

DESAFIOS DA GESTÃO DE MANANCIAIS E DA SEGURANÇA HÍDRICA NA REGIÃO METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE – RMBH - MG: CONEXÕES ENTRE A DINÂMICA DOS USOS DA TERRA E A QUALIDADE DA ÁGUA NA BACIA DO RESERVATÓRIO SERRA AZUL

Challenges in watershed management and water security in the metropolitan region of Belo Horizonte – RMBH: connections between land use dynamics and water quality in the Serra Azul reservoir basin – MG

Felipe Gabriel Silva Alves

Doutorando em Geografia – Programa de Pós-Graduação em Geografia - UFMG

felipegabriel.silvaalves@yahoo.com.br

Antônio Pereira Magalhães Junior

Professor do Departamento de Geografia da UFMG

antonio.magalhaes.ufmg@gmail.com

Recebido: 05/02/2025

Aceito: 25/04/2025

Resumo

Este trabalho tem como objetivo investigar as relações entre a dinâmica dos usos da terra e da água na bacia de contribuição do reservatório Serra Azul, abordando os desafios de gestão e proteção dos mananciais na Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH). Para isso, foram seguidas três etapas metodológicas: revisão bibliográfica sobre o tema, análise da evolução do uso e ocupação da terra entre 1984 e 2020 na bacia de contribuição do reservatório Serra Azul, e coleta e análise de água em laboratório para avaliar a qualidade dos cursos d'água que alimentam o reservatório. Os resultados evidenciaram um significativo processo de antropização da bacia, onde os principais usos da terra influenciam diretamente na qualidade da água e, conseqüentemente, na manutenção do reservatório, o que afeta diretamente a segurança hídrica da RMBH. Portanto, este trabalho contribui para o avanço das discussões sobre a segurança hídrica da RMBH, partindo do princípio de conservação dos mananciais da região, abordando mecanismos de proteção, pressões e alternativas para os problemas acerca do tema.

Palavras-chave: Proteção de Mananciais, Gestão de recursos hídricos, Usos da água.

Abstract

This study investigates the relationships between land and water use dynamics in the Serra Azul reservoir's contribution basin, addressing the challenges of watershed management and protection in the Metropolitan Region of Belo Horizonte (RMBH). To this end, three methodological steps were followed: a literature review on the topic, an analysis of the evolution of land use and occupation between 1984 and 2020 in the Serra Azul reservoir's contribution basin, and the collection and laboratory analysis of water to evaluate the quality of the watercourses feeding the reservoir. The results revealed a significant process of

anthropisation in the basin, where the main land uses directly influence water quality and, consequently, the maintenance of the reservoir, which directly impacts the water security of the RMBH. Therefore, this study contributes to advancing discussions on the water security of the RMBH, based on the principle of conserving the region's water sources, addressing protection mechanisms, pressures, and alternatives to the issues concerning the topic.

Keywords: Protection of Water Sources, Water Resources Management, Uses of Water

1. INTRODUÇÃO

Com os impactos climáticos extremos e a degradação dos sistemas hídricos atingindo níveis alarmantes no Planeta, as estratégias e os processos de gestão dos recursos hídricos vem ocupando posição de destaque nas pautas políticas e agendas internacionais nos últimos anos. A compatibilização de atividades econômicas e sociais em equilíbrio com a manutenção das funções ecossistêmicas dos corpos d'água, tem sido o grande desafio da ciência e de órgãos gestores dos recursos naturais. O panorama preocupante é potencializado pelo cenário de crescimento de demandas por água em 40% até 2030 (UNESCO, 2012), o que pode acarretar uma extensa mudança operacional nas dinâmicas de desenvolvimento.

Neste sentido, a Organização das Nações Unidas – ONU, no fórum mundial da água em 2013, insere o termo “segurança hídrica” como um conceito associado à sustentabilidade ambiental para que as ações de gestão sejam com enfoque multidisciplinar e abrangendo todo o ciclo hidrológico.

No Brasil, o conceito fundamentou o Plano Nacional de Segurança Hídrica – PNSH e buscou planejar a segurança hídrica frente aos usos dos recursos hídricos em quatro dimensões até 2035: a) a dimensão humana com garantia de água para abastecimento humano; b) a dimensão ecossistêmica com a quantidade e qualidade de água adequada para usos naturais, incluindo a segurança de barragens de rejeitos de mineração; c) a dimensão econômica com garantias de água para usos múltiplos em diversos setores da economia e, por fim, d) a dimensão da resiliência com a capacidade de recuperação de cada ecossistema frente a eventos e usos específicos (ANA, 2019).

Na Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH), o abastecimento de água ocorre por meio de um sistema integrado que engloba os subsistemas dos rios Paraopeba e das Velhas (ARSAE, 2013). O reservatório Serra Azul integra o sistema Paraopeba, sendo o terceiro maior reservatório da RMBH e, portanto, relevante para a segurança hídrica regional. Não obstante, o principal mecanismo de gestão da qualidade ambiental

do reservatório está baseado nas áreas de proteção do manancial: a Área de Proteção Especial (APE) Serra Azul e a Área de Proteção Ambiental (APA) Igarapé.

A APE Serra Azul foi instituída em 08 de setembro de 1980 e está localizada nos municípios de Mateus Leme, Igarapé e Itaúna, com a finalidade exclusivamente de proteção do manancial Serra Azul. Pelo decreto, fica declarada área de preservação permanente da vegetação nativa em seu perímetro e, em complemento, empreendimentos e loteamentos ficam sobre supervisão do município e do estado (Minas Gerais, 1980).

Entretanto, as APEs têm um desafio histórico de efetivação e cumprimento de suas funções, dado que não foram regulamentadas e inseridas no Sistema Nacional de Unidade de Conservação (SNUC). Como potencializador dos desafios de gestão na área, a APA Igarapé se sobrepõe, em parte, à área preconizada no decreto da APE Serra Azul. Os objetivos distintos da APE e da APA e a falta de clareza jurídica sobre as funções e obrigações legais geram um contexto de desconexão do aparato de proteção, prejudicando a sua operacionalização.

As incompatibilidades de gestão entre autarquias municipais e estaduais intensificam esse panorama, já que há diferentes entendimentos de uso das áreas do manancial, gerando um limbo de gestão e proteção que contribui para os conflitos de uso da água. Além disso, a região onde se localiza o manancial Serra Azul é alvo de grandes mineradoras, áreas agrícolas e ocupação urbana, visto que esta área está localizada no vetor sul de expansão urbana da RMBH e tem importantes atividades ligadas ao escoamento de produtos para as cidades da região Sul de Minas Gerais e São Paulo.

A partir deste panorama de desafios legais, institucionais e ambientais, o presente trabalho tem por objetivo investigar as relações entre a dinâmica dos usos da terra e dos usos da água na bacia de contribuição do reservatório Serra Azul, buscando abordar os desafios de gestão e proteção dos mananciais de abastecimento na RMBH. Neste sentido, o manancial Serra Azul tem o potencial de evidenciar os desafios relacionados à segurança hídrica e a operacionalização dos princípios do PNSH.

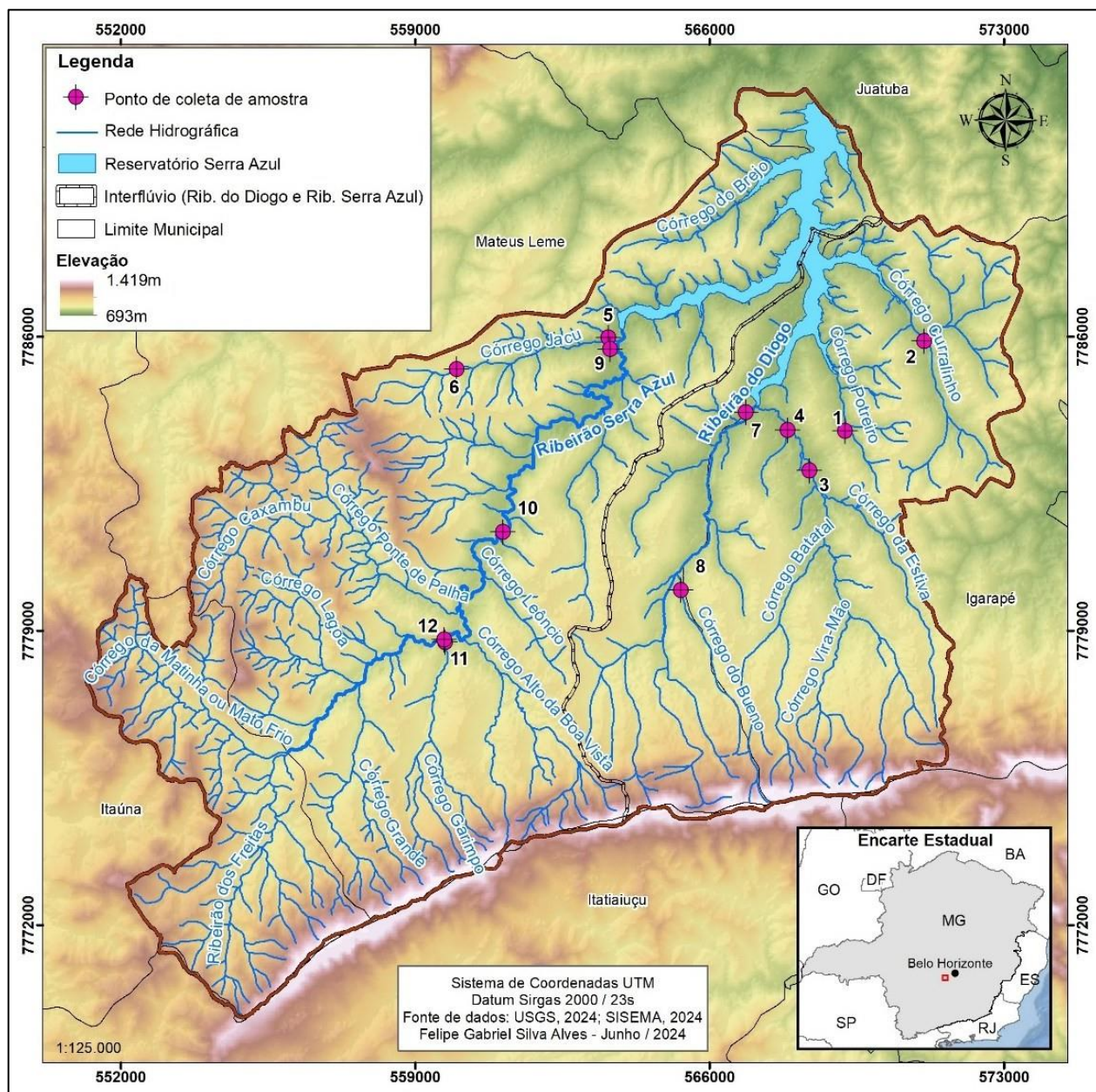
2. PERCURSO METODOLÓGICO

Para o levantamento dos dados referente à evolução da paisagem na bacia de contribuição do reservatório Serra Azul, utilizou-se imagens de satélite do banco de dados *United States Geological Survey* (USGS), pelo sensor óptico Landsat 5 e Landsat 8, com resolução espacial de 30m, nos anos 1984, 2000, 2010 e 2020, em consonância com séries históricas de imagens de satélite da base Google Earth Pro, a fim de verificar os

fatores de expansão de uso da terra ao longo do período. Posteriormente foi feita a classificação dos arquivos rasters por meio do software *Orfeo Toolbox* (OTB) com as seguintes tipologias: Vegetação Arbórea, Vegetação Arbustiva, Vegetação Rasteira, Uso Agrícola, Área Urbana, Mineração e Massa d'água. Para a classificação foi utilizado o sistema de classificação *Random Forest Classifier* que utiliza um conjunto de árvores de decisões como método estatístico para verificar a verossimilhança entre as amostras coletadas na imagem, a partir do retorno de valores registrados pelo sensor em cada pixel (De Luca *et al.*, 2019).

Concomitantemente foram feitas campanhas de coleta de água nos principais afluentes do reservatório em estações chuvosas e de estiagem nos meses junho/2021, outubro/2021, janeiro/2022 e julho/2022. As amostras foram coletadas de acordo com o manual metodológico do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2017), no qual são descritos todos os procedimentos de coleta e análise em campo. Posteriormente as amostras foram analisadas no laboratório Geomorfologia e Recursos Hídricos do Departamento de Geografia da UFMG, contemplando os parâmetros de Potencial Hidrogeniônico (pH), Turbidez, Sólidos Totais Dissolvidos (STD), Oxigênio Dissolvido (OD), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), nitrato e fósforo para se verificar a qualidade da água de acordo com a DN COPAM 08/2022 de 21 de novembro de 2022. Estes parâmetros foram definidos a partir da disponibilidade do laboratório de geomorfologia do Instituto de Geociências da UFMG, buscando detectar possíveis impactos dos principais usos da terra de origem antrópica presentes na bacia de contribuição do manancial: área urbana, uso agrícola e mineração.

Foram monitorados 12 pontos durante o período e que compreendem as principais bacias de contribuição do reservatório, sendo: 03 pontos no Ribeirão Serra Azul, 01 no córrego Garimpo, 02 no ribeirão Diogo, 02 no córrego do Jacú, 02 no córrego Estiva, 01 no córrego Curralinho e 01 no córrego Potreiro. É necessário destacar que foram incluídos pontos de coleta na terceira e quarta campanha para o maior monitoramento das interações em relação ao uso e ocupação da terra no ribeirão Serra Azul e córrego Garimpo (Figura 2).



Mapa 1 – Localização do Manancial Serra Azul e os pontos de coleta de água

Fonte: Autoria Própria

3. A BACIA HIDROGRÁFICA DO RESERVATÓRIO SERRA AZUL

O reservatório de Serra Azul é responsável pelo abastecimento de 13% da RMBH, com produção estimada de $2,7\text{m}^3\text{s}^{-1}$ (Rodrigues *et al.*, 2017). O reservatório fica a cerca de 40 km da cidade de Belo Horizonte e possui área de contribuição de 262 km^2 que contempla os municípios de Mateus Leme, Igarapé e Itaúna (Minas Gerais, 1980). A sub-bacia de contribuição do reservatório se confunde com a APE Serra Azul, sendo composta pelo ribeirão Serra Azul e os córregos Jacú, Mosquito, Curralinho, Diogo, Potreiro, Estiva, Leôncio, Alto do boa Vista, Ponte de Palha, Grande, Garimpo, Lagoa, Mato Frio, Mantinha e Câmara, além de seus afluentes que percorrem superficialmente a vertente desde a Serra

da Conquista e a Serra Azul até o lago superficial de mesmo nome (Mapa 1).

A região margeia a borda ocidental do Quadrilátero Ferrífero, um domínio de relevo serrano rico em rochas ferríferas do Supergrupo Minas, além de rochas do complexo granítico e migmatítico (Sanglard, 2013) – Figura 1. Há a presença de solos gerados em aluviões nos fundos dos vales e colúvios e coberturas eluviais lateríticas nas encostas. A região é conhecida pelo patrimônio ambiental e pela diversidade paisagística (Euclides, 2011). Por outro lado, a borda oeste da sub-bacia é cercada por empreendimentos minerários que exploram importantes jazidas de minério de ferro ricas em hematita concentrada (Vasconcelos *et al.*, 2012). A vegetação é composta pela mata estacional semidecidual adaptada ao clima tropical e tropical de altitude, com estações bem definidas e chuvas concentradas no verão (Lamounier *et al.*, 2008).



Figura 1 – Visão panorâmica de parte da bacia

Fonte: Autoria Própria

4. A APE SERRA AZUL E A APA IGARAPÉ

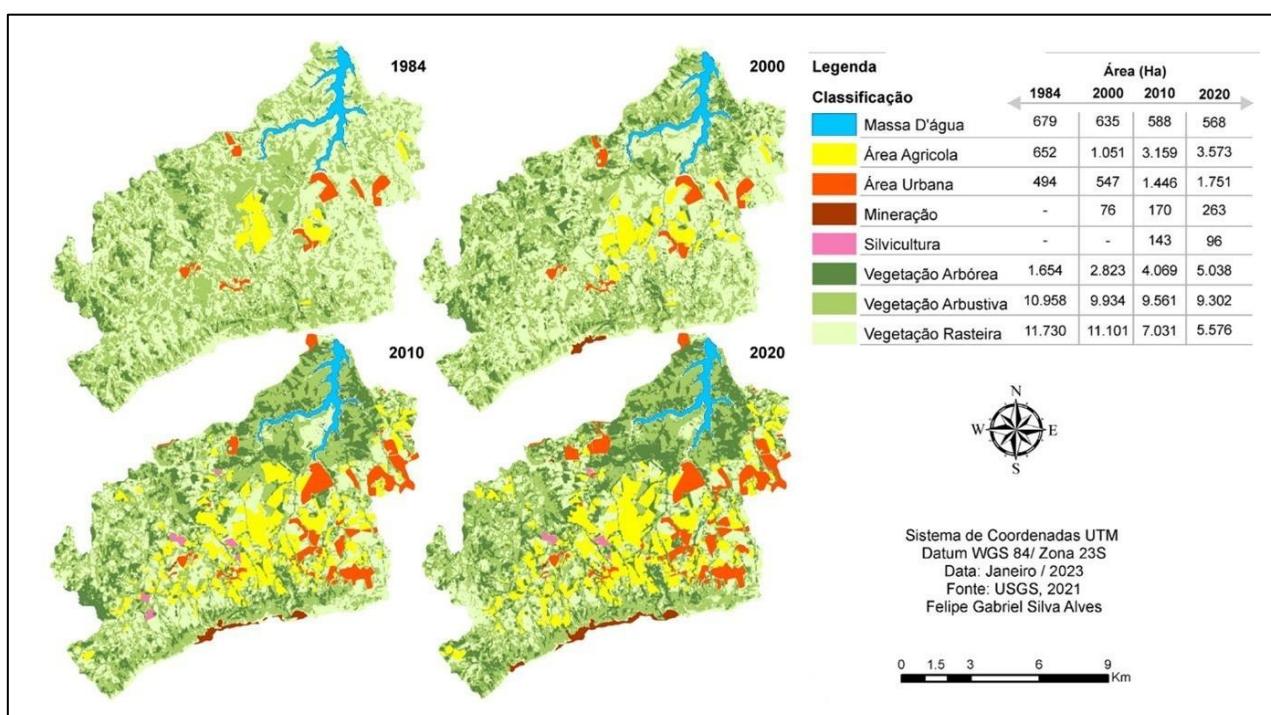
A APE Serra Azul tem por objetivo principal a proteção do manancial Serra Azul. Foi instituída em 08 de julho de 1980 pelo Decreto n. 20.792, e compreende toda a bacia de contribuição do reservatório. Segundo o decreto, a área da APE tem aproximadamente 256 km² de extensão, abrangendo diversas serras que concentram as cabeceiras de drenagem de grande parte dos afluentes do manancial: Serra Azul, Serra dos Caboclos, Serra do Caxambu, Serra das Perobas e Serra da Saudade. Ao Sul, estes conjuntos serranos formam o divisor de águas entre as bacias do Rio Manso e do ribeirão Serra Azul, e a oeste o divisor de águas entre as bacias dos ribeirões Serra Azul e Mateus Leme.

No art. 2º do mesmo decreto, a vegetação nativa e natural compreendida dentro da APE passa a ser considerada de preservação permanente. Contudo, parte da área está sobreposta à APA Igarapé, instituída em 2003 pelo decreto municipal nº1.104 de 16 de maio de 2003, que prevê em grande parte de sua área uma zona de incentivo para a produção agrícola (Art. 11), contrapondo o citado artigo do decreto de 1980.

A tipologia de “APA” é prevista pelo SNUC enquanto a “APE” não. Isso torna mais

complexa a gestão dos interesses dos diferentes atores envolvidos na proteção ambiental da área: o Estado e a Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA), no caso da proteção do manancial, e os municípios, no caso dos objetivos de crescimento econômico e expansão das atividades produtivas e urbana. O limbo legislativo das APEs favorece a ocupação desordenada da bacia de contribuição do manancial e, conseqüentemente, a proliferação de fontes potencialmente impactantes à quantidade e qualidade de água do manancial (Magalhães Jr. *et al.*, 2016)

Cabe destacar que a APA Igarapé é uma unidade de conservação municipal e, portanto, tem sua abrangência determinados pelos limites municipais, que neste caso é a margem direita do curso d'água de maior expressão afluente do Ribeirão Serra Azul: o Ribeirão do Diogo. A margem esquerda está contemplada pela APE Serra Azul, que não possui aparato de gestão específico. Dessa forma, o Estado conferiu a administração da APE à empresa de saneamento (COPASA), a qual não tem competência jurídica para intervir em processos de licenciamento ambiental e outros processos de gestão territorial na bacia, favorecendo a ocupação de atividades antrópicas desordenadas (Mapa 2).



Mapa 2 - Evolução do uso do solo entre 1984 e 2020

Fonte: Modificado de Alves (2023)

Prova disto é que no período de 1984 a 2020 houve aumento de 71,78% de ocupação urbana e 81,75% na área agrícola na bacia de contribuição do reservatório. A mineração, que era inexistente em 1984, em 2020 ocupava 263 ha ao longo da APE. Em

contrapartida, houve perdas significativas de vegetação primária e secundária. A classe de Vegetação Rasteira perdeu cerca de 52,46% de área e a de Vegetação Arbustiva perdeu 15,11% durante o período. Já a Vegetação Arbórea teve um aumento expressivo de 67 % de área, passando de 1.654 ha em 1984 para 5.038 ha em 2020.

Vale destacar que grande parte da vegetação arbórea está no entorno do reservatório e sob a proteção física da COPASA, a qual implantou um sistema de cercamento com muros de concreto e arames de aço. Este contexto ilustra a ineficiência das APEs como instrumento de gestão e proteção dos mananciais na RMBH, já que na área da APE, fora dos limites geridos pela COPASA, houve expansão de usos agrícolas, áreas urbanas e mineração, em detrimento da vegetação original que deveria ser de preservação permanente conforme o decreto de criação da APE (Gráfico 1).

Assim, enquanto a vegetação arbórea e arbustiva se expandiu e se consolidou no entorno do reservatório, formando um importante corredor ecológico e uma barreira aos impactos antrópicos, o mesmo não ocorreu na bacia do reservatório a montante, onde os usos urbanos, agrícolas e minerários substituíram principalmente as vegetações rasteiras (Gráfico 2). Este processo eleva o potencial de originar fontes de impactos para a quantidade e a qualidade da água que abastece o manancial, como lançamento de esgotos, aplicação de agroquímicos e exposição do solo à erosão acelerada.

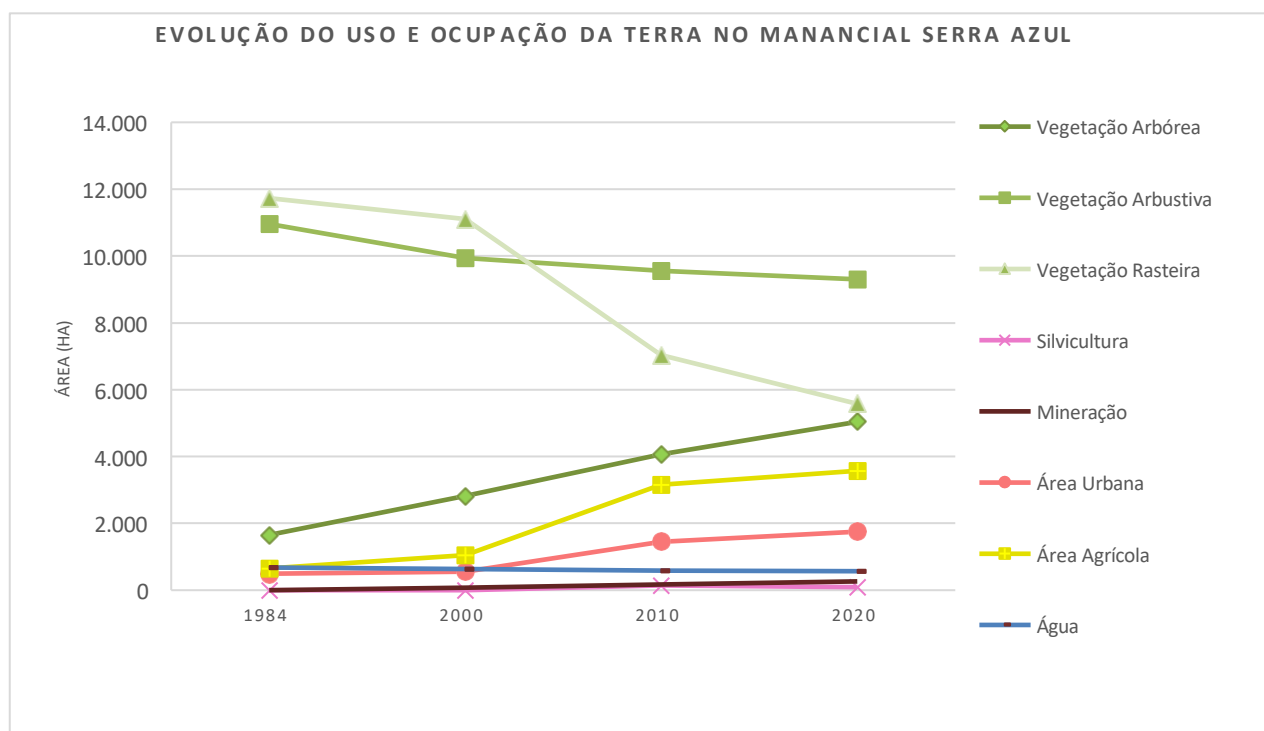


Gráfico 1 – Evolução do Uso e Ocupação da Terra no Manancial Serra Azul

Fonte: Modificado de Alves (2023)

A literatura é rica em trabalhos que mostram os potenciais impactos destes usos da terra. Em áreas urbanas, a principal fonte de poluição de cursos d'água é o despejo sem tratamento de esgotos domésticos, industriais e pluviais, estes últimos responsáveis por carrear poluentes orgânicos e metais em períodos chuvosos, enquanto depósitos de resíduos sólidos, fossas sépticas e vazamentos nas redes de esgotamento sanitário tendem a poluir os aquíferos (Tucci, 2008). Em realidades com ausência ou deficiência de saneamento básico, o potencial de poluição e contaminação das águas aumenta. Também em áreas urbanas, contextos de solo exposto, como loteamentos, e depósitos de resíduos sólidos tendem a fornecer maior carga sedimentar aos corpos d'água.

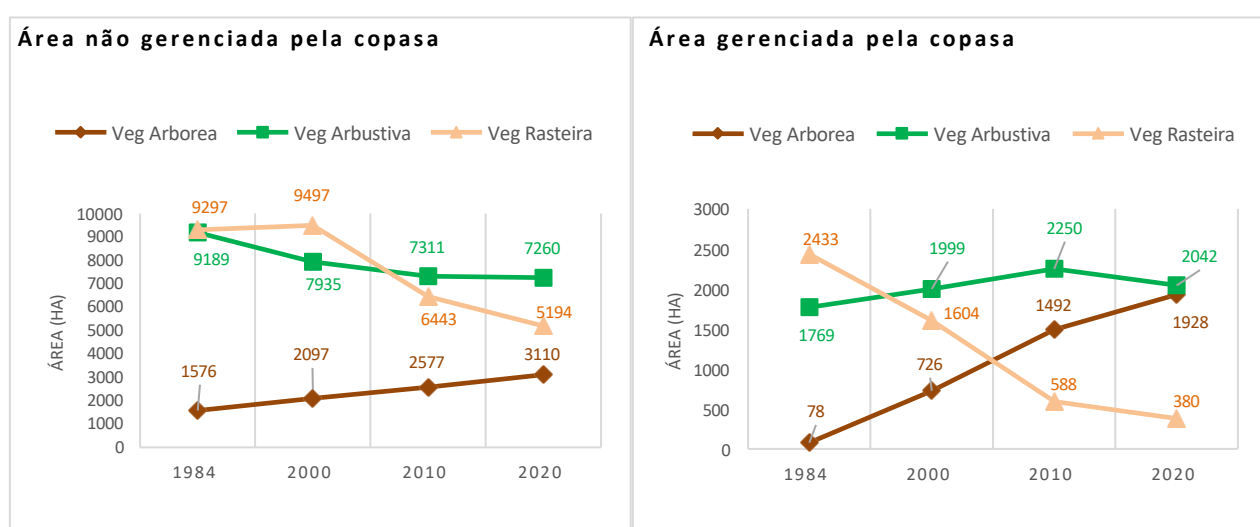


Gráfico 2 – Evolução da vegetação no manancial

Fonte: Modificado de Alves (2023)

Os usos agrícolas, por sua vez, podem se configurar em importantes focos de contaminação das águas por meio de agroquímicos e dejetos fecais. Tem se verificado um aumento na utilização de agrotóxicos à base de moléculas com ação biocida no Brasil e no mundo como um todo, tais como inseticida, fungicida, herbicida e nematicidas para o controle de pragas, doenças e plantas invasoras. Estes produtos são, comumente, ricos em elementos tóxicos como metais pesados, surfactantes e emulsificantes, exigindo um controle para que os impactos na qualidade da água não comprometam a biota e a saúde humana (Steffen *et al.*, 2011). As técnicas de manejo do solo para agropecuária também influenciam as taxas de infiltração e de escoamento superficial, refletindo-se no potencial erosivo e na quantidade de carga sedimentar para os cursos d'água e alterando parâmetros como turbidez e STD.

5. RESULTADOS ANALÍTICOS E DISCUSSÕES ACERCA DA QUALIDADE DA ÁGUA

Os efeitos do uso e ocupação da terra irregular na área da APE Serra Azul são sentidos na qualidade da água dos cursos d'água afluentes do reservatório, que por sua vez carrega estes efeitos diretamente para o corpo hídrico de base.

A Deliberação Normativa (DN) conjunta do Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM) e do Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH) n. 8, de 21 de novembro de 2022, dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e as diretrizes ambientais para seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, além de outras providências (Minas Gerais, 2022). Por outro lado, a Deliberação COPAM nº 14, de 28 de dezembro de 1995, estabelece que todo curso d'água contribuinte do reservatório Serra Azul possui Classe 1, sendo destinados, portanto, para abastecimento de água para consumo humano após tratamento simplificado, bem como a proteção das comunidades aquáticas, recreação de contato primário, irrigação de hortaliças que são consumidas cruas, irrigação de frutas que se desenvolvem rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas e sem remoção de películas, e por fim, para a proteção das comunidades indígenas (Minas Gerais, 1995).

Dos parâmetros analisados, apenas o STD está em conformidade com os padrões estabelecidos para a área (Tabela 1). Já o fósforo apresentou inconformidades em relação às normas da DN COPAM/CERH n. 08/2022. Das 42 amostras, 23,8% ultrapassaram os limites para águas de Classe I. As amostras reprovadas atingiram 33% em junho/21, 22% em outubro/21, 41,66% em janeiro/22. Já na campanha de julho/22 não houve inconformidades de fósforo para nenhum dos cursos d'água analisados, nesse caso os valores foram muito inferiores ao máximo permitido, revelando uma grande capacidade de diluição dos cursos d'água ou, por estar em período seco, ainda não havia sido carregado os elementos que elevam os níveis de fósforo no curso d'água.

Juntamente com o nitrato, o fósforo é um dos principais parâmetros de análise dos processos de fertilização de corpos d'água por nutrientes, o que pode levar à eutrofização particularmente de sistemas lênticos. O aumento da concentração de fósforo tende a reduzir o OD da água e aumentar a DBO. Fontes tradicionais de fósforo são fertilizantes agrícolas, águas pluviais de ambientes urbanos, detergentes, resíduos provenientes da atividade minerária, e esgotos domésticos (Barreto *et al.* 2013).

A eutrofização pode levar ao aumento de biomassa do fitoplâncton, ao crescimento de espécies de algas potencialmente tóxicas ou comestíveis, ao crescimento da biomassa

de algas bentônicas e epifíticas, ao crescimento excessivo de macrófitas aquáticas, ao aumento da frequência de mortandade dos peixes, à diminuição da biomassa de peixes e moluscos cultiváveis, à redução da diversidade de espécies, à diminuição da transparência da água, à depleção de oxigênio dissolvido e à redução do valor estético do corpo d'água. O fósforo é o principal elemento potencialmente indutor da eutrofização na área, pois o nitrato foi o parâmetro químico com o menor número de amostras inconformes, todas no período chuvoso.

Cabe destacar que os pontos com maiores reprovações em fósforo estão a jusante de áreas com grande concentração antrópica, no caso do ponto 1 (córrego Potreiro) o uso da terra associado é ocupação urbana, enquanto o ponto 8 (córrego do Bueno) é associado ao uso agrícola, assim sendo, os resultados podem refletir respectivamente despejos irregulares de esgoto doméstico e o uso de biocidas para o cultivo vegetal.

Os parâmetros pH e turbidez também tiveram inconformidades significativas em todas as campanhas efetuadas. O pH indicou maior acidez durante o período chuvoso, com destaque para terceira campanha (jan/22). Nas amostras coletadas, aquelas com resultados inconformes estão abaixo de 6,0, indicando meios aquáticos relativamente ácidos. Isto pode ter impactos na biota aquática, como mortandade de peixes e outros organismos. Sob condições de acidez, organismos aeróbicos tendem a aumentar a frequência respiratória em função da baixa disponibilidade de oxigênio na água e, em casos mais graves, há a distrofização do corpo hídricos (CETESB, 2022).

O pH é associado à presença significativa de poluentes como agroquímicos, detergentes e metais pesados. No caso das águas de classe I, a DN COPAM nº 08/2022 estabelece que, para a proteção da vida aquática, o pH deve estar entre 6 e 9. Como o sangue humano possui pH entre 7,35 e 7,45, valores fora desta faixa podem trazer graves consequências à saúde humana e animal, como infecções e doenças degenerativas.

Resultados inconformes de pH foram encontrados no Ponto 8 (Córrego do Bueno), o que, a exemplo do fósforo e o nitrato, deve ter relação com as atividades agrícolas e suas práticas de aplicação de defensivos biocidas. Nesse caso, por se tratar de um período chuvoso, os dados inferem que os produtos biocidas foram carregados para o curso d'água em função do escoamento superficial e subsuperficial após a aplicação na plantação, assim revelando os desafios do manejo incorreto de culturas em ambientes bem drenados.

Já a Turbidez, um dos principais parâmetros que retratam o manejo incorreto de cultivo, mostrou resultados fora do padrão em 33% das amostras em outubro/21 e 75% em janeiro/22, ambos no período chuvoso. A turbidez indica o grau de espalhamento e

absorção de um feixe de luz em ambiente aquático pelos sólidos em suspensão. Este parâmetro tende a elevar-se em função do fornecimento de carga sedimentar, a partir da erosão das encostas, pelos fluxos pluviais em áreas urbanas carregados de partículas sólidas, e por esgotos domésticos e efluentes industriais ricos em partículas em suspensão.

Tabela 1 - Resultados analíticos dos parâmetros investigados

Parâmetro	Campanha	Pontos de coleta												Padrão Classe I
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
pH	1	6,68	6,96	6,8	6,84	7,06	6,8	6,93	6,28	6,5	-	-	-	6,0 a 9,0
	2	6,66	6,63	6,39	6,29	6,06	6,61	6,16	5,7	5,9	-	-	-	
	3	5,3	6,02	5,97	5,45	6,65	6,7	5,13	5,09	6,8	6,6	6,76	6,61	
	4	6,37	6,9	6,83	6,66	7,25	6,98	6,51	5,98	6,92	7,13	6,91	6,61	
Turbidez	1	4,1	9,3	4,9	4,1	6,9	13	5,7	16,4	30,7	-	-	-	≤ 40
	2	66,5	10,3	12,54	12,52	31,8	142	21,6	46,7	10,5	-	-	-	
	3	38,8	30,3	130,7	123,7	49,2	62,7	61,5	19,7	53,2	220	164,7	63,6	
	4	5,85	12,5	4,52	6,3	11,1	9,85	13,5	9,56	9,66	9,52	15,01	6,55	
STD	1	17,3	23,6	17,38	15,86	20	55	11,1	90,8	24	-	-	-	500
	2	19,7	23,1	16,87	17	23	42	11,6	10	20,2	-	-	-	
	3	18,2	37,2	19,83	19,67	16,1	12,3	21,4	15,9	14,5	16,8	17,12	18,1	
	4	18,2	37,2	19,83	19,67	16,1	12,3	21,4	15,9	14,5	16,8	17,12	18,1	
OD	1	6,4	7,6	8,2	7,6	9,2	6,2	8,4	5,9	9,4	-	-	-	≥ 6,0
	2	5,11	7,04	8,07	7,35	2,45	6,13	7,45	3,27	1,63	-	-	-	
	3	5,11	7,04	8,37	7,15	5,62	7,04	4,59	6,64	4,7	6,74	7,04	7,45	
	4	6,02	8,27	-	8,37	8,37	7,96	8,27	7,25	7,25	8,17	7,04	7,35	
DBO	1	0,9	0,8	0	0	0,1	0,1	0,4	1,1	8,7	-	-	-	< 3,0
	2	0,31	1,02	1,43	1,12	2,35	3,57	1,33	0,61	1,53	-	-	-	
	3	2,14	1,02	2,45	2,45	5,41	1,53	3,68	2,09	2,35	1,53	1,84	1,12	
	4	0,92	1,84	-	2,25	1,94	0,92	3,27	2,35	1,33	0,82	7,04	0,61	
Nitrato	1	1,7	2,19	2,66	1,99	1,87	2,83	1,99	4,44	8,7	-	-	-	10
	2	23,5	1,75	2,19	1,99	5,92	2,57	2,74	10,9	3,22	-	-	-	
	3	1,87	3,54	1,99	2,92	1,31	1,64	1,69	10,9	3,22	2,05	1,64	3,66	
	4	1,93	2,83	3,54	4,29	3,12	2,92	2,65	3,32	2,74	5,55	8,69	3,66	
Fósforo	1	0,08	0,04	0,03	0,03	0,07	0,01	0,04	0,06	0,34	-	-	-	0,025 (Len) – 0,1 (Lot)
	2	0,04	0,01	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,06	0,05	-	-	-	
	3	0,04	0,06	0,03	0,16	0,37	0,05	0,04	0,21	0,07	0,07	0,22	0,06	
	4	0	0,01	0,001	0,001	0	0	0,01	0,01	0,01	0	0,023	0	

Fonte: Alves (2023)

Em casos onde o manejo de culturas é incorreto, retira-se a camada de proteção do solo na vertente favorecendo a erosão laminar e concentrada. Nesse caso, sedimentos são carregados para o reservatório e podem assorear a estrutura de armazenamento, comprometendo o potencial de armazenamento e a vida útil do manancial. Neste sentido, todos os pontos mais próximos da foz dos cursos d'água que contribuem para o reservatório, apresentaram altos valores de turbidez, exceto o ponto 2, localizado no córrego Curralinho.

Já o OD teve 11%, 44%, 33% e 0% das amostras reprovadas nas campanhas de junho/21, outubro/21, janeiro/22 e julho/22, respectivamente. O OD é vital para a vida aquática, já que inúmeros organismos aeróbicos necessitam de oxigênio para a respiração. Contudo este parâmetro sofre alterações significativas em casos de alta concentração de matéria orgânica na água, a qual é oxidável a partir de processos bioquímicos. Além disso, quando existe uma diluição de matéria orgânica na água derivada de altos índices pluviométricos, a tendência é de aeração do curso d'água causada pelo movimento do fluxo que se torna mais forte e pela baixa concentração de matéria orgânica. Este parâmetro, quando associado à DBO, fornece dados importantes da situação eutrófica do curso d'água.

Nos cursos d'água investigados, a DBO teve resultados inconformes em 5 dos 12 pontos. O ponto 7 (foz do Ribeirão do Diogo) obteve inconformidades nas campanhas de jan/2022 e jul/2022, os pontos 5 e 6 (Córrego Jacu) revelaram resultados acima do limite previsto nas campanhas chuvosas e os pontos 9 e 11 (Ribeirão Serra Azul) revelaram resultados inconformes nas campanhas da estação seca.

Este parâmetro é complementar ao OD e está associado à quantidade de oxigênio necessária para a oxidação da matéria orgânica presente na água ao final de 5 dias. Portanto, quanto maior a carga orgânica, maior tende a ser a DBO. Vale destacar que o ribeirão Serra Azul possui no entorno da sua calha ocupações urbanas que podem influenciar na DBO em função dos despejos associados ao esgotamento sanitário, curiosamente o ponto 11 está a jusante do bairro Serra Azul e o ponto 9 é o ponto mais próximo da foz, indicando que esta condição do curso d'água chega até o reservatório. Contudo, no ponto 10, localizado no médio curso do Ribeirão Serra Azul, esta condição não se faz presente, levando então a conclusão de que existem variações ao longo do curso d'água de despejo destes elementos.

Corroborando com isso, percebe-se que são efluentes sanitários pontuais, visto que no ponto 9 (foz do Ribeirão Serra Azul) ao longo da campanha foi registrado o maior valor

em período seco (jun/21) e nas outras campanhas não houve reprovação nos valores, indicando despejos pontuais. Também é possível verificar esta condição no ponto 11, que apresentou valores alterados apenas na estação seca, enquanto que a chuvosa os valores obtidos ficaram dentro da normalidade.

6. INCOMPATIBILIDADES ENTRE USOS DA TERRA E DA ÁGUA NO MANANCIAL

Desde a sua criação em 1982, o reservatório Serra Azul passou a refletir todos os usos que são feitos em sua bacia de contribuição. As influências de ocupação da terra e da água são os principais vetores que condicionam o reservatório a uma condição sustentável ou não, sendo por vezes motivo de ocupação do entorno pelas belezas cênicas e pela oferta hídrica. Contudo, com o passar dos anos, em alguns casos de ocupações desordenadas, as estruturas passam a ser um problema em uma relação de dependência destrutiva, já que o principal motivo de ocupação se perde e o reservatório passa a ser um estorvo para a população que, por vezes, veem o corpo d'água como uma fonte de esgotamento sanitário e proliferação de doenças e animais peçonhentos.

Na RMBH, talvez o principal caso de reservatórios que hora é um grande atrativo para a ocupação do entorno e hora é um estorvo para esta mesma população é o reservatório da Pampulha, localizado próximo à região norte de Belo Horizonte. Esta estrutura criada em 1938, foi pensada para suprir um déficit hídrico para abastecimento público em decorrência do aumento populacional vivido pela capital mineira nas primeiras décadas do século XX (CHAMPS, 1992). No entanto, esta função foi se perdendo pela rápida ocupação urbana da bacia de contribuição do reservatório na década de 1970, resultando na eutrofização do lago, que hoje tem funções principalmente de paisagismo e atividades recreativas sem contato direto com a água (Lagoa da Pampulha, 2021; Resck, 2007).

As pressões relativas ao processo de ocupação da bacia de contribuição do reservatório da Pampulha foram tamanhas que a sua vida útil foi estimada em apenas 20 anos, caso a dinâmica continuasse (Oliveira; Batista, 1997). A Lagoa passou a sofrer processos intensos de assoreamento e eutrofização a partir dos anos 1960.

Ao final dos anos 1970, o Estado e a COPASA entenderam a necessidade de se preservar os mananciais da RMBH para a manutenção da disponibilidade hídrica, criando, portanto, diversas APEs em áreas onde a gestão da água era dividida entre ambos, já que, na época, a COPASA também era uma empresa pública (Euclides, 2012).

Nesse contexto, em 1982 surgiu a APE Serra Azul, que tinha como foco a proteção

do reservatório homônimo construído no mesmo ano. Contudo esta tipologia de área de proteção foi perdendo força ao longo do tempo e não foi contemplada pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), criado pela Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000 (Brasil, 2000). Com isso, não há uma tipologia de unidade de proteção de mananciais contemplada no SNUC, o que daria diversas vantagens como a existência de plano de manejo e outras garantias legais.

A evolução do uso e ocupação da terra desde a construção do reservatório demonstra claramente o panorama citado. Em 1984 o levantamento revela uma ocupação antrópica mínima ao longo da APE Serra Azul com cerca de 4,38% de ocupação, este valor vai crescendo ao longo do tempo e em 2020 a ocupação antrópica chega a 21,72% de toda a bacia de contribuição do reservatório, e por consequência, da APE Serra Azul.

Nos limites fora da área cercada pela COPASA, esta ocupação era de 5% em 1984, 8 % em 2000, 23 % em 2010 e 27 % em 2020. Cabe destacar que, neste período, houve aumento de 81,8% de ocupação por áreas agrícolas, 71,8% de área urbana, 100% de mineração e 100% de silvicultura. Dessa forma, é possível perceber um aumento expressivo da presença antrópica na bacia, principalmente entre os anos 2000 e 2010.

É nesse contexto que em 2003 é criada a APA Igarapé, justamente no principal vetor de expansão antrópica: a bacia do Ribeirão do Diogo. Com isso, a expectativa era que houvesse um controle maior na expansão destas atividades, mas os dados mostram o contrário, e nas décadas subsequentes a ocupação antrópica alcança seu ápice na APE e na própria APA.

Este panorama é causado pela falta de efetividade das funções das unidades de proteção ambiental, visto que os mecanismos de gestão previstos não foram cumpridos. Pelo SNUC, cada APA deve possuir um Conselho Gestor e um Plano de Manejo para determinar as diretrizes que a área deve alcançar em um período de tempo; sendo assim, todas as decisões seriam pautadas em diretrizes estratégicas pré-estabelecidas que corroborariam com a definição sustentável da área. Contudo, o Plano de Manejo não foi criado na unidade de conservação, que amarga cerca de 21 anos de limbo, ficando as decisões e deliberações sobre cada caso de ocupação e/ou expansão de atividades humanas a cargo do conselho gestor.

Um exemplo deste panorama é que, em 2018, em uma reunião ordinária, o conselho gestor da APA aprovou a supressão de 33 espécimes arbóreos da mata atlântica e cerrado para fins de edificação em um condomínio. Desses 33 indivíduos, 4 eram da espécie *Caryocar brasiliense*, que tem seu corte vetado pela Lei nº 20.308/2012. Esta Lei

define que se deve plantar 07 unidades para cada unidade cortada na mesma sub-bacia, nesse caso totalizando 28 árvores ao longo da bacia do córrego do Bueno, afluente do Ribeirão do Diogo.

Na oportunidade, a proprietária da área afirmou não ter capital para a compensação e o conselho gestor aprovou o projeto onde ela deveria pagar o valor de R\$ 7.105,00 ao fundo de mudas municipal de forma parcelada, tirando a responsabilidade de compensação prevista em lei (Apa Igarapé, 2018). Cabe ressaltar que estas diretrizes vieram do Plano Diretor Municipal (PDM), que determina as áreas citadas como Zonas de Expansão Urbana (ZEU), Zona de Empreendimentos Sustentáveis (ZES) e Área de Interesse Ambiental (AIA), totalizando 34 hectares de área (Prefeitura de Igarapé, 2007).

A falta destes mecanismos denota que a APA Igarapé não possui efetividade e, assim como a APE Serra Azul, não concretiza adequadamente a proteção do manancial Serra Azul. Estes reflexos são sentidos nos cursos d'água, visto que os principais parâmetros que registram este efeito são fósforo e turbidez. O primeiro é um nutriente que se reflete na fertilização das águas e na consequente eutrofização de corpos lânticos, processo indicado pelos valores de DBO. A sua fonte na bacia é, principalmente, os esgotos sanitários. A turbidez reflete a carga sedimentar recebida pelos cursos d'água, indicando a atuação da erosão e, também, o lançamento de esgotos.

Por outro lado, os municípios são constitucionalmente responsáveis pela gestão do saneamento em seus territórios, onde, a exemplo do próprio PDM de Igarapé, os interesses por vezes são diversos e incompatíveis com a gestão ambiental destas áreas.

Do ponto de vista da gestão da bacia, o CBH Paraopeba, por meio do PDRH Paraopeba (2019), recomenda fortemente que a bacia do reservatório seja enquadrada em Áreas Sujeitas a Restrição Ambiental de Uso, preconizada pela política estadual de recursos hídricos, Lei nº 13.199 de 29 de janeiro de 1999. Segundo o PDRH, esta área deve ser tratada como prioridade “extremamente alta” para controle de usos, além de ter prioridade na recuperação, tornando o contexto ainda mais complexo.

Nesse panorama, o município diz que esta área está disponível para ocupação urbana e industrial, já o CBH afirma que é necessário colocar a área em um panorama mais alto de restrição ambiental para usos. Paralelamente o estado não consegue fazer a gestão da área através da APE Serra Azul por não possuir pragmatismo legislativo e ambiental, enquanto a APA Igarapé não possui diretrizes de funcionamento para alcançar o uso sustentável.

Fazendo um paralelo com os casos da Pampulha e outros reservatórios na RMBH,

percebe-se que o processo se repete em diferentes estágios. Primeiramente, os reservatórios se tornam um grande atrativo para expansão urbana do entorno, o que resulta na concentração de pessoas e atividades que geram efluentes sanitários e industriais. Sem saneamento adequado, os reservatórios se tornam catalizadores de poluentes que trazem problemas de mal odor da água, proliferação de organismos transmissores de doenças, depósitos de resíduos sólidos, dentre outros. Desta forma, os mananciais se tornam um problema social e para o poder público.

A evolução do uso e ocupação da terra entre 1984 e 2020 evidenciou uma bacia de contribuição com usos antrópicos primariamente pautados na produção agrícola, seguido de área urbana e mineração, o que evidencia pouca eficiência das áreas de conservação em detrimento da expansão urbana e das atividades econômicas.

As áreas das APEs envolvem, legalmente, toda a bacia de contribuição dos mananciais da RMBH, podendo apresentar extensões consideráveis que trazem importantes desafios para a compatibilização entre usos da água e usos da terra. Em outra perspectiva, o longo histórico de ocupação nas bacias de contribuição dos mananciais ocorre sem controle efetivo do estado, que aliado ao aparato normativo omissivo das APEs, fomentam a evolução da incompatibilidade e incongruências na proteção dos mananciais frente a usos antrópicos.

Analogamente, as amostras de água coletadas demonstraram que as influências provenientes dos usos supracitados promovem características eutróficas dos cursos d'água que contribuem para o reservatório, principalmente no que tange aos usos agrícolas e urbanos.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo abordado mostra que os mananciais da RMBH não podem ser geridos somente na esfera da disponibilidade hídrica e, em termos territoriais, do entorno de cada reservatório. O planejamento territorial deve ser efetivo em toda a bacia de contribuição de cada manancial, ainda que se saiba dos grandes desafios de compatibilização entre usos da terra e usos da água. A sustentabilidade de disponibilização hídrica e a vida útil dos mananciais depende do controle das fontes de poluentes, tanto físicos como químicos. Nos casos como o do manancial Serra Azul, situado em uma região de fortes pressões urbanas, agrícolas e minerárias, os desafios se tornam ainda mais importantes para o aparato gestor. As decisões se deparam com questões sobre os usos prioritários em cada bacia e quais são as possibilidades de compatibilização de usos.

De fato, conclui-se que há falta de compatibilização entre usos da terra e da água que atendam as quatro dimensões do PNSH. Os agentes reguladores parecem não conversar adequadamente entre si, e isso gera um limbo legislativo-gerencial que os principais afetados estão na figura do consumidor final e o próprio reservatório. De um lado a COPASA como agente de gerenciamento do reservatório, e que não tem poder frente aos processos de uso e ocupação da terra da bacia. De outro, um mecanismo arcaico, sem eficácia e que ainda convive com interesses municipais e estaduais em desacordo pela manutenção do reservatório.

O caso do manancial Serra Azul ilustra os problemas e desafios de gestão da segurança hídrica na região, fato reforçado pela sua inserção no sistema integrado de abastecimento de água da RMBH.

REFERÊNCIAS

ALVES, F. G. S. **Os Desafios da Compatibilização Entre Usos Da Terra e a Segurança Hídrica Na Região De Belo Horizonte – Mg: Pressões e Implicações Ambientais na Bacia do Manancial Serra Azul**. 2023. 154 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2023.

ANA. **Plano Nacional de Segurança Hídrica - PNSH**. Brasília: ANA, 2019. Disponível em: <https://pnsh.ana.gov.br/home>. Acesso em: 01 jul. 2024.

APA IGARAPÉ, SINE - IGARAPÉ. **4ª Ata de Reunião Ordinária de 15 de maio de 2018**. Disponível em: https://www.cmigarape.mg.gov.br/bus_ava.aspx?search=4%c2%aa+ata+de+reuni%c3%a3o+ordin%c3%a1ria+de+15+de+maio+de+2018&f=&t=&m=1&c=. Acesso em: 04 jun. 2025.

APHA. **STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER**. 23rd. Nova York: American Public Health Association, 2017. 1796.

ARSAE. **Relatório de Fiscalização: Sistema Integrado de Abastecimento de Água da RMBH Bacia do Rio das Velhas**. Belo Horizonte: ARSAE, 2013. Disponível em: https://arsae.mg.gov.br/images/documentos/rf_tec_op_saa_bacia_rio_das_velhas.pdf. Acesso: 04 jun. 2025.

BARRETO, L. V.; BARROS, F. M.; BONOMO, P.; ROCHA, F. A.; AMORIM, J. S. Eutrofização em Rios Brasileiros. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 9, n. 16, p. 2165-2179, 2013.

BRASIL. **Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000.** Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Brasília, DF, 18 jul. 2000. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9985.htm. Acesso em: 04 jun. 2025.

CBH PARAOPEBA. **Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do rio Paraopeba.** Belo Horizonte: IGAM, 2019. Disponível em: <https://cbhsaofrancisco.org.br/comites-de-afluentes/cbh-do-rio-paraopeba-sf3-minas-gerais/>. Acesso em: 04 jun. 2025.

CETESB. **PH.** Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/mortandade-peixes/alteracoes-fisicas-e-quimicas/ph/>. Acesso em: 01 jul. 2024.

CHAMPS, J. R. B. Algumas considerações sobre a situação sanitária da Bacia da Pampulha. In: SEMINÁRIO BACIA HIDROGRÁFICA DA PAMPULHA, 1, 1992, Belo Horizonte. **Anais do Seminário Bacia Hidrográfica da Pampulha.** Belo Horizonte: Segrac, 1992. p. 134-142.

DE LUCA, G.; SILVA, J. M. N.; CERASOLI, S.; ARAÚJO, J.; CAMPOS, J.; FAZIO, S.; MODICA, G. Object-Based Land Cover Classification of Cork Oak Woodlands using UAV Imagery and Orfeo ToolBox. **Remote Sensing**, Lisboa, v. 11, n. 10, p. 1238 - 1260, 2019.

EUCLYDES, A. C. P. **Proteção da Natureza e Produção da Natureza: Política, ideologias e diversidade na criação de unidades de conservação na periferia sul da metrópole belo-horizontina.** 2012. 222 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2012.

IGARAPÉ. **Decreto nº 1.104, de 16 de maio de 2003.** Dispõe sobre a regulamentação da APA - área de proteção ambiental do município de Igarapé, criada pela lei nº 1.306, de 16 de maio de 2003 e dá outras providências. Igarapé, MG. Disponível em: <https://cespro.com.br/visualizarDiploma.php?cdMunicipio=3153&cdDiploma=20031306&NroLei=1.306>. Acesso em: 04 jun. 2025.

LAGOA DA PAMPULHA. **Lagoa da Pampulha.** Portal Lagoa da Pampulha, 2021. Disponível em: <https://www.lagoadapampulha.com.br/quantos-litros-de-agua-tem-na-lagoa-da-pampulha/>. Acesso em: 22 de junho de 2024.

LAMOUNIER, W. L.; SALGADO, A. A. R.; CARVALHO, V. L. M.; MARENT, B. R. As Correlações entre Geologia e Distribuição da Cobertura Vegetal e Uso do Solo na Serra do Gandarela, Quadrilátero Ferrífero-MG. In: II Encontro Latino-Americano de Geomorfologia e VII Simpósio Nacional de Geomorfologia, 2., 2008, Belo Horizonte. **Anais do VII SINAGEO.** Belo Horizonte: SINAGEO, 2008. Não paginado.

MAGALHÃES JUNIOR, A. P.; COTA, G. E. M.; LEMOS, R. S. 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 de Geografia**, Uberlândia, v. 17, n. 60, p. 89-104, 2016.

MINAS GERAIS. **Decreto Nº 20.792, de 8 de setembro de 1980**. Define área de proteção especial, situada nos Municípios de Mateus Leme, Igarapé e Itaúna, para fins de preservação de mananciais. Disponível em: <https://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=1095>. Acesso em: 01 jul. 2024.

MINAS GERAIS. **Deliberação Normativa Conjunta Copam-Cerh/Mg Nº 8, de 21 de novembro de 2022**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: <https://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=56521>. Acesso em: 01 jul. 2024.

MINAS GERAIS. **Deliberação Normativa nº 14, de 28 de dezembro de 1995**. Dispõe sobre o enquadramento das águas da Bacia do rio Paraopeba. Disponível em: <https://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=112>. Acesso em: 01 jul. 2024.

MINAS GERAIS. **Lei nº 13.199, de 29 de janeiro de 1999**. Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e dá outras providências. Disponível em: <https://www.almg.gov.br/legislacao-mineira/texto/LEI/13199/1999/?cons=1>. Acesso em: 01 jul. 2024.

OLIVEIRA, M. G. B.; BAPTISTA, M. B. Análise da evolução temporal da produção de sedimentos na bacia hidrográfica da Pampulha e avaliação do assoreamento do reservatório. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 12., 1997, Vitória, **Anais XII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, Vitória: ABRH, 1997. p. 224-233.

ONU. **Water Security & the Global Water Agenda A UN-Water Analytical Brief.**, 2013. Disponível em: <https://www.unwater.org/publications/water-security-and-global-water-agenda>. Acesso em: 01 jul. 2024.

PREFEITURA DE IGARAPÉ, **Lei complementar nº 03, de 03 de janeiro de 2007**. Institui o Plano Diretor do Município de Igarapé. Disponível em: <https://augustopestana.cespro.com.br/visualizarDiploma.php?cdMunicipio=3153&cdDiploma=20031306>. Acesso em: 01 jul. 2024

RODRIGUES, N. C.; ELEUTERIO, J. C.; SILVA, T. F. G; NASCIMENTO, N. Adequabilidade Quanto ao Uso do Solo na Área de Drenagem do Reservatório Serra Azul – MG. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 20., 2017, Florianópolis: **Associação Brasileira de Recursos Hídricos**. Florianópolis: ABRH, 2017. p. 1-8.

SANGLARD, J. C. D. **Geologia estrutural do segmento oeste da Serra do Curral, Quadrilátero Ferrífero, e o controle tectônico das acumulações de alto teor em Fe**. 2013. 108 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.

STEFFEN, G. P. K. Contaminação do Solo e da Água Pelo Uso de Agrotóxicos. **Tecnológica**, Santa Cruz do Sul, v. 15, n. 1, p. 15-21, 2011.

TUCCI, C. E. M. Águas urbanas. **Estudos Avançados**, [S.L.], v. 22, n. 63, p. 97-112, 2008.

UNESCO. **Managing Water under Uncertainty and Risk**. UNESCO, 2012. Disponível em: <https://www.unwater.org/publications/un-world-water-development-report-2012>.

Acesso em: 01 jul. 2024.

VASCONCELOS, J. A.; BRANDÃO, P. R. G; LEMOS, L. N. Estudos de Caracterização e Concentração de Itabirito Compacto do Complexo Serra Azul, Mg. **Tecnologia em Metalurgia, Materiais e Mineração**, São Paulo, v. 9, n. 2, p. 89-94, 2012.

Recebido: 05/02/2025

Aceito: 25/04/2025