas de 1930 e 1940, os loteamentos clandestinos eram os principais meios de ocupação de Belo Horizonte. Na década de 1950, a prefeitura regulamentou 50 loteamentos já existentes e permitiu o lançamento de mais 22 (PLAMBEL, 1977, *in* COSTA 1985, 1994). Neste momento, existiam 2,5 lotes vagos para cada ocupado na cidade, e a população favelada girava em torno de 10% do total (PLAMBEL, 1980, *in* COSTA 1985, 1994).

Na década de 1960, a construção de Brasília quebra o isolamento mineiro, fortalece o processo metropolitano e industrial já iniciado. Neste momento, o crescimento econômico ocorre em detrimento da cultura e meio-ambiente, ou seja, os considerados elementos da modernidade – asfalto, por exemplo – substituem praças e árvores em Belo Horizonte. Após 1960, o processo de urbanização em Minas Gerais se intensifica (MONTE-MÓR, 1994). Belo Horizonte experimentou então um crescimento populacional com elevadas taxas de até 7% ao ano: a população, que em 1940 era de 211.377 habitantes, passou em 1950 para 352.724, e em 1960 para 693.328 (COSTA, 1994).

Na década de 1970, Belo Horizonte se torna uma metrópole periférica, pois polariza apenas o centro e os sertões do estado, enquanto as cidades do Rio de Janeiro e de São Paulo polarizam as outras regiões mineiras. Com a nova Divisão regional do trabalho

imposta pelo governo militar, Minas Gerais fica responsável pelo setor de siderurgia (indústria de base) e houveram pesados investimentos do Estado para atrair e reter o capital mineiro (MONTE-MÓR, 1994).

Estas mudanças na dinâmica econômica e espacial brasileira na década de 1970 também atingem Belo Horizonte, fazendo com que a população crescesse de 1.255.415 habitantes em 1970 para 2.541.788 em 1980 e apresentasse um quadro precário dos loteamentos populares em termos de saúde, saneamento, transporte, equipamentos urbanos em geral, além da falta de condições mínimas de conforto, salubridade e segurança das habitações (COSTA, 1985).

Na RMBH foram produzidos durante 1975-78 mais de 125 mil lotes, número suficiente para abrigar mais de 720 mil pessoas, considerando uma média de cinco habitantes por lote. Cerca de 86 desses loteamentos seriam considerados populares (PLAMBEL, 1980 *in* COSTA, 1985). Na década de 1970, 70% do total das construções de Belo Horizonte foram obtidos pelos próprios moradores, 65% clandestinos, mas não favelados (PLAMBEL, 1974 *in* COSTA, 1985).

A ausência do poder público incentivou a ação dos loteadores. A estratégia era vender lotes o mais barato possível, desta forma, os custos eram repassados para os futuros moradores. Vale lembrar que os loteamentos da década de 1950 tiveram infraestrutura oferecida pelo estado. Naquele momento estes eram valorizados, mas pouco ocupados - 2,5 lotes vagos por lote ocupado (COSTA, 1985).

A criação da CEMIG e a pavimentação das estradas pelo DER propiciaram o crescimento econômico mineiro ao final do milagre econômico. As conseqüências na cidade foram o embelezamento e a modernização do centro e áreas centrais, por um lado (construção de arranha-céus, asfaltamento de vias, etc.), e a proliferação de favelas nos eixos norte e oeste, por outro, além da construção de casas suntuosas fora da avenida do Contorno (Cidade Jardim) rodeada por favelas (Papagaio) (MONTE-MÓR, 1994). A figura 3 mostra a localização das favelas em Belo Horizonte, e também faz referência à alguns bairros da capital.

Na construção do espaço em Belo Horizonte, percebe-se momentos de expansão (décadas de 1950 e 1970) com períodos de retração e/ou adensamento. No atual estágio,

percebe-se um movimento de adensamento e crescimento demográfico a olho nu, mesmo que este movimento tenha poucos estudos.

O adensamento ocorre em todas as áreas da cidade, passando desde a verticalização dos condomínios de luxo localizados nas áreas nobres (Belvedere, Loudes, etc), quanto nas vilas materialmente esqualidas erguidas nos morros e fundos de vale.

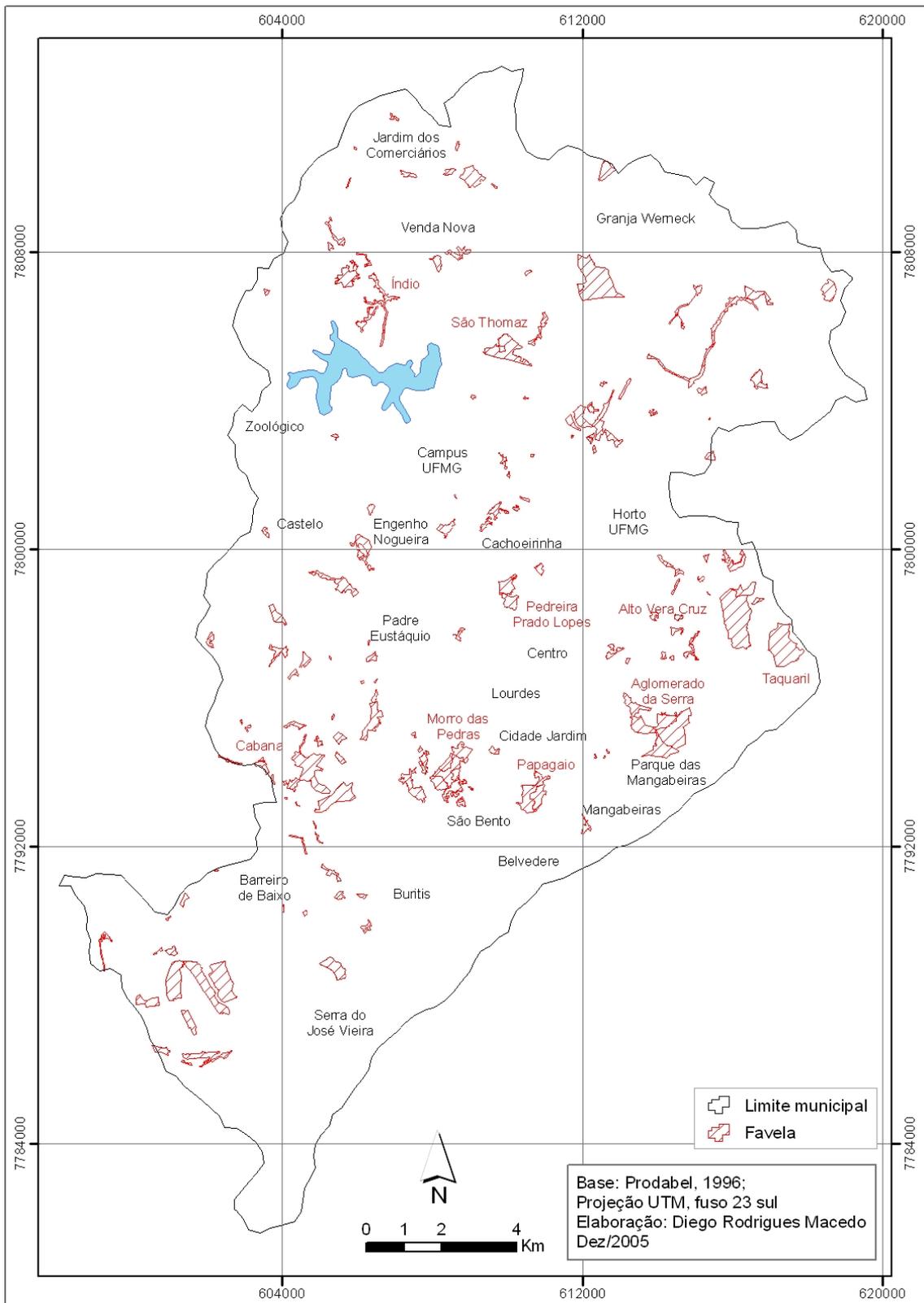


Figura 3. Favelas e alguns bairros de Belo Horizonte.

4. Etapas de trabalho

Para a consecução deste estudo foi realizado um levantamento das informações disponíveis sobre a área de estudo. Estes foram compostos por bibliografias sobre Belo Horizonte e outros temas relevantes relacionados à ocupação urbana desordenada.

A primeira etapa consistiu na aquisição da base cartográfica do município de Belo Horizonte, com as curvas de nível de cinco em cinco metros e a hidrografia. Esta base foi utilizada para viabilizar a compartimentação dos fatores naturais (figura 4). Esta visa o enquadramento dos aspectos físicos naturais, baseados em parâmetros variáveis, previamente definidos conforme as necessidades da área e os objetivos da pesquisa. É, portanto, um instrumento de extrema importância, já que visa sistematizar de forma matricial os condicionantes do relevo, para propiciar uma análise ambiental efetiva.

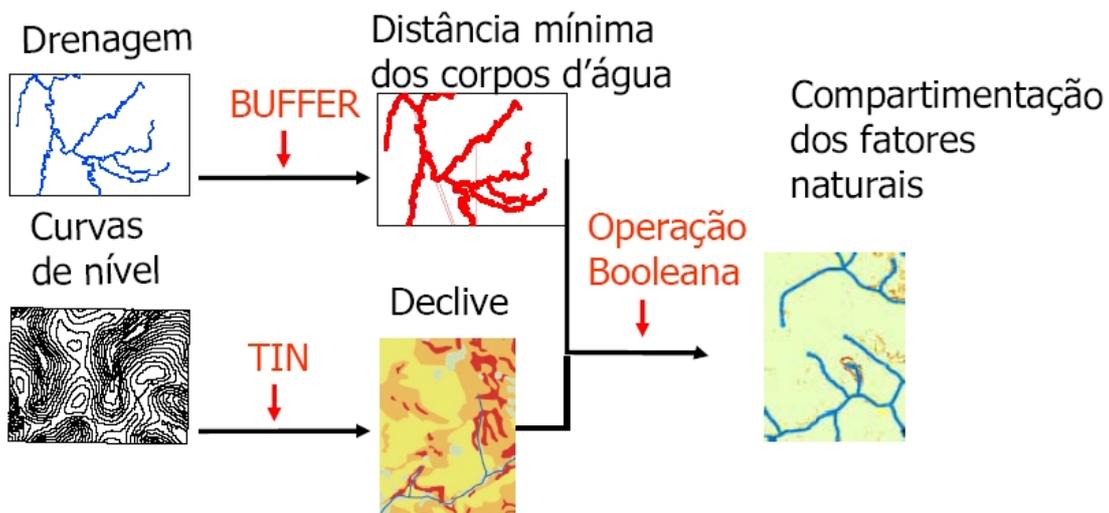


Figura 4. Metodologia empregada na elaboração da Compartimentação dos Fatores Naturais.

Foi então executada uma compartimentação das classes de declividade, elaborada a partir da base digital de curvas de nível com o uso do software Arcgis. As curvas de nível foram transformadas em pontos cotados, e foi criado o modelo digital de elevação em rede triangular. Foram escolhidas 4 classes de declividade, baseadas na legislação que regula a ocupação dos solos em nível municipal: 0-5% (ocupação preferencial, exceto em vales fluviais), 5-30% (ocupação sem restrições) 30-47% (ocupação restrita) e acima de 47% (ocupação proibida).

Para definir a área de proteção, a partir dos corpos d'água, foram criados buffers de 30 metros a partir dos cursos d'água presentes na base de hidrografia do município, e buffers de 50 metros a partir das nascentes. Com o auxílio de ferramentas de geoprocessamento, as áreas com declividade entre 0 e 5% que tocam curso d'água foram caracterizadas como áreas potencialmente inundáveis, o que permitiu que as áreas restantes com esta declividade fossem incorporadas em uma classe ótima para ocupação (0-30%, exceto fundos de vales). As informações vetoriais foram convertidas para o formato matricial e, por meio de operadores booleanos, todas estas informações foram agregadas em um único *layer*.

Foi feita então uma compartimentação da área do município de Belo Horizonte baseada nos parâmetros contidos na Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação dos Solos de Belo Horizonte (leis 7.166/96 e 8.137/2000) que leva em consideração, para definir as áreas edificáveis, fatores naturais relativos a: áreas hidricamente sensíveis (nascentes), aos corpos d'água e a declividade do terreno. O resultado pode ser observado no apêndice 1.

A etapa seguinte consistiu em calcular o Índice de Vulnerabilidade ao Risco de Ocupação Urbana (IVROU), tendo como unidade de análise o setor censitário disponibilizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (figura 5). Este índice foi adaptado de MACEDO e MAGALHÃES JR (2005)¹, e visa avaliar o quanto as condições de ocupação podem influenciar na fragilidade ambiental. Este índice tem como o objetivo eleger as áreas prioritárias para intervenções dentro da área de estudo, pois avalia a vulnerabilidade das populações residentes, frente aos riscos de acidentes ambientais, principalmente aos de cunho geomorfológico.

¹ O IVROU foi adaptado do Índice de Risco desenvolvido pelos autores, onde foram incorporadas as sugestões de especialistas da área de população e meio ambiente, quando este foi apresentado no Workshop População e Meio-Ambiente, organizado pela ABEP em 2005.

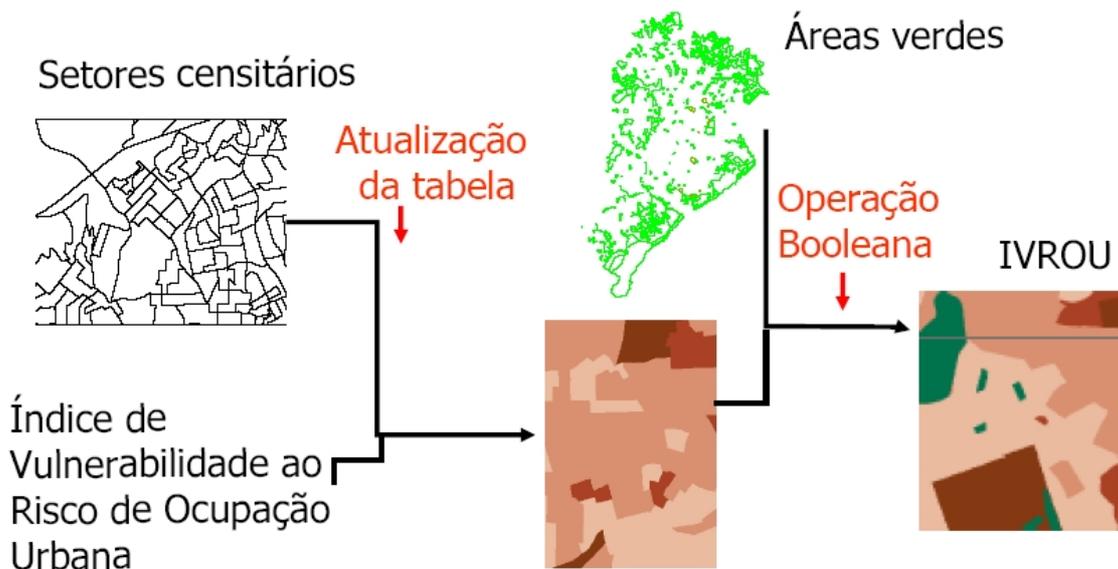


Figura 5. Metodologia empregada na elaboração do IVROU.

Foram considerados para a composição do IVROU cinco indicadores: renda, escolaridade, serviços sanitários, densidade etária populacional e condição da habitação (quadro 1). Os indicadores de renda e escolaridade foram diretamente retirados do Censo Demográfico do IBGE (2000), e correspondem, respectivamente, ao rendimento médio e a média de anos estudados pelo chefe do domicílio. O chefe do domicílio foi escolhido dado a indisponibilidade destes indicadores por habitante. Estes indicadores foram considerados como sendo inversamente proporcionais ao índice calculado, pois se ponderou que pessoas com melhores condições financeiras têm acesso a melhores locais e habitações, e possuindo mais instrução e, teoricamente, conservam melhor sua moradia. O indicador de serviços sanitários foi composto pela média do total de domicílios com coleta de esgoto e o total de domicílios com coleta de lixo, dividido pelo total de domicílios. Este indicador também foi considerado inversamente proporcional ao índice, pois o esgoto escoando a céu aberto pode infiltrar no solo, causando pressões isostáticas, que podem desencadear movimentos de massa, além de aumentar a carga hídrica nos cursos d'água, contribuindo para ocorrência de enchente. O lixo tem papel semelhante: se encharca facilmente, aumentando seu peso e desestabilizando encostas; além disto, lixo nos cursos d'água causam retenção do fluxo, provocando enchentes. A densidade etária populacional tem como objeto avaliar, em tese, quantas pessoas poderiam ser atingidas, caso um desastre aconteça. Neste sentido, crianças de 0 a 6 anos e idosos, além de permanecerem mais tempo dentro de casa, possuem dificuldades motoras, fazendo que a probabilidade de serem vítimas seja maior que as outras faixas

etárias. Assim sendo, esta faixa tem seu número de habitantes com o peso dois. Neste mesmo raciocínio, crianças e adolescentes entre 7-18 anos estudam por pelo menos um período, o que diminuí seu tempo dentro da casa, diminuindo as probabilidades de serem vítimas. O peso 1,5 foi atribuído a esta classe pois estes ainda ficam mais tempo em casa que a faixa etária de 19-65 anos, que por sua vez trabalha o dia inteiro, sendo menos vulneráveis aos acidentes e recebendo peso 1. Este indicador foi considerado diretamente proporcional ao índice. A condição da habitação é dividida por setores censitários, ou seja, cada setor tem uma condição, que varia entre comum, especial subnormal (habitações materialmente esqualidas), especial de quartéis, especial de acampamentos, especial de embarcações, especial de aldeia indígena, especial de penitenciárias e especial de asilos. Neste caso, os setores especiais subnormais foram considerados como valendo 1, e os demais, valendo 0 (observa-se que a grande parte dos setores em Belo Horizonte possuem a condição comum, e por isto foi atribuído este valor ao restante).

Índice temático	Indicadores	Relação com o indicador	Nome da variável	Variável		
				Numerador	Denominador	Fonte
Vulnerabilidade ao Risco de Ocupação Urbana	Renda	Inversa	Renda média do responsável pelo domicílio	Soma dos rendimentos dos chefes de família	Total de chefes de família	Microdados do Censo Demográfico IBGE 2000
	Escolaridade	Inversa	Escolaridade média do responsável pelo domicílio	Soma dos anos estudados pelos chefes de família	Total de chefes de família	
	Serviços sanitários	Inversa	Índice de serviço de coleta de esgoto	Total de domicílios com serviço de coleta de esgoto	Total de domicílios	
		Inversa	Índice de serviço de coleta de lixo	Total de domicílios com serviço de coleta de lixo	Total de domicílios	
	Densidade etária populacional	Direta	Nº de habitantes por domicílios, proporcional à idade	Nº de habitantes 0-6 anos * 2 + nº de habitantes 7-18 anos * 1,5 + nº de habitantes 19-65 anos + nº de habitantes acima de 66 anos * 2	Total de domicílios	
Condições da habitação	Direta	Setor composto por habitações subnormais	Setor censitário composto por habitação subnormal = 1; outras condições = 0			

Elaboração: Diego Rodrigues Macedo

Quadro 1. Índice de Vulnerabilidade ao Risco Geomorfológico Urbano

A adequação das variáveis foi testada a partir da análise das correlações entre as mesmas. Aquelas que se mostraram redundantes ou pouco sensíveis foram retiradas do índice nesta etapa. O passo seguinte foi identificar os valores extremos (*outliers*) e

substituí-los pelos valores correspondentes aos limites superiores e inferiores dos percentis 1% e 99%, respectivamente.

Após corrigidos os valores extremos, as variáveis foram padronizadas pelo método z-score, de modo a permitir sua agregação ao converter todas as variáveis a uma escala numérica única e amenizar distorções causadas pelos valores observados nos percentis mais extremos. Desta forma:

$$Z = \frac{X - X_m}{\sigma}$$

Onde Z é o valor padronizado da variável, X é valor inicialmente encontrado da variável para cada setor, X_m é o valor médio da variável (média dos valores obtidos para todos os setores) e σ é o desvio padrão da variável na amostra.

Para algumas variáveis que apresentavam relação inversa ao procurado (quanto maior seu valor, maior a vulnerabilidade), a padronização foi feita a partir da fórmula inversa.

Após os testes uma segunda padronização foi realizada, convertendo os indicadores em valores compreendidos entre 0 e 1 (com três casas decimais) pelo método de máximos e mínimos, de forma a tornar os resultados mais compreensíveis. Os índices temáticos foram então obtidos a partir da média simples dos seus respectivos indicadores.

Vale lembrar que tanto o valor 0 como o 1 são situações hipotéticas, relatando situações extremas de menor e maior vulnerabilidade dentro dos parâmetros considerados, sendo praticamente impossível estas ocorrências.

Depois de obtidos os valores, para classificá-los foi feita a divisão em quatro classes através do método quartil, que é tradicionalmente utilizado na literatura para uma interpretação mais geral. As quatro classes do IVROU foram nomeadas de Alto, Médio-alto, Médio-Baixo e Baixo. Os dados foram integrados com a base vetorial de setores censitários de Belo Horizonte, disponibilizada pelo IBGE, com o uso do software Arcgis. Neste, cada setor tinha um número de identificação que foi relacionado com o índice calculado, e convertidos para o formato matricial (apêndice 2).

Para a confecção do mapa de Risco de Belo Horizonte (figura 6), foi retirada da análise as áreas não habitadas (cursos e corpos d'água e áreas verdes reconhecidas pela prefeitura). Para tal, novamente foram utilizados operadores booleanos, que eliminaram estas áreas dos mapas originais. O passo seguinte foi elaborar uma classificação de pesos para os componentes (Compartimentação dos fatores naturais e IVROU) e notas para suas variáveis (quadro 2).

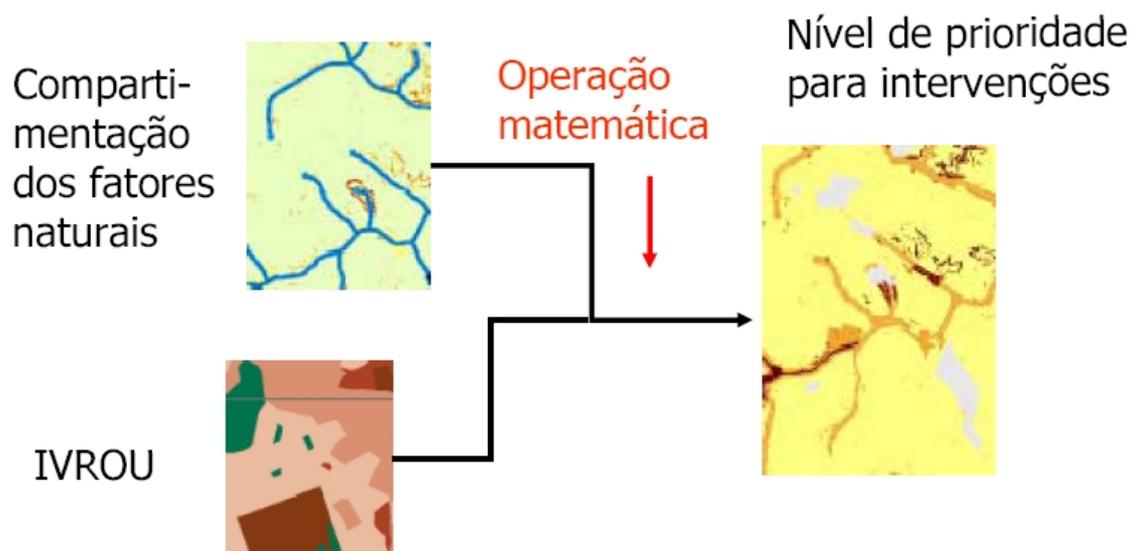


Figura 6. Metodologia empregada na elaboração do Nível de prioridade, em relação ao risco natural.

Compartimentação dos Fatores Naturais (50%)		Índice de Vulnerabilidade ao Risco de Ocupação Urbana (50%)	
Classe	Nota	Classe	Nota
Declividade entre 0-30%	1	Baixo	1
Declividade entre 30-47%	8		
Declividade acima de 47%	10		
Área propensa a inundações	7	Médio-baixo	4
Distancia de 30 metros de corpos d'água	7	Médio-alto	7
Distancia de 50 metros de nascentes	7	Alto	10

Quadro 2. Análise de multicritérios.

Foi utilizada a seguinte expressão algébrica [Compartimentação dos Fatores Naturais * 0,5 + IVROU * 0,5]. Desta maneira, mapa final possuía áreas variando de 1 a 10.

Usando o método de divisão de classes “intervalos iguais”, o mapa foi reclassificado em três áreas: prioridade baixa, prioridade média e prioridade alta (apêndice 3).

5.Resultados

Analisando o mapa da Compartimentação dos Fatores Naturais de Belo Horizonte (figura 7 e apêndice 1), nota-se que as maiores declividades estão localizadas na Serra do Curral – interflúvio entre as bacias do ribeirão Arrudas e Água Suja, e também limite entre os municípios de Belo Horizonte e Nova Lima; nos divisores entre as bacias do ribeirão da Onça e ribeirão Arrudas; e ao norte do município, nos limites entre a bacia dos ribeirões da Onça e da Mata. A maior densidade de cursos d’água também ocorre nestas áreas, pois estas são as principais cabeceiras de drenagem, onde a altimetria, associada a índices pluviométricos anuais que ultrapassam os 1000 mm, formam cursos d’água que dissecam o relevo.

Algumas das áreas mais íngremes são também áreas verdes, como o Parque das Mangabeiras, o “bairro” Serra do José Vieira e a Granja Werneck; outras se tornaram vilas materialmente esqueléticas, como o Taquaril, o aglomerado da Serra, a Pedreira Prado Lopes e o Morro das Pedras. Deve-se também destacar que existem bairros consolidados, com vias de acesso e reconhecidos pela prefeitura, como o bairro Engenho Nogueira, Jardim dos Comerciantes, e os nobres Belvedere e São Bento nas mesmas condições topográficas e desconformes à legislação.

As principais áreas susceptíveis a inundações identificadas ocorrem principalmente ao longo dos cursos dos Ribeirões do Onça e Arrudas, e em seus principais afluentes, sendo também, as áreas mais baixas do município. Hoje estas são avenidas sanitárias, canalizadas potencializam os efeitos desastrosos das chuvas.

Neste sentido, observa-se que a expansão urbana acelerada após os anos 1950, e mais intensamente na década de 1970, ocorreu em detrimento da preservação das áreas sensíveis em termos hidrográficos e da estabilidade do terreno. A impermeabilização da superfície (asfaltamento), aliada à remoção da cobertura vegetal, levou ao aumento do escoamento superficial e à redução das áreas de infiltração. Como reflexo, em grande parte, da conjuntura social do país, a população de baixa renda instalou-se em terrenos que hoje são protegidos legalmente: encostas de elevada declividade, nascentes e margens de cursos d’água, além da planície de inundação.

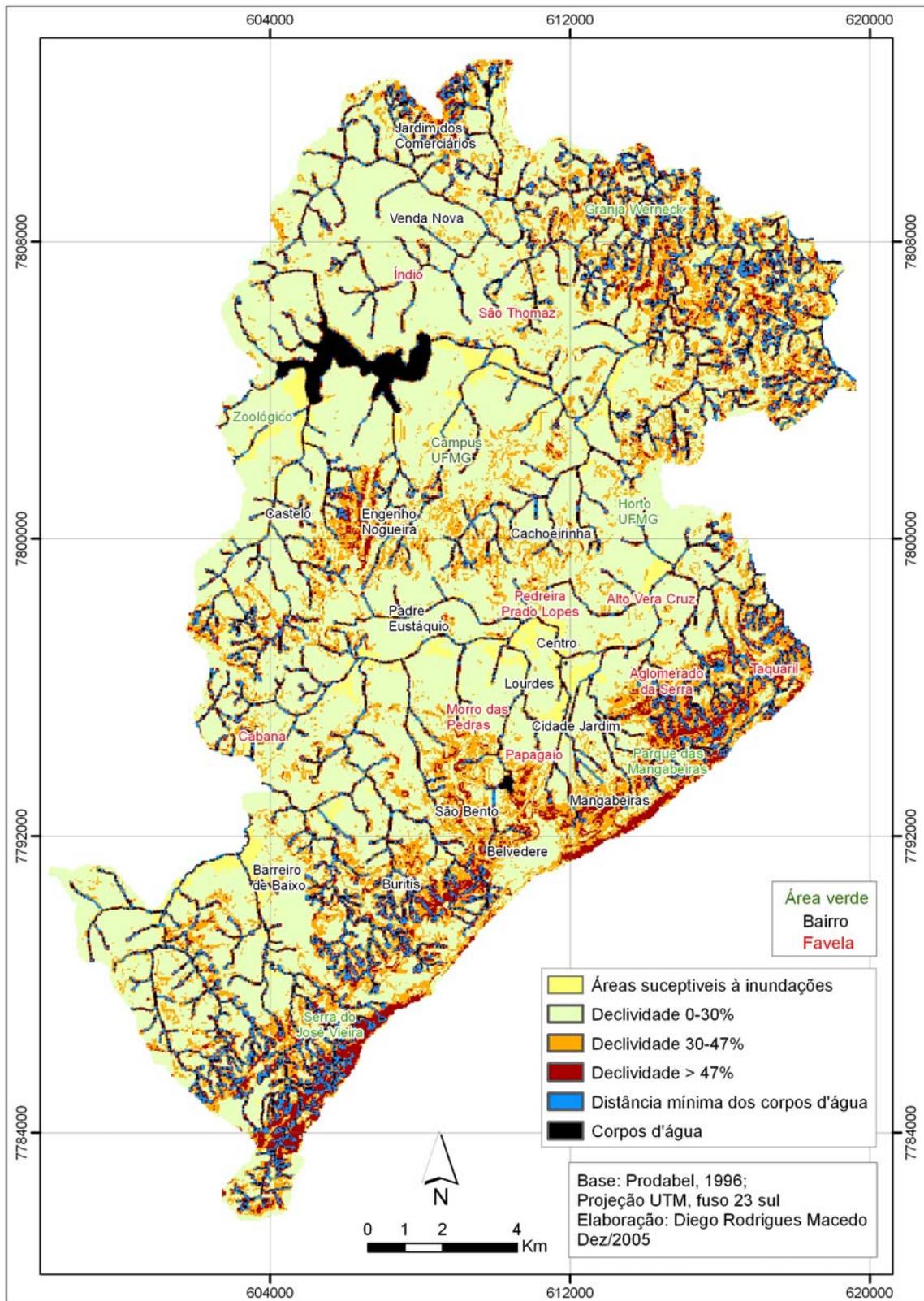


Figura 7. Compartimentação dos Fatores Naturais do município de Belo Horizonte.

Além dos impactos ambientais associados à ocupação de cabeceiras (poluição, remoção de mata ciliar, etc.), ocupação das várzeas, remoção da cobertura vegetal, erosão acelerada e assoreamento de cursos d'água, além de eventuais movimentos de massa, nota-se a ocupação não planejada, desacompanhada da infraestrutura básica de serviços de saneamento. As rápidas transformações da paisagem e a poluição do solo e das águas por esgotos e resíduos sólidos agravam o quadro de baixa qualidade de vida da população. Apesar da existência de um sistema de coleta de lixo, constituído por caminhões, e onde estes são inacessíveis, por caçambas, ainda assim, grandes quantidades de lixo são depositadas nos cursos d'água de Belo Horizonte.

A urbanização, contribuindo para o aumento do volume d'água que atinge os canais, associada a um sistema de rede unitário, e com canais subdimensionados (LOPES et al, 2003), são fatores que contribuem para a ocorrência de grandes inundações em alguns trechos da cidade. Este fenômeno natural muitas vezes torna-se catastrófico² devido à forma inadequada de ocupação. Enchentes de pequena magnitude são constantes em períodos chuvosos e, apesar de menos catastróficas, proporcionam grandes riscos para saúde da população local; pois a coloca em contato direto não só com poluentes domésticos (efluentes líquidos e sólidos), mas também com poluentes provenientes das águas pluviais.

Outro grande problema são os movimentos de massa. Sabe-se que as altas declividades, associadas aos condicionantes geológicos-geomorfológicos, são os fatores de maior relevância para o desencadeamento destes processos. Verificam-se áreas efetivamente ocupadas no município onde a declividade é acentuada, variando entre 30% e 47%, o que leva a necessidade de realizar edificações mediante técnicas de engenharia, que muitas vezes não condizem com a realidade da população, principalmente nos bairros periféricos da zona norte, ou nas favelas da zona sul. Além destas, existem ocupações em áreas com declividade acima de 47%, preservadas por lei, mas ocupadas.

Por não ter acesso à terras mais apropriadas para ocupação, a população de baixa renda instalou-se em terrenos, em grande parte das vezes, protegidos por legislações específicas, tais como: morros de elevada declividade, nascentes e cabeceiras, margens de cursos d'água, etc. Os riscos não são apenas de saúde pública, mas também de

² As enchentes mais catastróficas ocorreram em 1978/79, 1984/85 e 1998, com cheias durante muitos dias e imensos danos materiais para os moradores das regiões de fundo de vale.

caráter geomorfológico e hidrológico, referentes a deslizamentos de encosta e inundações.

Desde o início, a ocupação do sítio de Belo Horizonte não levou em consideração os cursos d'água, tendo em vista que no projeto original, os rios que passavam dentro dos limites da antiga avenida 12 de Dezembro (atual Contorno), foram arbitrariamente canalizados. As áreas mais declivosas foram inicialmente excluídas do processo de construção da cidade, o que as tornaram, em sua grande maioria, o único refúgio para uma população economicamente excluída deste processo.

Não é o mais correto avaliar os fatores de risco natural apenas em critérios físicos. As características da ocupação são um indicador que deve ser contemplado, já que os riscos naturais serão, eventualmente, maiores onde houver maiores contingentes populacionais, maiores porcentagens de idosos e crianças em relação a população local, onde as edificações possuem condições inadequadas de construção e preservação, e onde o lixo e o esgoto não possuem o tratamento devido. Com o IVROU (figura 8 e apêndice 2), tem-se o objetivo de apontar quais setores censitários apresentam graus de vulnerabilidade maiores que outros. Para fins de planejamento, este é um procedimento ideal, pois favorece as intervenções em setores mais sensíveis. Observa-se pelo mapa do IVROU, que as áreas com menor fator de risco são as ocupadas até a década de 1950, e é exatamente onde se observa a menor desconformidade em relação à lei. As áreas com piores indicadores, ou seja, maior vulnerabilidade são resultantes dos últimos parcelamentos, quando a lei 6.766/79 (BRASIL, 1979) ainda não fora completamente implementada.

Neste sentido, nota-se que a área central de Belo Horizonte possui os melhores indicadores, se comparados ao restante do município. A região entorno da lagoa da Pampulha também possui estas mesmas características. Estas se constituem como áreas já consolidadas, sendo, como já foi dito, os loteamentos mais antigos de Belo Horizonte. Desta maneira, são também áreas onde as características dos moradores minimizam os riscos de acidentes.

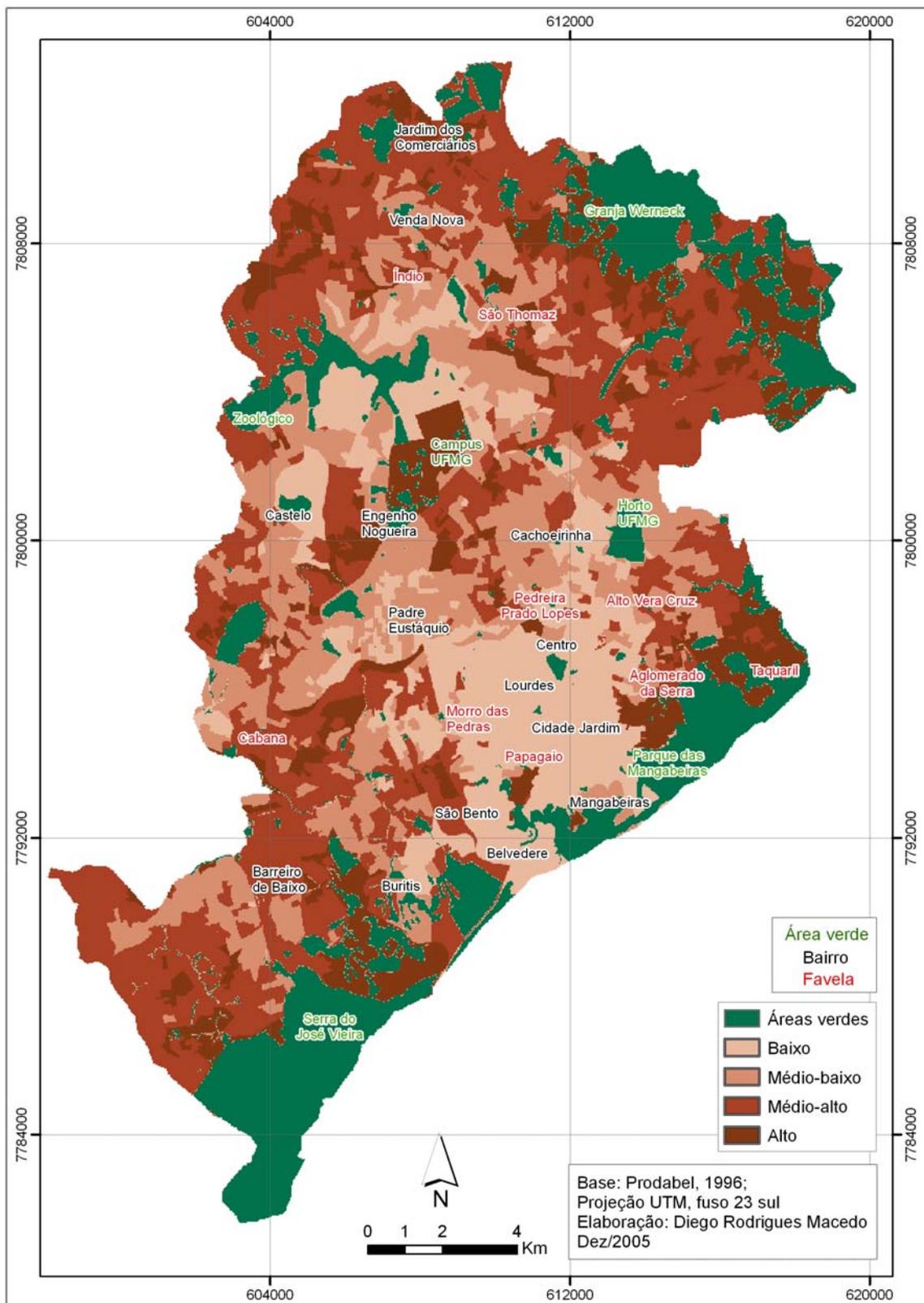


Figura 8. Índice de Vulnerabilidade ao Risco de Ocupação Urbana em Belo Horizonte.

Por outro lado, as regiões ao norte e no Barreiro, além das vilas e favelas, possuem os piores indicadores, devido às suas condições físicas aliadas às características de seus moradores. Pode-se dizer que este modelo de ocupação acompanha o desenvolvimento de Belo Horizonte: as melhores áreas, segundo os critérios físicos, foram ocupadas em primeiro lugar, e as piores, posteriormente.

Por último deve-se associar as condições do terreno à vulnerabilidade de sua população, para se obter um mapa onde as intervenções do poder público devem ser direcionadas, ou seja, que envolva os condicionantes naturais de risco do terreno, e as áreas onde existem as condições precárias, para que as ações de intervenção sejam melhor direcionadas (figura 9 e apêndice 3).

Em muitas áreas pode-se observar uma correlação entre a fragilidade do ambiente e as características da ocupação. Mas de qualquer maneira, esta não é uma correlação 100% verdadeira, pois existem áreas, como os bairros Belvedere e Mangabeiras, onde, apesar da fragilidade inerente, a condição de ocupação é muito boa, possibilitando o emprego de técnicas de engenharia suficientes para resolver a questão. Da mesma maneira, há regiões onde a vulnerabilidade seria alta, mas as condições ambientais são favoráveis, o que diminui a possibilidade de ocorrência de catástrofes. Neste sentido, é importante estabelecer prioridades para as intervenções do poder público, apontando as áreas principais para tal, pois as condições de vulnerabilidade da população podem potencializar a ocorrência e seqüelas de possíveis acidentes.

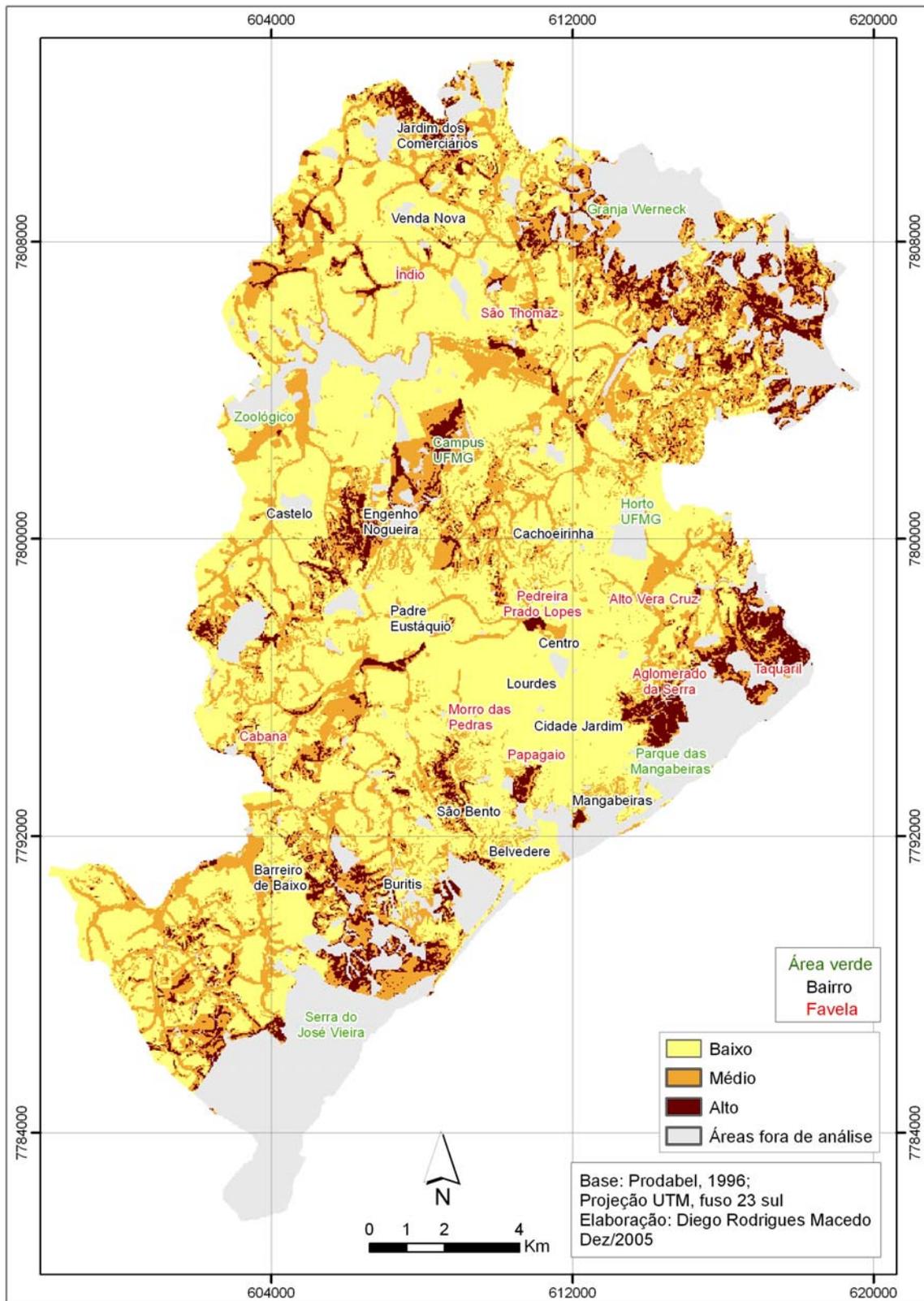


Figura 9. Nível de prioridade para às intervenções em relação ao risco natural em Belo Horizonte.

6.Considerações finais

No processo de ocupação do sítio de Belo Horizonte, não foram respeitadas as características naturais do sistema de modo a manter um uso do solo sustentável; a cobertura vegetal foi quase totalmente retirada; os cursos d'água foram poluídos e canalizados; áreas sujeitas a movimentos de massa e inundações estão ocupadas; a poluição é generalizada (resíduos sólidos e líquidos os mais diversos); enfim, verifica-se hoje uma micro-bacia hidrográfica altamente degradada e ocupada por uma população que, em um processo de segregação espacial, sujeitou -se a ocupar áreas impróprias.

Esta degradação se deve, fundamentalmente, a uma gestão urbana inadequada, cabendo, portanto, aos órgãos governamentais implementar as legislações já existentes, pois o cumprimento da lei evitaria, por exemplo, a ocupação de nascentes e de áreas com elevado risco de desabamentos. Deve-se, porém salientar que desapropriar toda a área hoje desconforme é inviável, mas algumas deveriam ser desocupadas.

Além de soluções estruturais, a gestão ambiental demanda, como tem sido internacionalmente alertado, de soluções preventivas de caráter não estrutural. Dentre elas, destaca-se a educação ambiental. De modo geral, a população não demonstra estar devidamente consciente acerca dos impactos gerados por sua atuação sobre o meio ambiente, principalmente em relação à questão da disposição do lixo.

Tendo em vista minimizar os riscos locais, deve-se observar algumas medidas de educação da população alvo e conservação dos terrenos, tendo a Prefeitura Municipal de Belo Horizonte responsabilidade direta, pois grande parte do município está desconforme com a Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação dos Solos Urbanos do Município.

A URBEL tem sua atuação focada nas áreas de vilas e favelas, não contemplando outras regiões cuja geomorfologia apresenta restrições quanto a ocupação dos Planos Especiais Globais. Esta é uma situação presente na porção norte do município, que possui áreas com declividades que superam os 47%, além de uma população carente, mas que prioritariamente não é assistida pela URBEL.

Apesar deste estudo não contemplar as informações geológicas disponíveis para o município de Belo Horizonte, tem-se a consciência de sua importância. No futuro, é possível a complementação ou elaboração de um novo trabalho, onde estas informações devem ser utilizadas.

O mapeamento das áreas de risco, baseado em fatores físicos e de ocupação, é um importante instrumento para a gestão urbana, e deve ser cada vez mais utilizado, principalmente nos dias de hoje. Cada vez mais as tecnologias de geoprocessamento estão sendo implementadas para o planejamento urbano, e estas se mostram cada vez mais eficazes na construção de modelos para o entendimento do ambiente.

7.Referências bibliográficas

AUGUSTO FILHO, O. Escorregamentos em Encostas Naturais e Ocupadas: Análise e Controle. In: BITAR, O. Y. (Coord.) *Curso de Geologia Aplicada ao Meio Ambiente*. São Paulo: ABGE, 1995, pg 77-100.

BELO HORIZONTE. Lei nº 7.166, de 27 de agosto de 1996. Estabelece normas e condições para parcelamento, ocupação e uso do solo urbano no Município. In: *Diário Oficial do Município de Belo Horizonte*, Belo Horizonte, 1996.

BELO HORIZONTE. Lei nº 8.137, de 21 de dezembro de 2000. Consolida a lei nº 7.166, que estabelece normas e condições para parcelamento, ocupação e uso do solo do município de Belo Horizonte. In: *Diário Oficial do Município de Belo Horizonte*, Belo Horizonte, 2000.

BRASIL. Lei nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979. Dispõe sobre o parcelamento do solo urbano e dá outras providências. In: *Diário Oficial da Republica Federativa do Brasil*, Brasília, 1979.

CARVALHO, Edezio T. *Geologia urbana para todos: uma visão de Belo Horizonte*. Belo Horizonte: o autor, 1999. 175p. v. 27, 2ª ed.

COELHO, Maria.C. M. Impactos Ambientais em Áreas Urbanas – teorias, conceitos e métodos de pesquisa. In: GUERRA, Antonio J.T. e CUNHA, Sandra B. (Org.) *Impactos Ambientais Urbanos no Brasil*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001, pg 19-46

CORREA, Roberto L. O Espaço Geográfico: Algumas Considerações, in: SANTOS, Milton. *Novos Rumos da Geografia Brasileira*. São Paulo: Hucitec, 1982 pg 25-34.

COSTA, Heloísa S. M. Habitação e Produção do Espaço em Belo Horizonte. In: MONTE-MÓR, Roberto (coord.) *Belo Horizonte: Espaços e Tempos em Construção*. Belo Horizonte: Cedeplar/Pbh, 1994, pg 51-77.

COSTA, Heloisa S.M. Reflexões sobre o processo de produção da Periferia Metropolitana. In: Simpósio Situação Ambiental e Qualidade de Vida na Região

Metropolitana de Belo Horizonte – MG, 1., 1985, Belo Horizonte. *Anais...*, Belo Horizonte: ABGE/IGC/UFMG, 1985, pg 127-137.

CÂMARA e MEDEIROS. *Geoprocessamento para Projetos Ambientais*. São José dos Campos: INPE, 1996.

CUNHA, Márcio A. (coord). *Manual de Ocupação de Encostas*. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1991, 12p.

DAVIS, Clodoveu.; FONSECA, Frederico. Introdução aos Sistemas Informativos Geográficos. *In: Geoprocessamento UFMG*, v.1 n.1. 2005

FERNADES, N.F. e AMARAL, C. P. Movimentos de Massa: uma abordagem Geológica - Geomorfológica. *In: GUERRA, Antonio J.T., CUNHA, Sandra B. (Org.) Geomorfologia e Meio-Ambiente*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003, 4 ed, 123-194.

FERREIRA, A.B.H. Novo Dicionário da Língua Portuguesa. Rio de Janeiro: Editora Nova Fronteira, 1986, 2ª edição, pg 1512.

GENRICH, Arlete V. da S. *Impactos Ambientais na Cabeceira de Drenagem do alto curso do Córrego Vilarinho - RMBH*. Belo Horizonte: IGC-UFMG, 2002, Dissertação de Mestrado, 138 p.

GUERRA, Antonio T e GUERRA, Antonio José T. *Dicionário geológico-geomorfológico*. Rio de Janeiro: IBGE, 1997, 10ª ed, 446p.

GUIDICINI, G. e NIEBLE, C. M. *Estabilidade de Taludes Naturais e de Escavação*. São Paulo: Edgar Blücher, 1984 2ª ed, pg 11-67.

IBGE. Censo Demográfico 2000. Disponível em meio digital.

LOPES, Frederico W. de A. et al. Bacias Hidrográficas como Unidade de Análise de Processos de Expansão Urbana Desordenada: o caso da Bacia do Córrego do Nado – Belo Horizonte/MG. *In: GeoUerj*, 2003, volume único, número especial de 2003, pg 1985-2002.

MACEDO, Diego R. Riscos Associados Entre A Ocupação Humana e o Quadro Geomorfológico na Regional Venda Nova – Belo Horizonte / Mg. In: *Geoprocessamento UFMG*, v.1 n.1. 2005.

MACEDO, Diego R; MAGALHÃES JR, Antonio P. Avaliação dos riscos de ocupação humana com o uso de SIG: o caso da micro-bacia do córrego da Abolição – Belo Horizonte/MG. In: *Workshop População e Meio Ambiente*. Campinas: NEPO/Unicamp, 2005.

MONTE-MÓR, Roberto. Belo Horizonte: A Cidade Planejada e a Metrópole em Construção. In: MONTE-MÓR, Roberto (coord.) *Belo Horizonte: Espaços e Tempos em Construção*. Belo Horizonte: Cedeplar/Pbh, 1994, pg 11-28.

MOURA, Ana C. M. *Geoprocessamento na gestão e planejamento urbano*. Belo Horizonte: o autor, 2003, 272p.

PORTO, Rubem L. et al. Drenagem Urbana. In: TUCCI, Carlos E. M. *Hidrologia: Ciência e Aplicação*. Porto Alegre: Ed. Universidade UFRGS, ABRH, 2001, 2ª edição, pg 805-848.

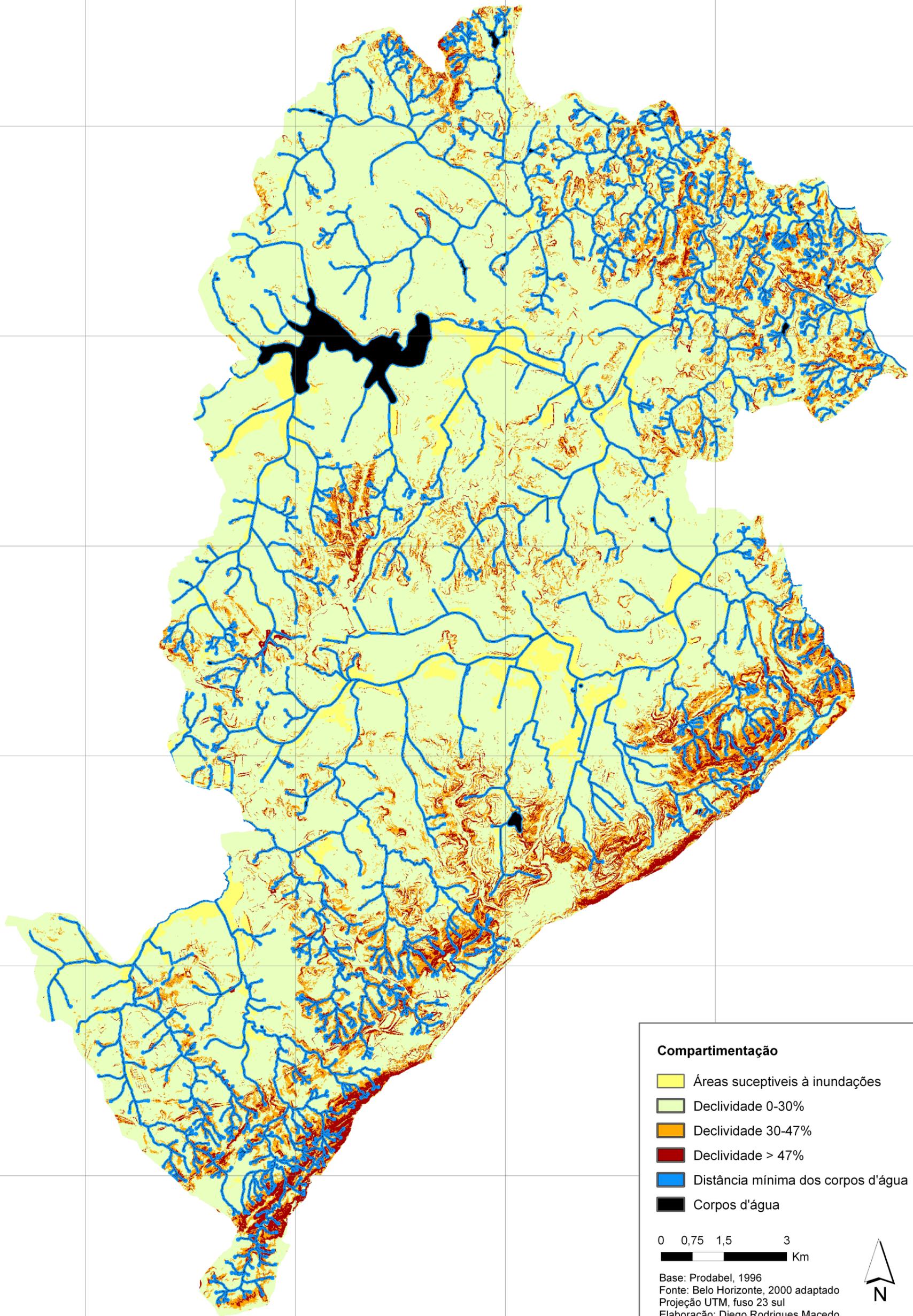
RIBEIRO, Carlos M., MÓL, Carlos R.F. Avaliação das Mudanças Climáticas em Belo Horizonte: Análise dos parâmetros Temperatura e Pressão. In: Simpósio Situação Ambiental e Qualidade de Vida na Região Metropolitana de Belo Horizonte – MG, 1., 1985, Belo Horizonte. *Anais...*, Belo Horizonte: ABGE/IGC/UFMG, 1985, pg 67-77.

ROCHA, Cezar Henrique Barra. *Geoprocessamento: tecnologia transdisciplinar*. 2. ed., rev. e atual. Juiz de Fora: o autor, 2002, 220 p.

SILVA, Adelbani B. et all. Estudos Geológicos, Hidrogeológicos, Geotécnicos e Geoambientais Integrados no Município de Belo Horizonte. *Relatório Final*. Belo Horizonte: PBH/SMPL/FUNDEP/IGC/UFMG – Departamento de Geologia, 1995, 150 p.

TUCCI, Carlos E. M. Controle de Enchentes. In: TUCCI, Carlos E. M. *Hidrologia: Ciência e Aplicação*. Porto Alegre: Ed. Universidade UFRGS, ABRH, 2001, 2ª edição, pg 621-658.

Compartimentação dos Fatores Naturais, segundo a Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação dos Solos do município



Compartimentação

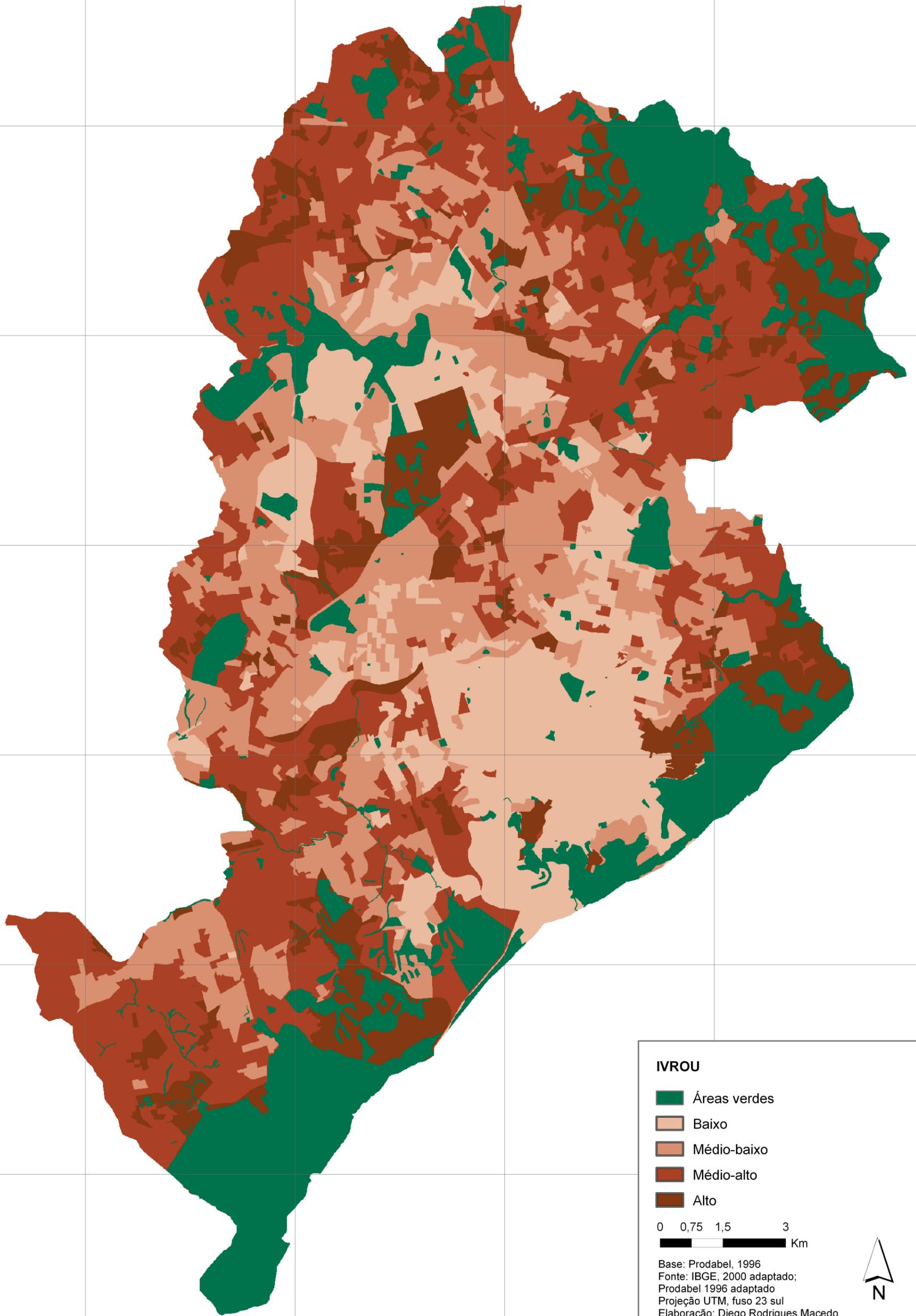
- Áreas susceptíveis à inundações
- Declividade 0-30%
- Declividade 30-47%
- Declividade > 47%
- Distância mínima dos corpos d'água
- Corpos d'água

0 0,75 1,5 3 Km

Base: Prodabel, 1996
Fonte: Belo Horizonte, 2000 adaptado
Projeção UTM, fuso 23 sul
Elaboração: Diego Rodrigues Macedo
Dez/2005



Belo Horizonte: Índice de Vulnerabilidade ao Risco de Ocupação Urbana



IVROU

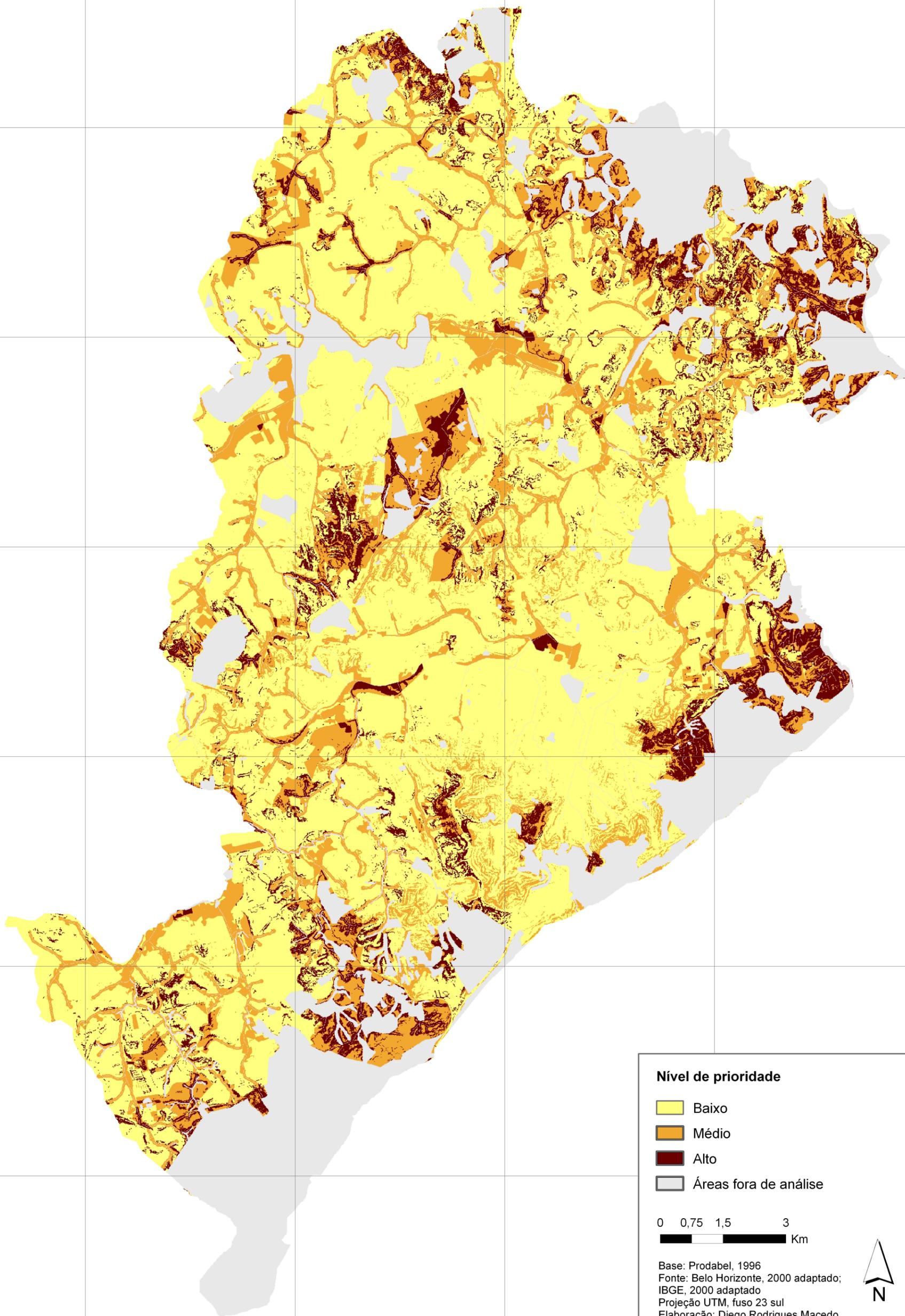
- Áreas verdes
- Baixo
- Médio-baixo
- Médio-alto
- Alto

0 0,75 1,5 3 Km

Base: Prodabel, 1996
Fonte: IBGE, 2000 adaptado;
Prodabel 1996 adaptado
Projeção UTM, fuso 23 sul
Elaboração: Diego Rodrigues Macedo
Dez/2005



Belo Horizonte: Nível de prioridade, em relação ao risco natural



Nível de prioridade

- Baixo
- Médio
- Alto
- Áreas fora de análise



Base: Prodabel, 1996
Fonte: Belo Horizonte, 2000 adaptado;
IBGE, 2000 adaptado
Projeção UTM, fuso 23 sul
Elaboração: Diego Rodrigues Macedo
Dez/2005

