

# Mudança temporal no uso e cobertura da terra na Bacia do Alto Rio das Velhas

## Temporal change in land use and land cover in the Alto Rio das Velhas Basin

Izabela Aparecida da Silva Mendes \*, Adriana Monteiro da Costa \*\*

\* Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, e-mail: mendes.ias@gmail.com

\*\* Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, e-mail: drimonteiroc@yahoo.com.br

DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/raega.v55i0.82190>

---

### Resumo

Mudanças no uso e nas formas de ocupação da terra são consideradas como as principais causas de alterações na superfície terrestre e, são uma das maneiras mais eficazes para assinalar pressões ambientais em bacias hidrográficas. Considerando a importância da Bacia do Alto Rio das Velhas em termos ambientais, sociais e econômicos, vê-se necessário realizar estudos que abordem os aspectos de mudanças temporais no uso e na cobertura da terra, fomentando reflexões acerca das implicações dos atuais usos da terra. Objetivou-se apresentar um panorama das principais mudanças temporais no uso e cobertura do solo na Bacia do Alto Rio das Velhas para os anos de 1985, 2000, 2010 e 2019. Foram utilizadas técnicas de cartografia e geoprocessamento para construção de mapas e espacialização dos usos e ocupação do solo com auxílio da plataforma Mapbiomas. Os usos antrópicos que mais se expandiram foram infraestrutura urbana (aumento de 46,57%), mineração (aumento de 36,62%) e floresta plantada (aumento de 299,30%). Destaca-se que em virtude do intenso processo de urbanização e dos tipos de uso e ocupação na bacia, a mesma apresenta pressões ambientais nas áreas de preservação e nos mananciais que impactam tanto os solos quanto a sua disponibilidade hídrica. Levando em consideração que a prioridade de uso da água em uma bacia hidrográfica é o abastecimento humano preservar áreas de recarga hídrica é fundamental para evitar um colapso no abastecimento.

**Palavras-chave:** Conservação do solo e água, Impactos ambientais, Gestão de bacia hidrográfica.

### Abstract

Changes in land use and forms of occupation are considered to be the main causes of changes in the land surface and are one of the most effective ways to signal environmental pressures in watersheds. Considering the importance of the Alto Rio das Velhas Basin in environmental, social and economic terms, it is necessary to carry out studies that address the aspects of temporal changes in land use and land cover, encouraging reflections on the implications of current land uses. The objective was to present an overview of the main temporal changes in land use and land cover in the Alto Rio das Velhas Basin for the years 1985, 2000, 2010 and 2019. Cartography and

---

geoprocessing techniques were used to build maps and spatialization of land use and occupation with the aid of the Mapbiomas platform. The anthropic uses that expanded the most were urban infrastructure (increase of 46.57%), mining (increase of 36.62%) and planted forest (increase of 299.30%). It is noteworthy that due to the intense urbanization process and the types of use and occupation in the basin, it presents environmental pressures in preservation areas and springs that impact both the soil and its water availability. Taking into account that the priority of water use in a hydrographic basin is human supply, preserving water recharge areas is essential to avoid a supply collapse.

**Keywords:** Soil and water conservation, Environmental impacts, Watershed management.

## I. INTRODUÇÃO

As mudanças de uso e cobertura da terra são consideradas como as principais causas de alterações na superfície terrestre e, são reconhecidas como principal fator de degradação da qualidade da água afetando-a de maneiras diferentes. Assim, é perceptível que as questões voltadas às preocupações ambientais, conservação da biodiversidade estão cada vez mais presentes, levando-se em consideração as diferentes formas de intervenções antrópicas na superfície (FUJACO et al., 2010; BARBOSA et al., 2016; MELLO et al., 2020).

Compreender os parâmetros de uso e ocupação da terra em um determinado local por um período permite analisar como esse espaço era ocupado e como era a relação com o ambiente. Assim, é possível observar e analisar as alterações ocorridas na região e avaliar as mudanças que trouxeram melhorias, prejuízos e riscos para população e para o meio ambiente.

A produção agropecuária, expansão urbana, atividades industriais e de mineração são exemplos de usos que cresceram ao longo dos anos e carecem de atenção. As consequências dessas mudanças no ambiente associadas à falta de planejamento e gestão podem trazer consequências negativas. A redução da cobertura vegetal de forma descontrolada pode trazer, por exemplo, mudanças no microclima, impactos sobre o solo e a água, extinção de espécies animais e vegetais e consequentemente atingir de forma direta a população e as suas atividades econômicas (PIROLI & LEVYMAN, 2020).

As percepções sobre as formas de uso e ocupação da terra começaram a mudar, com o aumento do desmatamento, assoreamento dos corpos hídricos, aumento de áreas degradadas, assim como a relevância da bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão (ANDRADE; FREITAS; LANDERS, 2010). Pela Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei nº 9.433/97) a bacia hidrográfica é definida como unidade territorial de planejamento (Brasil, 1997). Assim, a bacia é caracterizada como um sistema natural bem definido

geograficamente em que “os resultados da interação da inter-relação das atividades antrópicas com o meio podem ser quantificados e analisados de forma integradas” (COSTA et al., 2021 p. 4119).

Cabe ressaltar que apesar das características favoráveis para se considerar a bacia como objeto de análise ela apresenta grandes desafios e particularidades ambientais e sociopolíticas, uma vez que a sua delimitação natural e seu interior apresentam múltiplos atores que, mesmo inseridos em um contexto de uso coletivo, possuem interesses individuais (COSTA et al., 2017). Desta forma, compreender os padrões de uso e de ocupação e seu comportamento de alteração temporal são considerados fundamentais para o desenvolvimento de ações de planejamento e gestão, monitoramento e conservação da paisagem.

O estudo de forma espacial e temporal de uma determinada área integrando ciências distintas é crucial para compreender a sua dinâmica. Cada vez mais a utilização de geotecnologias tem contribuído para o desenvolvimento de pesquisas, processos de gestão e manejo, e em tantos outros aspectos relacionados à análise do espaço (FITZ, 2008).

As geotecnologias são caracterizadas por equipamentos e métodos de processamento matemático e computacional (PIROLI, 2010; PIROLI & LEVYMAN, 2020). Um dos objetivos principais consiste em tratar e analisar dados geográficos oferecendo alternativas para compreensão da ocupação e utilização do ambiente no tempo e no espaço (MENDES, 2019).

Para um país de extensão territorial como o Brasil, a utilização de geotecnologias auxilia de forma positiva, por exemplo, nas demandas de problemas ambientais, auxilia na gestão, no planejamento e supervisão, otimiza diagnósticos e contribui para o monitoramento de diferentes áreas (DIAS; MARTINS & BARROS, 2020). Além da carência de informações em função da nossa extensão territorial, as geotecnologias apresentam um enorme potencial para geração de dados com custo relativamente baixo se comparadas às metodologias tradicionais para obtenção de informações geográficas (MAS et al., 2019; MENDES, 2019).

A importância da utilização destas ferramentas é crucial para geração de mapas e informações em relatórios. Elas são também relevantes para fornecer e sintetizar informações em qualquer estudo ambiental (SÁNCHEZ, 2008; SOBRAL et al., 2017).

O Projeto de mapeamento anual da cobertura e uso da terra do Brasil (MapBiomass) é um exemplo dessas tecnologias que foi desenvolvido com a finalidade de produzir uma série histórica de mapas de uso e cobertura do solo para todo o território nacional. O MapBiomass é uma ferramenta que foi desenvolvida a partir de uma iniciativa de rede colaborativa de instituições públicas, privadas e ONGs cuja finalidade é a produção de mapas de uso e cobertura de maneira significativamente mais rápida, barata e atualizada,

quando comparado com os métodos e práticas atuais (CAPANEMA; SANCHES & ESCADA, 2019). A iniciativa já está na quinta coleção de mapas anuais de uso e cobertura da terra para todo o país com dados de 1985 a 2019 (SOUZA & AZEVEDO, 2017; ROSA; SHIMBO & AZEVEDO, 2019), e é muito utilizado em estudos de análise do uso e cobertura da terra (MAS et al., 2019; MELLO et al., 2020; ROSAN et al., 2021).

Tendo em vista que o aumento da expansão urbana, o desmatamento, a exploração mineral e expansão agrícola são exemplos de usos que influenciam de forma direta na qualidade da água, o conhecimento das modificações nestes usos tem fundamental importância para gestão da disponibilidade hídrica em quantidade e qualidade. Assim, o monitoramento da cobertura e uso da terra, por meio de tecnologias de observação é extremamente útil, especialmente em regiões que apresentam diferentes contextos físico-geográficos, como a região da Bacia do Alto Velhas.

Esta região além de ser extremamente importante em termos ambientais, sociais e econômicos é também palco de diversos conflitos e pressões ambientais. A realização de estudos que abordem os aspectos de mudanças temporais na cobertura e uso da terra fomenta reflexões acerca das implicações dos atuais usos do solo na região e é fundamental como subsídio à gestão deste território.

Neste sentido, o objetivo deste estudo foi apresentar um panorama das principais mudanças temporais no uso e cobertura da terra na Bacia do Alto Rio das Velhas para os anos de 1985, 2000, 2010 e 2019. Por fim, discute-se sobre o cenário atual do uso e ocupação do solo no Alto Rio das Velhas, apontando os principais problemas e consequências para a qualidade ambiental da bacia levando em consideração os usos e cobertura da terra.

## **II. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **Área de estudo**

A Bacia do Alto Rio das Velhas está inserida na bacia do Rio das Velhas, importante afluente da margem direita do Rio São Francisco. De acordo com o Plano Diretor de Recursos Hídricos (PDRH) da bacia do Rio das Velhas seu território de gestão foi dividido em quatro regiões hidrográficas (Figura 1), sendo elas: Alto Rio das Velhas, Médio-Alto Rio das Velhas, Médio-Baixo Rio das Velhas e Baixo Rio das Velhas (CBHVELHAS, 2015).

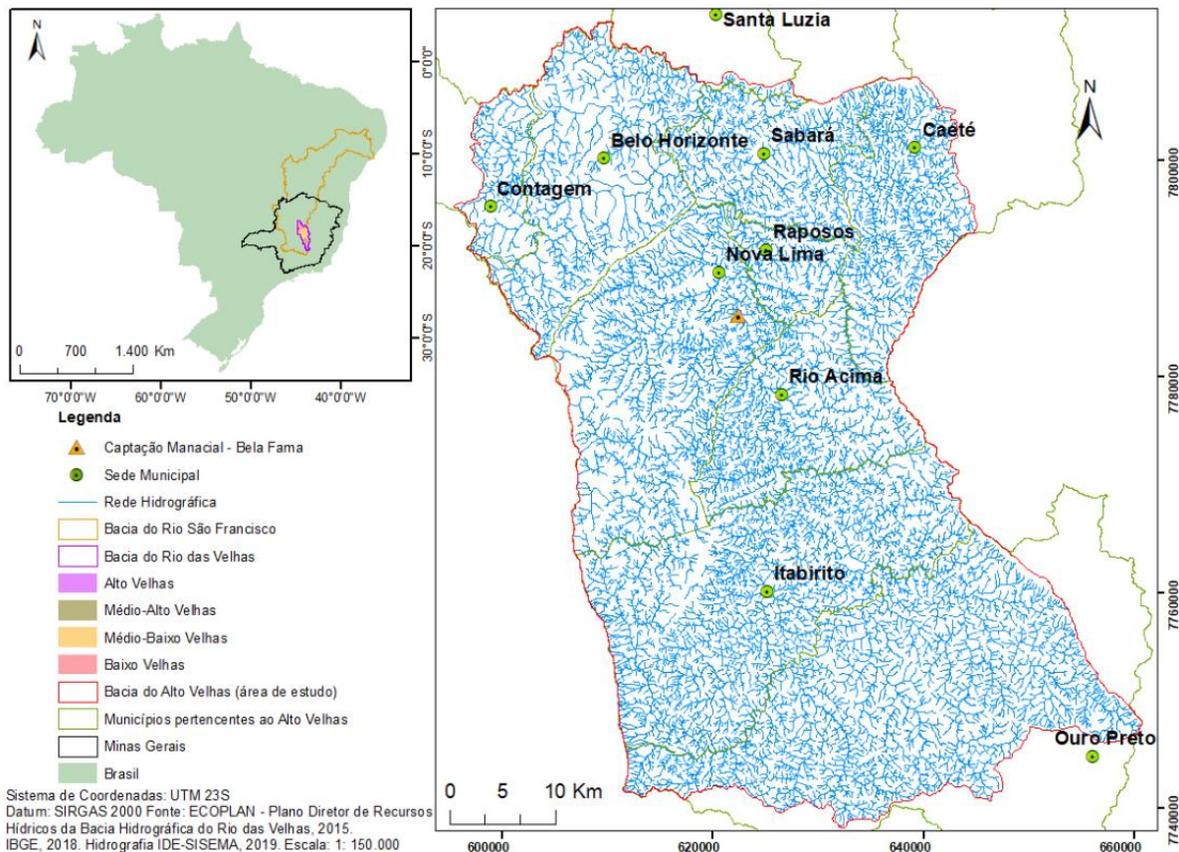


Figura 1 - Contexto Hidrográfico da Bacia do Alto Velhas. (Fonte: Elaborado pelos autores).

A região do Alto Velhas é composta por dez municípios: Belo Horizonte, Contagem, Santa Luzia, Nova Lima, Itabirito, Ouro Preto, Sabará, Raposos, Caeté e Rio Acima. Ela está inserida em sua totalidade na região do Quadrilátero Ferrífero, uma das principais reservas de ouro e ferro do mundo (DORR, 1969).

Localiza-se sob diferentes contextos de pressão ambiental e possui variados usos e ocupações da terra, especialmente a partir de um elevado grau de impermeabilização do solo associado a usos urbanos e a diferentes atividades econômicas (MATOS et al., 2017). A região é responsável pelo abastecimento integrado Rio das Velhas, onde se encontra a captação de Bela Fama, situado no município de Nova Lima, que é a fonte principal de abastecimento da capital de Minas Gerais e dos municípios de Raposos, Nova Lima, Ribeirão das Neves, Sabará e Santa Luzia pertencentes à Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH) (COPASA, 2016).

De acordo com o censo demográfico de 2010 realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o Alto Velhas é a região de maior concentração populacional comparada com toda a bacia do Rio das Velhas (CBHVELHAS, 2015). Os censos realizados pelo IBGE entre os anos de 1991, 2000 e 2010 permitem observar o crescimento da população dos municípios que interceptam o Alto Velhas, a partir da estimativa proporcional à área dos setores censitários (Tabela 1).

Tabela 1 - População residente nos municípios que interceptam a bacia do Alto Rio das Velhas.

Município	1991			2000			2010		
	Urbana	Rural	Total	Urbana	Rural	Total	Urbana	Rural	Total
Belo Horizonte	2.020.161	0	2.020.161	2.238.526	0	2.238.526	2.375.151	0	2.375.151
Caeté	29.115	4.136	33.251	31.656	4.643	36.299	35.436	5.314	40.750
Contagem	315.667	0	315.667	377.755	0	377.755	423.692	0	423.692
Itabirito	28.678	3.413	32.091	35.245	2.656	37.901	43.566	1.883	45.449
Nova Lima	44.038	8.362	52.400	63.035	1.352	64.387	79.232	1.766	80.998
Ouro Preto	0,629	7.630	16.329	12.426	5.304	17.312	13.492	4.866	18.358
Raposos	13.317	925	14.242	13.455	834	14.289	14.552	790	15.342
Rio Acima	5.641	1.425	7.066	6.576	1.082	7.658	7.944	1.146	9.090
Sabará	74.757	14.983	89.740	112.694	2.658	115.352	123.084	3.185	126.269
Santa Luzia	130.186	7.639	137.825	184.208	695	184.903	202.378	564	202.942

Fonte: Censo Demográfico – Estimativa proporcional à área dos setores censitários na bacia do Alto Rio das Velhas. Adaptado de Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas (2014). Elaborado pelos autores.

A bacia do Alto Velhas apresenta maior densidade populacional e atividade econômica expressiva (Tabela 2), se comparada a toda bacia do Rio das Velhas. Na região do Alto Velhas são encontrados grandes focos de poluição, ocasionado principalmente por esgotos industriais e domésticos lançados no leito dos córregos como Arrudas e Onça, localizados na região metropolitana de Belo Horizonte.

Tabela 2 - Informações socioeconômicas dos municípios inseridos na bacia do Alto Velhas.

Município	Área total (km <sup>2</sup> )	Área do município inserida na bacia (%)	IDHM (2010)	PIB (R\$ - 2018)
Belo Horizonte	331,4	100	0,810	36.759,66
Caeté	542,6	42	0,728	13.417,84
Contagem	195,3	42	0,756	42.077,02
Itabirito	542,6	100	0,730	97.711,87
Nova Lima	429,1	100	0,813	111.562,61
Ouro Preto	1.245,90	50	0,741	92.319,75
Raposos	72,2	100	0,73	11.291,86
Rio Acima	229,8	100	0,673	18.719,75
Sabará	302,20	63	0,731	21.561,12
Santa Luzia <sup>1</sup>	235,30	4	0,715	18.272,10

Fonte: Estimativa proporcional à área dos setores censitários na bacia do Alto Rio das Velhas. Adaptado de Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas (2014) e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2020). Elaborado pelos autores.

Dentre os múltiplos usos da terra na região, a atividade minerária é expressiva e remonta ao início da exploração aurífera no Brasil, sendo que cerca de 44% das barragens do país se localizam no estado de Minas Gerais (COTA et al., 2019). Levando em conta esse quantitativo e apesar da extensão do território do estado, cabe ressaltar que a distribuição das barragens se dá de forma concentrada, em função das províncias

<sup>1</sup> De acordo com o Plano Diretor da Bacia do Rio das Velhas de 2005, nove municípios pertenciam à região do Alto Rio das Velhas. Já no Plano Diretor de 2014, 4% do município de Santa Luzia passou a integrar a região do Alto Velhas, passando de nove para dez municípios.

minerárias de exploração, sobretudo na região do Quadrilátero Ferrífero, em que parte deste território está inserido na porção do Alto Velhas.

Assim, as intensas mudanças de uso e ocupação da terra na região, associadas a demandas múltiplas pelo uso da água tem gerado grandes desafios à governança deste território, sobretudo quanto aos impactos sócioeconômicos e ambientais advindos destas mudanças. Portanto, conhecer estes padrões de mudança no uso e ocupação da terra é de fundamental importância como subsídio à gestão territorial e a proposições de planos de adequação da bacia hidrográfica.

### Coleta e processamento dos dados

As etapas dos procedimentos metodológicos estão representadas na Figura 2.

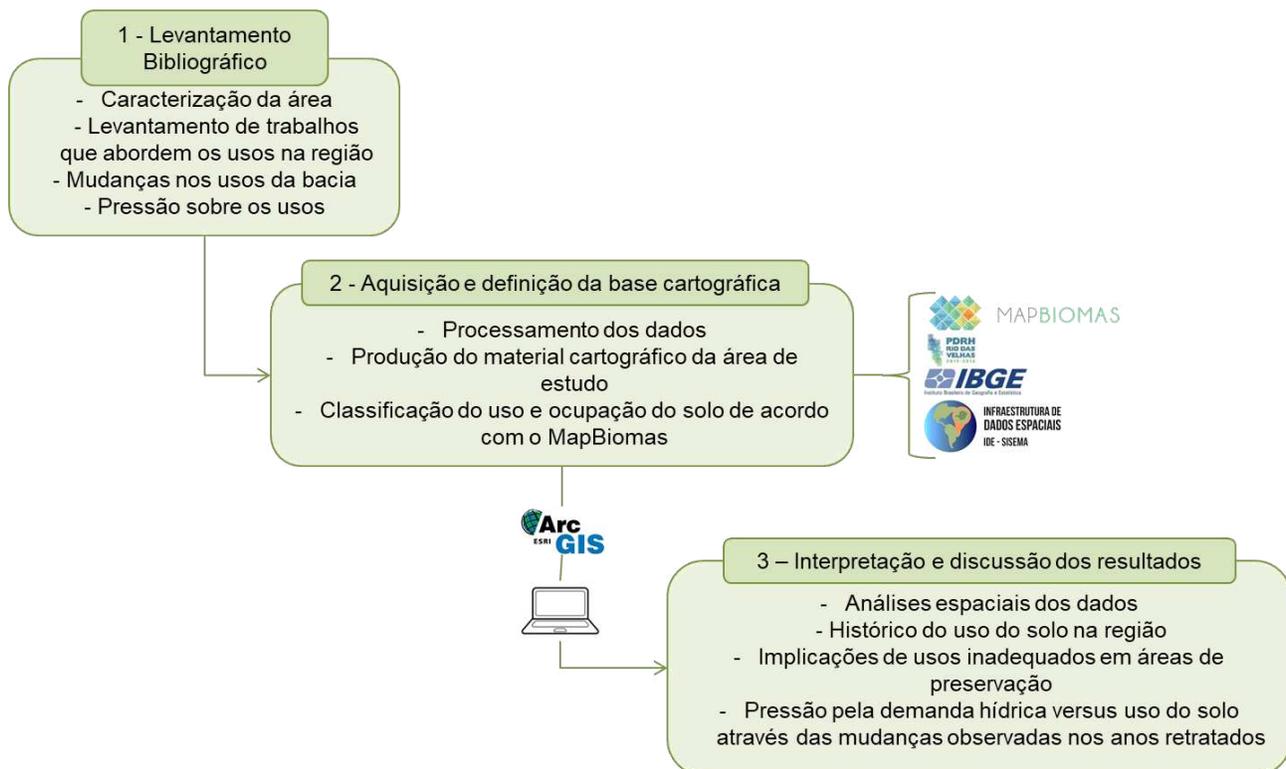


Figura 2 - Fluxograma das etapas da metodologia de aquisição e processamento das informações. (Fonte: Elaborado pelos autores).

Inicialmente realizou-se uma revisão bibliográfica sobre o histórico do uso e da ocupação da terra na bacia do Alto Velhas com enfoque nas mudanças presentes na área ao longo dos anos. A partir desta revisão e da avaliação do crescimento populacional na região da bacia, segundo os dados dos censos demográficos dos anos de 1991 a 2010 (Tabela 1) e, da disponibilidade de informações da plataforma do Mapbiomas selecionou-se os anos de 1985, 2000, 2010 e 2019 para avaliação das mudanças temporal de uso e cobertura da terra. O ano de 1985 representa a análise inicial, sendo a primeira imagem disponibilizada pelo Mapbiomas. A escolha

pelo ano de 2000 se deu em função da intensa mudança no crescimento urbano e no setor de autopeças (GARCIA & ANDRADE, 2007). O ano de 2010 foi utilizado para observação e comparação dos usos e ocupação da terra uma década depois. E, 2019 retrata o uso mais atual da terra de acordo com o Mapbiomas. Assim, foram realizadas quatro classificações de uso e ocupação da terra na bacia do Alto Rio das Velhas, nos anos de 1985, 2000, 2010 e 2019 (34 anos de diferença entre os anos inicial e final, aqui analisados).

As bases de dados digitais utilizadas (formatos: vetorial do tipo shapefile e matricial do tipo raster) para a elaboração dos mapas temáticos foram extraídas de diferentes plataformas de acesso livre (Tabela 3) e, a partir destes foram confeccionados os materiais cartográficos finais. Foram utilizadas técnicas de cartografia e geoprocessamento para construção de mapas e espacialização dos usos e da ocupação da terra na área de estudo, por último os dados foram analisados e assim, realizada a discussão acerca das mudanças observadas buscando contribuir para compreensão da dinâmica territorial da bacia.

Tabela 3 - Bases de dados espaciais utilizadas

Bases	Fontes	Escalas numéricas
Limite estadual MG		
Sedes Municipais	IBGE, 2018.	1: 250.000
Limites Municipais		
Limite bacias hidrográficas	Consórcio ECOPLAN Engenharia Ltda. - Skill Engenharia LTDA, 2015.	Não informado
Rede hidrográfica	IDE-SISEMA, 2019.	1:150.000
Captação Manancial – Bela Fama	CBHVELHAS, 2015.	
Mapa de uso e ocupação do solo (anos 1985 – 2000 – 2010 – 2019)	Projeto MapBiomas, 2020.	1:100.000 (resolução espacial 30 m).

Fonte: Elaborado pelos autores.

Para a produção cartográfica temporal dos mapas de uso e de ocupação da terra foram utilizados mapas do projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso da Terra Brasil (SOUZA & AZEVEDO, 2017; Projeto MapBiomas, 2020; SOUZA et al., 2020), que na versão 5 mapeou as diferentes formas de uso e ocupação de todo Brasil. O projeto MapBiomas têm uma resolução espacial de 30 m e o método e explicação do processo de validação está em Souza et al. (2020). A área de estudo abrange os biomas Cerrado e Mata Atlântica, que foram recortados utilizando-se o limite da bacia do Alto Rio das Velhas (ECOPLAN, 2015).

Foi gerada também uma tabela, a partir da ferramenta 'tabulate area'<sup>2</sup> disponível no Software ArcGIS (versão 10.6.1), com o valor em hectare e porcentagem da área referente aos usos observados no mapa de

<sup>2</sup> A ferramenta 'tabulate area' calcula áreas tabuladas cruzadas entre dois conjuntos de dados e gera uma tabela, esta ferramenta considera o centro de célula dentro do polígono da área de estudo. ArcGIS Pro (disponível em: <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/spatial-analyst/tabulate-area.htm>)

cobertura e uso da terra. O processamento dos dados se deu através do Software ArcGIS, versão 10.6.1, para desktop (ESRI, 2018) através da aplicação da ferramenta ArcMap.

### III. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### Panorama temporal da cobertura e uso da terra na Bacia do Alto Rio das Velhas entre os anos de 1985 a 2019

Os resultados referentes à evolução do uso e ocupação da terra na bacia do Alto Velhas são apresentados na Tabela 4.

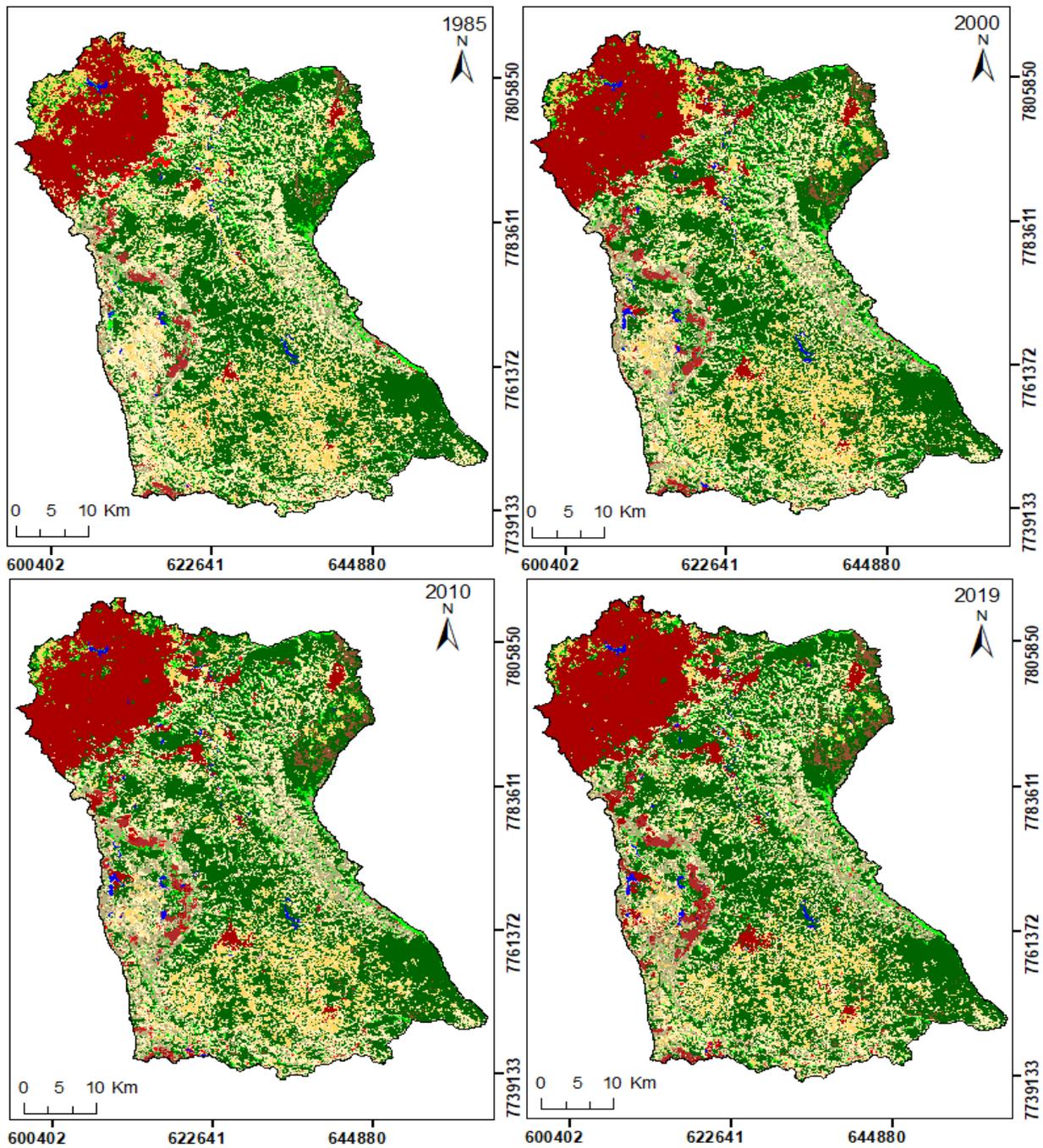
Tabela 4 - Evolução do uso da terra na Bacia do Alto Velhas.

Classes de Uso e Ocupação do Solo	1985		2000		2010		2019	
	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%
Afloramento Rochoso	12.981,64	4,74	20.490,70	7,48	23.373,05	8,53	21.540,67	7,86
Floresta Plantada	1.146,34	0,42	2.512,12	0,92	3.361,57	1,23	4.577,33	1,67
Formação Campestre	3,92	0,00	0,26	0,00	_* <sup>3</sup>	_*	_*	_*
Formação Florestal	106.995,54	39,05	104.638,21	38,19	105.976,10	38,68	10.8429,46	39,58
Formação Savânica	9.272,36	3,38	9.289,59	3,39	9.210,01	3,36	7.941,38	2,90
Infraestrutura Urbana	29.158,04	10,64	37.336,51	13,63	40.292,80	14,71	42.735,92	15,60
Mineração	3.167,54	1,16	3.134,96	1,14	2.878,76	1,05	4.327,36	1,58
Mosaico de Agricultura e Pastagem	75.687,85	27,63	61.417,52	22,42	59.973,62	21,89	58.661,49	21,41
Outras Áreas não Vegetadas	2.438,77	0,89	1.770,81	0,65	1.807,39	0,66	1.448,34	0,53
Outras Lavouras Temporárias	38,63	0,01	22,35	0,01	51,17	0,02	262,00	0,10
Pastagem	32.113,05	11,72	32.133,69	11,73	25.690,46	9,38	22.710,29	8,29
Rio, Lago	971,16	0,35	1228,13	0,45	1.359,89	0,50	1.340,62	0,49

Fonte: Elaborado pelos autores.

A evolução temporal espacial do uso e ocupação da terra na Bacia do Alto Rio das Velhas, entre os anos de 1985, 2000, 2010 e 2019, pode ser observado na Figura 3.

<sup>3</sup> \* A classe Formação Campestre não foi observada na área de estudo para os anos de 2010 e 2019. Este uso foi suprimido em decorrência do crescimento do uso infraestrutura urbana na porção noroeste da bacia.



**Legenda**

- |                     |                       |                                   |                             |
|---------------------|-----------------------|-----------------------------------|-----------------------------|
| Afloramento Rochoso | Formação Florestal    | Mineração                         | Outras Lavouras Temporárias |
| Floresta Plantada   | Formação Savânica     | Mosaico de Agricultura e Pastagem | Pastagem                    |
| Formação Campestre  | Infraestrutura urbana | Outras Áreas não Vegetadas        | Rio, Lago                   |

Sistema de Coordenadas: UTM 23S

Datum: SIRGAS 2000 Fonte: MAPBiomias, 2020. ECOPLAN - Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas, 2015.

Figura 3 - Mudança temporal da cobertura e uso da terra da Bacia do Alto Rio das Velhas. (Fonte: Elaborado pelos autores).

A maior concentração de remanescente de formação florestal nos anos analisados pode ser observada na margem direita (sudeste) da bacia. Verifica-se também na margem direita (nordeste – região do município

de Caeté) um aumento de 299,30% na classe Floresta Plantada, passando de 1.146,34 ha em 1985 para 4.577,33 ha em 2019, ao longo dos anos. Este crescimento está relacionado à plantação de espécies de árvores destinadas a fins comerciais, como o eucalipto que é muito utilizado para fins energéticos no setor de siderurgia para substituição de madeiras nativas.

No Brasil as principais causas para o crescimento do reflorestamento foram “a política econômica de expansão do setor de celulose e papel, da siderurgia a carvão mineral, o programa de substituição energética e o programa de concessão de incentivos fiscais aos reflorestamentos” (BACHA, 1991, p. 145). Entre os anos de 1960 até o fim da década de 1980 houve uma grande expansão das áreas reflorestadas em função dos incentivos fiscais no país (HORA, 2015). Salgado e Magalhães Júnior (2006) retrataram os impactos da silvicultura de eucalipto nos mananciais de abastecimento público em Caeté e observaram que as taxas de turbidez e erosão hídrica aumentaram durante o período de corte das árvores que contribuem para o assoreamento dos cursos fluviais locais.

Em contrapartida o uso Formação Florestal apresentou uma pequena queda nos anos de 2000 e 2010 quando comparados com o ano de 1985. A supressão da cobertura vegetal ao longo dos anos, principalmente do Cerrado e Mata Atlântica, resultou em quedas acentuadas da vegetação nativa, desmatamento de longo prazo, aliado à extensa urbanização são responsáveis pela maior parte da degradação da qualidade da água observada nos riachos desses biomas (RIBEIRO et al., 2009; MELLO et al., 2020).

Entretanto, no ano de 2019 este uso apresentou um aumento quando comparado com os anos anteriores analisados. A Lei nº 20.922/2013 que dispõe sobre as políticas florestal e de proteção à biodiversidade no estado de Minas Gerais prevê no Artigo 75 que todo empreendimento minerário que dependa de supressão de vegetação nativa fica condicionado à adoção de medida compensatória florestal que inclua a regularização fundiária e a implantação de Unidade de Conservação (UC) de Proteção Integral, independente das demais compensações previstas em Lei (BRASIL, 2013). Assim, atual configuração do Código Florestal pode justificar a manutenção e preservação do uso Formação Florestal, tendo em vista a questão polêmica do perdão concedido aos que desmataram de forma ilegal até julho de 2008 (BRASIL, 2008; BRASIL, 2012).

A redução também pode ser observada para as classes de Formação Campestre, com redução de 3,92 ha em 1985 para 0,26 ha em 2000 (nos anos seguintes analisados este uso foi suprimido em decorrência do crescimento do uso infraestrutura urbana na porção noroeste da bacia) e o uso Formação Savânica, com

redução de 3,38% para 2,90%, respectivamente dos anos de 1985 para 2019, este uso foi reduzido devido ao crescimento da infraestrutura urbana, agricultura e pastagem.

O uso mosaico de agricultura e pastagem apresentou uma redução de 22,50% ao longo dos quatro períodos analisados. Isto pode estar relacionado ao processo de urbanização, à grande especulação imobiliária na região e as demandas das empresas, sobretudo da mineração e empresas associadas por mão-de-obra e fornecimento de condições de salários mais atrativas do que a rentabilidade das atividades agropecuárias.

Os grandes avanços da infraestrutura urbana e da exploração mineral se concentraram, ao longo dos anos, na margem esquerda (noroeste) da bacia. O processo de expansão urbana se deu principalmente em substituição das áreas de vegetação arbórea, inclusive envolvendo áreas de preservação ambiental, especialmente abrangendo parte da RMBH (CBHVELHAS, 2015).

A infraestrutura urbana foi um dos usos que mais se expandiram com um aumento de 46,57%, passando de 29.158,04 ha em 1985 para 42.735,92 ha em 2019. O processo de ocupação remonta o período colonial e foi motivado principalmente pela mineração com os caminhos que ligavam o Quadrilátero Ferrífero e a Serra do Espinhaço com o litoral (CASAGRANDE et al., 2020). Atualmente, este aumento de infraestrutura está ligado tanto às demandas das empresas que se estabelecem na região e que, conseqüentemente tem grande impacto nesse processo de urbanização. O ano de 2000 foi observado uma intensa mudança em função do crescimento urbano (com ampliação do êxodo rural) e crescimento do setor de autopeças (GARCIA & ANDRADE, 2007).

Associada a expansão urbana, a elevada taxa de impermeabilização dos solos é um problema que dificultam/impedem a infiltração da água, contribuindo na acentuação de problemas como erosão urbana e aumentando os picos de cheia (BISPO & LEVINO, 2011). Reis et al. (2012) mostraram que a elevada ocorrência de inundações no município de Belo Horizonte está relacionada à elevadas taxas de impermeabilização dos solos, além de fatores como a intensidade do escoamento superficial, geologia, curvatura e declividade dos terrenos.

A elevada especulação imobiliária também é outro ponto que merece atenção. A expansão urbana verticalizada avança de forma acelerada próximo às serras do Curral e da Moeda que apresentam elevado risco geológico devido principalmente ao contexto topográfico da área e as declividades acentuadas (CASAGRANDE et al., 2020). A expansão urbana sem critérios de planejamento no município de Nova Lima suprime e modifica a paisagem local, favorece a degradação de recursos naturais e desencadeia a ocorrência de processos erosivos (ERCOLI et al., 2020).

O aumento de 38,04% do espelho de água principalmente na margem esquerda (noroeste) da bacia pode ser explicado pelo lançamento dos rejeitos da exploração mineral em lagos de decantação, construídos durante os processos de assentamento da infraestrutura e lavra (JUNIOR, SOUZA & ELERES, 2016).

A mineração apresentou um aumento de 36,62%, passando de 3.167,54 ha para 4.327,36 ha em 2019. Embora, a mineração ocupe uma área menor o impacto e a pressão ambiental exercida por esta atividade podem ser intensas. Sua distribuição é explicada pela formação geológica, concentrada na porção sul da bacia (MOREIRA, 2006) e seu avanço se deu sobre as áreas de campo rupestre, associadas às formações superficiais ferruginosas (LEMOS et al., 2019). A região apresenta uma paisagem montanhosa particular, marcada por forte condicionamento litológico, estrutural e tectônico e tem esse nome em função da ocorrência abundante da formação de ferro e minério de ferro (DORR, 1969).

Somente as regiões do Complexo do Bação, em Itabirito, e Ouro Preto, porção centro-sul da bacia e a mancha urbana de Belo Horizonte (noroeste da bacia) não apresentam atividade minerária. Tal fato decorre da presença do próprio tecido urbano e da ocorrência de minerais de baixo ou sem valor comercial significativo (COTA et al., 2019).

O acesso da China a partir de 1990 ao mercado mineral contribuiu para o excesso de oferta e acentuou a tendência de queda generalizada dos preços dos minérios e metais e, isso acelerou a sua produção (CABRAL JUNIOR et al., 2008; REZENDE, 2016). É preciso evidenciar que para instalação da exploração mineral é necessária retirada da cobertura vegetal e remoção dos solos o que favorece o desencadeamento de processos erosivos que atingem os corpos hídricos provocando contaminação e assoreamento.

É inegável a importância econômica que a exploração minerária está ligada posto que ela gera empregos e supre necessidades relacionadas com o bem estar e desenvolvimento das sociedades. Existem relações de poder que envolvem o setor minerário e o Estado. A arrecadação da Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM<sup>4</sup>) é um exemplo. A dependência econômica da mineração, em especial por parte dos municípios envolvem diretamente os processos de decisão na instalação e exploração das mineradoras. De acordo com o Boletim do Setor Mineral (SGM, 2020) o município de Nova Lima está entre os dez com maior arrecadação de CFEM no ano de 2020. Isso mostra a dependência econômica que os municípios apresentam sobre a mineração, devido à arrecadação da CFEM. Outros municípios pertencentes à bacia como Itabirito e Ouro Preto também estão no ranking de maiores arrecadadores (ANM, 2021).

---

<sup>4</sup> A CFEM é uma contraprestação pela utilização econômica dos recursos minerais em seus respectivos territórios. Ou seja, ela é uma compensação da empresa exploradora aos municípios, estados e União pela exploração dos minerais (CNM, 2012).

Quando analisamos a área de mineração ela está dentro ou muito próxima de unidades de conservação, especialmente na área do Quadrilátero Ferrífero, em que existe uma forte pressão das mineradoras. Como exemplo, podemos citar a expansão da mineração na APA SUL entre os anos de 2000 e 2011, que pode estar relacionada à atuação da APA consentindo as explorações de forma sustentável (DINIZ et al., 2014; REZENDE, 2016).

Mesmo com a grande expansão da mineração, algumas áreas se encontram em condições de notável conservação ou sofrem pressões de outros usos. A Serra do Gandarela, localizada entre Rio Acima, Santa Bárbara, Caeté e Ouro Preto, é um exemplo. Ela sofreu pressões entre a mineração e a criação de um parque, em função da sua biodiversidade e a quantidade de mananciais que abastecem a região metropolitana (REZENDE, 2016). Regiões como a Serra do Gandarela também sofrem pressões da expansão urbana e da especulação imobiliária.

Estas áreas além de uma grande riqueza minerária, apresentam também grande riqueza de biodiversidade, como nas áreas de cangas, e de mananciais hídricos. Ao contrário do que muitos pensam, as cangas<sup>5</sup> são elementos importantes nas zonas de recarga de aquíferos. Mesmo sendo formações concrecionadas e com elevada rigidez e dureza elas apresentam uma significativa permeabilidade. Seus sistemas fraturados e suas cavidades facilitam a percolação e infiltração das águas, que refletem no abastecimento dos níveis freáticos, das nascentes e dos cursos de água (LEMOS et al., 2019). Além de contribuírem para manutenção de ecossistemas e para o abastecimento público. Desta maneira, quando essas áreas são ocupadas, a ação de degradação pode proporcionar efeitos adversos à biota e contaminação de aquíferos.

Os itabiritos apresentam boa capacidade de armazenamento que podem conter camadas de cangas que parcialmente o recobrem. Verifica-se que, as maiores reservas de água “estão nos metassedimentos itabiríticos e carbonáticos, geralmente associados às grandes reservas de minério de ferro” (BEATO, MONSORES, BERTACHINI, 2017 p. 19) e para auxiliar nas pressões ambientais proveniente dos impactos da expansão urbana, atividades industriais e minerárias é imprescindível à manutenção e monitoramento desses aquíferos.

Levando em consideração a importância da formação geológica presente na bacia para recarga hídrica e, considerando o manancial de Bela Fama, que abastece cerca de 2,1 milhões de pessoas na RMBH (COPASA, 2016) cabe destacar que parte expressiva das barragens de rejeito encontra-se na margem esquerda

---

<sup>5</sup> Cangas é o termo comumente utilizado para descrever os ecossistemas encontrados em afloramentos ferruginosos.

(noroeste) da bacia e a montante da captação. Um possível rompimento promoveria um cenário de destruição e degradação significativo colando em risco toda a segurança hídrica da região (COTA et al., 2019).

No Alto Velhas ocorreram dois grandes rompimentos de barragens<sup>6</sup>, em 2001 e em 2014. Em 22 junho de 2001 ocorreu o rompimento da barragem da Mineração Rio Verde, na região de Macacos no município de Nova Lima que matou cinco operários, soterrou parte do município de São Sebastião das Águas Claras, cerca de 600 mil m<sup>3</sup> de rejeitos alcançaram o córrego Taquaras e devastou 79 ha de Mata Atlântica. Em 10 de setembro de 2014 na bacia do Rio Itabirito, a barragem da mineração Herculano se rompeu ocasionando a morte de três operários, o colapso da barragem causou assoreamento de um córrego e parte do rejeito foi contido por outra barragem (LEMOS, 2018; LIMA, 2016).

Desastres ambientais provenientes de rompimentos de barragens podem impactar de forma econômica o abastecimento hídrico, visto que os processos e custos para o tratamento da água encarecem, em função do aumento de partículas coloidais e sedimentos em suspensão que exigem técnicas mais refinadas para alcançar os padrões de potabilidade essenciais para abastecimento.

O estado de Minas Gerais contempla nascentes de quatro Regiões Hidrográficas<sup>7</sup>: São Francisco, Atlântico Leste, Sudeste e Paraná. O seu contexto fisiográfico favoreceu para a instalação de uma rede de drenagem densa, complexa, que fornece água e faz com que o estado seja uma área que fornece água para diversas regiões do Brasil. Assim, Minas Gerais se destaca no cenário hídrico nacional, uma vez que abriga nascentes de várias bacias hidrográficas nacionais. Desta forma, além de apresentar relevância no cenário nacional traz ao mesmo tempo na gestão dos recursos hídricos porque traz também uma responsabilidade para o estado na gestão dos recursos hídricos em âmbito nacional, pois essa disponibilidade hídrica tanto em quantidade quanto em qualidade nas áreas de nascentes pode ter impacto no cenário de disponibilidade hídrica no Brasil.

A degradação ambiental é influenciada por múltiplos fatores nas bacias hidrográficas (CAMPOS et al, 2021). Atividades antrópicas como desmatamento, expansão urbana, canalização dos cursos de água. Impermeabilização dos solos, rebaixamento do nível freático proveniente de atividades de mineração, são

---

<sup>6</sup> Nesse contexto, vale lembrar dois rompimentos de barragens ocorridos no estado de Minas Gerais: 1º - Rompimento da barragem de Fundão, no distrito de Bento Rodrigues (Mariana), na Bacia hidrográfica do Rio Doce, em 05/11/2015, que gerou vários níveis de impacto na bacia (como estudos referentes ao Rompimento da barragem de Fundão considera-se importante: AIRES et al., 2018) e; 2º - Rompimento da barragem da Mina Córrego do Feijão, no município de Brumadinho, Na Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba, em 25/01/2019, considerado o maior acidente de trabalho no Brasil em perdas de vidas humanas e um dos maiores desastres ambientais da mineração no país, depois do rompimento da barragem em Bento Rodrigues.

<sup>7</sup> A Divisão hidrográfica Nacional, instituída pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), estabeleceu 12 regiões hidrográficas brasileiras. E essas regiões são bacias, grupo de bacias ou sub-bacias próximas com características naturais, sociais e econômicas similares. E esse critério de divisão foi feito para orientar o planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos em todo o país. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/gestao-das-aguas/panorama-das-aguas/regioes-hidrograficas>

alguns exemplos dessa degradação. A compreensão desses fatores é fundamental para o planejamento, gestão e conservação do solo e da água (ZHANG et al., 2017).

Os resultados aqui encontrados corroboram com o trabalho desenvolvido por Lemos (2018), na mesma área de estudo em que a partir da análise da evolução do uso da terra pela interpretação de imagens Landsat o autor também observou crescimento na infraestrutura urbana ao longo dos anos, aumento das atividades minerárias e dos corpos de água e redução nos usos de pastagem e agricultura.

#### **IV. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

As alterações na mudança de uso e ocupação da terra observadas na área de estudo apontam uma necessidade de proteção e preservação de áreas prioritárias de recarga como a Serra do Gandarela, a Serra do Rola Moça e a Serra do Curral que vem sendo invadidas tanto pela especulação imobiliária quanto pela exploração mineral. Levando em consideração que a prioridade de uso da água em uma bacia hidrográfica é o abastecimento humano preservar áreas de recarga hídrica é fundamental para evitar um colapso no abastecimento.

O mapeamento final deste trabalho está sujeito aos dados na escala disponível. A utilização de bases de dados digitais de diferentes plataformas de acesso livre se mostraram eficientes em relação ao objetivo proposto. Isso mostra que mesmo com as limitações encontradas nas bases de dados, em função das diferentes escalas, a metodologia cumpre com o objetivo aqui proposto, destacando a importância de iniciativas como a desenvolvida pelo Mapbiomas que tem como um dos objetivos a melhora da base de dados de informações para refinamento de trabalhos, monitoramentos e análises de uso e cobertura da terra.

#### **Agradecimentos**

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio com a concessão de bolsa de estudos e ao Laboratório de Solos e Meio Ambiente da Universidade Federal de Minas Gerais pelo suporte para realização deste estudo.

#### **V. REFERÊNCIAS**

AIRES, U. R. V.; SANTOS, B. S. M.; COELHO, C. D.; SILVA, D. D.; CALIJURI, M. L. Changes in land use and land cover as a result of the failure of a mining tailings dam in Mariana, MG, Brazil. *Land Use Policy*, Volume 70, 2018, P. 63-70, ISSN 0264-8377, <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.10.026>. Acesso em: 05 de Agosto de 2020.

ANA – Agência Nacional de Águas. Base Hidrográfica Ottocodificada - BHO250 (base digital ANA – Agência Nacional de Águas. Base Hidrográfica Ottocodificada - BHO250 (base digital georreferenciada). Brasília: ANA. Escala = 1:250.000. 2017. Disponível em: <http://metadados.ana.gov.br/geonetwork/srv/pt/metadata.show?id=589&currTab=distribution>. Acesso em: 01 de junho de 2020.

ANDRADE, A. G. de; FREITAS, P. L. de; LANDERS, J. Aspectos gerais do manejo e conservação do solo e da água e as mudanças ambientais. In: PRADO, R. B.; TURETTA, A. P. D.; ANDRADE, A. G. (org.). Manejo e conservação do solo e da água no contexto das mudanças ambientais. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2010. p. 25-40.

ANM – Agência Nacional de Mineração. Maiores arrecadadores CFEM (2004-2021). Disponível em: [https://sistemas.anm.gov.br/arrecadacao/extra/Relatorios/cfem/maiores\\_arrecadadores.aspx](https://sistemas.anm.gov.br/arrecadacao/extra/Relatorios/cfem/maiores_arrecadadores.aspx) Acesso em: 24 de julho de 2021.

BACHA, C. J. C. A expansão da silvicultura no Brasil. Revista Brasileira de Economia, Rio de Janeiro, 45 (1) p. 145-168. Jan/mar. 1991. Disponível em: <http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/rbe/article/view/509/7641> Acesso em: 01 de julho de 2021.

BARBOSA, E. H. B.; SAKAMOTO, A. Y.; BACANI, V. M. Proposta de Zoneamento Ambiental para a bacia transfronteiriça do rio Apa. Interações (Campo Grande), Campo Grande, v. 17, n. 2, p. 210-222, junho, 2016.

BEATO, D. A. C.; MONSORES, A. M.; BERTACHINI, A. C. Potencial aquífero nos metassedimentos do quadrilátero ferrífero – região da APA Sul RMBH – MG. XIV Congresso Brasileiro de Geologia. In.: XIV Congresso Brasileiro de Geologia. p. 1-20. 2017.

BISPO, T. C; LEVINO, N. A. Impactos ambientais decorrentes do uso e ocupação desordenada do solo: um estudo da região da periferia de Maceió/AL. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 31, 2011, Belo Horizonte. Anais eletrônicos... Belo Horizonte: ABEPRO, 2011. Disponível em: [http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2011\\_tn\\_sto\\_143\\_901\\_18402.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2011_tn_sto_143_901_18402.pdf) Acesso em: 01 de julho de 2021.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, 9 jan. 1997.

\_\_\_\_\_. Decreto nº 6.514, de 22 de julho de 2008. Dispõe sobre as infrações e sanções administrativas ao meio ambiente, estabelece o processo administrativo federal para apuração destas infrações, e dá outras providências. República Federativa do Brasil, Brasília, 22 de julho de 2008. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2008/decreto/d6514.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/decreto/d6514.htm). Acesso em: 03 de março de 2021.

\_\_\_\_\_. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. República Federativa do Brasil, Brasília, de 25 de

maio de 2012. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm). Acesso em: 03 de março de 2021.

\_\_\_\_\_. Lei nº 20.922, de 17 de outubro de 2013. Dispõe sobre as políticas florestal e de proteção à biodiversidade no Estado. Publicação – Diário do Executivo – “Minas Gerais” 17 outubro de 2013. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=30375>. Acesso em: 03 de março de 2021.

CABRAL JUNIOR, M.; SUSLICK, S. B.; OBATA, O. R.; SINTONI, A. A mineração no estado de São Paulo: situação atual, perspectivas e desafios para o aproveitamento dos recursos minerais. *Geociências*, v.27, n.2, pp. 171-192. 2008. Disponível em: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/geociencias/article/view/3358/2808> Acesso em: 02 de julho de 2021.

CAMPOS, J. A.; SILVA, D. D.; MOREIRA, M. C.; MENEZES FILHO, F. C. M. Environmental fragility and land use capacity as instruments of environmental planning, Caratinga River basin, Brazil. *Environmental Earth Sciences*, 80, 264, p. 1-13. 2021. DOI: <https://doi-org.ez27.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s12665-021-09553-2> Acesso em: 28 de julho de 2021.

CAPANEMA, V. N. P.; SANCHES, I. D. A.; ESCADA, M. I. S. Comparação entre os produtos temáticos de uso e cobertura da terra do TerraClass Amazônia e MapBiomass: teste de aderência entre classes. INPE – Santos, SP. In: Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. ISBN: 978-85-17-00097-3. 14 a 17 de abril de 2019. p. 724-727. 2019. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/343211586\\_COMPARACAO\\_ENTRE\\_OS\\_PRODUPRO\\_TEMATICOS\\_DE\\_USO\\_E\\_COBERTURA\\_DA\\_TERRA\\_DO\\_TERRACLASS\\_AMAZONAM\\_E\\_MAPBIOMASS\\_TESTE\\_DE\\_ADERENCIA\\_ENTRE\\_CLASSES](https://www.researchgate.net/publication/343211586_COMPARACAO_ENTRE_OS_PRODUPRO_TEMATICOS_DE_USO_E_COBERTURA_DA_TERRA_DO_TERRACLASS_AMAZONAM_E_MAPBIOMASS_TESTE_DE_ADERENCIA_ENTRE_CLASSES) Acesso em: 02 de junho de 2021.

CASAGRANDE, P. B.; PARISI, M. G.; MOURA, A. C. M. SENA, I. S.; GARCIA, P. M. B. Índice de risco geológico utilizado como apoio ao planejamento urbano e territorial: estudo de caso no município de Nova Lima, MG. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, São Paulo, v. 21, n. 1, p. 3-16, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v21i1.1662> Acesso em: 28 de julho de 2021.

CBHVELHAS – Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas. – Plano Diretor de Recursos hídricos da bacia hidrográfica do Rio das Velhas: resumo executivo dezembro 2004. Luíza de Marillac Moreira Camargos (coord.) - Belo Horizonte: Instituto Mineiro de Gestão das Águas, Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas, 228 p. 2005.

CBHVELHAS – Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas (2005) – Plano Diretor de Recursos hídricos da bacia hidrográfica do Rio das Velhas. - Belo Horizonte: Instituto Mineiro de Gestão das Águas, Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas, 1273 p. 2015.

CNM – Confederação Nacional de Municípios. Entenda a CFEM (Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais). Estudos Técnicos – Volume 5 p. 179-188, julho de 2012. Disponível em: [https://www.cnm.org.br/cms/biblioteca\\_antiga/ET%20Vol%205%20-%202014.%20Entenda%20a%20CFEM.pdf](https://www.cnm.org.br/cms/biblioteca_antiga/ET%20Vol%205%20-%202014.%20Entenda%20a%20CFEM.pdf) Acesso em: 24 de julho de 2021.

COPASA, Procedimento de manifestação de interesse. 001/2016. Out.2016. Disponível em: [http://www.copasa.com.br/wps/wcm/connect/95f3923e-b4d7-4081-b2d1-72f716e19aa8/PMI\\_01\\_AnexoII.pdf?MOD=AJPERES](http://www.copasa.com.br/wps/wcm/connect/95f3923e-b4d7-4081-b2d1-72f716e19aa8/PMI_01_AnexoII.pdf?MOD=AJPERES). Acesso em: 15 de maio de 2018.

COTA, G. E. M.; ROSA, N. M. G.; ROMEIRO, C. E.; MENDES, I. A. S.; MAGALHÃES JR, A. P. Aspectos legais da segurança de barragens de rejeito de minério: implicações para a qualidade ambiental e usos múltiplos da água no Alto Rio das Velhas (MG). *Geographia*, Niterói, Universidade Federal Fluminense, v. 21 n. 45, p. 33-46, jan./abr., 2019.

COSTA, A. M.; SALIS, H. H. C.; VIANA, J. H. M.; AQUINO, J. N.; FERREIRA, M. P. R. Zoneamento Ambiental e Produtivo: uso da modelagem para identificação de potencialidades e limitações no uso do solo. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v. 38, nº 300, p. 80-90, 2017.

COSTA, S. P.; MARTINS, R. A.; SANTOS, E. V.; SOUSA, A. T.; NOGUEIRA, P. H. S.; OLIVEIRA, R. S.; SILVA, H. M. M.; BRITO, J. M. G. Análise da dinâmica do uso da terra nas Áreas de Preservação Permanente na microbacia do Ribeirão da Serra no Município de Morrinhos – GO. *Brazilian Journal of Development*, Curitiba, v. 7, n. 1, p. 4117-4131, jan. 2021. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/23000/18480> Acesso em: 26 de junho de 2021.

DIAS, N. O.; MARTINS, F. C. M.; BARROS, K. O. Geotechnology applied to environmental diagnosis: Pinheiro Grosso Biological Reserve, Barbacena – Minas Gerais – Brazil. *Sociedade & Natureza*. Uberlândia, MG. v.32, p.116-129. 2020. ISSN 1982-4513. DOI: 10.14393/SN-v32-2020-45716 Acesso em: 05 de agosto de 2020.

DINIZ, J. M. F.; REIS, A. A.; ACERBI JUNIOR, F. W.; GOMIDE, L. R. Detecção da expansão da área minerada no quadrilátero ferrífero, minas gerais, no período de 1985 a 2011 através de técnicas de sensoriamento remoto. *Boletim de Ciências Geodésicas*, v.20, n.3, pp.683-700, jul-set, 2014. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1982-21702014000300039>

DORR, J. V. N. Physiographic, stratigraphic, and structural development of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. Washington, DC. 2ª ed. 117 f, 1969.

ECOPLAN Engenharia Ltda., Skill Engenharia LTDA. Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas. Porto Alegre: Ecoplan. 2015. Disponível em: <https://siga.cbhvelhas.org.br/portal/siplan.zul>. Acesso em: 01 de junho de 2020.

Environmental Systems Research Institute - ESRI. ArcGIS Desktop: Release 10.6.1, Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute, Inc., 2018.

ERCOLI, R. F.; MATIAS, V. R. S.; ZAGO, V. C. P. Urban Expansion and Erosion Processes in an Area of Environmental Protection in Nova Lima, Minas Gerais State, Brazil. *Frontiers in Environmental Science*, V. 8, P. 1-16, junho, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3389/fenvs.2020.00052> Acesso em: 28 de junho de 2021.

FITZ, P. R. Geoprocessamento sem complicação. São Paulo: Oficina de texto. 160 p. 2008.

GARCIA, J. R.; ANDRADE, D. C. Panorama geral da industrialização de Minas Gerais (1970-2000). *Leituras de Economia Política*, Campinas, (12): 155-182, jan. 2006/dez. 2007. Disponível em: <https://www.eco.unicamp.br/images/arquivos/artigos/LEP/L12/LEP127GarciaAndrade.pdf> Acesso em: 20 de julho de 2021.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Base Cartográfica Contínua do Brasil, escala 1:250.000 – BC250 (base digital georreferenciada). Rio de Janeiro, Brasil: IBGE. 2018. Disponível em: [ftp://geoftp.ibge.gov.br/cartas\\_e\\_mapas/bases\\_cartograficas\\_continuas/bc250/versve2019/shapefile/](ftp://geoftp.ibge.gov.br/cartas_e_mapas/bases_cartograficas_continuas/bc250/versve2019/shapefile/). Acesso em: 01 de junho de 2020.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. IBGE cidades. 2020. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/panorama> Acesso em: 21 de julho de 2021.

HORA, A. B. Análise da formação da base florestal plantada para fins industriais no Brasil sob uma perspectiva histórica. BNDES Setorial, n.42, p. 383-426, set. 2015. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/9615> Acesso em: 01 de julho de 2021.

JUNIOR, A. P.; SOUZA, M. N. D. O.; & ELERES, T. C. S. Valoração Dos Impactos Ambientais Na Exploração Mineral Do Ferro: O Caso De Uma Mineradora Em Floresta Do Araguaia–Pa. Revista Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal, 13(2), 128-138. 2016.

LEMOS, R. S. A integração da gestão territorial a partir da política das águas. Orientador: Dr. Antônio Pereira Magalhaes Junior. 2018. 259 f. Tese (doutorado) – Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2018.

LEMOS, R. S.; COTA, G. E. M.; ALCÂNTARA, J.; MAGALHÃES JR, A. P. Pressões ambientais e alterações de uso e ocupação do solo na bacia do Alto Rio das Velhas, Região de Belo Horizonte – MG. XVIII – Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, p. 1-12, 2019.

LIMA, S. R. S. Caracterização e análise dos acidentes com barragens de rejeito de mineração no estado de Minas Gerais. Orientador: Dr. Paulo Pontes Araújo. 2016. 88 f. TCC (Especialização) – Pós Graduação Lato Senso à distância em Geologia de Minas e Técnicas de Lavra a Céu aberto, Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará, Pará, 2016.

MAS J-F.; NOGUEIRA DE VASCONCELOS R.; FRANCA-ROCHA W. Analysis of High Temporal Resolution Land Use/Land Cover Trajectories. Land. 8 (2):30, p. 1-19. 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/land8020030> Acesso em: 28 de julho de 2021.

MATOS, A. C. S.; LEMOS, R. S.; SILVA, T. F. G.; ELEUTÉRIO, J. C.; NASCIMENTO, N. O. Evolução do uso e ocupação do solo em mananciais de abastecimento metropolitano na região metropolitana de Belo Horizonte, estado de Minas Gerais. XXII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Florianópolis – Santa Catarina, p. 1-8, 2017.

MELLO, K.; TANIWAKI, R. H.; PAULA, F. R.; VALENTE, R. A.; RANDHIR, T. O.; MACEDO, D. R.; LEAL, C. G.; RODRIGUES, C. B.; HUGHES, R. M. Multiscale land use impacts on water quality: Assessment, planning, and future perspectives in Brazil, Journal of Environmental Management, V. 270, 2020, 110879, ISSN 0301-4797. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110879>. Acesso em: 03 de março de 2021.

MENDES, I. A. S. O USO DE GEOTECNOLOGIAS NA ORGANIZAÇÃO DO ESPAÇO. Cadernos do Leste – Artigos Científicos. Belo Horizonte, Jan-Dez. Vol.19 nº 19, p. 35-50, 2019.

MOREIRA, E. A. A ocupação da Bacia do Rio das Velhas relacionada aos tipos de solo e processos erosivos. Dissertação (mestrado). Pós Graduação em Geografia. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 149f. 2006.

PIROLI, E. L. Introdução ao geoprocessamento. Ourinhos: Unesp/Campus Experimental de Ourinhos, 2010. Disponível em: [http://vampira.ourinhos.unesp.br:8080/cediap/material/livro\\_introducao\\_ao\\_geoprocessamento.pdf](http://vampira.ourinhos.unesp.br:8080/cediap/material/livro_introducao_ao_geoprocessamento.pdf) Acesso em: 24 de junho de 2021.

PIROLI, E. L.; LEVYMAN, L. A. Mudanças no uso da terra em microbacias hidrográficas urbanas com geotecnologias. GEOGRAFÍA Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA, v. 17, p. 1-15, 2020. ISSN 1852-

8031. Disponível em: [https://87538a9a-4129-4498-961e-1bc765cd62c3.filesusr.com/ugd/79758e\\_6fa58dbb56974b42b2fe6364bffaab53.pdf](https://87538a9a-4129-4498-961e-1bc765cd62c3.filesusr.com/ugd/79758e_6fa58dbb56974b42b2fe6364bffaab53.pdf) Acesso em: 24 de junho de 2021.

Projeto MapBiomias – Coleção 5 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil. Disponível em: [https://mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas-1?cama\\_set\\_language=pt-BR](https://mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas-1?cama_set_language=pt-BR). Acesso em 08 de outubro de 2020.

REIS, P. E.; PARIZZI, M. G.; MAGALHÃES, D. M.; MOURA, A. C. M. O escoamento superficial como condicionante de inundações em Belo Horizonte, MG: Estudo de caso da Sub-bacia córrego Leitão, Bacia do Ribeirão Arrudas. São Paulo, UNESP, Geociências, v. 31, n.1, p.3 - 46, 2012. Disponível em: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/geociencias/article/view/5974/4467> Acesso em: 01 de julho de 2021.

REZENDE, V. L. A mineração em Minas Gerais: uma análise de sua expansão e os impactos ambientais e sociais causados por décadas de exploração. Soc. & Nat., Uberlândia, 28 (3): 375-384, set/dez/2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/1982-451320160304> Acesso em: 02 de julho de 2021.

RIBEIRO, M. C., METZGER, J. P., MARTENSEN, A. C., PONZONI, F. J., & HIROTA, M. M. The brazilian atlantic forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? implications for conservation. Biological Conservation, 142(6), 1141-1153. 2009. doi:10.1016/j.biocon.2009.02.02. Disponível em: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-63349103172&origin=inward&txGid=a9441faba3ee5569c2a26fdfab28b9c0>. Acesso em: 03 de março de 2021.

ROSA, M.; SHIMBO, J. Z.; AZEVEDO, T. MapBiomias - Mapeando as transformações do território brasileiro nas últimas três décadas. p. 95-100, 2019. In: Desafios do processo frente à crise ambiental: VIII Simpósio de Restauração ecológica / Luiz Mauro Barbosa. São Paulo: Instituto de Botânica, 278p. 2019.

ROSAN, T. M.; GOLDEWIJK, K. K.; GANSZENMÜLLER, R.; O'SULLIVAN, M.; PONGRATZ, J.; MERCADO, L. M.; ARAGAO, L. E. O. C.; HEINRICH, V.; RANDOW, C. V.; WILTSHIRE, A.; TUBIELLO, F. N.; BASTOS, A.; FRIEDLINGSTEIN, P.; SITCH, S. A multi-data assessment of land use and land cover emissions from Brazil during 2000–2019. Environmental Research Letters, 16, p. 1-12. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac08c3> Acesso em: 28 de julho de 2021.

SALGADO, A. A. R.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. P. Impactos da silvicultura de eucalipto no aumento das taxas de turbidez das águas fluviais: o caso de mananciais de abastecimento público de Caeté/MG. Geografias. Belo Horizonte: 02(1) p. 47-57 janeiro-junho, 2006. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/geografias/article/view/13194/10428> Acesso em: 23 de julho de 2021.

SÁNCHEZ, L.E. Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos. São Paulo: Oficina de Textos. 445p, 2008.

SGM - SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL. Boletim do Setor Mineral 2020 (Julho). 36p. Disponível em: <http://antigo.mme.gov.br/documents/36108/1006289/Boletim+do+Setor+Mineral+-+julho+2020/abfdb81f-e8e6-dd16-243f-87e97f23f418> Acesso em: 02 de julho de 2021.

SOBRAL, M. do C.; LOPES, H.; CANDEIAS, A. L.; MELO, G.; GUNKEL, G. Geotecnologias na gestão de reservatórios: uma revisão e uma proposta de integração. Eng. Sanit. Ambient., Rio de Janeiro, v. 22, n. 5, p. 841-852, Out. 2017.

---

SOUZA, C. M.; AZEVEDO, T. MapBiomas General "Handbook". 2ª versão, dezembro, 2017. 23 p. 2017. Doi: 10.13140/RG.2.2.31958.88644. Disponível em:

[https://www.researchgate.net/publication/345239707\\_MapBiomas\\_General\\_Handbook](https://www.researchgate.net/publication/345239707_MapBiomas_General_Handbook) Acesso em: 28 de agosto de 2020.

SOUZA, C. M. JR.; Z. SHIMBO, J.; ROSA, M. R.; PARENTE, L. L.; ALENCAR, A. A.; et al. Reconstructing Three Decades of Land Use and Land Cover Changes in Brazilian Biomes with Landsat Archive and Earth Engine - Remote Sensing, Volume 12, Issue 17, 10.3390/rs12172735, 27p. 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-4292/12/17/2735/htm>. Acesso em: 28 de Agosto de 2020.

ZHANG, S.; FAN, W.; LI, Y.; YI, Y. The influence of changes in land use and landscape patterns on soil erosion in a watershed. Science of The Total Environment, v. 574, p. 34-45, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.09.024>. Acesso em: 28 de julho de 2021.

---