

Janaína Bylaardt Volker

Mudanças espaço-temporais em
Belo Horizonte e suas relações com
inundações

XVI Curso de Especialização em
Geoprocessamento



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

V917m
2014

Volker, Janaína Bylaardt.

Mudanças espaço-temporais em Belo Horizonte e suas relações com inundações

[manuscrito] / Janaína Bylaardt Volker. – 2014.

iv, 21 f., enc.: il. (principalmente color.)

Orientador: Plínio da Costa Temba.

Monografia (especialização) – Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Cartografia, 2014.

Bibliografia: f. 20-21.

1. Geoprocessamento. 2. Inundações – Belo Horizonte (MG). 3. Urbanização. I. Temba, Plínio da Costa. II. Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Cartografia. III. Título.

CDU: 528(815.1).

MUDANÇAS ESPAÇO-TEMPORAIS EM BELO HORIZONTE E SUAS RELAÇÕES COM INUNDAÇÕES

Monografia apresentada no curso de Geoprocessamento da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial a obtenção do título de Especialista em Geoprocessamento

Orientador: Prof. Dr. Plínio da Costa Temba

Departamento de Cartografia/ Instituto de Geociências – UFMG

Belo Horizonte – MG, Brasil

2014

RESUMO

A cidade de Belo Horizonte, localizada no Estado de Minas Gerais – Brasil, possui uma problemática referente às enchentes e inundações causadas pelo desborde dos canais fluviais de suas bacias principais: a do Ribeirão Arrudas e do Ribeirão do Onça. Esses fenômenos sempre ocorreram nos mesmos locais ou com a mesma intensidade e frequência que ocorrem hoje. Além dos fatos climáticos e ambientais, a modificação antrópica do espaço no tempo foi muito intensa em determinadas décadas (1960, 1970 e 1980) e de maneira pouco ou não ordenada. Sendo assim e compreendendo que o uso do solo urbano interfere na dinâmica hídrica das bacias hidrográficas, seja pela impermeabilização, canalização entre outros fatores, a análise temporal dessas mudanças é uma importante discussão para entender os fenômenos das inundações e melhor administrá-los considerando uma boa gestão do risco. Para isso realizou-se uma classificação supervisionada em softwares de geoprocessamento das imagens de satélite Landsat dos anos de 1975, 1990 e 2005 da regional administrativa do Barreiro em Belo Horizonte. Essa classificação gerou a expansão da área urbana ao longo do tempo e, juntamente com os registros de inundação da região, as camadas de hidrografia e das áreas de inundação, forneceram os subsídios para avaliar a correlação entre a expansão urbana e os canais que hoje sofrem inundações.

PALAVRAS-CHAVE: Inundações, Regional Barreiro, Análise espaço-temporal, Urbanização

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	1
2.	FUNDAMENTAÇÃO	2
2.1	INUNDAÇÕES	2
2.1.2	INUNDAÇÕES NA REGIONAL BARREIRO	4
2.2	GEOTECNOLOGIAS	6
4.	MATERIAIS E MÉTODOS	8
5.	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA	13
6.	RESULTADOS OBTIDOS	15
7.	CONCLUSÕES	19

1. INTRODUÇÃO

A temática dos desastres naturais sempre esbarra no contexto de ocupação do espaço pelos condicionantes provocados nos ambientes naturais ao longo do tempo. Os processos de ocupação e produção do espaço foram destacadamente mais importantes durante o século XX, quando o sistema produtivo utilizou intensamente os recursos naturais. Consequentemente, aumentou a expectativa de vida, diminuiu a mortalidade e, alocou mais da metade da população em áreas urbanas, criadas para esse propósito.

Essa nova apropriação do espaço foi historicamente baseada em uma distribuição e alocação desigual do espaço, e aliada a um planejamento ineficaz ou incapaz de acompanhar a velocidade das mudanças, que expuseram ainda mais o fator humano à atuação de eventos naturais. Dentre estes, os principais que se relacionam aos processos urbanos são as inundações e os deslizamentos de terra. Neste trabalho o foco será nas inundações.

Entre as intervenções relacionadas a riscos diretos de inundações em áreas urbanas, as principais são a impermeabilização do solo, o assoreamento de cursos, a ocupação de margens e as retificações dos leitos. Todas essas intervenções foram recorrentes ao longo do tempo, ora com maior ou menor intensidade nas cidades brasileiras. Assim, a análise da ocupação do solo ao longo do tempo permite correlacionar essas intervenções com fenômenos de inundações atuais.

Nesse sentido, várias avaliações podem ser úteis para dimensionar os processos, São exemplos, a evolução da mancha urbana, as taxas de impermeabilização do solo, as canalizações dos cursos d'água, as ocupações em locais indevidos e a própria quantificação da velocidade da vazão. O uso de ferramentas do Sistema de Informações Geográficas (SIG), se torna, portanto, imprescindível, já que é capaz de estruturar os processos urbanos no tempo e no espaço, através de imagens de satélite, plantas, fotos aéreas, mapas de ocupação do solo, mapas hidrográficos, etc.

Sendo assim, e visando contribuir para os debates sobre as interações sócio-ambientais presentes no meio urbano, além de acrescentar possibilidades metodológicas de gestão de risco, aqui se propõe uma análise sobre os processos urbanos que se relacionam com os eventos de inundações, recorrentes no Município de Belo Horizonte, em especial na região administrativa municipal do Barreiro – Regional Barreiro.

Serão avaliados como esses processos podem ter alterado a dinâmica hidrográfica das bacias de Belo Horizonte com influência nos episódios de inundações da atualidade. Essa análise contribuiria para entender e consequentemente auxiliar o planejamento de

intervenções estruturais e não estruturais, contemplando as ações históricas de questões ambientais relacionadas às inundações

A Regional Barreiro foi escolhida porque vem sofrendo, ao longo do tempo, uma série de eventos de inundação, enchentes e alagamentos em épocas de chuva ou ainda durante chuvas espaçadas de outras épocas. Esses eventos, além de ocorrerem geralmente nos mesmos locais, com maior ou menor intensidade, costumam gerar enormes prejuízos para as populações afetadas.

2. FUNDAMENTAÇÃO

2.1 INUNDAÇÕES

Os desastres naturais podem ser entendidos como fenômenos naturais que causam algum dano ao atingirem áreas ou regiões habitadas pelo homem. (TOMINAGA, 2012). A defesa civil nacional, explica o termo desastre como o “resultado de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem, sobre um ecossistema (vulnerável), causando danos humanos, materiais e/ou ambientais e consequentes prejuízos econômicos e sociais.” (CASTRO, 2003).

Os desastres naturais seriam aqueles decorrentes do impacto de um fenômeno constituinte da dinâmica interna ou externa da Terra sobre um sistema social, podendo ou não ser agravado pelas atividades antrópicas (TOMINAGA et al., 2006).

Em relação às inundações, o Ministério das Cidades diferencia enchente de inundação (Figura 1), sendo a primeira definida como o aumento da vazão de um curso d'água pelas águas da chuva por um certo período de tempo, e a última como a superação da capacidade de descarga da calha, extravasando a água para as áreas marginais (planície de inundação, várzea ou leito maior) que geralmente não são ocupadas pela água.



Figura 1 – Diferenciação dos tipos de desbordes: inundação e enchente

Fonte: Ministério das Cidades/IPT, 2007

São vários os aspectos que determinam a dinâmica dos fluxos e a sua intensidade, como as variáveis climáticas, o tipo de uso e cobertura do solo (que influenciam as taxas de infiltração e o grau de saturação do solo), e as características morfométricas e morfológicas da bacia de drenagem. (TOMINAGA et al, 2006)

A urbanização está associada a intensos impactos nos recursos naturais, provocando, por um lado, efeitos adversos que intensificam os fenômenos naturais, e por outro, gerando efeitos sinérgicos em outros processos. Assim, o processo de urbanização é importante nas análises sobre inundações.

O período compreendido entre as décadas de 1960 a 1980, no Brasil foi marcado por uma intensa expansão urbana de caráter desigual e na maior parte das vezes desorganizada, pela incapacidade da gestão pública em acompanhar esse processo. É o resultado da modernização da agricultura e da conseqüente expulsão do camponês para a cidade, agravou essa situação já que não contou com planejamentos ou ações efetivas por parte do poder público por sua rapidez e pelo enorme contingente populacional envolvido. (ROMANELLI, 2011).

Entre as intervenções relacionadas a riscos diretos de inundações em áreas urbanas as principais são a impermeabilização do solo, o assoreamento de cursos, a ocupação de margens e as retificações dos leitos. A impermeabilização do solo através do asfalto praticamente elimina as possibilidades de infiltração das águas pluviais, o que aumenta a quantidade e a velocidade do escoamento superficial.

A forma de inundação mais comum nas áreas urbanas são as inundações bruscas, associadas a vales encaixados ou confinados, que possuem uma alta energia cinética que provoca a destruição das moradias marginais tanto pela ação direta da água como pelo solapamento das margens.

Há, portanto, um complexo emaranhado de fatores sociais e ambientais relacionado aos riscos urbanos de desastres e mais especificamente às inundações. A compreensão do desastre também perpassa por suas possíveis origens. Ou seja, quais foram as intervenções ocorridas e os processos que podem ter desencadeado ou não os fenômenos de inundações urbanas. É interessante inclusive para se planejar intervenções diferentes.

O trabalho buscou relacionar o histórico e a forma das ocupações urbanas com a ocorrência das inundações, baseando-se no processo de expansão urbana vivido no Brasil a partir da década de 1960. Como essa expansão tem caráter periférico e está relacionada a populações de baixa renda, foi escolhida a Regional Barreiro de Belo Horizonte para ilustrar as possíveis intervenções urbanas em relação às inundações.

CAVALCANTE (2011) realizou levantamentos dos registros de inundação nos vários afluentes do Ribeirão Arrudas. Verificou-se que as inundações na Regional Barreiro têm registro ou início histórico a partir de 1971. Esse fator pode estar muito relacionado à ocupação histórica da região, que indica uma expansão justamente nesse período. Pretende-se verificar a direção e a relação dessa expansão com os cursos d'água que atualmente sofrem inundações.

Para isso o trabalho perpassa pelo uso das geotecnologias como apoio na gestão e entendimento dos processos urbanos e relacionados aos desastres. MARCELINO (2007) sustenta que as geotecnologias expressas por um arcabouço tecnológico que coleta e trata os dados ambientais, apresentam uma série de facilidades na geração e produção de dados e informações para o estudo de fenômenos geográficos, como os desastres naturais.

2.1.2 INUNDAÇÕES NA REGIONAL BARREIRO

A Regional Barreiro tem uma história de ocupação que antecede mesmo a criação da cidade de Belo Horizonte. Os primeiros relatos de ocupação da região datam de 1855, com a fazenda Barreiro, estritamente agrícola. Anos mais tarde a construção de uma linha férrea atraiu moradores para a região que passa a ser mais habitada. Na década de 1940 a

fazenda é vendida para um grupo de investidores que instalam a siderúrgica Mannesman, atual Vallorec, importante marco na urbanização da região. (PBH, 2014)

Até esta década a área urbanizada da Regional Barreiro era sua porção oeste, onde faz divisa com a Regional Noroeste e com o município de Contagem. O crescimento da região proporcionado pela instalação de indústrias acabou por criar novos bairros além desse nicho de crescimento. A década de 1970 é marcada por programas habitacionais que criaram moradias populares nos bairros como o Conjunto Habitacional Átila de Paiva, o Conjunto Habitacional João Paulo II, o Conjunto Habitacional Túnel de Ibirité e o Maldonado. (ARREGUY, 2008)

Já a área mais próxima da Serra do Rola Moça, e portanto, das nascentes da região, tiveram sua ocupação intensificada a partir da década de 1960 com o Conjunto Habitacional Vale do Jatobá da Companhia de Habitação de Minas Gerais (COHAB-MG). (ARREGUY, 2008)

“O Vale do Jatobá foi criado nas margens da antiga Avenida Cerâmica, atual Avenida Senador Levindo Coelho. Dez anos depois de sua criação, outros bairros já haviam surgido ali, como o Santa Cecília, o Petrópolis, o Mangueiras, o independênciae o Mineirão. Todos eles ocuparam áreas de antigas fazendas e plantações. Sua população enfrentou muitas dificuldades no início, principalmente pela falta de transporte coletivo. Em áreas mais afastadas, eles tinham que ir até o Vale do Jatobá para pegar um ônibus. Apenas depois de muita luta, as primeiras linhas até o bairro começaram a circular. A Vila Marilândia, situada na divisa com a cidade de Ibirité, também foi loteada e ocupada durante a década de 1970.” (ARREGUY, 2008)

Esse quadro histórico de urbanização da regional do Barreiro foi muito impactante para os córregos da região, seja pela impermeabilização, canalização ou pela ocupação de suas margens. Segundo CAVALCANTI (2010), até a década de 1970 não existem registros de inundações em toda a regional Barreiro, quadro que se modifica a partir dessa década (Figura 2).

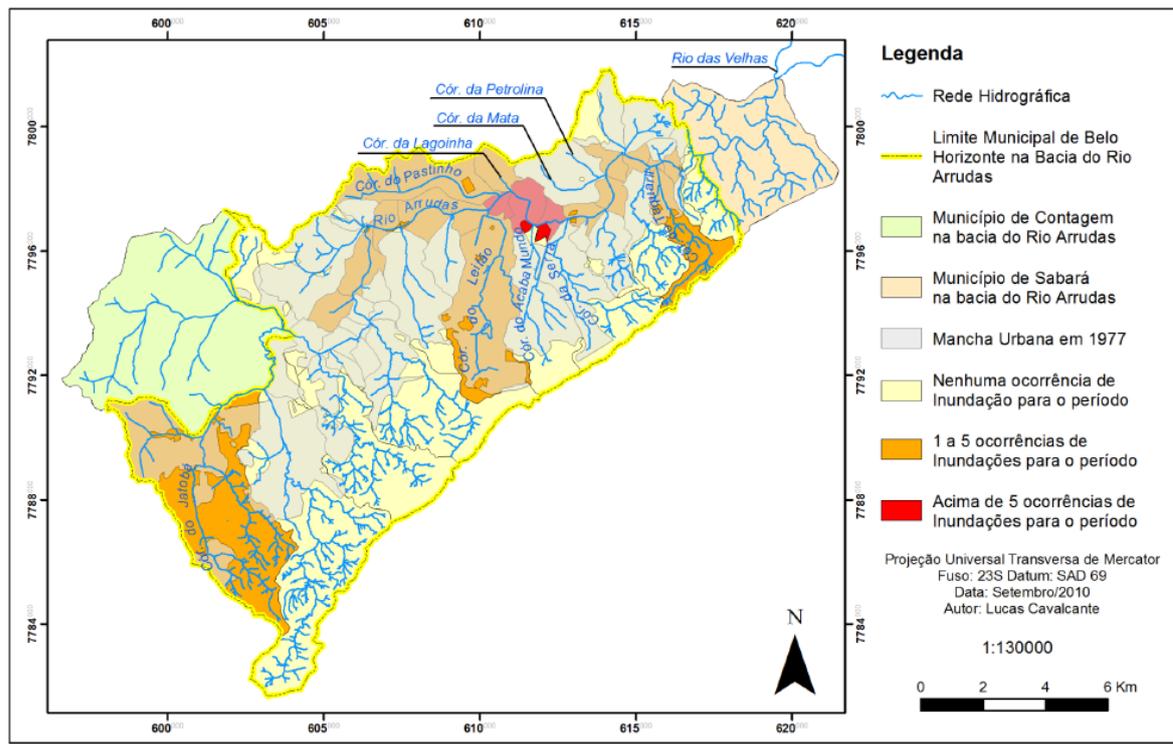


Figura 2 – Ocorrência de inundações na Bacia do Ribeirão Arrudas no período de 1971-1980

Fonte: CAVALCANTI, 2010

2.2 GEOTECNOLOGIAS

A compreensão dos fenômenos da natureza e como eles ocorrem no tempo e no espaço é uma atribuição importante da geografia e de áreas afins. Ao longo do tempo e do desenvolvimento de tecnologias foi possível incorporar ferramentas importantes para essa análise, no que se inclui as geotecnologias.

O sensoriamento remoto, exemplo dessas ferramentas, consegue através de sensores obter imagens da terra. A utilização dos satélites para obtenção de imagens a partir da década de 1970, mesmo que em baixa resolução, foi de extrema importância para o monitoramento do crescimento urbano. Surgiram aí diversas análises sobre o impacto da expansão urbana sobre o meio ambiente que seguiram e se tornaram ainda mais complexas e assertivas com o lançamento de novos satélites com tecnologia aprimorada e capazes de melhores investigações.

O sensoriamento remoto, portanto, se torna uma ferramenta chave na investigação das modificações do espaço ao longo do tempo na tentativa de entender as possíveis causas e, através de seu conhecimento, encontrar possíveis soluções ou caminhos para a gestão urbana das inundações.

Em se tratando do ambiente urbano e do meio ambiente, existem ainda diversas informações espaciais, qualitativas ou quantitativas que devem se integrar a esta análise. São exemplos o relevo, a vegetação, a hidrografia, a população, a densidade populacional, entre vários outros.

Para este propósito, o geoprocessamento, como um conjunto de tecnologias capazes de realizar a coleta e o tratamento de informações espaciais, é fundamental. Tanto pela abrangência de sistemas, quanto pelas possibilidades de análise, neste caso conseguindo dar bons resultados para análises complexas sobre o urbano e do meio ambiente que envolve a dinâmica hídrica relacionada a inundações.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

A análise do processo de expansão urbana e suas conseqüências perpassaram por uma extensa revisão bibliográfica, seguida pela caracterização da área de estudo, que além de aspectos teóricos fundamentou-se em dados censitários e em produtos já elaborados pela Prefeitura de Belo Horizonte, como a hidrografia, levantamento dos pontos de inundação do município e os limites das regionais.

O segundo momento, foi a utilização de métodos do geoprocessamento e do sensoriamento remoto para a construção da evolução da mancha urbana na regional do Barreiro (figura 3).

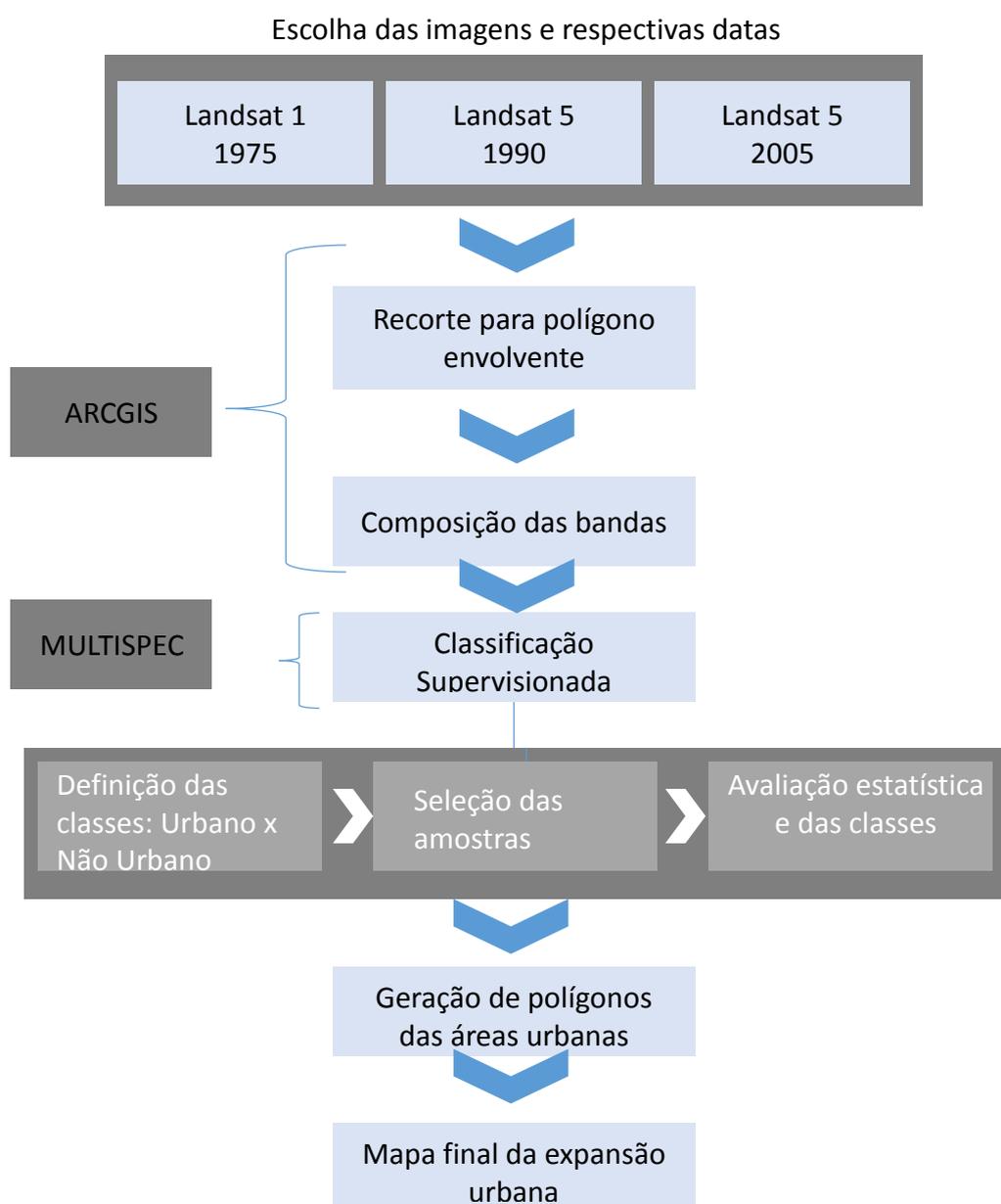


FIGURA 3 – Processo metodológico para análise multitemporal

Para este estudo foram selecionadas imagens Landsat conforme Tabela 1:

Imagens	Sensor	Data	Cena	Resolução Espacial (em metros)
Landsat 1	MSS	15/03/1975	234/074	80
Landsat 5	TM	25/07/1990	218/074	30
Landsat 5	TM	02/07/2005	218/074	30

Tabela 1 – Imagens Landsat usadas no estudo

As cenas orbitais já estavam georreferenciadas, mas foram necessários alguns ajustes para o georreferenciamento. Para isso utilizou-se como base a lagoa da Pampulha, referencial por ser um meio aquático de baixa reflectância para a composição de bandas escolhidas e com uma forma bem definida.

Um outro ajuste realizado foi referente a cena orbital do ano de 1975 pela sua resolução espacial, diferente dos outros dois anos. Para isso foi realizado o processo de reamostragem.

Os softwares de geoprocessamento utilizados foram o ArcGis e o Multispec, pela familiaridade em manipulação dos mesmos (tabela 2).

Software utilizado	Finalidade
ArcGis	1. Georreferenciamento de ajuste
	2. Reamostragem da cena 1975
	3. Recorte para polígono envolvente
	4. Composição de bandas
	5. Geração dos polígonos através do raster gerado em Multispec
	6. Cálculo da área
	7. Criação dos mapas
Multispec	8. Amostragem das classes Urbano e Não-Urbano
	9. Classificação das imagens

Tabela 2 – Softwares utilizados no trabalho e finalidades

As cenas orbitais sem a classificação são apresentadas nas figuras 5, 6 e 7., na forma de composição colorida, mas que não necessariamente foi a mesma utilizada para a classificação, exatamente pelas possibilidades de combinações que essas bandas possuem.

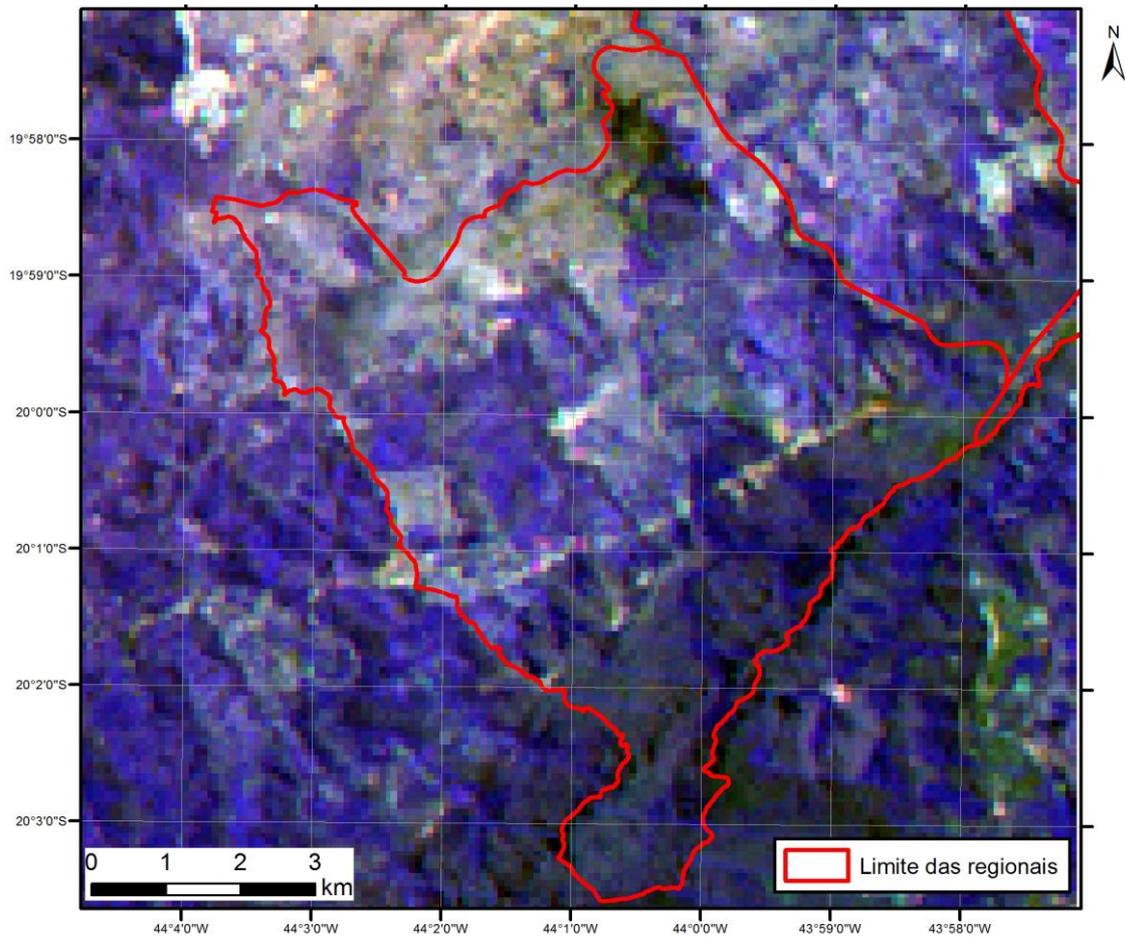


Figura 4 – Landsat 1 – 15/03/1975 cena 234/074 em composição RGB (5,4,6)

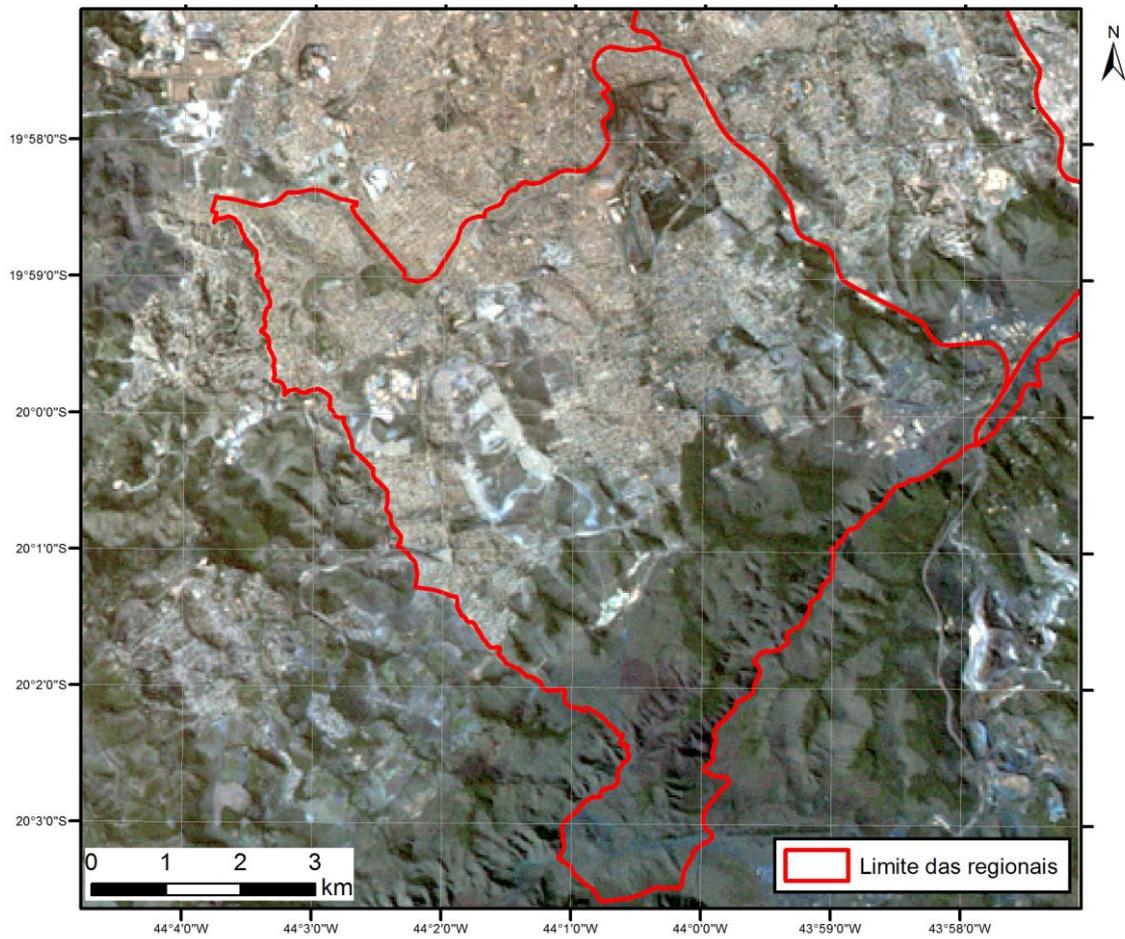


Figura 5 – Landsat 5 – 25/07/1990 cena 218/074 em composição RGB (3,4,5)

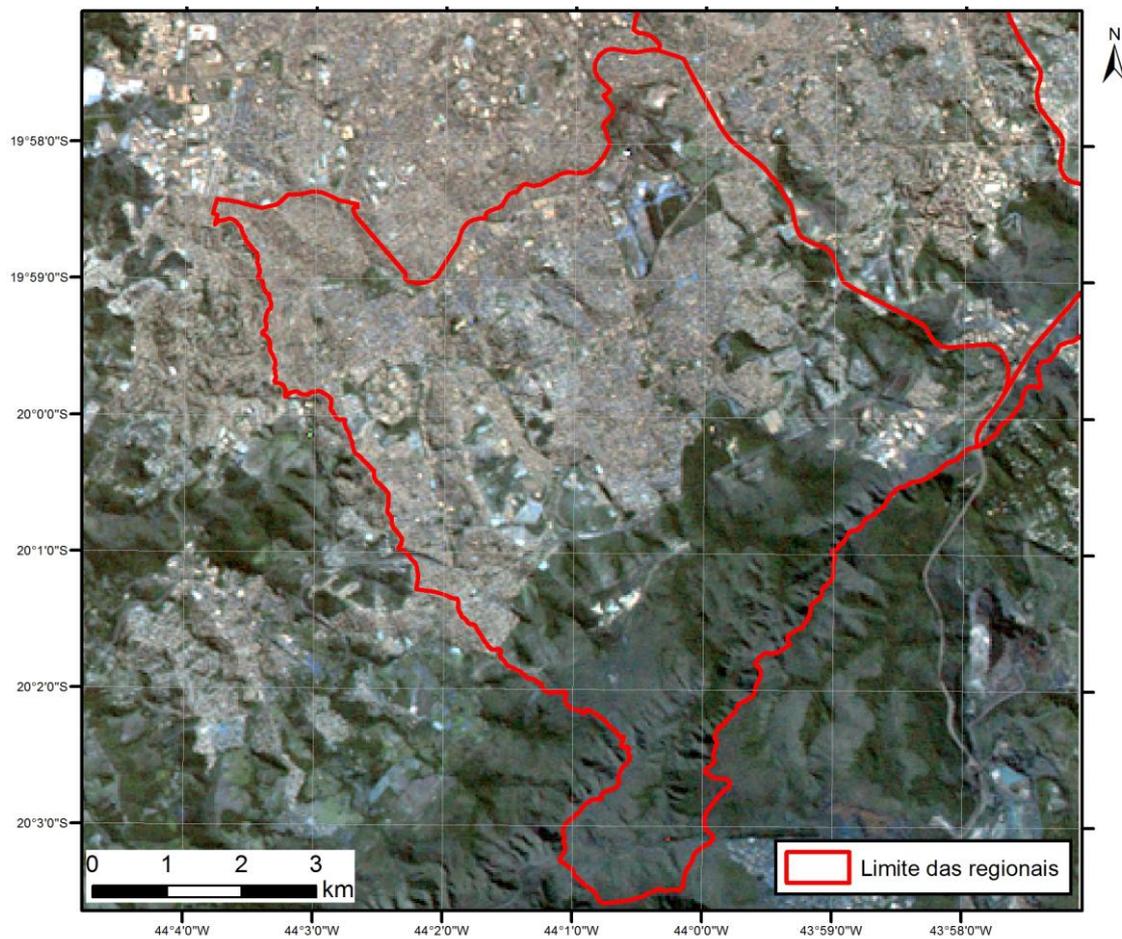


Figura 6 – Landsat 5 – 02/07/2005 cena 218/074 em composição RGB (3,4,5)

A partir dessas imagens foi realizada coleta de amostras no software Multispec em duas classes distintas denominadas urbano e não urbano. Foram coletadas amostras em treino e em teste, aproximadamente 30 para cada classe e tipo de amostra. A classificação supervisionada foi realizada utilizando o algoritmo *Spectral Angle Mapper (SAM)*, disponível no Multispec.

Esse algoritmo é largamente usado e proporcionou um bom resultado neste caso. O mesmo utiliza os “*ângulos espectrais formados entre um espectro de referência e um pixel classificado*” (CATTANI et al, 2013).

4 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

A Regional Barreiro está localizada na porção sul do município de Belo Horizonte (Figura 7), possui 5.356 km² de área e 282.522 residentes (Tabela 3).

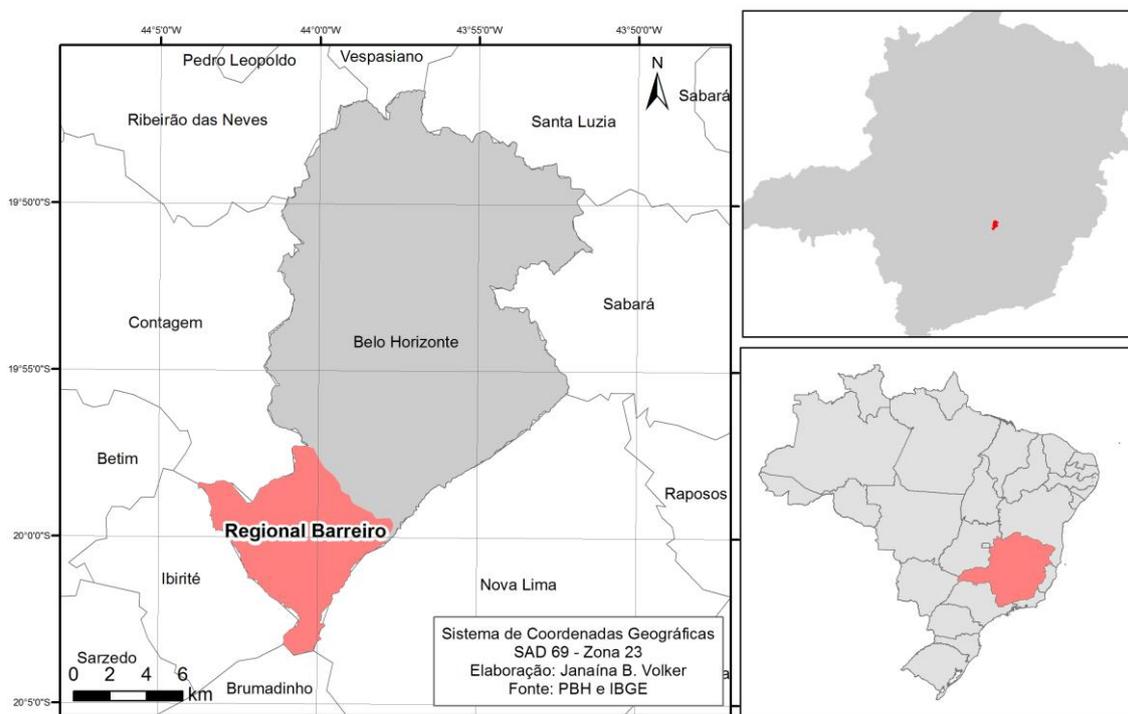


Figura 7 –Regional Barreiro

Regional	Residentes	Área (km ²)	Densidade (Hab/Km ²)
BARREIRO	282.552	53,899	5.242,2
CENTRO-SUL	272.285	31,802	8.562,0
LESTE	249.273	28,914	8.621,2
NORDESTE	291.110	39,578	7.355,3
NOROESTE	331.362	37,364	8.868,6
NORTE	212.953	33,441	6.368,1
OESTE	286.118	32,381	8.836,0
PAMPULHA	187.315	46,677	4.013,0
VENDA NOVA	262.183	28,316	9.259,1
Total geral	2.375.151	332,371	7.146,1

Fonte: PBH - IBGE 2010

Tabela 3 – Residentes, área e densidade por região administrativa

A regional possui diversas nascentes em seu lado leste, onde se localiza a Serra do Rola Moça. Trata-se de uma serra com relevo acidentado e grandes declividades. Essa característica faz com que a área apresente vales estrangulados com estreitamentos frequentes o que contribui para a ocorrência de inundações bruscas nestes locais, já que

os fluxos adquirem elevada velocidade e curtos períodos de concentração. São frequentes as cheias repentinas quando as chuvas ocorrem nas cabeceiras. As declividades da bacia passam de 0%-3% na área do fundo de vale para 45% a 90% na Serra do Curral e Rola Moça. (CAVALCANTE, 2010).

Atualmente a regional do Barreiro possui pontos de inundações mapeados pela Superintendência de Obras da Capital (SUDECAP) em 2007. Esse processo foi feito por meio de estudos de modelagem hidrológica e hidráulica do sistema de macrodrenagem de Belo Horizonte. Também foram levantados os pontos críticos observados em cada regional e as áreas de inundação já delimitadas pelo projeto DRENURBS em cursos ainda em situação natural de drenagem. Os locais levantados tiveram vistorias *in loco* através da elaboração de croquis, mapas e etc. (PBH, 2007).

As manchas de inundação se localizam em vários locais da bacia, (Figura 8). com destaque para a região do Barreiro onde estão os córregos do Túnel, do Jatobá e do Barreiro, ambos com áreas de inundações pronunciadas.

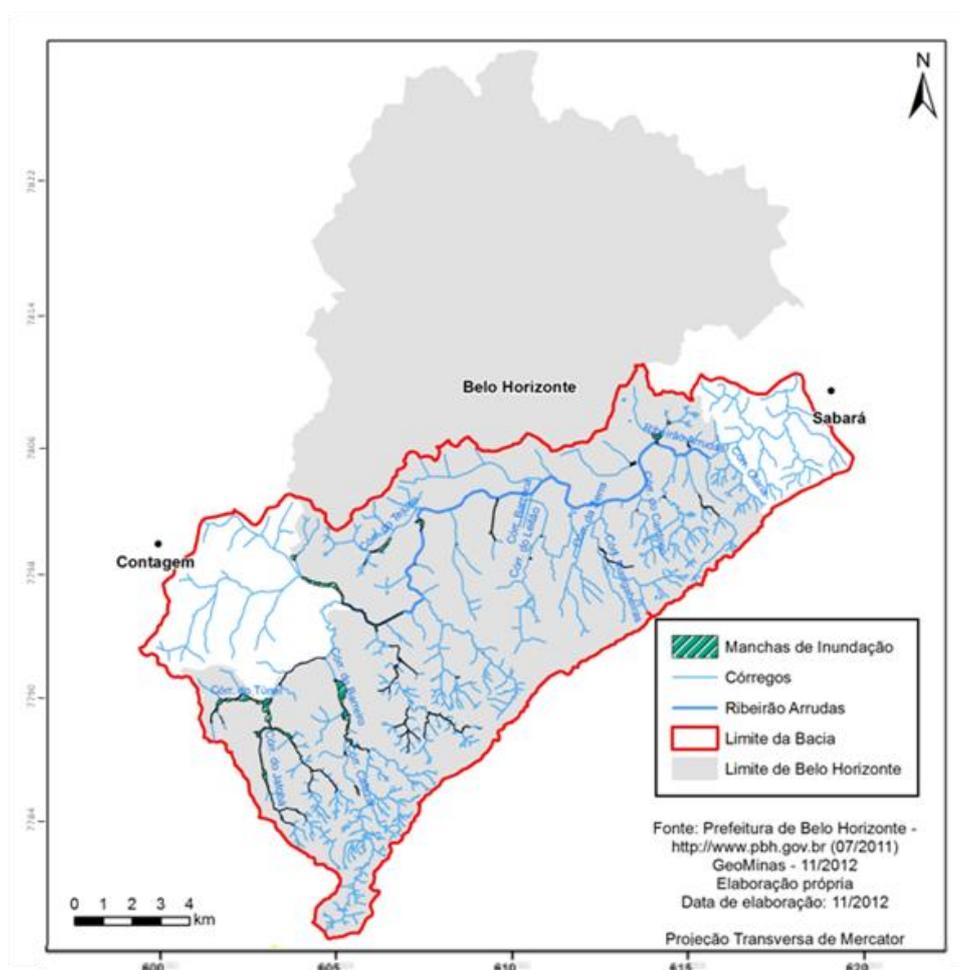


FIGURA 8 – Manchas de inundação na Bacia do Ribeirão Arrudas

Fonte: PBH, SUDECAP, 2012. Elaboração própria

5 RESULTADOS OBTIDOS

A classificação das imagens gerou os polígonos das áreas urbanas nos anos avaliados. A evolução histórica foi construída em sobreposição, sendo o polígono referente à 2005 em terceiro plano, o referente a 1990 em segundo plano e o referente à 1975 em primeiro plano. Além desses polígonos foi acrescentada a hidrografia devido ao objetivo do trabalho, de avaliar o impacto da urbanização nesses córregos.

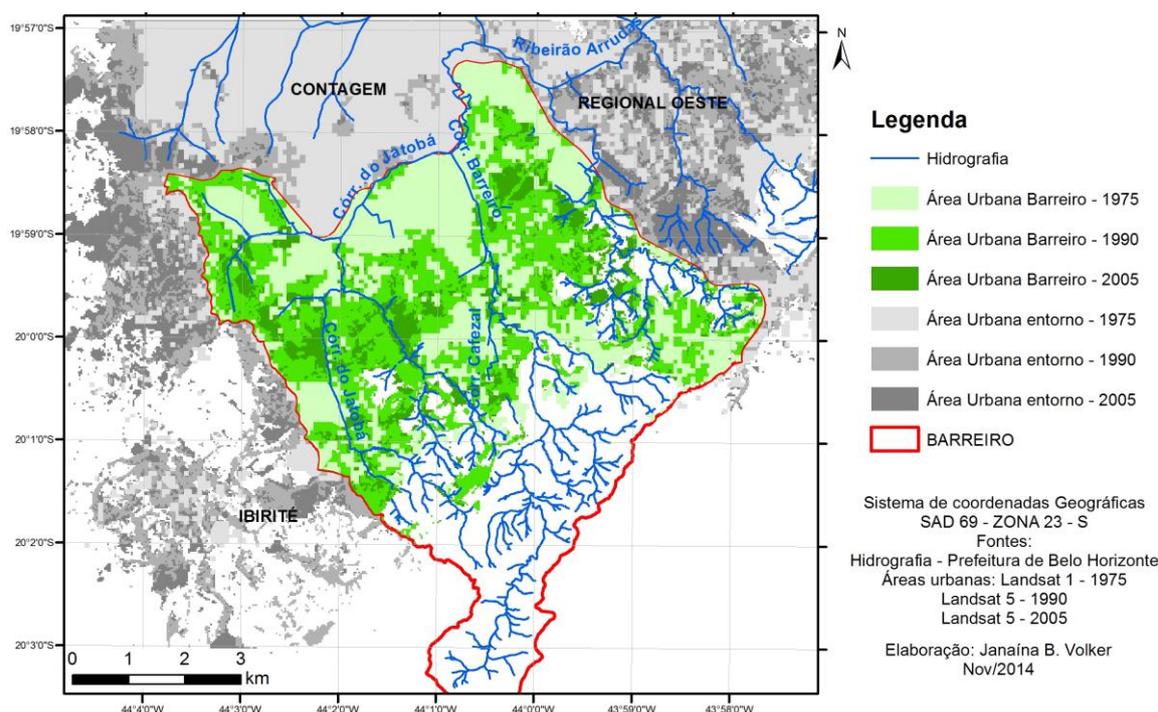


Figura 9 – Evolução da Mancha Urbana na regional Barreiro 1975 a 2005

A partir do mapa (Figura 9) gerado foi possível constatar que a regional Barreiro passou por uma intensa modificação nos 30 anos de análise contemplados. Essa modificação foi principalmente concentrada entre a década de 1975 e 1990, acompanhando uma tendência das metrópoles de crescimento rápido e nas periferias. A variação da urbanizada (Tabela 4), apesar de ser baseada na classificação, demonstra que em 1990 esta chega a ser 40% maior do que a verificada em 1975.

Aqui avaliou-se apenas a dimensão da área ocupada e não a densificação da mesma, que pode ser maior e representar ainda melhor o crescimento populacional da região (Tabela 5). Em 20 anos, a população da regional praticamente triplicou, um aumento muito expressivo que se reflete também na variação da área ocupada nos 15 anos analisados (1975 a 1990).

Ano	Área calculada (km ²)	Variação (%)
1975	16,3	-
1990	27,0	65,3
2005	33,1	22,6

Tabela 4 – Área calculada e variação dos polígonos da Regional Barreiro de cada ano

Ano	População
1970	74.038
1980	154.743
1990	215.482
2000	259.866
2010	282.552
Variação 1970 - 1990	191,0%
Variação 1990 - 2010	31,1%

Tabela 5 – Evolução da população da regional Barreiro 1970-2010

Fonte: IBGE; Censos Demográficos de 1970,1980,1991 e 2000.

Se em 1975 a mancha urbana do Barreiro se concentrava principalmente na divisa com Contagem, na área de maior dinamicidade comercial e industrial, em 1990 praticamente toda a área da regional foi ocupada em todas as direções. Esse crescimento foi ainda maior em direção à Ibirité, aumentando a confluência das duas cidades, processo comum às metrópoles.

A expansão na direção leste também é intensa, mas neste caso o crescimento é freado pela existência da Serra do Rola Moça, um limite geográfico à expansão urbana. Em todo caso, o direcionamento da expansão para a Serra, onde nascem todos os canais que perpassam pela regional, é verificado impactando as áreas de recarga das bacias.

Também é possível acompanhar uma clara tendência à ocupação dos leitos dos rios, de maneira mais pronunciada. Apesar de já haver alguma ocupação ao longo dos canais em 1975, praticamente todas as margens são ocupadas excluindo-se apenas algumas das nascentes.

Os córregos do Barreiro, Jatobá, Olaria e Mineirão são exemplos dessa ocupação onde se registram manchas de inundação, segundo a carta de inundações da SUDECAP (Figura 10). Foram córregos principalmente ocupados a partir de 1975, em direção a

montante. Esses córregos hoje possuem áreas de inundação em toda a sua extensão, mas mais pronunciada à jusante, próximo ao encontro com o Ribeirão Arrudas.

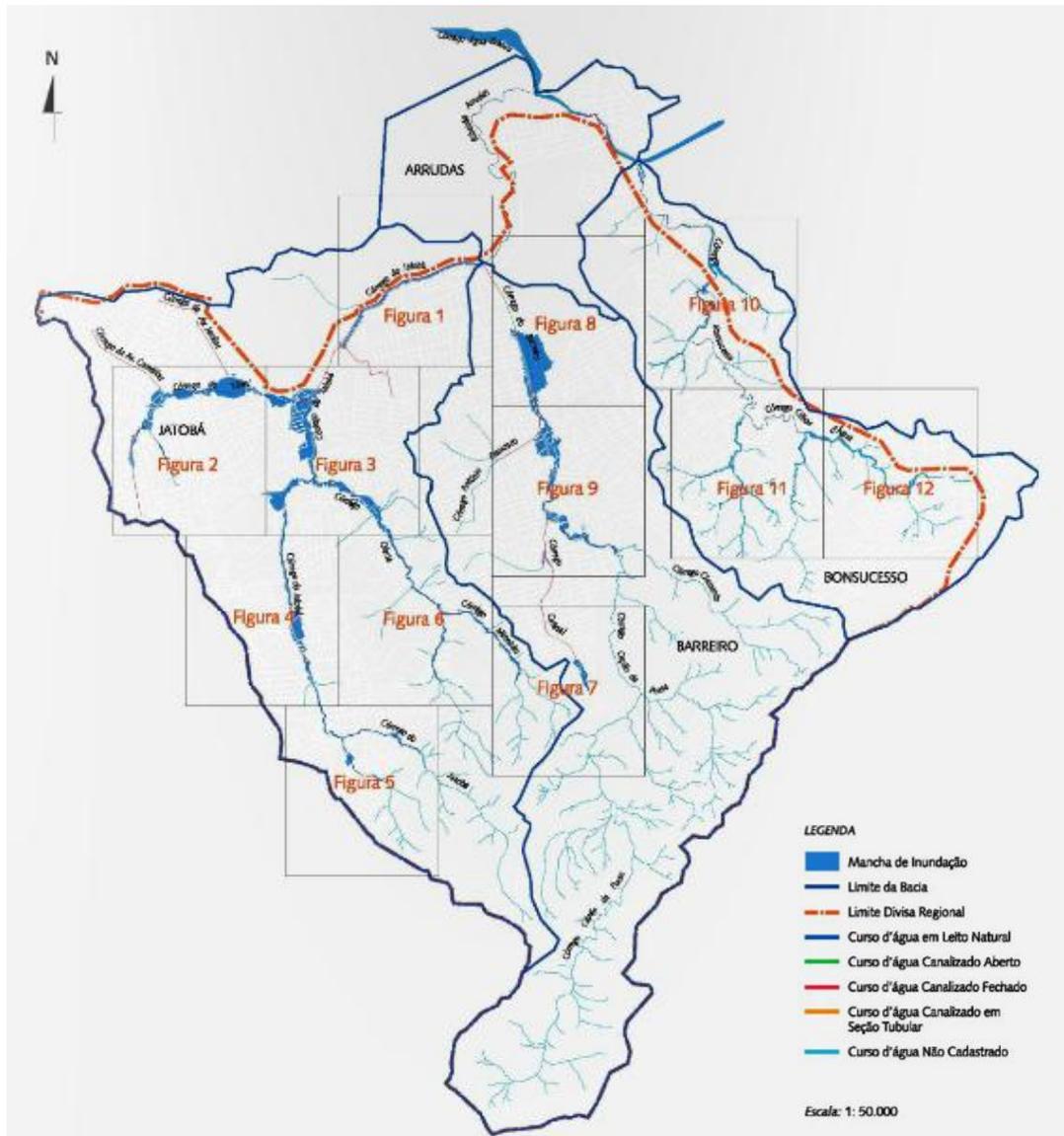


Figura 10 – Áreas de inundação no Barreiro

Fonte: SUDECAP 2009

A velocidade e as características sócio-econômicas dessa expansão na regional tornam muito difícil um planejamento eficiente e uma gestão dos bens ambientais. Desta forma, entende-se que os córregos da região passaram por profundas modificações em suas dinâmicas hídricas já que toda a bacia destes foram alteradas. Aqui, a principal modificação que a figura 9 apresenta é a impermeabilização da maior parte das áreas das bacias, excetuando-se as nascentes. Esse fator é muito determinante na ocorrência de inundações.

“A urbanização tende a impermeabilizar o solo e acelerar o escoamento por condutos e canais. Este processo produz: (a) aumento da vazão máxima e sua frequência das inundações; (b) aumento da velocidade do escoamento, resultando em erosão do solo e produção de sedimentos para o sistema de drenagem; (c) aumento dos resíduos sólidos que escoam para o sistema de condutos. Os sólidos produzem entupimento e reduzem a capacidade de escoamento de condutos e canais, produzindo maiores inundações; e (d) deteriorização da qualidade da água pluvial devido à lavagem das superfícies urbanas.” (TUCCI, 2012)

TUCCI, 2012; descreve o processo típico de urbanização ao longo do leito dos canais que tem a inundação como resultante. Em três etapas, a urbanização começa de maneira menos densa à jusante da bacia, no caso do Barreiro, na região limítrofe com Contagem onde as bacias desaguam no Ribeirão Arrudas. A segunda etapa vem com a intervenção nessas áreas da bacia, canalizando e aumentando as vazões máximas. A terceira etapa, verificada na expansão de 1990 é o crescimento desordenado e intenso a montante do canal, no caso em direção à Serra do Rola Moça e Ibirité, que impermeabiliza as áreas de refugio. Essa etapa, por parte do poder público é ainda acompanhada futuramente com canalizações que aumentam a vazão e inundam as áreas a jusante, justamente onde hoje se concentram as inundações.

Compreende-se que a Regional Barreiro é um exemplo de um padrão seguido na maior parte das cidades de grande e médio porte do país, principalmente devido ao planejamento ineficiente ou inexistente durante as décadas de 1970 e 1980 que não foi capaz de orientar um fluxo de ocupação que respeitasse de alguma forma a dinâmica hídrica das bacias hidrográficas. O resultado disso, aliado a períodos de precipitação intensa é a existência de áreas de inundação estabelecidas.

Esse quadro torna a intervenção estrutural extremamente complexa e cara, já que deverá ocorrer em locais em que a população já está estabelecida, gerando diversos conflitos. Além disso, as intervenções a serem feitas nos canais também são complexas porque envolvem a modificação substancial do canal: mais canalizações, diques com bombeamentos, reversões e barragens. (TUCCI 2012)

A questão da inundação em meios urbanos depende, portanto, de um planejamento urbano eficaz e contínuo, respaldado pelos aspectos legislativos e de gestão. São necessários no cenário atual, investimentos, mas podem ser mais eficazes e duradouros

se parte deles forem investidos no aumento de áreas não impermeáveis, respeito às margens e planícies de inundação, preservação das nascentes. O planejamento deve ter como objetivo a qualidade de vida e o respeito ao meio ambiente.

6 CONCLUSÕES

Os resultados das análises demonstraram uma clara relação entre o processo de ocupação da regional do Barreiro e o impacto nos cursos d'água da regional. Estes mesmos cursos d'água sofrem atualmente com inundações principalmente nas áreas da planície a jusante. Dentre os impactos ocasionados pela ocupação urbana a principal que pôde ser avaliada foi a impermeabilização do solo, que modifica a dinâmica hídrica aumentando a vazão, a velocidade do escoamento e o aumento de resíduos sólidos.

Uma colocação importante aqui é que os fenômenos de inundação são complexos e relacionados a diversos fatores que incluem as condições climáticas, a geologia, a pedologia e a própria hidrologia do canal. Assim sendo, o trabalho limita-se a avaliar apenas a impermeabilização como fator urbano de impacto nessa dinâmica. Não é possível atribuir apenas a essa variável a condição de um curso d'água inundar ou não.

De toda forma, é uma variável que obteve mudanças expressivas nos anos avaliados. Nesse sentido, entende-se que o poder público tem um importante papel no planejamento urbano e que a ausência ou a insuficiência do mesmo, podem acarretar à população danos vitais e materiais no futuro, como é o caso das inundações. Reverter um quadro já colocado também é possível, mas se torna custoso e complexo tendo em vista as diversas dimensões sociais, econômicas e de infraestrutura que deverão ser modificadas.

O uso das ferramentas disponíveis de geoprocessamento é muito importante nesse aspecto e pode ser ainda melhor explorado tendo em vista a capacidade dessas ferramentas em estudos sócio-ambientais, através da manipulação dos dados, das cenas orbitais que fornecem elementos visuais e estatísticos capazes de orientar melhor a análise dos fenômenos em questão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARREGUY, Cintia; RIBEIRO, Raphael. Histórias de bairros [de] Belo Horizonte: Regional Barreiro – Belo Horizonte: APCBH; ACAP-BH, 2008.

ATLAS BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS. 1991 a 2010: volume Brasil / Centro. Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. Florianópolis: CEPED. UFSC

CASTRO, A.L.C. 2003. Manual de desastres, Volume II. Brasília: Ministério da Integração Nacional; Secretaria Nacional de Defesa Civil. 174p.

CATTANI, C. E; MERCANTE, E.; SOUZA, C. H. W.; WRUBLACK, S. C.; Desempenho de algoritmos de classificação supervisionada para imagens dos satélites RapidEye. Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto –SBSR, Foz do Iguaçu, RS. Abril de 2013.

CAVALCANTE, L. A Bacia do rio Arrudas: análise das inundações entre 1930 a 2005 no município de Belo Horizonte-MG. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Departamento de Geografia da UFMG, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Geografia. Belo Horizonte, 2011.

IBGE. Censo 2010. Disponível em: <<http://www.censo2010.ibge.gov.br/>>. Consultado em: 12 Ago. 2010.

INSITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Catálogo de imagens Landsat. Acesso em Agosto/2014

LEI Nº 7.165/96 de 27 de Agosto de 1996. Institui o Plano Diretor do Município de Belo Horizonte. Município de Belo Horizonte, Minas Gerais. Disponível em: <http://www.jusbrasil.com.br/legislacao/237742/lei-7165-96-belo-horizonte-0>. Acesso em 04/2013

MARCELINO, E. V; Desastres Naturais e geotecnologias: conceitos básicos. INPE, Santa Maria. 2007. Disponível em:

<http://www.inpe.br/crs/geodesastres/conteudo/publicacoes/conceitosbasicos.pdf>

MINISTÉRIO DAS CIDADES/INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS – IPT. Mapeamento de riscos em encostas e margens de rios. Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 2007. 176 p.

OLIVEIRA, ALARCON MATOS DE; Sensoriamento remoto aplicado à análise da influência das ações antrópicas sobre a cobertura de solo em região de lagoas urbanas. Salvador, BA, 2012.

PORTAL PBH. Mapas Básicos. Estatísticas e Indicadores - Mapa: Unidades de Planejamento de Belo Horizonte - Fonte: Prodabel. Disponível em: <http://portalpbh.pbh.gov.br>

_____. Mapas Básicos. Estatísticas e Indicadores - Mapa: Sub-bacias Hidrográficas - Fonte: PMS/SUDECAP Disponível em: <http://portalpbh.pbh.gov.br>

_____. Mapas Básicos. Estatísticas e Indicadores - Mapa: Bairros de Belo Horizonte - Fonte: Prodabel. Disponível em: <http://portalpbh.pbh.gov.br>

_____. Censo 2010. Estatísticas e Indicadores – Tabelas População por bairros- Fonte: IBGE, 2012 Disponível em: <http://portalpbh.pbh.gov.br>

ROMANELLI, C.; ABIKO, A. K. Processo de Metropolização no Brasil. São Paulo: EPUSP, 2011. 34 p. (Texto Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, TT/PCC/28). Disponível em: <http://publicacoes.pcc.usp.br/Textos.Tecnicos>. Acesso em 10/2012

SANTOS, Clara; LACERDA, Alberto. Avaliação da Expansão Urbana no Município de Belo Horizonte e Região Metropolitana utilizando imagens de satélite - 2010

SUPERINTÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DA CAPITAL c. Carta de Inundações de Belo Horizonte – Identificação de áreas potencialmente susceptíveis. Prefeitura de Belo Horizonte, janeiro de 2009. Publicação. Disponível em: <http://portalpbh.pbh.gov.br>

TOMINAGA, L. K.; SANTORO, Jair; AMARAL, Rosangela do. 2012. Desastres Naturais: Conhecer para prevenir – 2a edição – São Paulo: Instituto Geológico.

TUCCI, C.E.M. Gestão da drenagem urbana/Carlos E. M. Tucci. Brasília, DF: CEPAL. Escritório no Brasil/IPEA, 2012. (Textos para Discussão CEPAL-IPEA, 48).