

Evolução do uso e da cobertura do solo e o cenário ambiental na região do Vale do Aço, MG
Evolution of land use and coverage and the environmental scenario in the region of Vale do Aço, MG

Victor Cordeiro

Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG
victorcordeiro818@gmail.com

Adriana Monteiro da Costa

Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG
drimonteiroc@gmail.com

Beatriz Grancieri Debona

Universidade Federal de Minas Gerais
grancieri.debona@gmail.com

Maíse Soares de Moura

Universidade Federal de Minas Gerais
maisedemoura@hotmail.com

Resumo

O desenvolvimento humano tem resultado em intervenções aceleradas que ultrapassam as limitações do ambiente natural. O crescimento desordenado e a falta de planejamento ambiental podem levar os sistemas naturais ao colapso. Nesse contexto, a modelagem de cenários mostra-se como uma ferramenta útil para compreender o meio físico, prever transformações e considerar os usos e condicionantes naturais do espaço. No caso específico da Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba, a instalação de indústrias ao longo do séc. XX provocou mudanças significativas no uso e na cobertura do solo, principalmente com a consolidação da Região do Vale do Aço. Com isso, o objetivo deste trabalho é compreender as relações entre o ambiente físico e as atividades humanas na região, fornecendo subsídios ao planejamento territorial e a sua gestão sustentável. Para este fim, utilizou-se a coleção sete do MapBiomias em quatro cenários distintos, somado ao modelo do Potencial de Uso Conservacionista (PUC). A sobreposição destas informações distintas permitiu identificar dinâmicas de alteração de uso do ambiente em associação com as características naturais da área. Concluiu-se que a região apresenta, em principal, pressões distintas sobre os ecossistemas florestais, resultando na degradação das condições naturais do ambiente.

Palavras-chave: Sistema de Informações Geográficas, Gestão territorial, Análise Ambiental, PUC

Abstract

Human development has resulted in accelerated interventions that surpass the limitations of the natural environment. However, the lack of environmental planning and uncontrolled growth can lead to the collapse of natural systems. In this context, scenario modeling proves to be a useful tool for understanding the physical environment, predicting transformations, and considering the natural uses

and constraints of space. In the specific case of the Piracicaba River Watershed, the implementation of industries has caused significant changes in land use and land cover, especially in the Metropolitan Region of Vale do Aço. The objective of this study is to understand the relationships between the physical environment and human activities in this region, providing subsidies for territorial planning and sustainable management. To this end, the MapBiomas mapping was carried out in four distinct scenarios, and the Conservationist Use Potential (CUP) model was used to assess the natural predisposition of the environment. The overlay of this information allowed the identification of the dynamics of environmental use alteration with its natural characteristics. It was concluded that the region faces environmental conflicts due to pressures exerted on forest ecosystems, resulting in the degradation of the natural conditions of the environment by anthropic processes. Adequate measures are necessary to prevent further deterioration of the situation.

Keywords: Geographic Information System, Territorial Management, Environmental Analysis, PUC

Introdução

O aparente estado de abundância dos recursos naturais, fez com que os processos ecológicos fossem alterados sem uma real análise de perdas. Considerando essa problemática, Westeman (1977) destaca que até o momento de sua análise, via de regra, os tomadores de decisões se baseiam em informações incompletas, não sendo possível vislumbrar as perdas ocasionadas pelas perturbações antrópicas nos ecossistemas.

Nesse sentido a falta de planejamento ambiental é um fator determinante na degradação dos territórios, tanto urbanos quanto rurais, comprometendo a gestão eficiente dos recursos naturais (Millenium Ecosystem Assesment, 2005). Visando a redução dos danos por intervenções desordenadas, tem-se utilizado cada vez mais estudos integrados que permitam entender as dinâmicas ambientais (Costanza et al., 2014; Ding et al., 2022; Han et al., 2023). Em consonância, tem crescido o uso dos sistemas de informações geográficas (SIGs) aplicadas ao planejamento ambiental, permitindo compreender as relações entre aspectos físico-ambientais e atividades antrópicas, mediante avaliações multitemáticas como as de Tricart (1977), Ab'Saber (1994), Ross (1994, 1995, 2006), Costa et al. (2019a); Tenenwurcel et al. (2020); Freitas et al. (2022); Mucida et al. (2023).

Dentre estas, o Potencial de Uso Conservacionista (PUC) trabalha com avaliação das variáveis ambientais litologia, solos e declividade, na qual o potencial natural das áreas é definido para uso agropecuário, recarga hídrica e resistência a processos erosivos, por meio da álgebra de mapas em ambiente SIG (Costa et al., 2017; Costa et al, 2019a). Com o

resultado PUC, é possível realizar uma análise física integrada ao diagnóstico do uso e ocupação atual do solo, sendo possível identificar, por exemplo, se o uso e ocupação do solo atual está em conformidade com o potencial de uso definido para a área, de forma a garantir a sua sustentabilidade (UFMG/IGC-Laboratório de Solos e Meio Ambiente, 2017; Costa et al., 2019b).

Neste sentido, para interpretar tais cenários, a Região Metropolitana¹ do Vale do Aço (RMVA)² e Colar Metropolitano do Vale do Aço (CM) se destaca como uma oportuna área a ser estudada, por apresentar uma diversidade de usos e formas de ocupação territorial que se intensificaram em meados do século XX, com a instalação de indústrias siderúrgicas ao longo da Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba (Quecini, 2007). Para além das infraestruturas antrópicas, a região de estudo contempla o Parque Estadual do Rio Doce (PERD) que consiste em uma Unidade de Conservação de Proteção Integral com 35.976,46 hectares, sendo considerada a maior área contínua com remanescentes de Mata Atlântica de Minas Gerais (IEF, 2023). Além disso, apresenta grande importância como mitigadora dos elevados índices de poluição da RMVA, que apresenta constante expansão (Costa et al., 1995). Apesar de toda sua importância, a região apresenta inúmeros impactos ambientais, sobretudo devido ao uso do solo para fomentar as cadeias produtivas econômicas da mineração e da indústria da celulose (Ribeiro et al., 2024).

Sendo assim, este trabalho objetiva quantificar as alterações no padrão de uso e cobertura do solo da RMVA e CM ao longo das últimas décadas e identificar possíveis pressões ambientais que ocorrem na área de estudo ao longo do tempo, levando em conta atribuições naturais do ambiente em consonância com ações administrativas que a região metropolitana, como agente integrador de políticas públicas, busca para limitar processos de degradação ambiental presentes na região.

Caracterização da Área

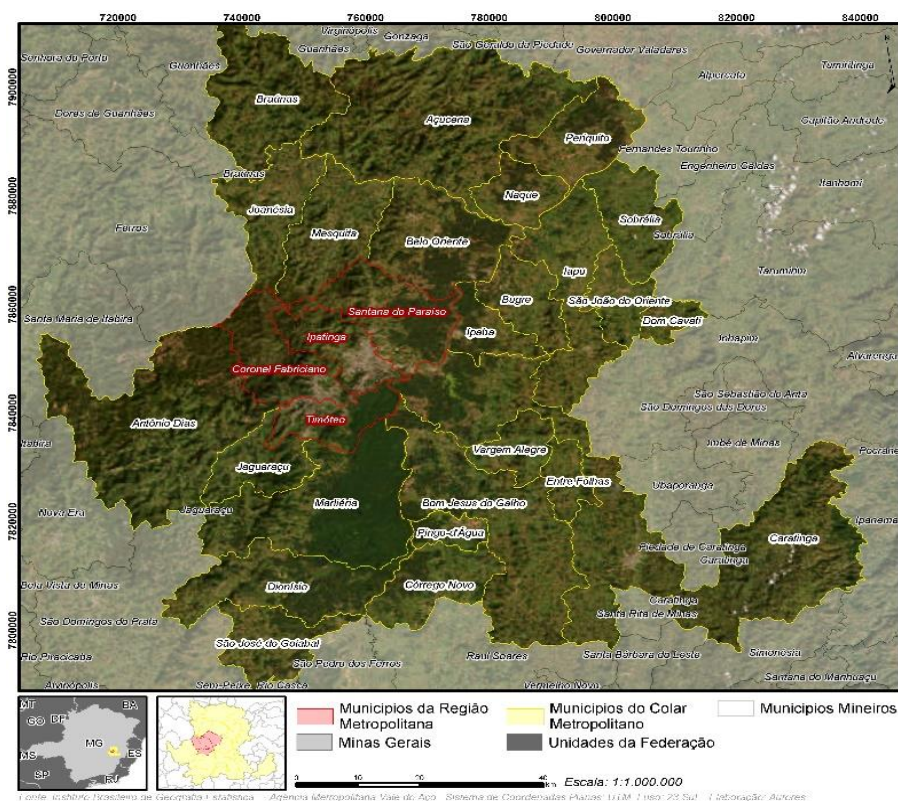
A área de estudo se localiza no interior do estado de Minas Gerais, aproximadamente a 200 km da capital do estado. É composta pelas cidades de Coronel Fabriciano, Ipatinga, Santana do Paraíso e Timóteo, além dos 24 municípios que compõem o colar metropolitano,

¹A constituição da Região Metropolitana do Vale do Aço fundamentou-se em decisões político-administrativas. Portanto, os aspectos conceituais na definição dos termos metrópole e regiões metropolitanas foram dispensados em sua definição (Quecini, 2007 *apud* Matos, 2000; Costa, 2002).

²Lei Complementar nº 51, de 30 de dezembro de 1998. Institui a Região Metropolitana do Vale do Aço, dispõe sobre sua organização e funções e dá outras providências.

estando todos inclusos na mesorregião do Vale do Rio Doce, totalizando 774.616 habitantes (IBGE, 2020) (Figura 1).

Figura 1 - Mapa de Localização da Região Metropolitana do Vale do Aço e Colar Metropolitano.



Fonte: Autores, 2023

Na região encontra-se a Companhia de Ações Especiais Itabira (ACESITA) atual APERAM, fundada em 1944 no município de Timóteo, Usinas Siderúrgicas de Minas Gerais (USIMINAS) instalada no município de Ipatinga no ano de 1956 e, por fim, a Celulose Nipo-Brasileira (CENIBRA), instalada em 1973, no município de Belo Oriente.

Com o desenvolvimento industrial, as infraestruturas urbanas, apresentaram um crescimento perpendicular buscando a aproximação de outros municípios como Santana do Paraíso, Belo Oriente, Mesquita e Ipaba (Costa, 1995). Nesse sentido, o crescimento urbano progrediu cada vez mais, consolidando a formação da RMVA, que promoveu um maior diálogo entre os municípios centrais; Coronel Fabriciano, Ipatinga, Timóteo e Santana do Paraíso com melhores condições de infraestrutura (COSTA, 2000).

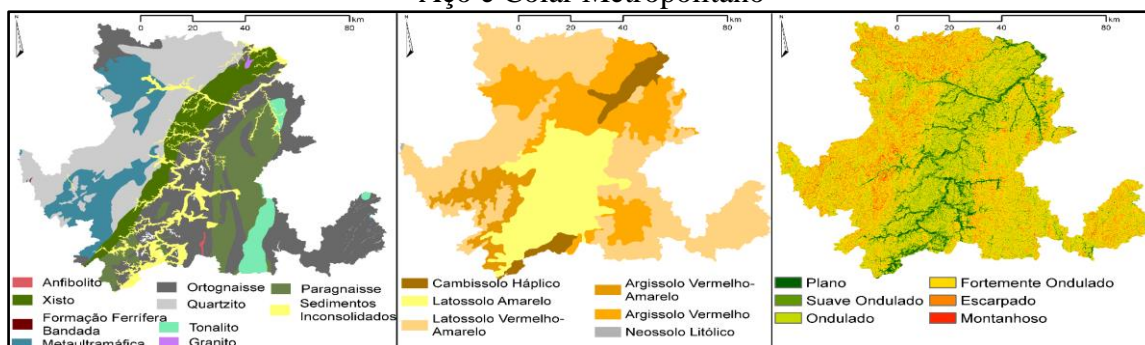
A região do Vale do Aço ocupa a porção Leste no território mineiro, estendendo-se por uma área com relevo bem movimentado, estando dessa maneira caracterizado como os

domínios dos mares de morros, recobertos originalmente pela Mata Atlântica (Ab'Saber, 2003). Segundo CPRM (2000) há três domínios litoestratigráficos compostos por granitóides, gnaisses, metassedimentos e sequências vulcano sedimentares (CPRM, 2000). As classes litológicas predominantes são representantes por Ortognaisse (31,28%), Quartzito (22,62%), Paragnaisse (12,87%), Metaultramáfica (12,27%) e Xisto (9,21%).

Sob essa constituição litológica, encontram-se Latossolos Amarelos e Vermelho-Amarelos, Argissolos Vermelho e Vermelho Amarelo, Cambissolos Háplicos e Neossolos Litólicos (UFV, 2010). Em associação, espessos mantos de alteração, que são herança de um período geológico pretérito e que favoreceu a uma intensa taxa de pedogênese e a formação de solos profundos, bem desenvolvidos com a predominância de Latossolos (66,03%) e Argissolos (29,32%), seguidos de Cambissolos (4,6%) e por Neossolos (0,5%).

Somado a isto, a RMVA apresenta um relevo dissecado, com vales bem encaixados, sendo caracterizada como o domínio dos mares de morros (Azevedo, 1949; Ab'Saber, 2003). As classes de relevo predominante são fortes ondulado (49,35%), seguida pelas classes, ondulado (25%), montanhoso (11,77%), suave ondulado (8,89%) e plano (4,99%) (Figura 5).

Figura 5- Classes de Litologia, Solos e Declividade da Região Metropolitana do Vale do Aço e Colar Metropolitano



Fonte: Autores, 2023

Materiais e Métodos

Mapeamento de Uso e Cobertura do Solo

A avaliação das alterações no uso e cobertura do solo foram realizadas por meio dos produtos da coleção sete disponibilizados pelo projeto MapBiomas (2022a). Os dados são produzidos a partir de imagens do satélite *LandSat*, apresentando uma resolução espacial de 900 m² (30x30) para todo o território brasileiro que são processadas pelo *Google Earth Engine* (Souza et al., 2020).

Utilizando-se do produto gerado pelo projeto MapBiomias, foram selecionados quatro anos distintos para a comparação dos produtos em distribuição temporal variável, havendo três intervalos que apresentam uma diferença de 15 anos entre si -1985, 2000,2015- e o último cenário correspondente ao ano de 2021. Essa seleção foi motivada pela compreensão do panorama de migração dos usos ao longo das décadas e a identificação desta situação em um cenário mais próximo possível.

O download das imagens utilizadas foi realizado por meio do *Google Earth Engine* com a inserção de *scripts* disponibilizados pelo projeto (MapBiomias, 2022a) e, ainda em nuvem, os limites vetoriais da área de estudo IBGE (2018) foram inseridos para obter os dados apenas para a área de interesse, reduzindo o tamanho do arquivo e facilitando o processamento no *software* ArcGis 10.8.

As imagens obtidas foram submetidas a um conjunto de processamentos, seguindo os seguintes passos: i) conversão para o sistema de coordenadas planas, fuso 23 S, *DATUM* SIRGAS 2000; ii) conversão dos dados matriciais para dados vetoriais; iii) cálculo da área de cada classe de uso e cobertura do solo para os quatro cenários selecionados; iv) interseção entre as classes nos intervalos temporais para identificar qual o tipo de cobertura sofreu maior conversão.

Potencial de Uso Conservacionista

Para a avaliação do potencial de Uso Conservacionista foram utilizados como dados de entrada do mapeamento geológico da CPRM (2014) em escala de 1:100.000, mapeamento pedológico da UFV et al. (2010) em escala de 1:650.000 e os modelos digitais de elevação do INPE (2008) com resolução de 30x30m. Todos os arquivos foram convertidos no *software* ArcGis 10.8 para o sistema de coordenadas planas, fuso 23 S, *DATUM* SIRGAS 2000.

As variáveis declividade, solo e litologia foram reclassificadas, atribuindo notas de acordo com o método proposto por Costa et al. (2019a) e sequencialmente, por meio de uma álgebra de mapas, foi aplicada a equação PUC (Costa et. al., 2019a):

$$PUC = [(Declividade*0,5) + (Solos*0,39) + (Litologia*0,11)]$$

O resultado, em raster, proveniente da álgebra de mapas, foi classificado em categorias correspondentes às classes de PUC: Muito Baixo, Baixo, Médio, Alto e Muito Alto (Tabela 2) e em seguida, convertido em dados vetoriais para o cálculo da área de cada uma das classes.

Tabela 2 - Classes, intervalos e simbologia do método PUC

| Classe PUC | Intervalo | Cor/Código |
|-------------|-------------|--------------------|
| Muito Baixo | 1,00 - 1,80 | Vermelho / #ff0000 |
| Baixo | 1,81 - 2,60 | Laranja / #ff9900 |
| Médio | 2,61 - 3,40 | Amarelo / #ffff12 |
| Alto | 3,41 - 4,20 | Verde / #66bc41 |
| Muito Alto | 4,21 - 5,0 | Azul / #3c78d8 |

Fonte: Costa et. al., 2019a

Essas informações foram utilizadas de forma numérica e espacial, conjuntamente com os dados de uso e cobertura do solo, sendo possível a confecção de uma matriz de correlação entre os dados de PUC e uso e cobertura do solo denominada de como Matriz PUC (Costa et al., 2019). A matriz PUC permite identificar a adequação dos usos e ocupação da terra e do potencial natural das áreas, se tratando especificamente das interações resultantes da integração das variáveis do meio físico utilizadas.

Resultados e Discussão

Os dados trabalhados indicam que a região apresenta majoritariamente as classes de Formação Florestal e Pastagem em todos os intervalos temporais analisados, entretanto com uma redução progressiva ao longo dos anos. Simultaneamente, as classes de Silvicultura, Mineração e Café têm apresentado crescimento territorial (Tabela 3) (Figura 3)

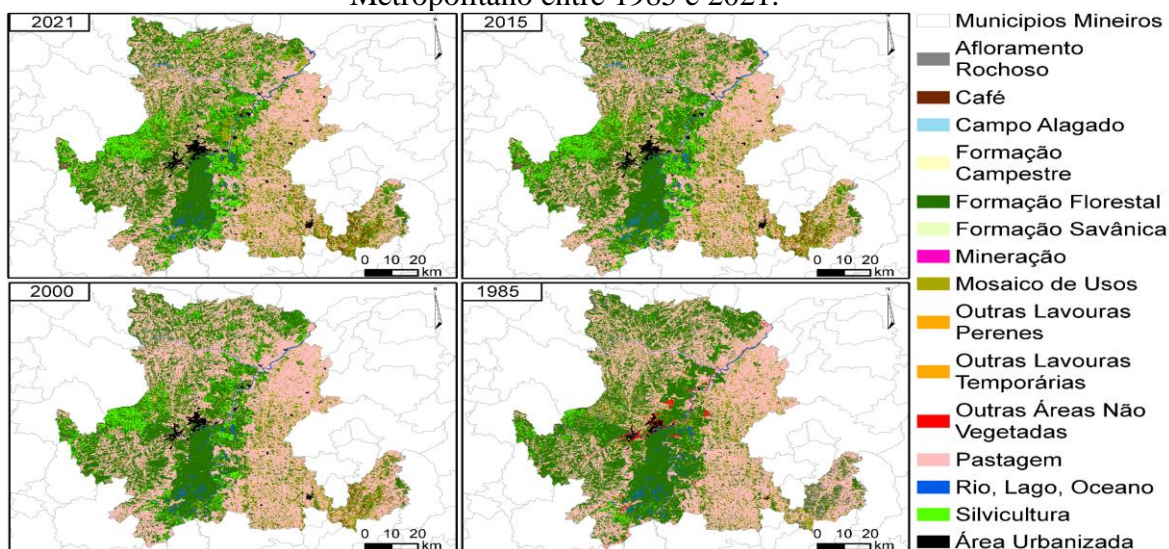
A classe de Formação Florestal apresenta sua maior parcela contínua nos limites do Parque Estadual do Rio Doce (PERD) ao Sul da área de estudo, enquanto as Pastagens localizam-se principalmente na porção Leste da área de estudo apresentando um decréscimo em sua área ao longo dos anos. Em contrapartida, a silvicultura apresentou, no mesmo intervalo, um crescimento significativo, chegando a alcançar um aumento superior a 400% em relação a 1985, totalizando 54.412,27 ha em 2021.

Tabela 3 - Evolução do Uso e Cobertura do Solo na Região Metropolitana do Vale do Aço e Colar Metropolitano.

| Classe | Área(ha) - 1985 | Área(ha) - 2000 | Área(ha) - 2015 | Área(ha) - 2021 |
|-----------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Afloramento Rochoso | 2.320,09 | 1.611,27 | 1.689,76 | 1.683,73 |
| Área Urbanizada | 4.878,51 | 9.939,00 | 12.196,52 | 12.786,88 |
| Café | 1.711,42 | 5.183,36 | 6.972,44 | 8.265,22 |
| Campo Alagado | 694,07 | 415,88 | 607,28 | 639,95 |
| Formação Campestre | 1.335,52 | 1.567,11 | 2.353,69 | 3.134,58 |
| Formação Florestal | 357.448,12 | 320.203,48 | 312.709,22 | 313.481,09 |
| Formação Savânica | 2.284,01 | 2.966,95 | 4.041,24 | 2.407,80 |
| Mineração | 43,49 | 113,15 | 216,11 | 258,78 |
| Mosaico de Usos | 88.225,25 | 88.956,28 | 121.330,45 | 125.324,70 |
| Outras Áreas Não Vegetadas | 8.142,59 | 958,25 | 1.178,98 | 1.289,50 |
| Outras Lavouras Perenes | 2,68 | 7,18 | 6,11 | 27,83 |
| Outras Lavouras Temporárias | 588,73 | 29,27 | 306,54 | 410,38 |
| Pastagem | 365.006,70 | 375.588,02 | 332.148,68 | 320.871,06 |
| Rio, Lago, Oceano | 12.706,79 | 11.508,94 | 11.743,39 | 10.938,91 |
| Silvicultura | 10.586,87 | 36.943,13 | 48.472,00 | 54.412,27 |

Fonte: Coleção 7 MapBiomias, 2022a.

Figura 3 - Uso e Cobertura do Solo na Região Metropolitana do Vale do Aço e Colar Metropolitano entre 1985 e 2021.



Fonte: Autores, 2023

As demais classes apresentadas, tiveram modificações pontuais, sendo a mais expressivas destas para a classe de Mosaico de Usos que, conforme o produto do MapBiomias (2022b) são áreas de uso agropecuário onde não foi possível distinguir entre pastagem e agricultura, alcançando cerca de 125.324,70 ha em 2021, com um aumento de 42% em relação a 1985. Territorialmente, é mais expressiva na porção Sudeste da área, juntamente com a classe Café que apresenta pequena relevância no contexto regional, mas, seu aumento, pode ter influenciado o aumento da classe de Mosaico de Usos, uma vez que a maior densidade no cultivo agrícola pode ter provocado confusão espectral na leitura das informações.

A expansão da área urbana representou um aumento de 162,11% em relação a 1985 e ficou restrita às imediações dos núcleos principais que se consolidaram historicamente, no entorno das redes de drenagem (Costa, 1995), devido aos maiores elevados dos terrenos nas maiores áreas da região. Todavia, ao longo dos anos (1985-2021) a Formação Florestal foi reduzida em 44 mil hectares em associação com a área de Pastagem que regrediu em mesmo valor. Em contrapartida a Silvicultura progrediu 43 mil hectares em valores absolutos (Tabela 3). A análise do processo de transição entre os usos, nos permite identificar uma dinâmica de transformações ao longo dos anos (Tabela 4).

Tabela 4- Conversão das classes de Uso e Cobertura do Solo na Região Metropolitana do Vale do Aço e Colar Metropolitano entre 1985 e 2021³.

| 1985-2021 | | | | | | | | | | | |
|-----------------|-----------|---------|----------|----------|-----------|----------|-------|-------|---------|------|----------|
| | F. Flor. | F. Sav. | Silv. | F. Camp. | Past. | Mos. | Mine. | L. T. | Café | L.P. | D.C |
| F.Flor. | 246.170,9 | 264,7 | 32.930,8 | 1.820,4 | 36.027,4 | 35.927,5 | 134,6 | 83,6 | 991,2 | 5,9 | 1.896,6 |
| F. Sav. | 133,9 | 898,1 | 87,7 | 6,2 | 384,6 | 827,3 | 1,7 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 12,6 |
| Silv | 3.339,2 | 6,3 | 5.879,4 | 169,3 | 623,4 | 604,6 | 43,3 | 0,0 | 18,1 | 0,0 | 34,0 |
| F. Camp. | 344,8 | 0,7 | 135,1 | 291,9 | 233,9 | 327,3 | 1,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 60,8 |
| Past. | 33.354,4 | 449,9 | 9.918,1 | 238,1 | 25.6602,5 | 53.205,9 | 20,7 | 224 | 5.299,4 | 19,5 | 4.439,8 |
| Mos. | 24.740,5 | 833,7 | 4.421,2 | 448,8 | 22.811,7 | 32.792,5 | 9,1 | 110 | 1.124,1 | 4,9 | 2.810,2 |
| Mine. | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,2 | 0,0 | 41,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1,9 |
| L.T. | 60,2 | 0,0 | 21,1 | 0,6 | 146,4 | 209,9 | 0,0 | 10,8 | 142,2 | 0,0 | 13,9 |
| Café | 364,6 | 1,2 | 16,0 | 0,1 | 289,1 | 374,1 | 0,0 | 10,5 | 738,8 | 0,0 | 3,1 |
| L.P | 0,3 | 0,0 | 0,0 | 3.228,1 | 0,0 | 2,4 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,3 | 0,0 |
| D.C | 4.092,2 | 28,17 | 1.077,24 | 247,90 | 2.708,06 | 2.596,13 | 3,81 | 1,19 | 1,269 | 0 | 18.133,1 |

Fonte: Autores, 2023.

Em um panorama geral, a área total ocupada pela classe de Formação Florestal, apresentou 246 mil hectares inalterados de vegetação. Entretanto, valores significativos desta área foram convertidos em classes de Silvicultura, Pastagem e Mosaico de Usos com, respectivamente, 32 mil hectares, 36 mil hectares e 35 mil hectares aproximadamente. Esse cenário de transições não é específico da RMVA sendo também observado em outras regiões do Brasil (Lapig, 2023; Oliveira et al., 2023; Moura et al., 2024; Bolfe, 2024) e a nível mundial. Segundo a FAO (2022), em um panorama global, entre 1992 e 2019 houve um aumento de 100% das alterações antrópicas na superfície do planeta, alcançando 60 milhões de ha. Dentre estas alterações é notável o crescimento das áreas destinadas ao cultivo agrícola, pastagens e uso das áreas úmidas, aos quais apresentaram um aumento aproximado

³F. Flor = Formação Florestal / F. Sav. = Formação Savânica / Silv = Silvicultura / F. Camp. = Formação Campestre / Past. = Pastagem / Mos = Mosaico de Uso / Mine = Mineração / L.T = Lavoura Temporária / L.P = Lavoura Perene / D.C = Demais Classes

de 28%, acompanhado pela redução das áreas de florestas nativas. No Brasil, as áreas de pastagem representam hoje aproximadamente 167 milhões de hectares de pastagens e destes cerca de 60% apresentam algum tipo de degradação (Bolfe et al., 2024).

Nas regiões de clima tropical e subtropical a ausência de práticas eficazes de manejo é apontada como uma das principais causas de degradação das pastagens (Dias-Filho, 2011), associadas ao relevo movimentado levam a processos erosivos intensos como os observados na região de estudo (Figura 4).

Figura 4 - Feições erosivas no município de Timóteo-MG, janeiro de 2023.



Fonte: Autores, 2023

Segundo a FAO (2009), em termos globais, uma das principais causas de degradação de pastagens de influência antrópica direta é o manejo inadequado, em particular o uso sistemático de taxas de lotação que excedam a capacidade do pasto de se recuperar do pastejo e do pisoteio.

Sendo assim, é essencial explicitar que, para haver a mitigação de processos de degradação intensos, a ação no campo político deve ser intensificada com o intuito de criar políticas públicas de melhoria no processo de uso do solo no âmbito regional que favoreçam a recuperação e a conservação das pastagens, principalmente pelos diferentes serviços ecossistêmicos que estas áreas podem oferecer (Moura et al., 2024).

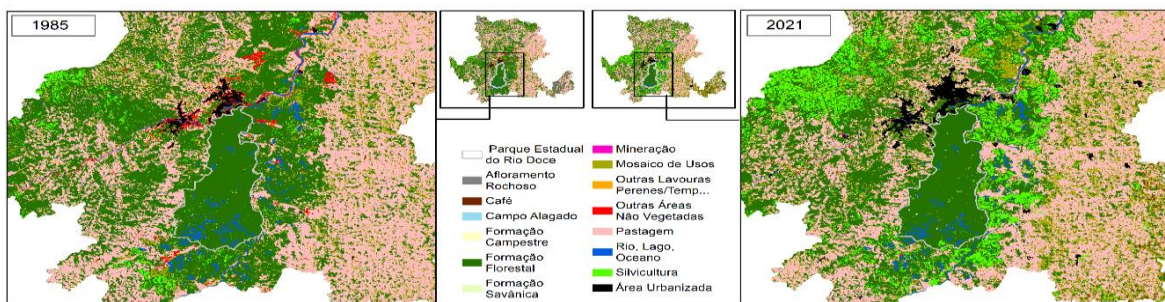
Estudos de revisão (Bosh & Hewlett 1982, Brown et al. 2005, Jackson et al., 2005) mostram que o manejo adequado em área de vegetação de menor porte, provoca um aumento da disponibilidade hídrica por haver um menor consumo hídrico nos processos metabólicos da vegetação. Em contrapartida, à medida que o porte da vegetação é elevado, otimiza-se outros serviços ecossistêmicos, como o estoque de carbono (Lima et al. 1990, Le Maitre et al., 1999, Oliveira et al., 2016). Nesse contexto, do ponto de vista hídrico, o ambiente ocupado pelas pastagens apresentaria grandes potenciais se estivessem sobre manejo adequado, haja visto que a vazão dos cursos hídricos é aumentada com a redução da evapotranspiração (Brown et al., 2005; Jackson et al., 2005).

Por outro lado, em áreas de pastagem degradada além da perda econômica advinda da menor produtividade de massa vegetal, há perdas ambientais significativas quando da degradação do solo, levando a processos erosivos, perda de nutrientes, biodiversidade,

redução da capacidade de infiltração de água e emissão de carbono para a atmosfera. Contudo, as ações relacionadas ao conhecimento e conservação dos solos em nível global ainda são tímidas frente ao seu grande potencial e papel desempenhado na prestação de serviços ecossistêmicos (Dominati et al., 2010; Mota et al., 2023; Moura et al., 2024).

O avanço da Silvicultura na região pode estar associado a novas dinâmicas territoriais a partir da instalação da planta produtiva da empresa CENIBRA e devido ao programa de fomento florestal, instaurado a partir de 1985 com o apoio do Instituto Estadual de Florestas de Minas Gerais (CENIBRA, 2023). A CENIBRA, por exemplo, proporciona a produtores de 89 municípios mineiros, os mecanismos necessários para a produção de madeira: tecnologia e insumos (mudas, adubos e defensivos) e garante a compra da madeira na etapa da colheita (CENIBRA, 2023), transformando a silvicultura em um ramo atrativo para os produtores rurais, principalmente devido à ampla assistência fornecida pela empresa. Ao longo do período analisado (1985-2021) cerca de 33 mil hectares de Formação Florestal foram convertidos diretamente em Silvicultura, principalmente nas imediações do Parque Estadual do Rio Doce (PERD) (Figura 5). Isso leva a um grande impacto paisagístico e ambiental na região com redução da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos prestados no interior da unidade de conservação por consequência das alterações nas características da vegetação (Vijay et al., 2016).

Figura 5 – Comparação entre as áreas de Silvicultura nas proximidades do Parque Estadual do Rio Doce



Fonte: Autores, 2023

Numa análise de cenários paisagísticos possíveis para a região da bacia do Rio Doce, Ribeiro et al (2024) apontaram que a transição para usos mais sustentáveis na região, como agroflorestas, criação de animais e conservação são dificultados pela inexistência de atores e de capacidade institucional para implementar esses usos preferenciais da terra no terreno. Os autores ressaltam ainda que as indústrias de produção de aço e celulose, bem como as

agências de desenvolvimento urbano, estão bem estruturadas e representadas nos contextos locais de elaboração de políticas, realidade bem diferente da população local, que não consegue se posicionar nessa relação de poder.

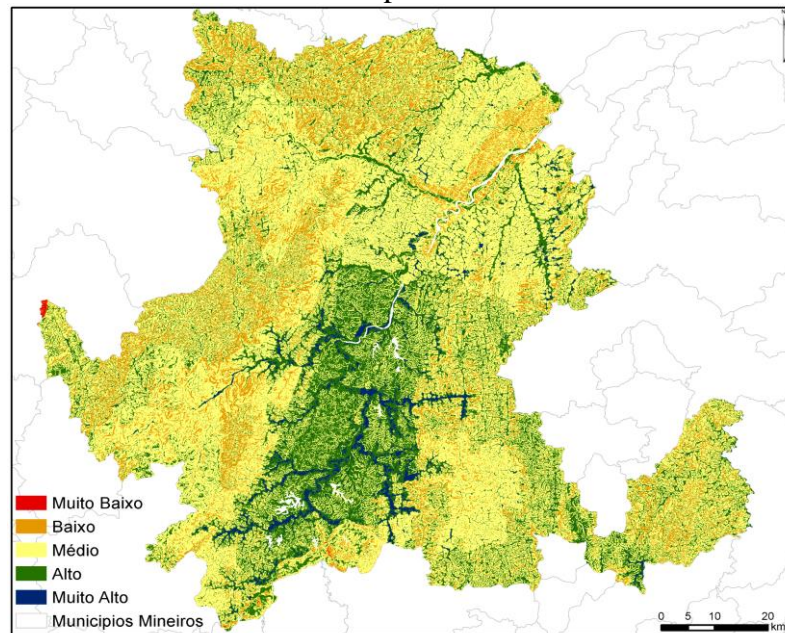
Os dados biofísicos da região demonstram a predominância do PUC Médio (59,86%) (Tabela 5). O relevo é o fator condicionante do menor potencial da área com predominância de relevo forte ondulado a montanhoso (Figura 6). Mesmo com a presença de classes de solos com maior desenvolvimento pedológico, como os Latossolos e Argissolos, as condições atuais do relevo, de maior declividade, favorecem o escoamento superficial da água em detrimento ao processo de infiltração. As condições de relevo associadas à menor estabilidade estrutural do solo originados predominantemente de litologia de quartzito e paragnaisse torna-os mais susceptíveis aos processos erosivos quando da ausência de cobertura vegetal e de práticas de manejo e conservação do solo e água adequados.

Tabela 5 - Potencial de Uso Conservacionista (PUC na Região Metropolitana do Vale do Aço (RMVA)).

| Classe PUC | ha | % |
|-------------|------------|-------|
| Muito Alto | 27.711,44 | 3,26 |
| Alto | 213.115,48 | 25,04 |
| Médio | 509.522,55 | 59,86 |
| Baixo | 100.439,14 | 11,80 |
| Muito Baixo | 463,81 | 0,05 |

Fonte: Autores, 2023.

Figura 6- Potencial de Uso Conservacionista da Região Metropolitana do Vale do Aço e Colar Metropolitano



Fonte: Autores, 2023

As classes de Muito Alto PUC localizam-se nos fundos de vales ao longo do curso de água e representam apenas 3,26% da área e as de PUC Alto nas áreas de relevo plano a suave ondulado que compreendem grande parte do PERD. Esta área de maior potencial corresponde também às áreas onde, no passado, estavam localizadas as florestas no entorno do parque e que tem sido ao longo dos anos sendo substituídas pela Silvicultura (Figura 5).

Assim, observa-se uma grande pressão de expansão das atividades de Silvicultura e agrícolas, ao longo dos anos, para os limites do PERD. Embora isso seja coerente com o potencial de uso conservacionista da área traz um grande alerta no que se refere aos impactos futuros para o PERD. Estudos como o Oliveira et al. (2023) e Barbosa et. al. (2020) demonstram que avanços de atividades antrópicas ocorreram em Áreas de Preservação Permanente e Reserva Legal, sendo em alguns casos, a efetivação destes instrumentos questionados. Observa-se assim que os processos de degradação da terra em função das mudanças no uso e cobertura do solo, muitas vezes estão diretamente relacionados com as fragilidades e potencialidades naturais. Estas sem a utilização de práticas adequadas de manejo e conservação do solo vêm ao longo dos anos acumulando um processo intensivo de degradação, que inicialmente impacta a produtividade dessas culturas e posteriormente leva à degradação crescente dos solos.

A análise do Potencial de Uso Conservacionista permitiu indicar que o ambiente biofísico consistiu no eixo norteador das intervenções antrópicas na região, priorizando as alocações das indústrias e edificações urbanas ao longo dos fundos de vale (Costa, 1995) e dos ambientes de mais Alto potencial, conseqüentemente com menores limitações naturais. Por consequência, as demais áreas foram sendo ocupadas/convertidas em outras atividades e resultando na organização atual. Predominantemente, a região possuiu por muito tempo atividades agropecuárias com base em seu desenvolvimento econômico, com as primeiras fazendas da região remontando ao séc. XIX (Costa, 1995; Quecini, 2007). O reflexo destes usos pode ser observado na dinâmica territorial até o presente, havendo o predomínio de atividades ligadas à agropecuária até o cenário atual em potenciais diversos.

Os usos de Silvicultura e Mosaico de Usos, além das áreas de maiores PUC também têm avançado para áreas de menores potenciais. O uso nestas áreas onde predominam relevo mais acidentado associados a solos mais frágeis requer práticas adequadas de uso e conservação do solo de forma a minimizar os impactos já existentes na região. A utilização dos ambientes mais fragilizados sem as devidas prevenções quanto às limitações do ambiente pode desencadear processos de degradação ambiental de grandes proporções, rompendo com a resiliência do ambiente e comprometendo a sua capacidade de recuperação. A região de estudo a muitos anos sofre com uso intensivo das terras sem a existência de programas, projetos e políticas públicas que realmente planejem fomentar um desenvolvimento mais sustentável da região. Conforme apontado por Ribeiro et al. (2024) a implementação de usos sustentáveis preferenciais na bacia do rio Doce exigiria um papel novo e estratégico das instituições regionais, é preciso um fortalecimento dos atores locais, parceria público-privado, pesquisas e articulação política, de forma que o compromisso e responsabilidade corporativa e social para com a região seja respeitada.

As atividades econômicas trouxeram ao longo dos anos desenvolvimento para a região, mas também muita degradação e impactos que hoje ameaçam avançar sobre áreas até então preservadas. É preciso desta forma, implementar análises holísticas que permitam nortear planos, programas e ações que pensem em atividades multifuncionais e sustentáveis.

Considerações Finais

1. A ausência de práticas de manejo adequada nas pastagens tem intensificado os processos de degradação, provocando a redução do potencial natural da área que rompe com a resiliência do meio e podem se tornar irreversíveis.

2. A classe de Formação Florestal apresenta ampla redução ao longo dos anos e mostra-se ampla por consequência do PERD, situação que garante uma maior diversidade de serviços ecossistêmicos para o ambiente da RMVA e CM.
3. Os demais usos do território não apresentam uma dinâmica intensa de modificações, mas, a “estabilidade” desses usos ao longo dos anos não garante uma segurança ambiental haja visto que os potenciais predominantes na área dependem do manejo adequado.
4. A ausência de mecanismos fiscalizadores, seja na Agência Metropolitana do Vale do Aço ou até mesmo frente aos órgãos do Estado, favorecem a perpetuação dos processos de degradação instaurados ao longo das áreas de pastagens, ampliando o volume de solo improdutivo e a redução considerável de área produtiva ao longo da RMVA e CM.

Referências

AB'SABER, A. N. **Previsão de Impactos**: o estudo de impacto ambiental no leste, oeste e sul. Experiências no Brasil, na Rússia e na Alemanha. São Paulo: Edusp, 1994.

AB'SABER, Aziz Nacib. **Os domínios da Natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.

AZEVEDO, A. D. **O planalto brasileiro e o problema da classificação de suas formas de relevo**. Boletim Paulista De Geografia, (2), 43–53, 1949.

BARBOSA, B. B. ; COELHO, C. J. C. ; MORAES, L. A. ; SANTOS, L. A. **Unidades de Conservação no Brasil: um enfoque para a Região dos Cocais, no Leste Maranhense**. RESEARCH, SOCIETY AND DEVELOPMENT, v. 9, 2020.

BOLFE, E. L.; VICTORIA, D. C.; SANO, E. E.; BAYMA, G.; MASSRUHÁ, S. M. F. S.; OLIVEIRA, A. F. **Potential for Agricultural Expansion in Degraded Pasture Lands in Brazil Based on Geospatial Databases**. Land, v. 13. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/land13020200>. Acesso em: 15 de fev. 2024.

BOSCH, J.M.; HEWLETT, J.D. **A Review of catchment experiments to determine the effect of vegetation changes on water yield and evapotranspiration**. Journal of Hydrology 55: 3-23. 1982.

BROWN, A.E.; ZHANG, L.; MCMAGON, T.A.; WESTERN, A.W.; VERTESSY, R.A. **A Review of paired catchment studies for determining changes in water yield resulting from alterations in vegetation**. Journal of Hydrology 310: 28-61. 2005

CENIBRA. **Programa Fomento Florestal**. Disponível em:< <https://www.cenibra.com.br/sustentabilidade/fomento-florestal/>>. Acesso em: 08 fev. 2023.

COSTA, A. M. C.; CARVALHO, D. C.; SALIS, H. C.; HORTA, I. M. F.; SAMPAIO, J.D.L.; VIANA, J. H. M.; PEDRAS, K. C.; EVANGELISTA, L. P.; PEREIRA, M. P. R. **Ponderação de variáveis ambientais usadas na determinação dos potenciais de recarga hídrica, de uso agropecuário e de resistência a processos erosivos para o Estado de Minas Gerais.** Geografias, v. n. 1, 2017

COSTA, A. M. C.; SALIS, H. C.; ARAÚJO, B. J. R. S.; MOURA, M. S. M.; SILVA, V. C.; OLIVEIRA, A. R.; PEREIRA, M. P. R.; VIANA, J. H. M. **Potencial de uso conservacionista em bacias hidrográficas: estudo de caso para a bacia hidrográfica do rio Gualaxo do Norte – MG.** Geografias, v. 27 n. 2, 2019a.

COSTA, A. M.; SILVA L. H.; SILVA V. C.; MOURA, M. S.; MOTA, P. K.; ARAÚJO, B. J. R. S. **Potencial de Uso Conservacionista (PUC) e Uso e Cobertura do Solo na Bacia Hidrográfica do Córrego Guavirá, PR.** Revista Perspectiva Geográfica, [s. l.], v. 14, n. 20, p. 107-122, 2019b.

COSTA, G. M.; COSTA, H. S. M. **Região metropolitana e competitividade intermunicipal: uma conciliação possível?** IX Seminário sobre economia mineira. Diamantina-MG pp. 1055-1076.

COSTA, H. S. M. **Vale do Aço: da produção da cidade moderna sob a grande indústria à diversificação do meio ambiente urbano.** Tese de doutorado. CEDEPLAR, Universidade Federal de Minas Gerais. 1995.

COSTANZA, R.; DE GROOT, R.; SUTTON, P.; VAN DER PLOEG, S.; ANDERSON, S. J.; KUBISZEWSKI, I.; FARBER, S.; TURNER, R. K. **Changes in the global value of ecosystem services.** Global Environment Change, 26, pp. 152-158, 2014.

CPRM, SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Mapeamento geológico e cadastramento de recursos minerais da região leste de Minas Gerais. Escala 1:100.000.** Folha SE.23-Z-D-V. Projeção Policônica, Datum WGS84 (2000). Disponível em: <http://www.portalgeologia.com.br/index.php/mapa/#downloads-tab>. Acesso em 2. jun. 2023

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. **Mapa Geológico do Estado de Minas Gerais (2014) – Escala 1:1.000.000.** Brasil: 2014. Disponível em: <http://www.portalgeologia.com.br/index.php/mapa/>. Acesso em 2. jun. 2023

DIAS-FILHO, M. B. **Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação.** 4º ed. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2011. 215 p.

DING, Z.; ZHENG, H.; WANG, J.; O’CONNOR, P.; LI, C.; CHEN, X.; LI, R.; OUYANG, Z. **Integrating Top-Down and Bottom-Up Approaches Improves Practicality and Efficiency of Large-Scale Ecological Restoration Planning: Insights from a Social-Ecological System.** Engineering. 2022.

DOMINATI E.; PATTERSON, M.; MACKAY, A. **A framework for classifying and quantifying the natural capital and ecosystem services of soils.** Ecological Economics. v 69, n 4. p1858-1868. 2010.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **The State of the World’s Land and Water Resources for**

Food and Agriculture – Systems at breaking point. Main report. Rome. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.4060/cb9910en>. Acesso em: 28 de dez. 2023

FORMAN, R. T. T. **Land mosaics: The ecology of landscapes and regions.** Cambridge University Press, Cambridge. 1997.

FREITAS, L; MORAES, J; COSTA, A; MARTINS, L; SILVA, B; AVAZI, J; UEZU, A. **How Far Can Nature-Based Solutions Increase Water Supply Resilience to Climate Change in One of the Most Important Brazilian Watersheds?.** Climate System Uncertainty and Biodiversity Conservation. 2022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2673-4834/3/3/42>. Acesso em 22 dez.2023.

GUERRA, A. J. T.; JORGE, M. C. O. **Degradação dos solos – Abordagens teóricas e estudos de casos, ao longo de 25 anos (1994-2019), no âmbito do LAGESOLOS.** Humbolt – Revista de Geografia Física e Meio Ambiente. Rio de Janeiro. v.1, 2021.

HAN, Z.; WEI, Y.; MENG, J.; ZOU, Y.; WU, Q. **Integrated water security and coupling of social-ecological system to improve river basin sustainability.** Science of The Total Environment, v. 905. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.167182> . Acesso em 15 dez. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA ESTATÍSTICA - IBGE. **Estimativas da população 2020.** Tabelas. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html?=&t=resultados>. Acesso em: 6 jun. 2023.

IEF (a). Instituto Estadual de Florestas. **Parque Estadual do Rio Doce. Portal oficial na internet.** 2023. Disponível em: <http://www.ief.mg.gov.br/component/content/195?task=view> Acesso em: 22 dez. 2023.

INPE - INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Topodata: Banco de Dados Geomorfológicos do Brasil.** São José dos Campos, 2008. Disponível em: <http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata/>. Acesso em: 2 jun. de 2023.

IVANAUSKAS, N. M.; MONTEIRO, M.; RODRIGUES, R. R. **Levantamento florístico de um trecho de floresta atlântica em Pariquera-Açu, São Paulo, Brasil.** Naturalia, v. 26, p. 97-129, 2001.

JACKSON, R.B.; JOBBÁGY, E.G., AVISSAR, R.; ROY, S.B.; BARRETT, D.J.; COOK, C.W.; FARLEY, K.A., LE MAITRE, D.C.; MCCARL, B.A.; MURRA, B.C. **Trading water for carbon with biological carbon sequestration.** Science 310: 1944-1947. 2005

LAPIG, Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento: **Atlas das Pastagens**, 2023. Disponível em: <https://atlasdaspastagens.ufg.br/map>. Acesso em: 12 mar. 2024.

LE MAITRE, D.C.; SCOTT, D.F.; COLVIN, C. **Review of information on interactions between vegetation and groundwater.** Water SA 25: 137-152. 1999.

LIMA, W.D.P.; ZAKIA, M.B.; LIBARDI, P.L.; FILHO, A.P.S. **Comparative evapotranspiration of Eucalyptus, Pine and natural “Cerrado” vegetation measure by the soil water balance method.** IPEF International 1: 5-11. 1990

MAPBIOMAS. **Algorithm Theoretical Basis Document (ATBD):** Collection 7. 2022a. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/download-dos-atbds-com-metodo-detalhado/>. Acesso em: dez 2022.

MAPBIOMAS. **GLOSSÁRIO.** 2022b. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/glossario/#:~:text=Os%20mosaicos%20do%20MapBiomass%20s%C3%A3o,an%C3%A1lise%20para%20um%20per%C3%ADodo%20especificado.> Acesso em: dez 2022.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. **Ecosystems WELL-BEING.** Island Pre ed. Washington, 2005.

MINAS GERAIS (Estado). **Lei Complementar nº 51, de 30 de dezembro de 1998. Institui a Região Metropolitana do Vale do Aço, dispõe sobre sua organização e funções e dá outras providências.** Belo Horizonte, MG: Diário do Executivo, 1998.

MOTA, P. K.; COSTA, A. M. da; PRADO B, R. B.; FERNANDES C, L. F. S.; PISSARRA D, T. C. T.; PACHECO D E, F. A. L. **Payment for environmental services: A critical review of schemes, concepts, and practice in Brazil.** Science Total Environment, 2023.

MOURA, M. S.; SILVA, V. C.; PACHECO, F. A. L.; FERNANDES, L. F. S.; PISSARA, T. C. T.; COSTA, A. M. **Land use planning and ecosystem services assessment with the conservation use potential framework: A study in the Upper Rio das Velhas basin, Brazil.** Science of The Total Environment, v. 932. 2024.

MUCIDA, D; GORGENS, E; RECH, A; CHRISTOFARO, C; SILVA, R; PEREIRA,I; MORAIS, M; COSTA, A; FRANÇA, L. **Designing optimal agrosilvopastoral landscape by the potential for conservation use in Brazil.** Sustainable Horizons, v. 5, 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772737822000396>. Acesso em: 02 dez.2023

OLIVEIRA, A.R. PACHECO, F. A. L., FERNANDES, L.F.S. **Trends of potentially illegal deforestation over protected areas of Rio das Velhas basin, Brazil.** Land Degradation & Development. v, 34. 2023. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/ldr.4799>. Acesso em 22 jan. 2024.

OLIVEIRA, P.T.S., LEITE, M.B., MATTOS, T., NEARING, M. M.A., SCOTT, R.L., XAVIER, R.O., MATOS, D.M.S.; WENDLAND, E. - **Groundwater recharge decrease with increased vegetation density in the Brazilian cerrado.** Ecohydrology. 2016

PAIVA, C. A. **População e economia nas minas gerais do século XIX.** Tese de doutorado. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo. 1996

QUECINI, V. M. **Timóteo: O Legado Urbano de um Projeto Industrial.** Tese de Doutorado. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo. 2007

ROSS, J.L.S. **Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados**. Revista do Departamento de Geografia 1994; v.8: 63-74

ROSS, J.L.S.. **Análises e Sínteses na Abordagem Geográfica da Pesquisa para o Planejamento Ambiental**. Revista do Departamento de Geografia da USP. São Paulo. n.9, p.65-75, 1995.

ROSS, J.L.S. **Ecogeografia do Brasil: subsídios para planejamento ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2006. 208p.

RIBEIRO, S. C.; FERREIRA, E.; PAULA, L. G.; RODRIGUES, R.; DRUMOND, M. A.; PURCÍNO, H.; OLIVEIRA, B.; MOREIRA, V.; MONTEIRO, A.; FONSECA, B.; ALMEIDA, N.; O'RIORDAN T.; AZEVEDO, U.; CONTI, A.; BARBOSA, P. **What can be learned from using participatory landscape scenarios in Rio Doce State Park, Brazil?**. Landscape Ecology. v.39, 2024.

SANTOS, M. **Técnica, Espaço, Tempo: Globalização e Meio Técnico-Científico**. 5. ed. Editora da Universidade de São Paulo, 2008.

SOUZA, C. M. Jr.; SHIMBO, J. Z.; ROSA, M. R.; PARENTE, L. L.; ALENCAR, A. A.; RUDORFF, B. F. T.; HASENACK, H.; MATSUMOTO, M.; FERREIRA, L. G.; SOUZA-FILHO, P. W.M.; OLIVEIRA, S. W.; ROCHA, W. F.; FONSECA, A. V.; MARQUES, C. B.; DINIZ, C. G.; COSTA, D.; MONTEIRO, D.; ROSA, E. R.; MARTIN-VÉLEZ, E.; WEBER, E. J.; LENTI, F. E. B. L.; PATERNOST, F. F.; PAREYN, F. G. C.; SALES, M. H.; SALGADO, M. P. G.; VASCONCELOS, R.; GALANO, S.; MESQUITA, V. V.; AZEVEDO, T. **Reconstructing Three Decades of Land Use and Land Cover Changes in Brazilian Biomes with Landsat Archive and Earth Engine**. Remote Sensing. 2020, 12, 2735.

TENENWURCEL, M. A.; MOURA, M. S.; COSTA, A. M.; MOTA, P. K.; VIANA, J. H. M.; FERNANDES, L. F. S.; PACHECO, F. A. L. **An improved model for the evaluation of groundwater recharge based on the concept of conservative use potential: A study in the river Pandeiros Watershed, Minas Gerais, Brazil**. Water (Switzerland), v. 12, n. 4, 2020.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE, 1977. 97p.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS, INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS, LABORATÓRIO DE SOLOS E MEIO AMBIENTE. **Zoneamento Ambiental e Produtivo da Bacia Hidrográfica do Rio Manso - MG**. Belo Horizonte: UFMG/IGC, 2017.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA -UFV; UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS; FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE DE MINAS GERAIS. **Mapa de Solos do Estado de Minas Gerais**. Mapa col. 1: 600.000. Projeção Policônica, 2010. Disponível em: http://www.dps.ufv.br/?page_id=742. Acesso em: 2 de jun. 2023.

VIJAY, V.; PIMM, S. L.; JENKINS, C. N., SMITH, S. J. **The impacts of oil Palm on recent deforestation and biodiversity loss**. Plos One, v. 11, n.7, jul., 2016.

WESTMAN, W. E. **How Much Are Nature's Services Worth?** Science, v. 197, n. 4307, p. 960–964, 1977.