

EVOLUÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO EM MANANCIAS DE ABASTECIMENTO METROPOLITANO NA REGIÃO METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE, ESTADO DE MINAS GERAIS

Ana Clara de Sousa Matos^{1}; Rodrigo Silva Lemos²; Talita Fernanda das Graças Silva³; Julian Cardoso Eleutério⁴; Nilo de Oliveira Nascimento⁵*

Resumo – O crescimento populacional e as ações antrópicas podem exercer grandes pressões ambientais em bacias hidrográficas, impactando a qualidade e a quantidade da água disponível. Esse é um contexto ainda mais frágil ao se analisar áreas que possuem funções públicas de interesse comum em vários municípios, como é o caso dos mananciais para abastecimento na Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH). Este trabalho visa à análise temporal do uso e ocupação do solo nas sub-bacias de três reservatórios utilizados para abastecimento humano na RMBH: Rio Manso, Serra Azul e Vargem das Flores. Para tanto, foram realizadas classificações de uso do solo a partir de imagens Landsat-5 (ano 1987) e Landsat-8 (ano 2016), por meio do *Semi-Automatic Classification Plugin*, disponível no software QuantumGis, obtendo-se as áreas destinadas a diversos usos em cada uma das bacias, assim como para a bacia da Pampulha, utilizada para fins comparativos. Os dados gerados mostraram diferentes contextos de pressão ambiental, manutenção de algumas áreas verdes e avanço de usos urbanos em diferentes intensidades nas bacias de contribuição dos três reservatórios analisados. Constata-se a efetividade de algumas ações pontuais nas bacias e a ineficiência em relação a outras áreas, onde a dinâmica urbana foi mais forte.

Palavras-Chave – Sub-bacias do Paraopeba, Sensoriamento remoto, Evolução do uso do solo

EVOLUTION OF LAND COVER IN WATERSHEDS FOR WATER SUPPLY IN BELO HORIZONTE METROPOLITAN REGION, MINAS GERAIS STATE

Abstract – Population growth and human actions can exert great environmental pressures in catchments, impacting the quality and quantity of available water. This is an even more fragile context when analyzing areas that have public functions of common interest in several municipalities, such as the sources for supply in the Metropolitan Region of Belo Horizonte. This work aims to discuss the temporal changes in the land cover in the sub-catchments of three reservoirs used for human supply in the Metropolitan Region of Belo Horizonte: Rio Manso, Serra Azul and Vargem das Flores. Landsat-5 images (year 1987) and Landsat-8 images (year 2016) were used, using the *Semi-Automatic Classification Plugin*, available in QuantumGis software, obtaining the areas destined to diverse uses in each one of the catchments analyzed, as well as Pampulha catchment, used for comparison. The results show different contexts of environmental pressure, the maintenance of some green areas and the advance of urban uses in different intensities in the catchments of the three

¹ Graduanda em Engenharia Civil/UFMG – aclaram_@hotmail.com

² Geógrafo, doutorando em geografia e análise ambiental – IGC/UFMG – rslemosbh@gmail.com

³ Prof. Dr. Eng^o, Universidade Federal de Minas Gerais – Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos (UFMG-EHR), CEP 31270-901 Belo Horizonte – MG – talita.silva@ehr.ufmg.br

⁴ Prof. Dr. Eng^o, Universidade Federal de Minas Gerais – Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos (UFMG-EHR), CEP 31270-901 Belo Horizonte – MG. – julian.eleutério@ehr.ufmg.br

⁵ Prof. Dr. Eng^o, Universidade Federal de Minas Gerais – Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos (UFMG-EHR), CEP 31270-901 Belo Horizonte – MG. – niloon@ehr.ufmg.br

reservoirs analyzed. It is observed the effectiveness of some actions in the catchment, and the inefficiency in other areas, in which the urban dynamics was more intense.

Keywords – Sub-catchments of Paraopeba, Remote Sensing, Land use dynamics

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento socioeconômico tem engendrado o aumento do consumo de água, tornando a gestão de recursos hídricos uma complexa relação política, territorial e um desafio quando se busca uma gestão justa, que permita o acesso à água sem prejudicar os ecossistemas e as diferentes relações sociais associadas à dinâmica hídrica. Os grandes conflitos de uso da água estão relacionados às mudanças demográficas e suas consequências diretas em termos de dinâmica territorial, de uso do solo e seus conflitos entre a urbanização e a proteção de áreas rurais. O uso da água pode aumentar a competição por esse recurso tanto em escala local, quanto regional e internacional (Zimmerman *et al.*, 2008). Esses diferentes usos podem exercer pressões e alterações significativas das tipologias de uso do solo nas bacias de captação, levando a mudanças na qualidade e quantidade da água captada.

A crescente impermeabilização do solo, o aumento da geração de resíduos sólidos urbanos e industriais, de esgotos domésticos e da emissão de poluentes atmosféricos são alguns dos fatores que contribuem para a degradação de mananciais. Atividades mineradoras e agropecuárias também exercem grande influência, podendo levar à erosão e ao assoreamento de reservatórios e cursos d'água (ANA, 2012). A impermeabilização do solo promove um escoamento mais rápido da água precipitada em direção às redes de drenagem e para os cursos d'água. Assim, as vazões máximas sofrem um aumento e a ocorrência dessas pode ser antecipada. Além disso, a redução da cobertura vegetal pode diminuir a infiltração de água no solo, diminuindo a evapotranspiração das folhagens e do solo e a quantidade de materiais com potencial de interceptar e reduzir a velocidade do escoamento pluvial; esses fatores podem gerar fortes alterações no balanço hídrico. Nesse caso, a redução do volume infiltrado rebaixa o nível freático, diminuindo o volume de água do escoamento subterrâneo; essa redução pode limitar o fluxo na base dos rios, podendo minimizar as vazões em períodos secos. Dependendo do nível de urbanização, é possível ocorrer ainda a completa descaracterização do corpo hídrico, sendo este considerado parte do sistema de drenagem urbana (Tucci *et al.*, 1995, apud ANA, 2012; Tucci, 2004; Finotti *et al.*, 2009 apud ANA, 2012).

A qualidade da água de uma bacia hidrográfica pode ser influenciada por diversos fatores, dentre eles: o clima, a cobertura vegetal, a topografia, a geologia e o uso e o manejo do solo (Vazhemin, 1972; Pereira, 1997 apud Donadio, 2005). Segundo Margalef (1983), os sistemas aquáticos são receptores das descargas resultantes de várias atividades antrópicas nas bacias hidrográficas. Tomaz (2006) afirma que a poluição difusa pode representar 25% da carga poluente que chega aos cursos d'água. Dentre as várias consequências da poluição dos corpos hídricos, podem-se citar a eutrofização, a acidificação e a salinização da água, a contaminação por patógenos que podem gerar a proliferação de doenças (diarreia, cólera, verminoses, etc.), além da destruição da fauna e da flora aquáticas (Luz, 2009). Em recursos hídricos utilizados para abastecimento humano, esses fatores podem levar a um aumento nos custos do tratamento da água e, em casos extremos, à proibição da captação da mesma, demandando buscas por novas fontes com qualidade superior.

A Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH) abrange 34 municípios, com uma população estimada em aproximadamente cinco milhões de habitantes, o que corresponde a cerca de 26% da população de Minas Gerais. A RMBH possui 9.460 km² de extensão e é a terceira maior Região Metropolitana do país (ADRMBH, 2017). Possui diferentes contextos de pressão ambiental e de uso do solo, principalmente a partir de um elevado grau de impermeabilização do solo associado a usos urbanos e a diferentes atividades econômicas (mineração, agricultura, pecuária, turismo e lazer,

dentre outros). As bacias que abastecem essa região estão vulneráveis às pressões antrópicas, levando a uma maior preocupação quanto à qualidade e à quantidade de suas águas. Atualmente, para o abastecimento de água para a RMBH, são utilizados dois principais sistemas integrados (SIN): o SIN Rio das Velhas e o SIN Rio Paraopeba. Esse último é responsável pelo abastecimento de 60% da população da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH) e pode ser dividido, principalmente, nas seguintes áreas de captação: Rio Manso, Serra Azul, Vargem das Flores e Ibirité (ARSAE-MG, 2013). Por sua importância e proximidade aos centros urbanos, há uma preocupação quanto aos impactos possíveis de serem gerados a partir de ocupações que não sejam condicionadas às especificidades de uso do solo em uma área considerada de importância regional e de possíveis restrições de uso, como nas áreas de mananciais. Outros mananciais de importância regional, como foi o caso da Lagoa da Pampulha, localizada na capital mineira, deixaram de ser fonte de água para o abastecimento público pelas fortes pressões ambientais em sua bacia. Considera-se que o processo de alteração de uso do solo na bacia da Pampulha e a consequente diminuição da qualidade e da quantidade de suas águas possa se repetir em outros mananciais de interesse metropolitano na RMBH.

Este estudo tem por objetivo principal realizar o mapeamento do uso e da ocupação do solo em três mananciais de interesse metropolitano, localizados na bacia do Rio Paraopeba, como subsídio para a avaliação das pressões ambientais nessas áreas de alta relevância hídrica, ambiental e social. O mapeamento foi realizado para os anos de 1987 e 2016 com a finalidade de permitir a discussão dos possíveis impactos do uso do solo para a quantidade e a qualidade das águas nessas áreas. A bacia da Lagoa da Pampulha, sub-bacia do Velhas, também se fez objeto dessa análise, para fins comparativos.

2. ÁREA DE ESTUDO

As áreas de contribuição dos reservatórios do Rio Manso, Serra Azul e Vargem das Flores são sub-bacias do Rio Paraopeba, localizadas quase que integralmente nos limites da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH) (Figura 1).

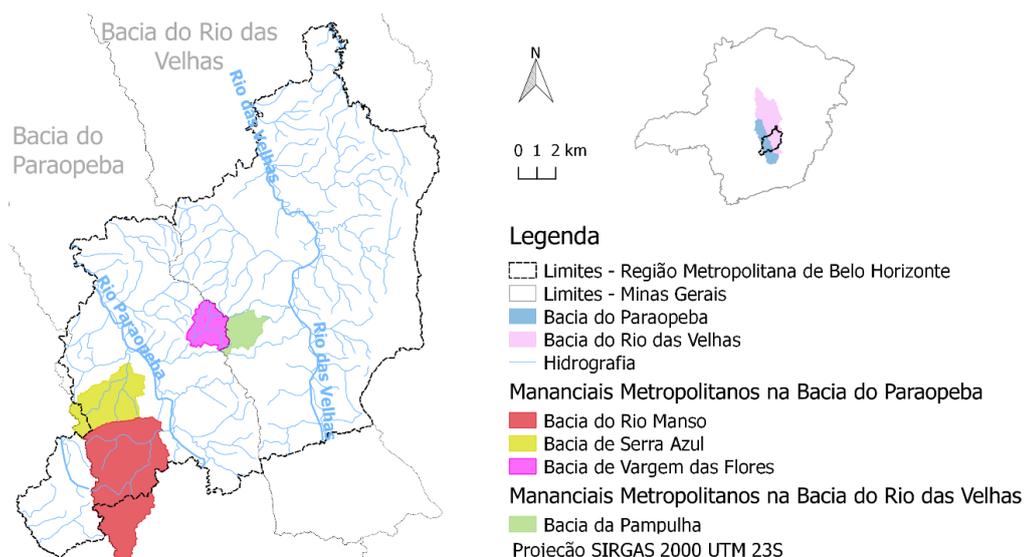


Figura 1 – Localização das bacias hidrográficas em estudo.

A Bacia do Rio Manso, que abrange os municípios de Rio Manso, Bonfim, Brumadinho, Crucilândia, Itatiaiuçu, conta com 67.000 ha considerados como Área de Proteção Especial (APE)⁶,

⁶ As Áreas de Proteção Especial (APE) do Estado de Minas Gerais são regulamentadas pela lei 6.766, de 1979, e têm por objetivo a preservação de áreas de interesse especial, como as de proteção aos mananciais ou ao patrimônio histórico, XXII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos

instaurados pelo Decreto 27.928, de 15/03/88. Desses, 9.000 ha são de propriedade e responsabilidade da Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA). O represamento ocorreu na segunda metade da década de 1980, tendo sua operação sido regulamentada no início dos anos 1990. A bacia do reservatório Serra Azul localiza-se nos municípios de Mateus Leme, Igarapé, Itaúna e Juatuba e teve sua APE definida pelo decreto 20.792 de 08 de julho de 1980. Conta área total de 25.600 ha, dos quais 3.200 ha pertencem à COPASA. O reservatório foi construído entre os anos de 1979 e 1982. Compreendendo os municípios de Betim e Contagem, a bacia do reservatório Vargem das Flores possui 12.263 ha. Conta com dois diferentes e superpostos instrumentos de proteção ambiental: o primeiro é a conformação como APE, de acordo com o decreto n. 20.793, de 08 de setembro de 1980; a Área de Proteção Ambiental de Vargem das Flores foi criada pela Lei nº 16.197 de 26 de junho de 2006. A construção do reservatório se deu entre os anos de 1968 e 1972, mas sua operação teve início somente em 1973 (COPASA, 2017; Magalhães Júnior *et al.*, 2016).

A área de contribuição do reservatório da Pampulha, sub-bacia da bacia do Velhas, conta com 9.900 ha (Figura 1). O reservatório da Pampulha foi construído em 1938 para atender ao abastecimento de água e ao lazer da população de Belo Horizonte. O crescimento e adensamento urbano e a ocupação na bacia de contribuição, associados à retirada de cobertura natural, à disposição inadequada de resíduos sólidos e à carência de infraestrutura de saneamento, transformaram o reservatório em um ambiente degradado (Beato *et al.* 2003; Lemos, 2013), com perda de 50% de seu volume original e com intensa degradação de suas águas (Resck *et al.*, 2007). Conforme já mencionado, esse reservatório perdeu a sua função de fonte de abastecimento.

3. METODOLOGIA, AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DE DADOS

Para levantamento do uso do solo nas áreas em estudo, foram utilizadas imagens dos satélites Landsat-5, para 1987, e Landsat-8, para o ano de 2016. A escolha destes satélites deve-se à extensa cobertura temporal da missão Landsat, além de características similares quanto aos sensores, de forma a permitir a comparação temporal das informações. Todas as cenas foram adquiridas gratuitamente por meio do site do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS - earthexplorer.usgs.gov). Após a aquisição das imagens, foram realizadas correções atmosféricas e de radiância, utilizando o complemento SCP (*Semi-automatic Classification Plugin*) do software QuantumGis, versão 2.14.4.

A classificação das imagens utilizou dois critérios sucessivos: o primeiro foi a classificação supervisionada, por meio do plugin SCP; o segundo foi o refinamento do uso do solo a partir de correções por meio de diversos índices de diferença normalizada.

A classificação supervisionada utilizou o algoritmo de máxima verossimilhança e gerou a classificação inicial, que foi validada e conferida para cada imagem. Alguns contextos de uso, todavia, pela resolução espacial da imagem Landsat e também por sua amplitude em resposta espectral, foram refinados por meio de aritmética entre camadas raster. Foram utilizados como índices para a classificação o *NormalizedDifferenceVegetation Index* (NDVI), o *Soil-adjustedVegetation Index* (SAVI), o *NormalizedDifferenceBuilt-up Index* (NDBI) e o *ModifiedNormalizedDifferenceWater Index* (NDWI), que apresentaram bons resultados para as classes analisadas. Para a classificação das áreas verdes e de cobertura natural, foram utilizados o NDVI e o SAVI; para a classificação das áreas de uso urbano e mineração, foram utilizados o NDBI e o SAVI; e para a classificação dos corpos hídricos, foi usado o índice MNDWI.

O NDVI é um indicador composto a partir de uma aritmética entre as bandas vermelhas (red) e o infravermelho próximo (nir) e tem como finalidade entender o comportamento da vegetação. É

cultural, paisagístico e arqueológico (Brasil, 1979). Contudo, as APES não são enquadradas no Sistema Nacional de Unidades de Conservação, instaurado pela Lei n. 9.985, de 2000, sendo geridas, em Minas Gerais, pelo estado e pela COPASA, e contando com aparato normativo próprio. Esse tema é debatido por Magalhães Júnior *et al.* (2016).

muito utilizado para o monitoramento de áreas verdes e é calculado a partir da Equação 1. O SAVI é um indicador que tem como finalidade verificar a forma como a vegetação se ajusta a diferentes tipos de solo e como se manifesta em áreas de vegetação mais adensada e mais espalhada. Utiliza-se uma variável L, que é definida de acordo com o padrão da cobertura vegetal na região. O valor de L é definido como sendo igual a 1 para áreas de pouca vegetação, 0 para áreas de vegetação densa e 0,5 para áreas mistas; para o estudo utilizou-se a referência em 0,5. O SAVI é calculado usando as bandas relativas ao espectro vermelho (*red*) e do infravermelho próximo (*nir*) e a partir da Equação 2. O NDBI, por sua vez, é um índice gerado com a finalidade de identificar as áreas em que a interferência antrópica por meio das construções, casas e prédios é mais presente. É calculado usando as bandas relativas ao espectro do infravermelho médio (*mir*) e também do infravermelho próximo (*nir*) e a partir da fórmula 3. O MNDWI é um índice que tem o objetivo de identificar os corpos hídricos. É uma modificação do NDWI. O MNDWI é calculado a partir da equação abaixo, que utiliza a banda verde (*green*) e o infravermelho médio (*mir*). Após a finalização da classificação, foram geradas pequenas alterações manuais, com a principal finalidade de corrigir pequenas confusões que se mantiveram após os procedimentos.

$$NDVI = \frac{nir-red}{nir+red} \quad (1)$$

$$SAVI = \frac{(nir-red)*(1+L)}{(nir+red+L)} \quad (2)$$

$$NDBI = \frac{mir-nir}{mir+nir} \quad (3)$$

$$MNDWI = \frac{green-mir}{green+mir} \quad (4)$$

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os mapas de uso e ocupação do solo produzidos para as diferentes bacias analisadas são dispostos na Figura 2 e as porcentagens relativas às áreas que tiveram seu uso alterado entre o período em estudo são apresentadas na Tabela 1.

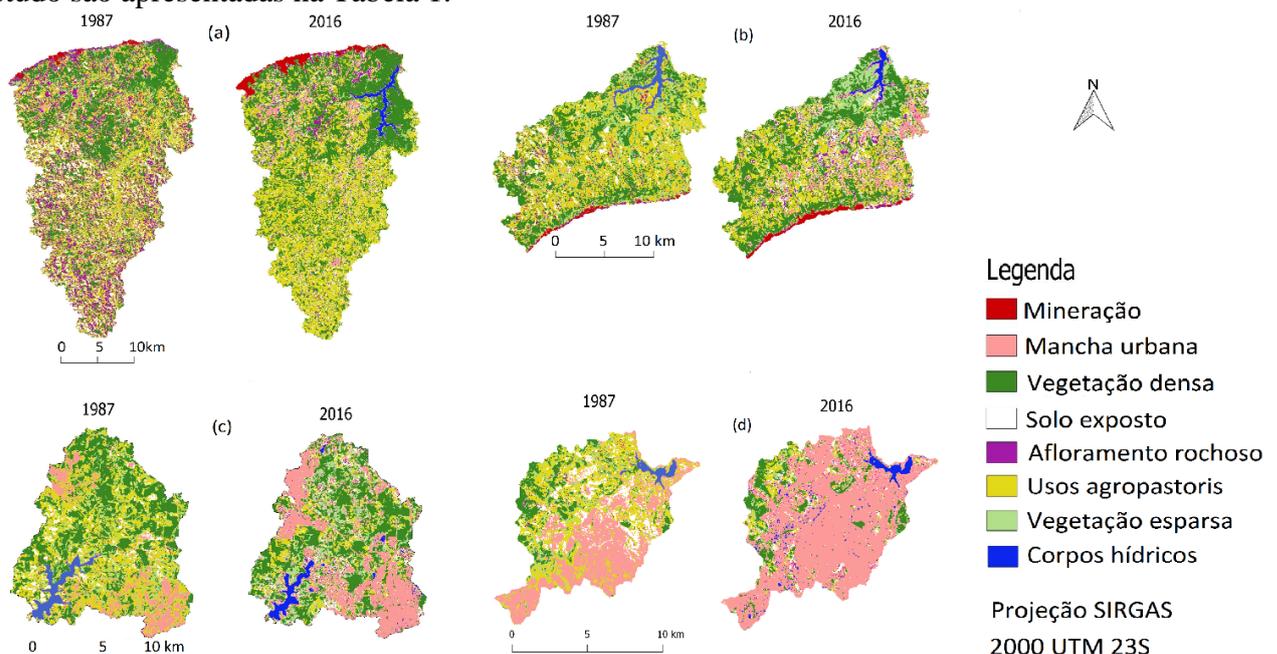


Figura 2 - Mapas da evolução temporal do uso e ocupação do solo entre 1987 e 2016 para as áreas de contribuição dos reservatórios (a) do Rio Manso, (b) de Serra Azul, (c) de Vargem das Flores e (d) da Pampulha.

Tabela 1 - Áreas (em hectares) cujas classes sofreram alteração entre 1987 e 2016 para as áreas das bacias do Rio Manso, Serra Azul, Vargem das Flores e Pampulha.

Bacia	Classe de origem	Classe de destino					
		Solo exposto	Mancha urbana	Usos agropastoris	Mineração	Corpos hídricos	Afloramento rochoso
Rio Manso	Vegetação densa	469,9	486,1	3.156,0	117,5	252,4	451,0
	Vegetação esparsa	509,1	417,5	1.824,7	145,6	137,2	353,2
	Usos agropastoris	2.041,3	1.172,4	-	0,0	359,2	0,0
	Afloramento rochoso	1.298,8	682,0	5.918,6	514,0	43,7	-
Serra Azul	Vegetação densa	323,5	320,7	1.247,3	31,5	1,8	0,0
	Vegetação esparsa	329,5	418,2	701,9	44,9	0,0	0,0
	Usos agropastoris	1.572,9	1.381,1	-	104,7	0,0	0,0
	Afloramento rochoso	123,4	117,1	0,0	145,5	0,0	-
Vargem das Flores	Vegetação densa	171,8	559,8	376,7	0,0	6,0	0,0
	Vegetação esparsa	135,2	431,4	171,0	0,0	12,2	0,0
	Usos agropastoris	434,8	1.408,0	-	0,0	23,9	0,0
	Afloramento rochoso	9,5	26,2	15,4	0,0	0,0	-
Pampulha	Vegetação densa	56,8	355,4	111,6	0,0	0,0	0,0
	Vegetação esparsa	63,7	476,3	73,2	0,0	0,0	0,0
	Usos agropastoris	263,7	2.068,7	-	0,0	0,0	0,0
	Afloramento rochoso	9,2	47,0	10,3	0,0	0,0	-

Entre 1987 e 2016, na bacia do reservatório Rio Manso (Figura 2,a), houve uma substituição de 5.000 ha de áreas de vegetação por terrenos destinados à agricultura e à pastagem, o que corresponde a aproximadamente 7,5% da extensão total da bacia. As áreas de vegetação perderam ainda 1,4% de espaço para os usos urbanos, 0,4% para a mineração, 0,6% para o reservatório, que não havia sido construído em 1987, e 1,5% tornou-se solo exposto, totalizando uma perda de cobertura vegetal de quase 11,5%. Mais do que isso, a mineração sofreu crescimento expressivo no período, passando de 0,6% para 2,1% da área da bacia. O espraiamento urbano também merece destaque, ocupando 5% do terreno em 2016, contra os 0,8% em 1987. Apesar disso, houve um aumento percentual da classe vegetação densa (24,2% em 1987 e 36,3% em 2016), provavelmente decorrente da compra de terrenos para a proteção do manancial, por meio da COPASA. Dentre as bacias analisadas, é a que apresenta melhor integridade ambiental.

No mesmo período, na bacia do reservatório Serra Azul (Figura 2,b), percebe-se uma perda de 3,9% da cobertura vegetal inicial para a mancha urbana, 2,5% para solo exposto, 0,3% para a mineração e 7,4% para a agropecuária, considerando-se uma área total de 26.300 ha. Esses montantes totalizam 14,1% e evidenciam o grande impacto da agropecuária nas mudanças do uso do solo no período. A urbanização, que ocupou áreas anteriormente empregadas para fins agropastoris, foi significativa, tendo o percentual da mancha urbana passado de 1,3% para 10,1% da extensão total da bacia; o mesmo ocorre para a mineração, que em 1987 ocupava 0,7% do terreno e, em 2016, subiu para 2%. Semelhantemente ao observado na bacia do reservatório do Rio Manso, a bacia do Serra Azul presenciou um aumento percentual das áreas de vegetação densa (27,7% em 1987 para 33,2% em 2016), possivelmente associada à área de proteção da COPASA próxima ao reservatório, e conta atualmente com programas de gestão da qualidade, como a recuperação de matas ciliares e nascentes e a compatibilização do uso de agrotóxico com a preservação dos recursos hídricos (COPASA, 2017).

A bacia do reservatório Vargem das Flores (Figura 2,c) apresentou mudanças mais significativas e de elevado impacto ambiental. Sua mancha urbana foi triplicada, passando de 10,2%

para 30,6% da área. No entanto, os percentuais de vegetação arbórea densa (32,2% em 1987 e 30,6% em 2016) e de vegetação esparsa (cerca de 13,6% nas duas análises) mantiveram-se aproximadamente constantes. As áreas de uso agropastoril sofreram forte redução (de 34,7% para 12,7%), em contraponto ao solo exposto, que teve um incremento significativo ao longo dos anos (de 5% para 7,5%). Destaca-se que as principais alterações da cobertura vegetal foram: 8,2% para a mancha urbana, 2,6% para solo exposto e 4,6% para áreas de uso agropastoril, totalizando 15,4% de perda da vegetação natural, o maior valor dentre as bacias do Paraopeba analisadas. Além disso, 3,6% e 11,3% das áreas destinadas à agricultura e à pecuária foram substituídas por solo exposto e mancha urbana, respectivamente. Somado ao elevado grau de antropização, as ações de gestão da qualidade da água, por parte da COPASA, aparentam ser menos efetivas.

Em comparação, a área de contribuição da Lagoa da Pampulha (Figura 2,d), reservatório que hoje não cumpre a função de manancial para abastecimento de água, exibiu percentuais elevados de área urbanizada, com crescimento expressivo, ocupando regiões anteriormente destinadas à agricultura e a pastagens (cerca de 21% dessas) ou com presença de vegetação (8,4% dessas). Além disso, aproximadamente 2% da cobertura vegetal foram substituídas por áreas de uso agropastoril, totalizando uma perda total de área vegetada de 31,4%. Contudo, houve a manutenção dos índices de vegetação densa, o que pode estar associado à presença do campus da Universidade Federal de Minas Gerais e a áreas que ainda não sofreram alteração direta de uso e que estão inseridas nas bacias do Sarandi e Olhos d'água, ambas parcialmente no município de Belo Horizonte, mas majoritariamente no município de Contagem.

Estudos como os de Sarmento (2015) evidenciam que, em uma comparação entre as Bacias do Rio das Velhas e a do Paraopeba, a segunda apresenta, em geral, qualidade da água superior à primeira, mas falha em aspectos importantes, como instrumentos de gestão, atuação do Comitê de Bacia e percentual da bacia atendida por abastecimento de água, coleta e tratamento de esgoto e coleta de resíduos. A Bacia do Velhas, no entanto, sofre maiores pressões, devido à mancha urbana mais densa e ao lançamento de efluentes decorrentes da transposição de bacias, o que pode ter relação com os maiores valores de IQA encontrados no Paraopeba.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise temporal realizada nesse trabalho mostrou a crescente pressão exercida em todos os mananciais metropolitanos do Paraopeba analisados, especialmente em Vargem das Flores. Isso pode ser devido à pouca efetividade dos instrumentos de proteção ambiental e de regulação de uso do solo existentes. Esse quadro pode sofrer graves consequências no futuro, com considerável perda da qualidade da água. No entanto, esse estudo demonstrou que apesar da forte pressão e das transformações ocorridas nas bacias, a porcentagem de vegetação densa permaneceu praticamente estável entre as duas datas, demonstrando que ações localizadas de preservação nas bacias foram efetivas. Ressalta-se que uma presença mais incisiva dos órgãos gestores é essencial para a diminuição dos impactos decorrentes das mudanças do uso e da ocupação do solo, compatibilizando os diferentes usos com as dinâmicas necessárias para a integridade ambiental em uma área de manancial metropolitano.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES, ao CNPq, à FAPEMIG, à PRPq/UFMG, à ANA, à COPASA e ao IGAM pela disponibilização de recursos financeiros e de dados para realização desse trabalho, além de à CAPES/Demanda Social pela bolsa de estudos do doutorando Rodrigo Lemos. Nilo Nascimento é bolsista Pq-CNPq.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DA REGIÃO METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE. RMBH e Colas Metropolitano. Disponível em: <<http://www.agenciarmbh.mg.gov.br/institucional/rmbh-e-colar-metropolitano/>>. Acesso em: 06 junho 2017.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). Planejamento, manejo e gestão de bacias. 2012. Disponível em: <<http://capacitacao.ana.gov.br/conhecerh/handle/ana/82>>. Acesso em: 15 maio 2017.
- AGÊNCIA REGULADORA DE SERVIÇOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E ESGOTAMENTO SANITÁRIO DO ESTADO DE MINAS GERAIS (ARSAE). Relatório de fiscalização - Sistema Integrado de Abastecimento de Água da RMBH: Bacia Paraopeba. Belo Horizonte, 2013. 73 p. Acesso em: 15 maio 2017.
- BRASIL. Lei nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979. Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6766.htm>. Acesso em: 06 junho 2017.
- BEATO, D.A.C; MEDEIROS, M.J; DREWS, M.G.P; DUTRA, G.M. (2003). Impactos urbanos em águas subterrâneas – Bacia da Lagoa da Pampulha, Belo Horizonte - MG. Revista Águas Subterrâneas 17, pp 49-68.
- COMPANHIA DE SANEAMENTO DE MINAS GERAIS (COPASA). Proteção de mananciais: Reservas ambientais. Disponível em: <<http://www.copasa.com.br/wps/portal/internet/meio-ambiente/protacao-de-mananciais>>. Acesso em: 10 maio 2017.
- DONADIO, N.M.M.; GALBIATTI, J.A.; PAULA, R.C.D. (2005). Qualidade da água de nascentes com diferentes usos do solo na Bacia Hidrográfica do Córrego Rico, São Paulo, Brasil. - *Engenharia Agrícola* v.25, n. 1, PP. 115-125.
- LEMONS, R.S. Entre os limites e as fronteiras da gestão de recursos hídricos e da gestão municipal: Pressões ambientais, expansão urbana e a situação hidroambiental da bacia hidrográfica Lagoa da Pampulha – Região Metropolitana de Belo Horizonte. 2013. Dissertação (Mestrado) Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2013.
- LUZ, C.N. Uso e ocupação do solo e seus impactos na qualidade dos recursos hídricos superficiais da Bacia do Rio Ipitanga. 2009. 131 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2009.
- MAGALHÃES JUNIOR, A.P.; COTA, G.E.M.; LEMOS, R.S. (2016). Contradições e desafios para a proteção de mananciais hídricos em Minas Gerais – os casos das Áreas de Proteção Especial de Vargem das Flores e Serra Azul – Região Metropolitana de Belo Horizonte. *Caminhos da Geografia* v.3, n. 60, pp 89-104.
- MARGALEF, R. (1983) *Limnologia*. Omega. Barcelona, 100 p.
- RESCK, R.P.; BEZERRA, N.J.F.; MOTA COELHO, R.M. (2007). Nova batimetria a avaliação de parâmetros morfométricos da Lagoa da Pampulha (Belo Horizonte, Brasil). *Geografias artigos científicos* 3, pp 24-37.
- SARMENTO, L.M. Proposta de indicadores de sustentabilidade para diagnóstico da gestão de recursos hídricos: Estudo de caso da Região Metropolitana de Belo Horizonte. 2015. 62 f. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015.
- VAZHEMIN, I.G. (1972) Chemical composition of natural waters in the VYG river basin in relation to the soil of Central Karelia. *Soviet Soil Science*, Silver Spring, v.4, n.1, pp .90-101.
- TUCCI, C. E. M. (2004). *Hidrologia: ciência e aplicação* - 3.ed. ABRH Porto Alegre - RS.943 p.
- ZIMMERMAN, J.B.; MIHELICIC, J.R.; SMITH, J. (2008). Global stressors on water quality and quantity. *Environmental Science & Technology*, pp 4247-4254.