

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MONTES CLAROS
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

MARIA TEREZA PEREIRA DOS SANTOS

**ABORDAGEM GEOSISTÊMICA DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO DOMINGOS/NORTE DE
MINAS GERAIS**

**Montes Claros
Dezembro/2019**

MARIA TEREZA PEREIRA DOS SANTOS

**ANÁLISE GEOSISTÊMICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO
SÃO DOMINGOS - MG**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto sensu* em Geografia (PPGEO) da Universidade Estadual de Montes Claros (Unimontes), como requisito final para a obtenção do título de Mestre.

Orientadora: Profa. Dra. Maria Ivete Soares de Almeida

**Montes Claros
2019**

Santos, Maria Tereza Pereira dos.
S237a Abordagem geossistêmica da Bacia Hidrográfica do Rio São Domingos/Norte de Minas Gerais [manuscrito] / Maria Tereza Pereira dos Santos. – Montes Claros, 2019.
149 f. : il.
Bibliografia: f. 140-149.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Montes Claros - Unimontes, Programa de Pós-Graduação em Geografia/PPGEO, 2019.
Defesa: 17/12/2019.

Orientadora: Profa. Dra. Maria Ivete Soares de Almeida.

1. Recursos naturais. 2. Geossistemas. 3. Bacia Hidrográfica. 4. Análise integrada da paisagem. 5. Fragilidades ambientais. II. Almeida, Maria Ivete Soares de. III. Universidade Estadual de Montes Claros. IV. Título.

MARIA TEREZA PEREIRA DOS SANTOS

**ABORDAGEM GEOSISTÊMICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO
DOMINGOS/NORTE DE MINAS GERAIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto sensu* em Geografia da Universidade Estadual de Montes Claros (UNIMONTES), como requisito final para a obtenção da titulação de Mestre.

Data da aprovação:

Banca Examinadora

Profa. Dra. Maria Ivete Soares de Almeida – Orientadora (PPGEO – UNIMONTES)

Prof. Dr. Exedito José Ferreira – (CODEVASF)

Prof. Dr. Cristiano Marcelo Pereira de Souza – (UNIMONTES)

Montes Claros

2019

Dedico este trabalho aos meus pais, irmãs, sobrinhos, namorado, amigos e, em especial ao meu irmão Durvalino de Messias que hoje já não se encontra mais entre nós, mas durante sua vida o seu sonho era me ver Mestre.

AGRADECIMENTOS

Agradecer é a dádiva de reconhecer que não construímos algo sozinhos, mas sim com o auxílio de pessoas especiais que merecem o nosso reconhecimento. Tendo em mente que não realizei esse trabalho só, quero agradecer primeiramente a Deus, minha fonte incondicional de força e proteção.

Agradeço aos meus pais João Pereira e Maria Gina, pela vida, amor, por serem meu porto seguro, e estarem sempre me incentivando a seguir em frente, e por terem me proporcionado a sustentação necessária para alcançar esse objetivo.

Agradeço aos meus irmãos Janete Pereira, Maria Janaína e Durvalino de Messias (*in memoriam*) pelo carinho, apoio, tolerância e ajuda.

Aos meus sobrinhos João Marcelo, Maria Fernanda, Júnia Larissa e Eduardo Valentin pelo apoio e carinho, por serem a minha fonte de inspiração diária.

Ao meu namorado Gilmar Gonçalves pelo apoio, compreensão, companheirismo, tolerância, carinho e, principalmente, por sempre estar ao meu lado me incentivando.

Ao meu primo Darlon pelo apoio e ajuda.

Ao meu amigo Christian, pelo apoio e incentivo desde o início do processo seletivo.

À minha colega e amiga Maria Alice e toda a sua família, pelo apoio e carinho.

À Renata, pela amizade, pelo incentivo e apoio nos momentos necessários.

Às amigas Lérica, Dione e Maria Ribeiro pelos momentos de conversas e conselhos.

Aos colegas de turma, em especial Raul e Suzane, Kátia, Fábriça e Christiana pela amizade e apoio.

À professora Maria Ivete, pelo carinho, paciência, compreensão e ensinamentos fundamentais nessa jornada;

Aos Professores Manoel, Expedito, Cristiano e Marcos, pelo grande auxílio e paciência;

Às Escolas Estaduais Cordiolino Souza Santos e Lourdinha Silveira pelo apoio e compreensão;

Aos dirigentes da EMATER de Francisco Sá e da CODEVASF, pela disponibilização de dados.

A todos os meus amigos, colegas e familiares que, de alguma forma, me apoiaram para que eu pudesse chegar até aqui: o meu muito obrigada, de coração!

“A base de toda a sustentabilidade é o desenvolvimento humano que deve contemplar um melhor relacionamento do homem com os semelhantes e a Natureza”.

Nagib Anderáos Neto

RESUMO

No cenário mundial, cresce a necessidade de estudos que visem compreender a questão ambiental relacionada a recursos naturais. Sendo assim, é necessário que os estudos envolvam a análise de elementos da paisagem de forma integrada, permitindo assim a compreensão do espaço geográfico sob diversos aspectos, sejam eles físicos ou humanos, bem como no seu processo tempo-espacial. Dessa forma, insere-se a bacia hidrográfica do rio São Domingos, objeto de estudo deste trabalho, no município de Francisco Sá e Capitão Éneas (MG), na Mesorregião Norte de Minas, e apresenta características ambientais frágeis devido, principalmente, a questões climáticas da região, que enfrenta longos períodos de estiagem. O presente trabalho tem como objetivo analisar a dinâmica geossistêmica da Bacia Hidrográfica do Rio São Domingos e suas transformações no período de 1998 a 2018. A metodologia utilizada para alcançar o objetivo do trabalho consistiu em pesquisa bibliográfica, buscando a fundamentação teórica para embasamento de estudos da Paisagem, a Teoria Geral dos Sistemas, Geossistemas, Bacias Hidrográficas. Para melhor detalhamento das informações, utilizou-se o Sistema de Informação Geográfica (SIG) e o Sensoriamento Remoto. Para o processamento das informações e gerações dos mapas utilizou-se o software ArcGIS 10.5, licenciado pelo laboratório de Geoprocessamento da Unimontes. Para a caracterização física da bacia foram analisados aspectos climáticos, geológicos, geomorfológicos, pedológicos e vegetacionais e foram gerados os seguintes mapas: geologia, hipsometria, declividade, geomorfologia e pedologia. Para a análise morfométrica utilizou-se os parâmetros propostos por Christofletti (1980). Para a análise tempo-espacial da paisagem da bacia do rio São Domingos foram elaborados mapas do uso da terra, compreendendo os períodos de: 1988, 1998, 2008, 2018. Após a elaboração desses mapas, foram realizadas as validações em trabalhos de campo e a análise integrada da paisagem, utilizando como classes de análise o uso da terra da bacia, como, também, a determinação da Fragilidade Ambiental Potencial e Emergente da bacia embasada na proposta de Ross (1994). Após apresentação desses dados da bacia sob estudo, pode-se inferir que ela pode ser considerada como uma área que carece de ações para a preservação dos recursos naturais que compõem a sua paisagem, uma vez que vem sofrendo alterações que comprometem o seu equilíbrio dinâmico, além da disponibilidade dos recursos para gerações futuras. Portanto, acredita-se que este trabalho possa servir de subsídio para elaboração de planos de ação para a área da bacia do rio São Domingos, bem como, para futuros trabalhos cujo objetivo seja a preservação dos recursos naturais disponíveis na área de estudo, como, também, para a gestão dos mesmos.

Palavras-chaves: Recursos naturais. Geossistemas. Bacia Hidrográfica. Análise integrada da paisagem. Fragilidades Ambientais.

ABSTRACT

On the world stage, there is a growing need for studies aimed at understanding the environmental issue related to natural resources. Thus, it is necessary that the studies involve the analysis of landscape elements in an integrated way, thus allowing the understanding of the geographical space under various aspects, whether physical or human, as well as in its temporal-spatial process. Thus, the São Domingos river basin is inserted, object of study of this work, in the municipality of Francisco Sá and Capitão Éneas (MG), in the Mesorregião Norte de Minas, and presents fragile environmental characteristics, mainly due to climate issues. region, which faces long periods of drought. The present work aims to analyze the geosystemic dynamics of the São Domingos River Basin and its transformations in the period from 1998 to 2018. The methodology used to reach the objective of the work consisted of bibliographic research, seeking the theoretical foundation for the foundation of studies of the Landscape, General Systems Theory, Geosystems, Watersheds. For better detail of the information, the Geographic Information System (GIS) and Remote Sensing were used. For processing the information and map generations, ArcGIS 10.5 software was used, licensed by the Unimontes Geoprocessing laboratory. For the physical characterization of the basin, climatic, geological, geomorphological, pedological and vegetational aspects were analyzed and the following maps were generated: geology, hipsometry, slope, geomorphology and pedology. For the morphometric analysis we used the parameters proposed by Christofolletti (1980). For the temporal-spatial analysis of the landscape of the São Domingos river basin, land use maps were elaborated, comprising the periods of: 1988,1998, 2008, 2018.After the elaboration of these maps, fieldwork validations and integrated landscape analysis were performed, using as basin analysis the basin land use, as well as the determination of the Potential and Emerging Environmental Fragility of the basin based on the proposal. de Ross (1994). After presenting these data from the basin under study, it can be inferred that it can be considered as an area that lacks actions for the preservation of the natural resources that make up its landscape, since it has been undergoing changes that compromise its dynamic balance. beyond the availability of resources for future generations. Therefore, it is believed that this work can serve as a subsidy for the elaboration of action plans for the São Domingos river basin area, as well as for future works whose objective is the preservation of the natural resources available in the study area, as well as, for their management.

Keywords: Natural Resources. Geosystems. Hydrographic basin. Integrated landscape analysis. Environmental weaknesses.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Estrutura Funcional do Geossistema por Bertrand, 1968.....	33
Figura 02 – Sistema GTP.	37
Figura 03 – Sistemas componentes de uma Bacia Hidrográfica	40
Figura 04 – Localização da Bacia Hidrográfica do rio São Domingos.	51
Figura 05 – Fluxograma das etapas dos procedimentos metodológicos da pesquisa.....	52
Figura06 – Procedimentos para confecção do mapa de delimitação da bacia do rio São Domingos	53
Figura07 – Procedimentos para confecção de mapas de hierarquia da bacia do rio São Domingos.	54
Figura 08 – Procedimentos para confecção de mapa hipsométrico da bacia do rio São Domingos.	55
Figura 09 – Procedimentos para confecção do mapa de declividade da bacia do rio São Domingos.	56
Figura 10 – Procedimentos para elaboração de mapa geológico simplificado da bacia do rio São Domingos.	59
Figura 11 – Procedimentos para elaboração de mapa Geomorfológico da bacia do rio São Domingos.	60
Figura 12 – Procedimentos para elaboração de mapa de pedologia da bacia do rio São Domingos	60
Figura 13 – Procedimentos para o mapeamento de uso da terra da bacia do rio São Domingos.	62
Figura 14 – Geologia simplificada da bacia do rio São Domingos.	76
Figura 15 – Hipsometria da bacia do rio São Domingos.....	79
Figura 16 – Declividade da bacia do rio São Domingos.	81
Figura 17 – Geomorfologia da bacia do rio São Domingos.....	82
Figura 18 – Pedologia da bacia do rio São Domingos.	85
Figura 19 – Hierarquia fluvial da bacia do rio São Domingos.....	89
Figura 20 – Uso da Terra na bacia do rio São Domingos em 1988.....	95
Figura 21 – Uso da Terra na bacia do rio São Domingos em 1998.....	97
Figura 22 – Uso da Terra na bacia do rio São Domingos em 2008.....	99
Figura 23 – Uso da Terra na bacia do rio São Domingos em 2018.....	101
Figura 24 – Cerrado <i>Sensu Stricto</i> na bacia do rio São Domingos.	104

Figura 25 – Floresta Estacional Decidual na bacia do rio São Domingos (Seca).	106
Figura 26 – Floresta Estacional Decidual na bacia do rio São Domingos (Após a Chuva)..	106
Figura 27 – Morro Residual- Morro do São João.....	107
Figura 28 – Áreas de pasto na bacia do rio São Domingos.....	108
Figura 29 – Área de Pasto próximo ao Curso d’água do Córrego São Domingos.....	110
Figura 30 – Áreas de Solos expostos na bacia do rio São Domingos.	111
Figura 31 – Áreas degradadas próximo a Barragem São Domingos.....	112
Figura 32 – Vista da área urbana da bacia do rio São Domingos - cidade de Francisco-Sá. .	113
Figura 33 – Ribeirão São Domingos cortando a cidade de Francisco –Sá.....	114
Figura 34 – Microbacia do Córrego São Domingos.....	115
Figura 35 – Barragem São Domingos.	116
Figura 36 – Uso, ocupação e cobertura da terra da microbacia do Córrego São Domingos em 2018.	120
Figura 37 – Área da nascente do Córrego São Domingos.....	121
Figura 38 – Nível da Barragem São Domingos atualmente.	122
Figura 39 – Eucalipto na área da bacia do rio São Domingos.....	123
Figura 40 – Fragilidade Potencial da bacia do rio São Domingos.	124
Figura 41 – Fragilidade Ambiental Emergente da bacia do rio São Domingos.....	127
Figura 42 – Lançamento de esgoto no Ribeirão São Domingos.	130
Figura 43 – Área desmatada próximo ao Rio São Domingos.	131
Figura 44 – Processo de erosão dentro dos limites da bacia do rio São Domingos.	132
Figura 45 – Área a montante do rio São Domingos.	132
Figura 46 – Leito seco do rio São Domingos.	133
Figura 47 – Área da planície inundável do rio São Domingos.....	134
Figura 48 – Área assoreada de lagoa marginal do rio São Domingos.....	135

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Parâmetros utilizados para análise morfométrica.	57
Tabela 02 – Índice Kappa e o correspondente desempenho da classificação.	66
Tabela 03 – Matriz de Confusão da classificação do ano de 1988.....	66
Tabela 04 – Matriz de Confusão da classificação do ano de 1998.....	67
Tabela 05 – Matriz de Confusão da classificação do ano de 2008.....	67
Tabela 06 – Matriz de Confusão da classificação do ano de 2018.....	68
Tabela 07 – Classe de Fragilidade Ambiental.	68
Tabela 08 – Grau de fragilidade atribuído as classes da bacia do rio São Domingos.	69
Tabela 09 – Pesos atribuídos às variáveis para a geração da Carta de Fragilidade Ambiental Potencial e Emergente.	70
Tabela 10 – Geologia quantificada da bacia do rio São Domingos	78
Tabela 11 – Classes Hipsométricas da bacia do rio São Domingos.....	80
Tabela 12 – Declividade da bacia do rio São Domingos.....	81
Tabela 13 – Geomorfologia quantificada da bacia do rio São Domingos.....	84
Tabela 14 – Pedologia quantificada da bacia do São Domingos.....	85
Tabela 15 – Características da hierarquia fluvial da bacia do rio São Domingos.	89
Tabela 16 – Resultados da Análise Linear da bacia do rio São Domingos.	90
Tabela 17 – Resultados da Análise Areal da bacia do rio São Domingos.....	91
Tabela 18 – Resultados da análise hipsométrica da bacia do rio São Domingos.....	93
Tabela 19 – Classes de uso da Terra na bacia do rio São Domingos em 1988 quantificada....	96
Tabela 20 – Classes de uso da Terra na bacia do rio São Domingos em 1998 quantificada....	98
Tabela 21 – Classes de uso da Terra na bacia do rio São Domingos em 2008 quantificada..	100
Tabela 22 – Classes de uso da Terra na bacia do rio São Domingos em 2018 quantificada..	102
Tabela 23 – Classes de uso da Terra da microbacia do Córrego São Domingos em 2018 quantificada.	120
Tabela 24 – Classes de Fragilidade Potencial da bacia do rio São Domingos quantificada. .	125
Tabela 25 – Classes de Fragilidade Emergente da bacia do rio São Domingos quantificada.	127

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01 – Precipitação anual – 1992 a 2018 –Bacia do rio São Domingos.	72
Gráfico 02 – Precipitação média mensal de 1992 a 2018 da bacia do rio São Domingos.	72
Gráfico 03 – Temperatura média anual da bacia do rio São Domingos.....	73
Gráfico 04 – Temperatura média mensal da bacia do rio São Domingos.	73
Gráfico 05 – Nível mensal da Barragem São Domingos 1992-2018.	119

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 – Níveis têmporo-espacial dos Geossistemas.....	34
Quadro 02 – Parâmetros das imagens do satélite Landsat TM-5.	61
Quadro 03 – Parâmetros das imagens do satélite Landsat OLI-8.	61
Quadro 04 – Datas das imagens utilizadas.	63
Quadro 05 – Chave de interpretação para a classificação do uso, ocupação e cobertura da terra da bacia do rio São Domingos.	63
Quadro 06 – Cota x Área x Volume da Barragem do São Domingos.	117
Quadro 07– Valores das cotas da Barragem São Domingos	118

LISTA DE SIGLAS

CODEVASF	Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
DPS	Departamento de Solos Centro de Ciências Agrárias
EMATER	Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
GTP	Geossistema – Território – Paisagem
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IGA	Instituto de Geografia Aplicada
MDE	Modelo Digital de Elevação
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SRTM	Missão Topográfica Radar Shuttle
UFV	Universidade Federal de Viçosa

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	17
1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	23
1.1 A paisagem como categoria de análise em trabalhos ambientais.....	23
1.2 A Teoria Geral dos Sistemas e estudos geográficos.....	28
1.3 Geossistemas e estudos geográficos	31
1.4 Bacia hidrográfica como unidade de análise da Paisagem	38
1.5 O uso das Geotecnologias para a análise ambiental	45
2. MATERIAIS E MÉTODOS	49
2.1 Localização da área de estudo	49
2.2 Procedimentos metodológicos	51
3. CARACTERIZAÇÃO FISIAGRÁFICA DA PAISAGEM DA BACIA DO RIO SÃO DOMINGOS	71
3.1 Clima da bacia do rio São Domingos	71
3.2 Geologia da bacia do rio São Domingos	74
3.3 Geomorfologia da Bacia do rio São Domingos	78
3.4 Pedologia da bacia do rio São Domingos	84
3.5 Vegetação da bacia do rio São Domingos	87
4. ANÁLISE MORFOMÉTRICA DA BACIA DO RIO SÃO DOMINGOS.....	89
5. ANÁLISE GEOSISTÊMICA TEMPORO-ESPACIAL DA PAISAGEM DA BACIA DO RIO SÃO DOMINGOS.....	94
5.1 Mapeamento do uso da terra da bacia do rio do São Domingos 1988 – 2018	94
5.2 Análise integrada da paisagem da bacia do rio São Domingos	103
5.2.1 Cerrado <i>Sensu Stricto</i>	103
5.2.2 Floresta Estacional Decidual	105
5.2.3 Pasto	108
5.2.4 Solo Exposto	110
5.2.5 Área Urbana	113
5.2.6 Barragem São Domingos	114
5.2.7 Eucalipto.....	122
5.3 Fragilidade Ambiental Pontencial e Emergente da bacia do rio São Domingos.....	124
5.4 Degradação ambiental da bacia do rio São Domingos	129
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	136
REFÊRENCIAS	139

INTRODUÇÃO

No cenário mundial, cresce de forma constante a necessidade de estudos que visem compreender a questão ambiental relacionada a recursos naturais. Contudo, a temática é muito abrangente, pois contempla várias análises e recortes espaciais, tornando necessário que as mesmas sejam realizadas de forma sistêmica e integrada, buscando a compreensão das inter-relações dos elementos que compõem a paisagem a ser estudada.

Nesse contexto, é necessário evidenciar que a categoria paisagem é a mais apropriada para se utilizar em estudos de cunho ambiental, por seu caráter integrador, que permite averiguar a interação de seus elementos. Ao assim se considerar, vale ressaltar que a paisagem não pode ser entendida apenas como uma simples adição de elementos geográficos, mas como o resultado da combinação dinâmica, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, ao interagir uns com os outros, fazem dela um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução, podendo assim ser admitida como um sistema (BERTRAND, 2004).

É nessa perspectiva de compreensão da questão ambiental de forma integrada que a abordagem sistêmica ganha espaço, considerando que tem como função analisar os elementos que compõem a paisagem geográfica, de forma a alcançar a dinâmica e as inter-relações dos elementos físicos, biológicos e antrópicos.

As abordagens integradas são fundamentais atualmente para uma melhor compreensão do mundo, uma vez que os limites naturais não são mais respeitados pelas fronteiras econômicas, culturais, históricas, políticos e sociais, tornando assim o cenário complexo (LIMBERGER, 2006).

A abordagem sistêmica tornou-se mais conhecida na ciência a partir do ano de 1950, porém, seu surgimento se deu com a Teoria Geral dos Sistemas proposta por Ludwig Von Bertalanffy, em 1937. Sua principal proposição é que os fenômenos naturais devem ser organizados como sistemas abertos, baseando-se na troca de matéria e energia, o que propicia entender a natureza por meio da inter-relação entre seus elementos. Outra grande contribuição dessa teoria é a concepção de uma abordagem holística dos fenômenos naturais, além de apontar que esses sistemas funcionam em um equilíbrio dinâmico que, quando rompido, busca uma nova situação de equilíbrio (CHRISTOFOLETTI, 1990).

Lopes *et al.*(2015, p.2) definem sistemas como “conjuntos de elementos que se relacionam entre si, com certo grau de organização, procurando atingir um objetivo ou uma finalidade e apresentam entrada (*input*) e saída (*output*), respectivamente”.

Assim, considerando a problemática ambiental dos recursos naturais, aumenta-se a realização de estudos voltados, principalmente, para o planejamento e gerenciamento adequado desses, tendo em vista que são alvos da exploração desenfreada, buscando sempre atender às demandas advindas do crescimento tecnológico e industrial, da crescente urbanização, bem como do consumismo humano (GUERRA; MARÇAL, 2010).

Dentre os recursos naturais, a água, elemento essencial para a vida humana e para o desenvolvimento econômico e social da humanidade, tem sido um dos principais alvos de degradação, comprometendo, assim, sua disponibilidade para gerações futuras (MORAES E JORDÃO, 2002).

A bacia hidrográfica é toda a área onde ocorre uma captação natural da água da chuva que escoar de forma superficial para o canal principal (LINO; DIAS, 2005). As bacias hidrográficas são essenciais nos estudos cujos alvos sejam os recursos hídricos, pois são as principais fontes de água doce no mundo. Vários autores as consideram como unidades espaciais adequadas à realização de análises ambientais dentro de seu sistema natural, por possibilitar a compreensão das inter-relações e dinâmicas existentes em seu meio, o que é necessário para um bom planejamento e gestão ambiental. Partem do pressuposto de que, dentro de sua área de abrangência, podem-se encontrar elementos físicos, sociais, culturais e econômicos, o que facilita a análise da interação desses fatores com o meio (PIRES; SANTOS; DEL PRETTE, 2002). Considera-se que a busca pelo desenvolvimento econômico e o acelerado crescimento demográfico vêm causando alterações ambientais no meio, comprometendo a interação natural existente dentro da bacia hidrográfica (PIRES; SANTOS; DEL PRETTE, 2002).

Ainda nesse sentido, ressalta-se que em uma bacia hidrográfica qualquer tipo de variação das propriedades físicas, químicas ou biológicas dos recursos naturais que seja causada por alguma atividade antrópica, afeta diretamente e propicia condições nocivas que comprometem o equilíbrio e a saúde da população que depende da sua drenagem (HIDALGO, 1992). Assim, fazem-se necessários estudos geossistêmicos para fins de diagnóstico desses problemas e, a partir daí, possam ser formuladas e propostas medidas que sejam capazes de mitigar possíveis danos ambientais.

A análise geossistêmica envolve o conhecimento de todos os elementos ambientais de uma determinada área em diferentes escalas (país, estado, bacia hidrográfica, município). Para a caracterização e verificação da qualidade ambiental, a sua elaboração consiste em entender o estado ambiental e a problemática existente, a partir da interação e da dinâmica de seus elementos, quer relacionados aos elementos físicos e biológicos, quer aos

fatores socioculturais. A análise do estado ou da qualidade ambiental pode ser feita com objetivos diferenciados. O estado do meio ambiente pode ser avaliado por temas ligados aos aspectos físicos (clima, geologia, geomorfologia, pedologia, hidrologia) e biológicos (fauna e flora). As pressões são verificadas pela avaliação das atividades antrópicas, sociais e econômicas (uso da terra, demografia, condições de vida, infraestrutura e serviços). Dessa forma, a análise ambiental geossistêmica caracteriza-se pelo levantamento de dados ecológicos de uma dada área, sendo um valioso instrumento para orientar possíveis políticas públicas que objetivem a melhoria da qualidade de vida da população local (FONTANELLA *et al.*, 2009).

Para auxiliar nas análises e estudos ambientais, é de fundamental importância o uso das geotecnologias, pois são ferramentas que facilitam tal investigação, de modo a oferecer maior facilidade na obtenção de informações e processamento de dados, garantindo maior precisão do resultado final. Dentre as ferramentas geotecnológicas utilizadas, podem-se destacar o Sensoriamento Remoto e o Sistema de Informação Geográfica - SIG.

De acordo com Meneses e Almeida (2012, p.3), o Sensoriamento Remoto trata-se de “(...) uma ciência que visa ao desenvolvimento da obtenção de imagens da superfície terrestre por meio da detecção e medição quantitativa das respostas das interações da radiação eletromagnética com os materiais terrestres”. Por sua vez, o Sistema de Informação Geográfica consiste em uma ferramenta que pode ser utilizada em sistemas computacionais capazes de tratar dados geográficos e armazenar a sua geometria, bem como todos os seus atributos que trazem consigo a sua localização terrestre representados numa projeção cartográfica, isto é, a sua georreferência (CÂMARA *et al.*, 2001).

Nesse contexto, o uso do Sensoriamento Remoto e o Sistema de Informação Geográfica (SIG) para as análises das questões ambientais são de fato importantes, uma vez que, desde que bem trabalhadas, contribuem para analisar e monitorar grandes extensões de áreas. A utilização conjunta do Sensoriamento Remoto e do SIG proporcionam a realização de diversas análises espaciais, a exemplo da dinâmica do uso e ocupação da terra, oferecendo maior compreensão quanto à área estudada e, conseqüentemente, melhor tomada de decisões e gerenciamentos.

O estudo do uso e ocupação da terra consiste em diagnosticar como esses ocorrem em uma dada unidade espacial, no intuito de compreender os processos no espaço e de garantir o uso mais consciente dos recursos. O entendimento de sua dinâmica é imprescindível para estudos ambientais, visto que um mau planejamento do uso e ocupação da terra pode gerar danos ambientais em escalas irreversíveis (SILVEIRA, 2009).

Assim, o presente trabalho se justifica pela importância que se tem na realização de análises geossistêmicas, de forma a propiciar melhores planejamentos e gerenciamentos dos recursos naturais. Conforme aponta Christofolletti (1999, p.23), “a realização dos estudos de análise ambiental considerando as transformações possíveis em função das diversas formas de usos do solo, é primordial na elaboração de políticas de desenvolvimento sustentável”.

Nesse contexto se insere a bacia hidrográfica do rio São Domingos, objeto de estudo do presente trabalho, que está localizada na porção Centro-Oeste do município de Francisco Sá, estendendo-se até o Sul do município de Capitão Enéas, cujo principal curso encontra o Rio Verde Grande, importante bacia da mesorregião Norte de Minas. Ocupando uma área de 393,2 km², a Bacia do São Domingos tem como principais cursos os Córregos do Boqueirão, do Requeijão, da Onça, Baixa do Feijão, São João, São Domingos e Ribeirão São Domingos.

A escolha da Bacia Hidrográfica do Rio São Domingos se deu pelo fato de ser uma área, conforme a literatura, propícia à realização de análise geossistêmica, uma vez que em seu recorte espacial é possível analisar, de forma sistêmica, todas as relações e interações existentes entre os elementos naturais, como os sociais e econômicos.

Outra fundamentação para a escolha foi o fato de a bacia estar localizada em uma área vulnerável à escassez hídrica pelo próprio regime pluviométrico da região. Acredita-se que as ações humanas têm agravado esse quadro. Aliado a isso, a sede do município de Francisco Sá está totalmente inserida no limite da bacia e a população residente na área urbana depende exclusivamente dos seus recursos hídricos para o abastecimento, entre outras atividades.

Portanto, o interesse em executar a proposta de estudo está intrinsecamente associado à necessidade de entender como se deu a dinâmica ambiental da Bacia do São Domingos nos últimos 30 anos, bem como, quais fatores contribuíram para essa dinâmica e quais foram seus impactos para o quadro ambiental da bacia na atualidade.

Foi proposto como objetivo geral desta pesquisa analisar a dinâmica geossistêmica da Bacia Hidrográfica do Rio São Domingos e suas transformações no período de 1998 a 2018. Como objetivos específicos elencam-se, a saber: descrever as características fisiográficas da bacia do rio São Domingos; realizar análise morfométrica da bacia hidrográfica do rio São Domingos; mapear os diversos tipos de uso, ocupação e cobertura da terra numa escala de 30 anos (1988-2018); analisar de forma integrada a paisagem da bacia do rio São Domingos e determinar as fragilidades da bacia do rio São Domingos.

Foi realizado levantamento teórico embasado em autores que discutem a temática proposta no trabalho, no intuito de conceituar a categoria paisagem, a teoria geral de sistemas, geossistemas e bacia hidrográfica. Buscou-se também, nesse levantamento, referências importantes para a concepção e/ou compreensão de como proceder a uma análise geossistêmica, a fim de obter resultados satisfatórios que possam ser utilizados para um melhor planejamento e gestão dos recursos, além de discutir sobre as geotecnologias e sua importância para estudos ambientais.

Realizou-se a caracterização dos elementos fisiográficos da área, com o auxílio das geotecnologias, tendo como *software* o Arc Gis na versão 10.5, licenciado pelo Laboratório de Geoprocessamento da Universidade Estadual de Montes Claros (UNIMONTES). Para essa caracterização foram necessárias Cartas e bases disponibilizadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE) e pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM), além de Imagens SRTM pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA).

Em seguida, realizou-se a análise morfométrica da bacia do rio São Domingos baseado nos parâmetros propostos por Christofolletti (1980).

Posteriormente, com o auxílio das geotecnologias, utilizando principalmente o sensoriamento remoto e o SIG, foi realizado o mapeamento do uso e ocupação da terra da área da Bacia do rio São Domingos, realizados a partir do *software* Arc Gis 10.5, licenciado pelo laboratório de Geoprocessamento da Unimontes. Para tanto, foram necessárias Imagens de Satélites, viabilizadas pelo catálogo de imagens do Instituto Nacional de Pesquisa Espacial (INPE), especificamente do sensor TM do satélite Landsat5, bem como, imagens do sensor OLI do satélite Landsat 8.

O trabalho de campo na área de estudo foi realizado no intuito de melhor conhecer a realidade da área de estudo, validar as informações obtidas por meio das técnicas de geoprocessamento, além de fazer registros iconográficos da área que enriqueceram o trabalho.

Após a obtenção de todas essas informações sobre a Bacia do rio São Domingos, essas foram analisadas, cruzadas e organizadas e, a partir daí, foi possível realizar uma análise integrada de sua paisagem e, assim, determinar suas fragilidades, baseadas em método proposto por Ross (1993).

A pesquisa está estruturada em cinco tópicos, a fim de organizar melhor os dados obtidos. O primeiro destinado à fundamentação teórica, em que foram discutidas teorias e conceitos que foram a base para o desenvolvimento da pesquisa, como a categoria paisagem, a Teoria Geral de Sistemas, geossistemas, bacia hidrográfica e geotecnologias.

O segundo tópico descreve a localização da área e a metodologia utilizada para a realização do trabalho, ou seja, todo o caminho percorrido para cada procedimento envidado na busca dos resultados almejados.

O terceiro tópico foi reservado à caracterização da bacia hidrográfica do rio São Domingos, com a descrição de seus aspectos físicos, como a geologia, geomorfologia, pedologia, clima e vegetação.

O quarto tópico apresenta os resultados obtidos com a análise morfométrica da bacia do rio São Domingos.

No quinto e último tópico são apresentados os mapas de uso e ocupação da terra que, por sua vez, demonstram como se deu a dinâmica da bacia nos últimos 30 anos, bem como a análise integrada da paisagem e a determinação das fragilidades presentes na bacia do rio São Domingos.

Após apresentar e discutir todas as informações do trabalho realizado, são apresentadas as considerações finais a respeito, dentre as quais infere-se que as degradações ambientais presentes na bacia do rio São Domingos passaram por um processo de intensificação no decorrer do período analisado. O entendimento alcançado é que a área dessa bacia carece de ações para a preservação dos recursos naturais que compõem a sua paisagem, uma vez que vem sofrendo alterações que comprometem o seu equilíbrio dinâmico e a disponibilidade dos recursos para gerações futuras.

Portanto, acredita-se que este trabalho possa ser utilizado como base para planos de ação a serem desenvolvidos para a área da bacia do rio São Domingos, bem como para futuras pesquisas cujo objetivo seja a preservação dos recursos naturais disponíveis na área de estudo como, também, para a gestão dos mesmos.

1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esta seção abordará algumas bases teóricas e conceituais que fundamentarão as discussões a respeito da análise ambiental da Bacia Hidrográfica do rio São Domingos em Francisco Sá (MG). Nesse sentido, são trabalhadas as temáticas: paisagem, teoria geral dos sistemas, bacia hidrográfica como unidade de paisagem e os usos das geotecnologias em análises ambientais. Assim, propõe-se como linha de raciocínio a discussão da origem epistemológica dos temas, bem como as diversas formas de abordagens trabalhadas pelos autores, visando à compreensão dos elementos atuantes no processo da análise geossistêmica da bacia do rio São Domingos, conforme se verifica a seguir.

1.1 A paisagem como categoria de análise em trabalhos ambientais

A formação do conceito da categoria paisagem é resultante da relação dinâmica de elementos físicos, biológicos e antrópicos presentes no espaço geográfico, onde ela não é apenas um fato natural, mas também possuidora de interferência humana (MAXIMIANO, 2004). Ao considerar essa percepção, tornou-se possível adotá-la como categoria norteadora desse trabalho, que buscou realizar uma análise ambiental da Bacia Hidrográfica do rio São Domingos em Francisco Sá (MG). Assim, a seguir, um resgate histórico epistemológico do termo paisagem dentro da ciência geográfica, para melhor compreensão e discussão do trabalho.

Para entender a categoria paisagem é necessário empreender que essa se faz presente antes mesmo de a geografia se fazer ciência e assim classificá-la. A paisagem tem sua origem nos primórdios da humanidade, através da observação do meio, retratados pelos primitivos sem seu cotidiano por meio de pinturas rupestres (ANDRADE, 1987). Os povos mesopotâmicos, ao construir jardins, observar as estrelas, aproveitar o regime de cheias dos rios e elaborar leis e conhecimento agrícolas, denotam a sua relação com a paisagem (MAXIMIANO, 2004).

O conceito de paisagem passou por um processo de formação com contribuições de vários ramos do conhecimento, como pintores, filósofos, literários, geógrafos, arquitetos, ambientalistas, além de uma infinidade de definições e percepções que surgiram com o objetivo de tentar defini-la (KIYOTANI, 2014).

As paisagens, até o século XIV, eram utilizadas apenas como plano de fundo para quadros de pinturas religiosas, cenas do dia a dia ou retratos, e somente a partir do século XV se tornaram, de fato, o propósito primordial da pintura (ALVES, 2001, p.68).

A partir da noção de paisagem dos artistas, começa-se a construir uma definição para o termo sob o senso comum, que se baseia apenas no que é belo e agradável aos olhos ou, simplesmente, naquilo que é feio (KIYOTANI, 2014).

Para Tricart (1982, p. 15), o conceito de paisagem no senso comum “permanece puramente descritivo e vago, pois não existe a necessidade de precisar na paisagem os elementos que a constituem, podendo descrever um conteúdo emotivo, estético, intrinsecamente subjetivo do próprio fato”.

Ainda que a paisagem venha sendo vivenciada desde os primórdios da humanidade, somente no século XIX– em que a geografia se constitui como ciência–, seu conceito ganhou corpo científico graças aos geógrafos alemães e franceses. Como exemplos de utilização do termo paisagem para analisar e entender a superfície terrestre, podem-se citar as obras “Cosmos” de Alexander Von Humboldt e a “Antropogeografia” de Friedrich Ratzel (SCHIER, 2003).

Humboldt, no entanto, no final do século XVIII, já tinha uma visão holística da paisagem, uma vez que a utilizava em suas viagens como fator de associação de diversos elementos naturais e humanos em seus estudos de cunho geográfico. Com base nesse conhecimento, cria-se o conceito clássico de paisagem, em que sua essência está em reconhecer o “caráter integrado e único do espaço” (SCHIER, 2003).

Com a criação do conceito científico de paisagem, ela se ramifica em duas: a paisagem natural – sem a interferência do homem –, e a paisagem cultural –, modificada pelas ações humanas (MAXIMIANO, 2004). Pontua-se que, na atualidade, com a perspectiva da análise integrada do sistema natural e a inter-relação entre os sistemas naturais, sociais e econômicos, tem-se um novo cenário interpretativo do conceito de paisagem, desenvolvido continuamente, que pauta suas análises numa abordagem de cunho sistêmico e integrado (GUERRA; MARÇAL, 2010).

Considerando os vários conceitos atribuídos à categoria paisagem, pode-se afirmar que sua definição é complexa, cheio de significações que se baseiam praticamente em duas formas de interpretação, a cultural e a natural, podendo ser utilizada de ambas as formas, a depender do momento e função para os quais será feita a análise (ALMEIDA, 2015).

Com essa variedade de conceitos de paisagem, considera-se que assim ocorre de acordo com as perspectivas de análise, da abordagem e das orientações teórico-metodológicas

das várias disciplinas e escolas que buscam sua compreensão. Assim, o conceito poderá variar da abordagem estético-descritivo, baseada nas ideias físico-geográficas sobre os fenômenos naturais em meados do século XIX, até a uma abordagem mais científica, que remete-se ao desenvolvimento e estabelecimento do conceito baseado na ciência. Importante ressaltar, ainda, que o conceito de paisagem pode variar de acordo com sua etimologia, que dá à palavra um significado diferente, de acordo com as escolas relacionadas à Geografia (GUERRA; MARÇAL, 2010).

Na Alemanha, o termo foi definido por Otto Schlüter, Siegfried Passarge e Karl Hettner como um conjunto de fatores naturais e humanos. Por sua vez, na França, Paul Vidal de La Blache e Jean Rochefort conceituavam a paisagem como a relação existente do homem com o seu espaço físico. Esses dois conceitos estão atrelados ao positivismo, em que a paisagem é tida como um retrato do mundo onde o homem deixa seus registros impressos, ainda que na escola alemã o conceito era abordado de forma mais estática, em que os elementos geográficos agrupavam-se em unidades espaciais, enquanto na escola francesa, de forma mais dinâmica, em que se valorizava mais o processo.

Nos Estados Unidos, o conceito de Paisagem remete à ideia de “região”, influenciado por Richard Hartshorne, que a apontava como um conjunto de variáveis advindas da realidade paisagística e da ação humana. Nesse conceito predominou a abordagem neopositivista, que focava mais no processo de abstração da realidade física e possuía uma metodologia quantitativa. Na mesma época, surge também na Alemanha e Leste Europeu uma concepção mais holística do termo, que a define como unidades de paisagem, considerando seus processos ecológicos. Esse conceito se atrelava à abordagem da ecologia humana e às características sistêmicas as quais, na mesma unidade espacial, apresentavam várias categorias relacionando entre si (SCHIER, 2003).

O termo paisagem está intimamente ligado à ciência geográfica em que, a partir do século XIX, ganha força e passa a ser incorporada nos estudos de cunho geográfico. Ela, inicialmente, funde-se à geografia sob uma ótica naturalista, pois Humboldt pregava que a paisagem poderia ser analisada sob duas vertentes: a primeira considerando o cunho fisionômico das espécies determinadas pelo espaço natural, e a segunda ater-se à influência climática sobre o solo e a vegetação (ALMEIDA, 2015).

A partir dessa inserção da paisagem na geografia, seu conceito passa por várias modificações, buscando atender às diferentes abordagens de cada autor. Por isso mesmo a afirmativa de que o conceito de Paisagem é complexo e o seu entendimento vai ao encontro

da necessidade de análise sob a ótica de cada um. Na atualidade, a paisagem, dentro do contexto geográfico, está sendo mais utilizada em duas perspectivas: a sistêmica e a cultural.

Na abordagem sistêmica, a paisagem é entendida como uma realidade posta, ou seja, realidade objetiva em que se considera aquela como o resultado dinâmico dos seus elementos formadores, sejam físico-naturais ou sociais (LOPES, 2012). Ao considerar as análises pautadas nessa perspectiva, entende-se que se devem abordar todos os elementos que compõem a paisagem e, em especial, toda a relação por eles desenvolvida. Nota-se que essa abordagem está atrelada à segunda vertente de análise de Humboldt, que defendia a atenção nas relações climáticas, solo e vegetação. Por sua vez, ao analisar determinada paisagem, compreendia a existência da intenção de sempre buscar apreender, além do visível aos olhos, tudo aquilo que estava por trás daquele resultado, como suas causas e consequências (ALMEIDA, 2015). Seguindo o mesmo raciocínio, Guerra e Marçal (2010) reforçam que ao direcionar as análises de paisagem para a abordagem sistêmica, essa abandona o aspecto pautado na fisionomia e passa a buscar as trocas existentes dentro de um sistema.

Pela perspectiva cultural, a paisagem atém-se ao sentido de percepção espacial (LOPES, 2012). Nessa ótica, considera-se a paisagem como algo subjetivo que se prende à subjetividade humana. Porém, Lopes (2012) ressalta que, se considerar a paisagem como uma porção do espaço captada pelo olhar, não se pode esquecer que essa captação não é feita de forma passiva, mas a partir da significância que se dá a partir dos sentidos humanos.

Apesar da predominância das duas vertentes de análise da paisagem no contexto atual, destaca-se que ambas podem trabalhar juntas, uma vez que se complementam, conforme é possível depreender da afirmação de Schier (2003, p.80).

O aspecto cultural tem desempenhado um papel importante na determinação do comportamento das pessoas em relação ao ambiente. Determinadas paisagens apresentam, na sua configuração, marcas culturais e recebem, assim, uma identidade típica. A problemática ambiental moderna está ligada à questão cultural e leva em consideração a ação diferenciada do homem na paisagem. Desta forma, a transformação da paisagem pelo homem representa um dos elementos principais na sua formação (SCHIER, 2003, p.80).

A maior parte dos estudos de cunho ambiental da atualidade se apropria dos modelos e concepções teóricas da paisagem (FIGUEIRÓ, 2001). Utilizam, principalmente, a abordagem sistêmica que, por seu turno, busca fazer uma análise integrada de todos os elementos que a compõem. Nesse sentido, Bertrand (1971, p. 2) pontua que,

A paisagem não é a simples adição de elementos geográficos disparatados. É uma determinada porção do espaço, resultado da combinação dinâmica, portanto, instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo dialeticamente

uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução (BERTRAND, 1971, p. 2).

Baseando-se nessa afirmação de Bertrand (1971), evidencia-se que a análise da paisagem deve considerar todos os elementos que compõem o espaço, como, também, todas as relações exercidas por eles e que resultam na constante evolução daquela área. Portanto, com base nos objetivos desse trabalho, adota-se esse conceito de paisagem como base norteadora para a análise da paisagem da bacia do rio São Domingos.

Para Siqueira, Castro e Faria (2013), todavia, qualquer que seja a análise, da paisagem ou de qualquer outra composição física, biológica ou química especializada, são necessárias a descrição, identificação e classificação dos componentes que a constituem (SIQUEIRA CASTRO; FARIA, 2013).

Conforme Ab'Saber (2003), a paisagem nada mais é que uma herança esculpida pela natureza e pelo homem (AB'SABER, 2003). Daí clarificar a importância do elemento homem no contexto de paisagem, visto que tem a possibilidade, dependendo de sua cultura, de modificá-la. Almeida (2015) assegura que a função modificadora do homem na paisagem não é algo novo, pois La Blache já o considerava como principal agente modificador do meio, pautando-se na natureza as possibilidades para que a sociedade, de acordo com sua cultura, pudesse apropriar-se e explorá-la (ALMEIDA, 2015).

Ainda na busca pela compreensão do termo e sua importância para a ciência geográfica e, em especial, para os estudos de cunhos ambientais, Christofolletti (1999) considera que a paisagem compreende o campo de pesquisa da geografia em que são analisados tanto os sistemas ambientais físicos como socioeconômicos, além de buscar entender como se dá a dinâmica dos seus elementos (CHRISTOFOLLETTI, 1999).

Nesse sentido, a paisagem é vista como um fator de integração de parâmetros físicos, bióticos e socioeconômicos, os quais podem ser empregados em análises relacionadas a impactos ambientais em diferentes escalas e com resultados satisfatórios. Isso porque possibilita o conhecimento das potencialidades e fragilidades presentes no espaço natural, visando ao entendimento de forma integrada de todos os elementos que compõem a análise (CASSETI, 1995).

Atentando para a importância da paisagem para os estudos de cunho ambiental e que para esse tipo de estudo deve-se alinhar à abordagem sistêmica, o próximo tópico pretende fazer um resgate teórico da concepção sistêmica, com o objetivo de compreender, da melhor forma, essa relação e quais as contribuições para a compreensão ambiental.

1.2 A Teoria Geral dos Sistemas e estudos geográficos

A Teoria Geral dos Sistemas, atualmente, tem sido muito utilizada em estudos que optam por fazer análises de forma integrada para um melhor entendimento da real situação da área estudada. Sendo assim, torna-se necessário, inicialmente, tratar do conceito de sistemas.

Tricart (1977) conceitua sistema como sendo um conjunto de fenômenos que se desenvolvem a partir dos fluxos de matéria e energia, que se originam de uma interdependência, de onde surgem novas entidades, integral e dinâmica. Nesse sentido, tornam-se necessárias a análise e visão do todo, cuja finalidade é atuar sobre o meio ambiente no intuito de entendê-lo.

Gregory (1992), então, define sistemas como um conjunto de elementos com uma diversidade de variáveis e características que se relacionam entre si, cuja análise pode ser feita atentando-se para sua estrutura, comportamento, trocas, limites, ambientes ou parâmetros (GREGORY, 1992). Fuini (2011, p. 45), por sua vez, define sistema como “um conjunto de elementos interconectados harmonicamente, de modo a formar um todo organizado”. Lopes *et al.* (2015, p.2) já definem sistemas como “conjuntos de elementos que se relacionam entre si, com certo grau de organização, procurando atingir um objetivo ou uma finalidade”.

Ao apresentar essas conceituações de sistema, é possível dizer que todos se baseiam no princípio de integração dos elementos, o que permite a afirmativa de que um sistema é um conjunto de elementos que se interagem entre si, buscando sempre um equilíbrio. É necessário entender que os sistemas na sua configuração apresentam entrada (*input*) e saída (*output*). A entrada representa tudo àquilo que o sistema recebe, processa, transforma, e, assim, tem-se o resultado final que representa as saídas dos sistemas. Nota-se que cada tipo de sistema é alimentado por diferentes formas de entrada, o que implica em diferentes saídas (LOPES *et al.*, 2015).

Para os estudos de sistemas, devem-se considerar três importantes aspectos, a saber: matéria, energia e estrutura. A matéria equivale a tudo o que será processado pelo sistema; a energia são as forças que lhe dão movimento e o fazem funcionar, dividindo-se em energia potencial – aquela que leva ao início do funcionamento do sistema–, e energia cinética, – responsável por movimentar o sistema e juntas somam o que se chama de energia total –. A estrutura do sistema é representada pelos elementos e suas relações e que se expressa por meio do arranjo de seus componentes (CHRISTOFOLETTI, 1980). Lopes *et al.* (2015) defendem que, para a análise de cunho geográfico, devem-se classificar os sistemas considerando o critério da funcionalidade e o da complexidade estrutural.

O critério funcional foi proposto por Forster, Rapoport e Trucco, em 1957, para os quais os sistemas podem ser classificados em isolados e não isolados. Os isolados são os que, a partir de sua concepção inicial, não recebem nem perdem energia do ambiente ao seu redor. Os sistemas não isolados mantêm interação com os demais sistemas do universo que o circundam, podendo ser subdivididos em fechados e abertos.

Os sistemas fechados são aqueles que somente têm a capacidade de trocar energia, ou seja, ganhar e perder, porém, não são capazes de permutar matéria com o meio externo. Quanto aos sistemas abertos, como o próprio nome já diz, são capazes de, em todo tempo, realizar o processo de ganhar e perder energia, matéria e informação com o meio em que estão inseridos (LOPES *et al.*,2015).

Quanto à complexidade estrutural, considera-se que cada sistema é composto por subsistemas e que todos fazem parte de um sistema maior, que são autônomos e, ao mesmo tempo, abertos e que se conectam com o meio que os circunda através de sua interação. Seguindo esse raciocínio, existe uma hierarquia de sistemas em que o menor sistema é parte de um maior e que ambos se relacionam e se complementam (LOPES *et al.*,2015).

Outra questão importante é o fato de que os sistemas trabalham sempre em busca de um equilíbrio, em que qualquer alteração que ocorra em um, por menor que seja, repercutirá nos outros sistemas que o circundam, independentemente de nível hierárquico. Apesar da característica de equilíbrio que os sistemas possuem, dificilmente eles o alcançam, uma vez que esses estão submetidos a condições de transformações em diferentes escalas espaciais e temporais (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Portanto, considera-se a análise dos sistemas como algo complexo que requer estudos de forma integrada para que se possa, assim, garantir uma leitura de todos os seus componentes, atendo-se às suas características essenciais. Essa complexidade dificulta o entendimento da dinâmica do meio a ser estudado (FÉ, 2014).

Dessa necessidade de compreensão integrada sobre sistema, surge a Teoria Geral de Sistemas que, então, pauta seus estudos numa análise integradora dos elementos que compõem o espaço. Fato é que a abordagem sistêmica se faz presente desde a Antiguidade por meio de pensadores como Aristóteles, Platão e Sócrates que procuravam maneiras de compreender como funcionava o mundo e, então, criavam teorias visando ao entendimento dos fenômenos naturais e do comportamento do ser humano (VICENTE; PEREZ FILHO, 2003).

A abordagem sistêmica ganhou mais espaço na ciência a partir do ano de 1950, porém, seu surgimento se deu com a Teoria Geral dos Sistemas proposta por Ludwig Von

Bertalanffy, em 1937, com a principal concepção de que os fenômenos naturais devem ser organizados como sistemas abertos, baseando-se na troca de matéria e energia, o que propicia entender a natureza por meio da inter-relação de seus elementos.

A abordagem surge como um complemento à abordagem cartesiana que, basicamente, pautava seus pressupostos em “dividir para conhecer”, ou seja, ela desenvolvia suas análises dividindo suas partes de forma isolada e, a partir daí, chegaria a um resultado do todo (CHRISTOFOLETTI,1999). Pelo fato de a natureza ser “complexa, integrada e por vezes caótica”, a abordagem cartesiana não conseguia entender e explicar a realidade como um todo (VICENTE; PEREZ FILHO, 2003, p. 329).

A Teoria Geral dos Sistemas, proposta por Bertalanffy, almejava sua aplicação na pesquisa científica nas diversas ciências, buscando a criação de um novo modelo de análise científica (RODRIGUES, 2001).

A ideia central da Teoria Geral de Sistemas é baseada no fato de que os fenômenos naturais devem ser organizados como sistemas abertos, pautando-se na troca de matéria e energia, na tentativa de buscar compreender a natureza por meio da inter-relação de seus elementos (BARROS, 2012).

Bertalanffy (1973) aponta quais foram os motivos que levaram à criação da Teoria Geral dos Sistemas, a saber: necessidade de generalizar conceitos e modelos científicos já existentes; introduzir novas categorias na pesquisa científica; novos instrumentos conceituais para tratar a complexidade organizada; a inexistência conceitual para explicação e previsão na ciência biológica; introdução de novos conceitos científicos e a necessidade da interdisciplinaridade.

Assim é que, com base nos motivos citados, cria-se então a Teoria Geral de Sistemas, em que Bertalanffy esclarece sua preocupação quanto às limitações metodológicas da ciência clássica, que tinha suas ideias pautadas na separação, e aponta um novo caminho a ser seguido, baseado no estudo integrado de elementos (MARQUES NETO, 2008).

Essa teoria intenciona acabar com a particularização dos estudos científicos e à proposição de uma abordagem holística dos fenômenos naturais, além de apontar que esses sistemas funcionam em um equilíbrio dinâmico que, quando rompido, busca uma nova situação de equilíbrio (CHRISTOFOLETTI, 1990).

Na concepção de Rodriguez *et al.*(2007), a noção sistêmica consiste em uma abordagem em que qualquer diversidade da realidade estudada pode ser considerada como uma unidade (um sistema) que se regula em outros níveis, categorias sistêmicas, a saber: estrutura, elemento, meio, relações, intensidade etc.(RODRIGUEZ *et al.*, 2007).

Dessa forma, entende-se que, a partir da Teoria Geral de Sistemas, a geografia física ganha uma grande aliada para a realização de seus estudos, uma vez que essa, conforme Nascimento e Sampaio (2005, p.167), é entendida como,

[...] o estudo da organização espacial dos geossistemas de vez que essa organização se expressa pela estrutura conferida pela distribuição e arranjo espacial dos elementos que compõem o universo do sistema, os quais são resultantes da dinâmica dos processos atuantes e das relações entre os elementos.

Com base no objeto de estudo da Geografia Física, entende-se que o seu principal campo de análise é a natureza, uma vez que se apresenta complexa e, para entender essa complexidade, busca auxílio metodológico em outras ciências como a Geologia, Biogeografia, Pedologia, Meteorologia, Botânica entre outras, aliados à Teoria Geral de Sistemas, para se obterem melhores resultados (NASCIMENTO; SAMPAIO, 2005).

A abordagem sistêmica propiciou à geografia, em especial aos trabalhos voltados para o planejamento ambiental, novas formas de analisar a paisagem, já que incorporam à ciência novas formas de compreender a complexidade da natureza, dando espaço para ser estudada como um todo, ou seja, de forma integrada, o que a diferencia da visão analítica (ZACHARIAS, 2010).

Já Fuini (2011) considera que, ao aplicar a Teoria Geral dos Sistemas a estudos geográficos, especialmente às pesquisas, possibilitou-se um melhor delineamento e exatidão nos estudos, além de oportunizar análises críticas a conceitos das geociências (FUINI, 2011)

Ainda nessa perspectiva, Fuini (2011, p. 48) aponta que “os estudos sistêmicos em geografia pautam-se continuamente na tentativa de modelização de um sistema de apreensão da realidade sociedade/natureza na sua expressão espacial”.

Ao incorporar a Teoria Geral dos Sistemas à ciência geográfica, surge o conceito de geossistemas, que proveio da necessidade de se ter um conceito próprio para definir estudos que se destinavam a entender as relações do homem com a paisagem.

1.3 Geossistemas e estudos geográficos

A Teoria Geossistêmica surge na geografia a partir dos anos de 1960, trazendo várias contribuições para a pesquisa, em especial, no campo da Geografia Física. Essa foi proposta pelo geógrafo russo Vitor Sotchava, influenciado por geógrafos como Grigoriev, Issatchenko, dentre outros, e era um método utilizado pelos soviéticos para estudar a

espacialidade dos fenômenos geográficos em suas planícies. Para Sotchava, a elaboração e conceituação de geossistemas se dão a partir do aprofundamento dos estudos da paisagem, baseando-se, principalmente, na noção de homogêneo e diferenciado, como princípios fundamentais à sua classificação (VALE, 2012).

É importante lembrar que a Teoria Geossistêmica está fortemente ligada à abordagem sistêmica criada por Ludwig Von Bertalanffy, que considerou os geossistemas como uma classe característica dos sistemas dinâmicos abertos que são hierarquicamente organizados (LIMBERGER, 2006).

Para Rodrigues (2001, p. 72),

A Teoria Geossistêmica faz parte de um conjunto de tentativas ou de formulações teórico-metodológicas da geografia física, surgidas em função da necessidade de a geografia lidar com os princípios da interdisciplinaridade, síntese, com a abordagem multiescalar e com a dinâmica, fundamentalmente, incluindo-se prognoses a respeito dessa última (RODRIGUES, 2001, p. 72).

Os estudos dos geossistemas vão ao encontro dos estudos de paisagens, baseando-se na Teoria Geral de Sistemas. Nessa perspectiva, explicita-se a importância dos geossistemas para a solução de problemas, pois se pautam no estudo da morfologia, dinâmica, estrutura e conexões das paisagens (ALMEIDA, 2015). Dessa forma, torna-se necessário definir o que são os geossistemas e, para tanto, diversos autores se apresentam, conforme se expõe a seguir.

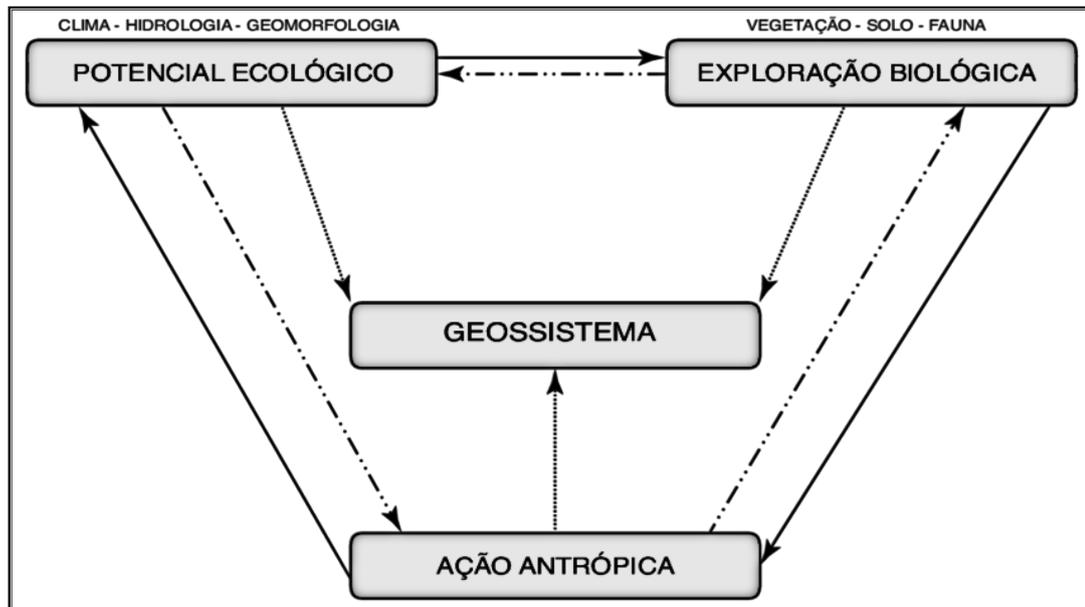
Para Sotchava (1977, p.9), os geossistemas são “formações naturais, experimentando, sob certa forma, do impacto dos ambientes social, econômico e tecnogênico”. Para esse conceito, os estudos em geografia física não podem ocorrer de forma separada dos aspectos humanos presentes no ambiente.

Troppmair (2004, p. 102) conceitua geossistemas como “um espaço que se caracteriza pela homogeneidade dos seus componentes, suas estruturas, fluxos e relações que, integrados, formam o sistema do ambiente físico e onde há exploração biológica”. Nessa perspectiva, o fator socioeconômico não é considerado, e se caracterizamos geossistemas como formações naturais. Esse conceito vai ao encontro da definição de Christofolletti (1999, p. 37), a qual compreende geossistemas como “sistemas ambientais físicos, que representam a organização espacial resultante da interação dos elementos físicos e biológicos da natureza (clima, topografia, geologia, água, vegetação, animais, solos)”.

Bertrand (1968) também conceitua geossistema como sendo um tipo de sistema aberto, que se organiza de forma hierárquica, formado pela combinação dinâmica de fatores

físicos, biológicos e antrópicos. Assim, ganha vida o geossistema em que prevalece a combinação dinâmica de um potencial ecológico (geomorfologia, clima, hidrologia), que possibilita a exploração biológica natural (vegetação, solo, fauna), e possuidor de atividades antrópicas (FIGURA1).

Figura 01 – Estrutura Funcional do Geossistema por Bertrand (1968)



Fonte: Bertrand (1971, p. 13).

Quanto às conceituações de geossistema de Sotchava (1977) e Bertrand (1968), é possível perceber que elas divergem entre si. Sotchava (1977) considera os geossistemas como objeto de estudo da geografia física, formada por elementos do meio natural, que podem ter alterações na sua funcionalidade, estrutura e organização pela ação antrópica. Já Bertrand (1968) considera a ação antrópica como um integrante dos Geossistemas. Assim, cabe ao pesquisador escolher o conceito que melhor atenda ao seu objetivo de pesquisa. Também em relação à classificação de funcionalidade e unidade espacial dos geossistemas, Sotchava e Bertrand apresentam algumas diferenças de entendimento.

Sotchava (1977) divide os geossistemas em termos espaciais em escala local ou topológica, escala regional e escala planetária. Quanto à hierarquia de seu funcionamento, ele a divide em quatro classes: geossistemas, geócoros, geômeros e geótopos. Os geossistemas correspondem às paisagens ou aos ambientes naturais; os geócoros referem-se à classe de geossistemas de estrutura heterogênea; os geômeros caracterizam as classes de geossistemas com estruturas homogêneas e, os geótopos, correspondem aos geossistemas associados a unidades morfológicas ou setores fisionômicos homogêneos (SOTCHAVA, 1977).

Bertrand (2004) classifica os geossistemas em seis níveis têmporo-espaciais e pontua que, em um mesmo sistema taxon mico, os elementos climáticos e estruturais são essenciais nas unidades superiores (G. I a G. IV) compostas pela zona, domínio e região e elementos biogeográficos, e antrópicos nas unidades inferiores. (G. V a G. VIII) por sua vez, compõem-se do geossistema, o geof cies e o ge topo, conforme se observa no Quadro 01.

Quadro 01: Níveis têmporo-espaciais dos Geossistemas

UNIDADES DE PAISAGEM	ESCALA TÊMPORO-ESPACIAL (A. CAILLEUX J. TRICART)	EXEMPLO NUMA MESMA SÉRIE DE PAISAGENS	UNIDADES ELEMENTARES				
			Relevo	Clima	Botânica	Biogeografia	Zona
Zona	G I grandeza G.I	Temperada		Zonal		Bioma	Zona
Domínio	G. II	Cant�brico	Domínio estrutural	Regional			
Região Natural	G. III – IV	Picos da Europa	Região estrutural		Andar Série		Quarteirão rural ou urbano
Geossistema	G. IV – V	Geossistema atl�ntico montanh�s (calcário sombreado com faia higrófila a “Asp�rula adorata” em terras fusca”	Unidade estrutural	Local		Zona Equi-potencial	
Geof�cies	G. VI	Prado da ceifa com Mol�nio Arrhenatheretea” em solo lixiviado hidromórfico formado em depósito mor�nico			Est�dio Agrupa-mento		Explora�o ou quarteirão parcelado (pequena ilha em uma cidade
Ge�topo	G. VII	“cadi�s” de dissolu�o com “Aspidium LondhitisSw” em microssolo tímido carbonarado em bolsas		Micro-clima		Bi�topo Biocenose	Parcela (casa em cidade)

Fonte: Bertrand, 2004.

De acordo com a classifica o têmporo-espacial de Bertrand para os geossistemas, considera-se que, nas unidades superiores, as zonas correspondem ao conjunto de primeira grandeza, representado pelo clima e seus respectivos biomas em primeiro plano, podendo ainda contar com algumas megaestruturas. O domínio representa o conjunto de segunda grandeza, caracterizado pela intera o do relevo com o clima e, a região natural, como o conjunto de terceira grandeza, constituída por uma região natural bem circunscrita, podendo citar os picos da Europa (BERTRAND, 2004; ALMEIDA, 2015).

J  nas unidades inferiores, tem-se o geossistema que pertence à quarta grandeza da escala têmporo-espacial, podendo ser representado em dimensões desde alguns km² a

algumas centenas de km², cuja unidade é formada pela combinação de fatores geomorfológicos, climáticos e hidrológicos, servindo como referência para estudos pautados na organização espacial e ainda apresenta certa heterogeneidade fisionômica de suas paisagens. O geofácies situa-se na sexta grandeza e é caracterizada pelo seu grau de homogeneidade fisionômica das paisagens desenvolvidas num mesmo patamar de evolução dos geossistemas (BERTRAND, 2004; ALMEIDA, 2015).

Por fim, localizada no último nível de grandeza dessa escala têmporo-espacial, tem-se o geótopo, que é caracterizado como a menor unidade geográfica homogênea (BERTRAND, 2004; ALMEIDA, 2015).

A classificação proposta por Bertrand sofreu algumas críticas, em especial a sua forma de utilização, uma vez que seu uso fica inviabilizado em determinados ambientes em que, por exemplo, a vegetação ou o solo não eram elementos principais da análise. Além disso, o nível de antropização foi considerado tão alto a ponto de comprometer a definição do que seria um ambiente estável ou bioestático, retirando, assim, o caráter de modelo geográfico global de compreensão do ambiente que, por vezes, lhe fora atribuído (VICENTE; PEREZ FILHO, 2003).

Preocupado em sanar os problemas da primeira classificação de geossistemas, Bertrand apresenta outra proposta desses em que considera os tipos, as dinâmicas e os diferentes estágios de evolução (ALMEIDA, 2015). Essa nova classificação das tipologias da paisagem proposta por Bertrand pauta-se na teoria de bio-resistasia de Erhart, de 1966, que classifica a paisagem em sete tipos de geossistemas e, a partir da qual ele reuniu os geossistemas em dois grupos diferentes: os que estão em biostasia e os que estão em resistasia (BERTRAND, 2004).

Os geossistemas em biostasia correspondem às paisagens onde a atividade geomorfogenética se configura como fraca ou nula, cujo potencial ecológico pode ser considerado estável e o sistema de evolução é controlado pelos agentes e processos bioquímicos. Nesses geossistemas biostáticos, a intervenção humana pode causar um processo de regressão da vegetação e dos solos, porém, o equilíbrio entre o potencial ecológico e a exploração biológica não chega a ser afetado, e se subdivide em quatro, sendo classificado de acordo com o seu grau de estabilidade (BERTRAND, 2004).

São quatro os geossistemas biostáticos. Os “climáticos”, “plesioclimáticos” ou “subclimáticos” se referem às paisagens onde o clímax é mais ou menos bem conservado e a intervenção humana é limitada, não comprometendo o equilíbrio de conjunto de geossistemas. Já os “paraclimáticos” se caracterizam por aparecer no decorrer de uma evolução regressiva,

com origem geralmente antrópica, resultado de algum bloqueamento relacionado a alterações do potencial ecológico ou da exploração biológica. Quanto aos geossistemas degradados, esses apresentam uma dinâmica em progressão e, ainda, os degradados com dinâmica regressiva, que não apresentam modificação considerável do potencial (BERTRAND, 2004).

Os geossistemas em resistasia caracterizam-se pelo domínio da geomorfogênese sobre a dinâmica global das paisagens, onde a erosão, o transporte e a acumulação dos detritos propiciam uma mobilidade das vertentes, resultando em uma modificação mais ou menos forte do potencial ecológico. Essa geomorfogênese ocorre em dois níveis de intensidade: os casos de “resistasia verdadeira”, ligados a uma crise geomorfoclimática capaz de alterar o modelado e o relevo; e os casos de “resistasia limitada”, ligada à “cobertura viva” da vertente. Todavia, em ambos prevalecem as atividades erosivas com destruição da vegetação e dos solos. Nesse caso, tem-se dois tipos de geossistemas: os com geomorfogênese “natural” e os regressivos, nos quais a geomorfogênese está relacionada à ação antrópica (BERTRAND, 2004).

Considerando esse modelo de classificação dos geossistemas, Bertrand (2004), afirma que esse deve ser pautado no tempo e no espaço. Quanto ao tempo, há de se considerar a parte das heranças, o que gera certo problema, visto que essas não são apenas geomorfológicas ou pedológicas, mas também florísticas e antrópicas, sendo necessária a reconstrução da cadeia histórica dos geossistemas analisando a alternância e a duração respectiva das fases de equilíbrio biológico e de atividade geomorfogenética. Relativo ao espaço, por sua vez, deve-se dar atenção ao fato da justaposição dos mesmos, configurando assim um problema da geografia “ativa” que reforça o interesse da pesquisa (BERTRAND, 2004; ALMEIDA, 2015).

Na tentativa de propor um modelo teórico que melhor atendesse aos estudos integrados da paisagem, considerando que essa está em constante evolução e que apresenta complexidade em sua compreensão, Bertrand concebe um sistema denominado de GTP– Geossistemas, Território e Paisagem ou Sistema Tripolar (FIGURA 02).

Nesse modelo, o geossistema é considerado como fonte, onde se encontram todos os elementos físicos, químicos e biológicos responsáveis pelo funcionamento e manutenção do meio ambiente; o território, como recurso, atrelado ao espaço produzido pela exploração econômica das sociedades e suas transformações ao longo do tempo; e a paisagem, que corresponde às relações multitemporais das sociedades, compreendida a partir das suas impressões registradas ao longo do tempo (GONÇALVES; PASSOS, 2017).

Figura 02 – Sistema GTP



Fonte: Torres, 2003.

Nessa perspectiva, Pissinati e Archela (2009) também consideram o geossistema como um complexo formado, em que existem relações naturais entre os elementos bióticos e abióticos; o território, como forma de uso político, social e econômico do espaço geográfico; e a paisagem, como expressão cultural, manifestada a partir da apropriação, utilização e significado que é dado aos componentes do geossistema pela comunidade onde se insere (PISSINATI; ARCHELA, 2009).

Assim, considera que Bertrand, ao criar a tríade GTP, tinha como propósito a reaproximação desses três conceitos que seriam base para analisar o funcionamento de um determinado espaço geográfico de forma holística, garantindo, assim, o entendimento das dinâmicas existentes na área em estudo (PISSINATI; ARCHELA, 2009).

Dessa maneira, Souza (2009, p. 99) assim se pronuncia:

O sistema GTP vem ao encontro dos novos desafios diante das rápidas transformações econômicas, políticas e culturais, desdobradas em uma estimulante questão socioambiental, apresentando grande complexidade e inviabilidade para ser analisada por meio de paradigmas unilaterais (SOUZA, 2009, p. 99).

Constata-se que o estudo do meio ambiente de forma integrada, realizada na perspectiva do modelo GTP, alcança excelentes resultados, uma vez que tem como objetivo compreender o processo de antropização da natureza. Partindo desse pressuposto, a análise ambiental de uma bacia hidrográfica considerada como unidade de paisagem a ser estudada ganha grande contribuição com o modelo GTP. A esse respeito, Almeida (2015, p. 54) pontua que “a proposta GTP surge como uma possibilidade interpretativa da bacia hidrográfica, com base na ciência geográfica”.

Nessa tentativa de demonstrar a importância do estudo das bacias sob a ótica dos geossistemas com o modelo GTP, Almeida (2015, p. 54) ressalta que, “a junção de

geossistema, território e paisagem criam possibilidades de uma visão transversal, com várias escalas temporais e espaciais de um determinado fenômeno ambiental”.

1.4 Bacia hidrográfica como unidade de análise da Paisagem

Ao considerar que o objetivo deste trabalho é realizar uma análise ambiental de uma bacia hidrográfica com base nas transformações ocorridas no espaço-tempo dessa unidade de paisagem, Almeida (2015, p.64) assegura que aquela é “entendida como um conjunto geográfico que evolui sob o efeito das interações entre os elementos e as estruturas que a constitui”. E reforça que a mesma pode ser considerada como “unidade da paisagem que exerce papel fundamental na evolução do relevo, pois o arranjo dos seus cursos de águas constituiu significativos modeladores da paisagem”.

As unidades de paisagem são utilizadas como uma forma de caracterizar as mais variadas situações de um dado ambiente, baseando-se na aproximação de elementos homogêneos, distinguindo-se de espaços heterogêneos. Assim se permite a realização de uma análise e um diagnóstico em escala local sobre os componentes e suas relações, bem como do seu comportamento frente ao uso e ocupação antrópica, destacando, principalmente, suas potencialidades e limites (ESTÊVEZ *et al.*, 2011).

Ainda na perspectiva de entendimento do que seria uma unidade de paisagem, tem-se que essa pode ser o resultado da combinação existente entre os fatores físicos de uma área que possuam a mesma dinâmica (BERTRAND, 1971). Desse modo, para Lima (2008 p. 46), bacia hidrográfica é “toda área de captação natural da água da chuva que proporciona escoamento superficial para o canal principal e seus tributários”.

Ao considerar que a bacia hidrográfica é uma área onde é possível observar a interação existente dos elementos físicos, bem como, a interação com o homem e o que resulta dessa relação, Guedes (2018, p.37) afirma que, “ao se definir a bacia hidrográfica como unidade de paisagem, define-se a escala de planejamento para a realização de ações concretas na área de estudo estabelecida”.

Já Rodrigues e Adami (2009, p.147) assim definem bacia hidrográfica:

Um sistema que compreende um volume de materiais, predominantemente sólidos e líquidos, próximo à superfície terrestre, delimitado interna e externamente por todos os processos que, a partir do fornecimento de água pela atmosfera, interferem no fluxo de matéria e de energia de um rio ou de uma rede de canais fluviais. Inclui, portanto, todos os espaços de circulação, armazenamento, e de saídas da água e do

material transportado, que mantêm relações com esses canais (RODRIGUES E ADAMI, 2009, p. 147).

Lima (1996, p. 10) concorda que a bacia hidrográfica seja [...] “um espaço que compreende toda a área de captação natural da água da chuva que proporciona escoamento superficial para o canal principal e seus tributários, onde o limite superior é o divisor de águas e o inferior é a saída da bacia chamada confluência”. Já Lino e Dias (2005, p.19) assim afirmam:

Entende-se por bacia hidrográfica toda a área de captação natural da água da chuva que escoam superficialmente para o rio ou um seu tributário. Os limites da bacia hidrográfica são definidos pelo relevo, considerando-se como divisores de água os terrenos mais elevados. Portanto, a depender do relevo, a bacia hidrográfica pode apresentar diferentes formas, variando de estreita e alongada a larga e curta (LINO E DIAS, 2005, p.19).

Outras definições de bacia hidrográfica são apresentadas por Resende *et al.* (2014, p.237): “a bacia hidrográfica é a área na qual a precipitação flui para um único canal natural; separa-se das demais pelos divisores de água”. Pires, Santos e Del Prette (2002, p.17) conceituam como “conjunto de terras drenadas por um corpo d’água principal e seus afluentes e representa a unidade mais apropriada para o estudo qualitativo e quantitativo do recurso água e dos fluxos de sedimentos e nutrientes”.

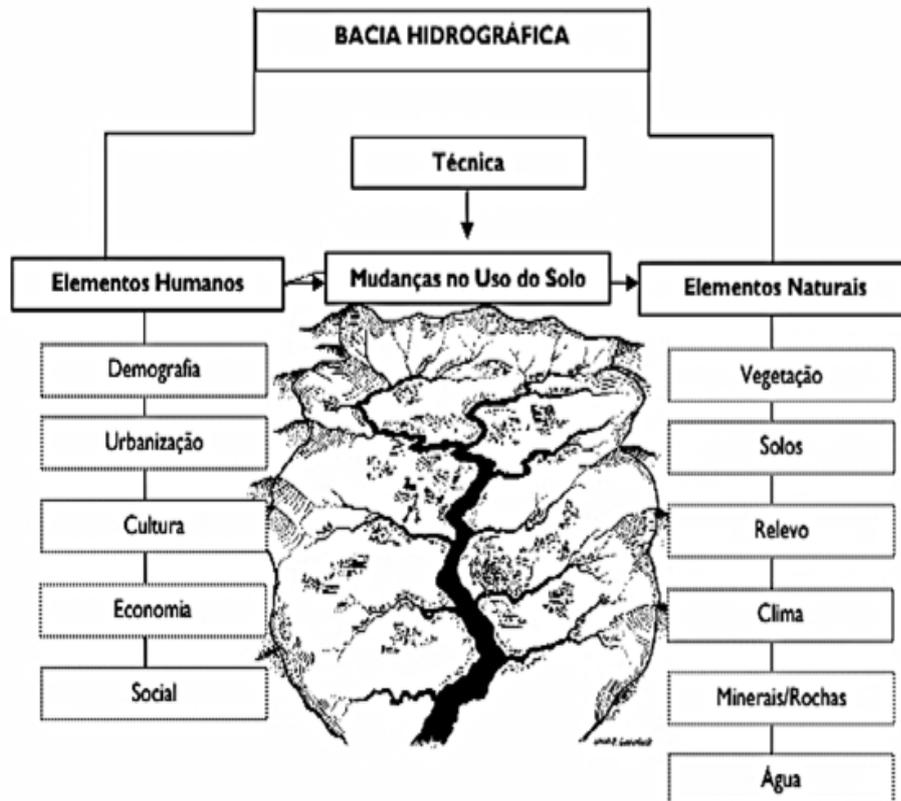
Portanto, define-se bacia hidrográfica como uma área de drenagem formada por vários cursos d’água que direciona suas águas para um curso principal, que tem como limites as formas de relevo mais altas que a circunda e que, por sua vez, define o caminho a ser percorrido pela água da chuva.

Após definir o conceito de bacias hidrográficas, destaca-se sua importância para as análises integradas da paisagem. Resende *et al.* (2014, p.237) ressalta que “qualquer área da paisagem está numa bacia de drenagem onde as variáveis componentes do balanço hídrico podem ser avaliadas, de forma coerente, para fins práticos”. Com base nisso, pode-se dizer que a bacia hidrográfica deve ser considerada como a principal unidade de gerenciamento e planejamento ambiental, uma vez que propicia o entendimento das relações existentes entre os fatores físicos e humanos e, portanto, pode ser compreendida como um sistema. Em consonância com essa ideia, Silveira (2004, p. 41) assim afirma:

[...] A bacia hidrográfica pode ser considerada um sistema físico onde a entrada é o volume de água precipitado e a saída é o volume de água escoado pelo exutório, considerando-se como perdas intermediárias os volumes evaporados e transpirados e também os infiltrados profundamente [...] (SILVEIRA, 2004, p. 41).

Ainda nessa perspectiva, Botelho e Silva (2011) apontam que a importância da bacia hidrográfica como unidade de análise está atrelada ao fato de essa possibilitar a realização de avaliações de forma integrada em especial no que tange às atividades antrópicas e equilíbrio ambiental da área (FIGURA 03).

Figura 03 – Sistemas componentes de uma Bacia Hidrográfica



Fonte: /www.longtom.org/watershed.html.

Corroborando essa ideia, Almeida (2015) afirma que “as bacias hidrográficas se apresentam como um importante campo de estudos sobre o ambiente, uma vez que seu estado morfodinâmico pode ser rapidamente modificado e, dependendo do impacto, resultar em consequências drásticas sobre a área”.

E nesse sentido percebe-se que, cada vez mais, consideram a bacia hidrográfica como unidade de análise ambiental, propiciando o crescimento e disseminação da mesma para esse fim. Dessa forma, para uma melhor compreensão da interação presente nessa unidade é necessário discutir quais são os seus componentes, bem como suas classificações e dimensões. Assim, quanto às dimensões de bacia hidrográfica, essa pode ser classificada em três, quais sejam a microbacia, a sub-bacia e a bacia hidrográfica, dependendo da necessidade ou perspectiva de análise do pesquisador.

A microbacia, de acordo com o Programa Nacional de Microbacias Hidrográficas - PNMH (1987) é uma “área drenada por um curso d’água e seus afluentes, a montante de uma seção transversal, para a qual convergem as águas que drenam a área considerada”. Já Silva (1994) a considera como sendo a menor unidade territorial onde seja possível visualizar os componentes ambientais de forma integrada. Botelho (2014, p. 269) afirma que a microbacia é a “área da superfície terrestre drenada por um rio principal e de seus tributários, sendo limitada pelos divisores de água”. Lima (2008, p.52) a define “como sendo aquela cuja área é tão pequena que a sensibilidade a chuvas de alta intensidade e às diferenças de uso do solo não seja suprimida pelas características da rede de drenagem”.

De acordo com as definições supracitadas, percebe-se a semelhança existente com o conceito de bacia hidrográfica. Com efeito, assim afirma Botelho, (2014, p. 269): “o que diferencia a microbacia de uma bacia hidrográfica é a escala de ocorrência, sendo que, as bacias hidrográficas podem ocupar vastas áreas geográficas, enquanto as microbacias são recortes menores e pertencentes à bacia hidrográfica”.

Botelho e Silva (2012), na tentativa de estipularem uma dimensão exata para a diferenciação de áreas de uma microbacia e bacia hidrográfica, propõem a seguinte delimitação: uma área de 20 a 50 km² para a microbacia, enquanto para a bacia hidrográfica essa pode variar de 5 a 100.000 km². Já Lima (2008, p.52) entende que “a área de uma microbacia pode variar de pouco menos de 1 ha a até 40 ou mais hectares, podendo mesmo atingir, em algumas situações, até 100 ha ou mais”.

Considerando esses dimensionamentos, percebe-se uma dificuldade na definição de microbacias. Assim é que Botelho e Silva (2012) esclarecem que, mais importante que a definição de unidade espacial mínima, são as características da área, tanto físicas quanto socioeconômicas, que definirão a menor ou maior diversidade espacial.

Quanto ao conceito de microbacia, Botelho (2014) assinala que esse está “fortemente relacionado aos projetos de planejamento e conservação ambiental”. Nessa perspectiva, entende que a microbacia deve ser considerada como uma área grande o suficiente que garanta a identificação de suas relações e, ao mesmo tempo, pequena o suficiente para que os seus recursos disponíveis sejam compatíveis.

Ao se escolher a microbacia para a realização de projetos de planejamento, deve haver uma seleção criteriosa para que se obtenha o resultado almejado. Nesse sentido, podem diferenciá-las em representativas, estratégicas e experimentais. As representativas são aquelas que apresentam as características físicas e socioeconômicas significativas da porção do território escolhido. Por outra perspectiva, as estratégicas são consideradas como microbacias

que apresentam condições específicas não encontradas em outra área, além de poderem ser representadas pela existência de problemas em estado crítico. Por fim, as experimentais são aquelas menores que 20 km², onde são implantados projetos dessa natureza pelo fato de facilitar o monitoramento (BOTELHO; SILVA, 2012).

Em relação às sub-bacias, o conceito se relaciona à hierarquia existente dentro de uma rede de drenagem hídrica, independentemente de seu tamanho (TORRES, MARQUES NETO; MENEZES, 2012). De acordo com a Lei Federal n. 9.433, de 08/01/1997, é considerada como sub-bacia a bacia hidrográfica de um tributário do curso principal da bacia. Como cada bacia hidrográfica está contida dentro de outra de hierarquia maior, configura-se sempre a penúltima como sub-bacia. Portanto, consideram-se os termos bacia e sub-bacias hidrográficas como relativos, a depender da hierarquia.

Diante dessa classificação das bacias, percebe-se uma complexidade na diferenciação de área. Para essa diferenciação, Torres, Marques Neto e Menezes (2012) propõem usar o grau de hierarquização da bacia, em que consideram como bacia hidrográfica a de área drenada pelo curso principal; sub-bacia como a área de drenagem do tributário do rio principal; e microbacia, a área que é drenada por tributário do tributário do curso principal.

Outra forma de classificar as bacias hidrográficas refere-se à sua capacidade de escoamento, que são classificadas em exorreicas: apresentam escoamento de forma contínua até o mar ou oceano; endorreicas: com escoamento interno sem alcançar o oceano; arreicas: correm quando a bacia não possui estrutura, sendo característica de áreas desérticas; e as criptorreicas: apresentam escoamento subterrâneo típicas de áreas cársticas (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Quanto aos componentes da bacia hidrográfica, destacam-se a água e o relevo, em que aliados um ao outro controlam o funcionamento da bacia. Em relação à água, essa é considerada como um recurso natural indispensável para a vida na terra, pois além de propiciar a vida dos seres vivos possibilita ao homem o desenvolvimento econômico e social (BENETTI; BIDONE, 2004).

Além disso, a água é essencial para o diagnóstico do nível de interferência antrópica em uma bacia hidrográfica. Quanto a isso, Braga *et al.* (2006, p. 150) ponderam que o diagnóstico sobre a qualidade da água é “necessário para que se conheça a situação dos corpos hídricos com relação aos impactos antrópicos na bacia hidrográfica e é essencial para que se planeje sua ocupação e seja exercido o necessário controle dos impactos”.

Quanto ao relevo como componente de uma bacia, Villela e Mattos (1975, p.17) revelam que,

[...] o relevo de uma bacia hidrográfica tem grande influência sobre os fatores meteorológicos e hidrológicos, pois a velocidade do escoamento superficial é determinada pela declividade do terreno, enquanto que a temperatura, a precipitação, a evaporação etc. são funções da altitude da bacia. [...] (VILLELA E MATTOS, 1975, p. 17).

Nessa perspectiva, Almeida (2015, p.64) afirma que “o conhecimento das formas de relevo é um importante aliado quando a referência da pesquisa ou unidade é a bacia hidrográfica, pois são as redes de drenagem as grandes responsáveis pelo modelado geomorfológico”.

Segundo Stevaux e Latrubesse (2017, p. 60), a rede de drenagem “constitui o sistema de canais para o transporte de água e sedimento formado pelo rio principal e seus tributários que drenam uma determinada área”. Quanto às redes assim destacam:

[...] conforma-se por uma sequência de canais fluviais interconectados nos quais a água se movimenta por gravidade. Partindo das porções mais elevadas da bacia, os canais juntam-se sucessivamente para formar cursos de maior porte, sendo construída uma rede de canais hierarquizados (STEVAUX; LATRUBESSE, 2017, p. 60).

Considerando que os canais, também denominados de rios, formam a rede de drenagem, Christofolletti (1980) compreende-os como os agentes de transporte de materiais intemperizados mais importantes da bacia hidrográfica.

Quanto ao termo rios, é necessário evidenciar que esse é complexo, uma vez que exige um determinado tamanho para ser designado, porém, como não há um consenso entre essas medidas, é destinado à caracterização do maior curso d’água presente na bacia hidrográfica. Mas para o olhar geológico e geomorfológico, rio é utilizado para denominar qualquer fluxo de água canalizado (TORRES; MARQUES NETO e MENESES, 2012).

Os rios podem ser classificados de acordo com o período de tempo durante o qual o fluxo ocorre. Pautando-se nisso, podem ser perenes, quando o fluxo permanece o ano todo e possui um canal bem definido; intermitentes, cujo fluxo ocorre somente durante a estação chuvosa, e efêmeros, que só apresentam fluxo durante chuvas ou períodos chuvosos e os canais não são bem definidos (LIMA, 2008).

Outra classificação possível para apresentar os canais atrela-se ao fator de formação geológica que influencia diretamente na forma de comportamento do rio. Nessa classificação, tem-se os rios retilíneos, caracterizados por serem retos e curtos, estando condicionados a uma base rochosa e homogênea que oferece resistência de forma igual ao trabalho da água; os rios anastomosados, caracterizados por um grande volume de carga de

fundo, além de várias ramificações de canais que se reencontram e são separadas por ilhas e barras arenosas; os rios entrelaçados, que referem-se a canais presentes em maior frequência em ambientes glaciais e relacionados a relevos propensos à movimentação tectônica e leques aluviais; e os rios meandrantos, que se caracterizam por conter curvas ao longo do seu curso de forma semelhante, que são resultados do trabalho da água no sentido de escavação e deposição (CUNHA, 1998).

Quanto a essa classificação, Cunha (1998) ressalta que uma bacia hidrográfica pode conter todos os tipos de canais. Villela e Mattos (1975, p. 12) completam que “muitos rios possuem seções dos três tipos, dependendo da variação da estrutura geológica ao longo de seu curso, o que torna difícil a catalogação destes rios por tipo”.

Feitas a caracterização dos componentes da bacia hidrográfica, bem como as formas em que essa pode ser classificada, volta-se à discussão para os problemas ambientais que vêm de forma crescente atingindo as bacias hidrográficas.

Atualmente, vive-se em um cenário em que a crise ambiental se faz presente de forma acelerada, o que é agravado pela relação humana com os recursos naturais, visto que se acreditava não serem esses finitos, usando-os de forma desenfreada, visando à exclusivamente à obtenção e acúmulo de riquezas para o denominado bem-estar humano, sem considerar o meio ambiente (SANTOS; FERREIRA; FERREIRA, 2017). Nesse contexto inserem-se as bacias hidrográficas, escolhidas como unidade espacial de análise dos problemas ambientais por propiciarem de forma integrada e sistêmica a realização da análise de seus componentes, além da compreensão do que acontece nesse meio e quais são suas consequências (BOTELHO; SILVA, 2011).

As principais causas que comprometem a qualidade ambiental nas bacias hidrográficas referem-se às atividades humanas não sustentáveis, que visam ao lucro imediato, sem preocupação com os danos ambientais e, conseqüentemente, resultando em sérios prejuízos econômicos e sociais para as mesmas (PIRES; SANTOS; DEL PRETTE, 2002).

Quanto aos problemas que as impactam, Pires, Santos e Del Prette (2002, p. 28) assim pontuam: “os impactos de maior ocorrência em bacia hidrográfica estão associados aos problemas de erosão dos solos, sedimentação de canais navegáveis, enchentes, perda da qualidade da água e do pescado e aumento do risco de extinção de elementos da fauna e flora”.

A problemática de alterações em bacias hidrográficas agrava-se consideravelmente em áreas urbanas devido ao aumento de áreas impermeabilizadas e à

redução da cobertura vegetal que, apesar de ser um impacto localizado, expande seus efeitos para a área da bacia como um todo (STEVAUX; LATRUBESSE, 2017). Em áreas rurais também existem problemas que as afetam, pois a grande expansão de áreas de cultivo agrícola, em conjunto com o uso indiscriminado de pesticidas, geram sérios problemas, como a perda da vegetação nativa e a contaminação dos corpos d'água (PIRES; SANTOS; DEL PRETTE, 2002). Entretanto, o ciclo hidrológico em áreas rurais ainda funciona de forma semelhante ao de ambientes florestados, permitindo a infiltração de uma boa parcela d'água, o que não acontece em ambientes urbanos impermeabilizados (BOTELHO; SILVA, 2012).

A análise ambiental de uma bacia hidrográfica consiste no levantamento de dados físicos da área (clima, geologia, relevo, solos, rede de drenagem e vegetação), bem como seus aspectos sociais, econômicos e culturais e, a partir daí, traçar quais as relações existentes entre esses elementos (MENDONÇA, 1999).

Outra questão a ser discutida em trabalhos de cunho ambiental é a fragilidade dos ambientes, uma vez que um ambiente natural possui seu próprio equilíbrio, nos quais seus elementos naturais (geologia, relevo, declividade, clima, solos e vegetação) funcionam de forma integrada, garantindo seu equilíbrio. Ocorre que, ao ser exposto à forças antrópicas, esse ambiente passa a ter desequilíbrios, os quais podem comprometer o seu dinamismo natural, o que denominado de fragilidade ambiental.

De acordo com SPORL (2007, pg. 25), “a fragilidade ambiental é o grau de suscetibilidade a qualquer tipo de dano, ou seja, está relacionado aos ambientes em situação de risco”.

Partindo desse pressuposto, tem-se dois tipos de fragilidades ambientais. Uma que leva em consideração a fragilidade natural que um ambiente apresenta de acordo com suas características naturais de geologia, relevo, declividade, clima, solos e vegetação chamada de Fragilidade Potencial; e outra que associa a Fragilidade Potencial ao uso, ocupação e cobertura da terra gerando a Fragilidade Emergente do ambiente (Ross, 1993).

Assim os trabalhos de cunho ambiental apresenta vários formas de serem analisados no intuito de chegar a resultados satisfatórios da área de estudo e é nesse cenário que se considera o uso das geotecnologias como ferramentas fundamentais na obtenção de resultados das análises ambientais.

1.5 O uso das Geotecnologias para a análise ambiental

O cenário mundial, atualmente, apresenta cada vez mais uma dinâmica complexa de ser entendida e, para isso, o homem busca desenvolver meios cada vez mais eficientes para compreender as transformações ocorridas no espaço. Essa evolução não é diferente na ciência geográfica que, ao incorporar as tecnologias em seus estudos, apresenta evolução em seus trabalhos, em virtude das geotecnologias cada vez mais sofisticadas, o que propicia a representação dos fenômenos no espaço de forma mais fácil e eficiente.

Rosa (2005, p.81) define as geotecnologias como “um conjunto de tecnologias para a coleta, o processamento, a análise e a oferta de informações com referência geográfica”. Portanto, pode-se considerá-las como um conjunto de ferramentas que possibilita representar dados espacialmente referenciados, transformando-os em informações e, desse modo, analisar fenômenos em uma dada unidade espacial.

Para a geografia, as geotecnologias são ferramentas essenciais por propiciar a espacialização e análises do meio de forma integrada. Dentre as técnicas geotecnológicas para a coleta e tratamento de dados de uma dada unidade espacial, destacam-se o Sensoriamento Remoto e o Sistema de Informação Geográfica- SIG.

Para Meneses e Almeida (2012, p.3), Sensoriamento Remoto é “(...) uma ciência que visa o desenvolvimento da obtenção de imagens da superfície terrestre por meio da detecção e medição quantitativa das respostas das interações da radiação eletromagnética com os materiais terrestres”. A partir do sensoriamento remoto, podem-se utilizar imagens de satélites, visando mapear uma área ou até mesmo monitorá-la.

O Sistema de Informação Geográfica (SIG), então, consiste em uma ferramenta que pode ser utilizada em sistemas computacionais capazes de tratar dados geográficos e armazenar a sua geometria, além de todos os componentes que trazem consigo a sua localização terrestre representados numa projeção cartográfica, isto é, a sua georreferência (CÂMARA *et al.*, 2001).

Quando aplicado em estudos de avaliação ambiental, o SIG é uma ferramenta eficiente e eficaz para um melhor planejamento do uso do solo e da água em áreas impactadas (GARCIA *et al.*, 2006; MORAES, 2000) e para auxiliar no processo de decisão da área de intervenção. Portanto, o uso dessa tecnologia permite a realização de um estudo contínuo e evolutivo de determinada área, relacionando diversas variáveis que, no final, resultam em informações atualizadas (MORAES *et al.*, 2006).

Assim, o Sensoriamento Remoto e o SIG, ao serem utilizados em conjunto, possibilitam a realização de várias análises espaciais, a exemplo da dinâmica do uso e

ocupação do solo, proporcionando maior compreensão da área estudada e, conseqüentemente, melhor tomada de decisões e gerenciamentos.

Vaeza *et al.*(2010,p.24) também afirmam que tais tecnologias “(...) tornaram-se ferramentas úteis e indispensáveis no monitoramento da dinâmica de uso e ocupação das terras, pelo fato de propiciar maior frequência na atualização de dados, agilidade no processamento e viabilidade econômica”.

Assim, o uso das geotecnologias para processamento de dados ambientais é importante por proporcionar a identificação do problema, sua localização, sua extensão e suas relações espaciais quanto aos fenômenos analisados, o que garante suporte para a explicação de seu estado presente, passado e futuro (SILVA, ZAIDAN, 2004).

Nessa perspectiva, considerando as bacias hidrográficas como unidade de análise da paisagem, o uso das geotecnologias podem ser bastante proveitosas, pois seu uso possibilita a extração de informações relacionadas à bacia, bem como sua organização, permitindo, assim, estudos voltados aos recursos hídricos (LIMA;ÁGUAS; COSTA,2015), além de outros elementos ali presentes, como o uso e ocupação do solo.

Nesse contexto, o uso das geotecnologias possibilita a garantia da excelência de resultados para trabalhos de análise sistêmica integrada, uma vez que vários autores já realizaram trabalhos dessa linha e asseguram que os resultados são satisfatórios.

Luciano *et al.*(2014), utilizaram de ferramentas geotecnologias para a representação cartográfica dos elementos da paisagem. Isso possibilitou a análise dos mesmos e, assim, identificar em seus resultados que quase 90% da área de estudo possui alto a médio potencial vulnerável, além de diagnosticar que a pedologia da área apresenta um alto potencial erosivo podendo, assim, comprometer a produtividade agropecuária e assoreamentos dos cursos d’água.

Souza (2015) propôs analisar o uso e ocupação da terra na planície costeira de Caravelas (BA) aplicando as geotecnologias. Assim, utilizou como base as imagens orbitais do Satélite Landsat TM-5, que foram integradas e processadas utilizando ferramentas do software Arc Gis. A partir desse processo, constataram que houve uma expansão da área agrícola, da área urbana e das áreas de pastagens, o que, por conseguinte demonstrou que houve uma redução nas áreas originais de corpos d’água, manguezais e brejos.

Costa e Corrêa (2018) aplicaram as geotecnologias para o reconhecimento de padrões de uso e cobertura da terra a partir da escala paisagem no município de Belterra (PA), onde, utilizando as imagens do Landsat TM-5 e o processamento digital de imagens, gerou o mapa dos diferentes tipos de usos e cobertura da terra da área de estudo. Isso permitiu analisar

a distribuição dos usos, avaliarem a dinâmica espacial, bem como se deu a modificação da paisagem.

Portanto, o presente trabalho, ao propor uma análise geossistêmica da Bacia Hidrográfica do rio São Domingos, pautou-se na dinâmica da paisagem analisada sob a ótica integrada sistêmica, adotando-a como unidade de paisagem, e as geotecnologias como ferramentas facilitadoras para esse processo.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Localização da área de estudo

A bacia do rio São Domingos, com uma área de 392,4 km², está localizada no Norte de Minas Gerais, na porção Centro-Oeste do município de Francisco Sá, abrangendo o Sul do município de Capitão Enéas, entre as coordenadas 16°18.215'S e 43°41.475'O ao Norte, 16°32.823'S e 43°26.678'O ao Sul, (FIGURA 04).

Os municípios de Francisco Sá e Capitão Enéas estão inseridos em uma região onde há o predomínio de cidades de pequeno porte e caracterizadas por uma baixa taxa de urbanização, com o dinamismo da economia mais limitado, predominantemente sustentada na agropecuária de subsistência e no extrativismo (FREDERICO, 2009). Outra característica importante é o fato de estar inserido numa área de transição de clima tropical semiúmido para semiárido. Daí o predomínio de um regime pluviométrico marcado por baixas precipitações ao ano, variando de 500 a 800 mm de forma concentrada em seis meses do ano. Nos outros seis meses, a população convive com a estiagem que impõe, em parte, limitações às atividades econômicas, além de problemas com escassez hídrica (SANTOS; LEITE, 2010, p.1-2).

O município de Francisco Sá, geograficamente, está situado entre as coordenadas 16°48.976'S e 43°29.346'O ao Sul, e 16°4.370'S e 43°26.571'O ao Norte, ocupando uma área de 2.759 km². Possui uma população de 24.912 habitantes, dos quais 40,2% residem na área rural, ou seja, 10.015 habitantes; e 14.897 habitantes residem na área urbana, o que corresponde a 59,8% de toda a população do município. É composto pela sede do município, dois distritos, a saber, Catuni e Cana Brava, e várias comunidades rurais. Geograficamente, limita-se com Montes Claros, Capitão Enéas, Janaúba, Riacho dos Machados, Grão Mogol, Itacambira e Juramento (IBGE, 2010).

A bacia do rio São Domingos, ocupa uma área de 340,6 km² dentro do município de Francisco Sá, o que equivale a 86,8% de sua área total. Ela faz parte da bacia do Rio Verde Grande, que é afluente da margem direita do rio São Francisco. O município conta também com a drenagem de cinco sub-bacias: Verde Grande, Gortuba, Quem-Quem, São Domingos, Caititu e Cana Brava. Mesmo apresentando uma quantidade razoável de bacias hidrográficas, o município enfrenta graves problemas de escassez hídrica, pois a maioria dos rios que o drena são intermitentes. Os que são perenes, na época da estiagem, apresentam uma vazão reduzida, além de problemas de degradação que agravam ainda mais a situação.

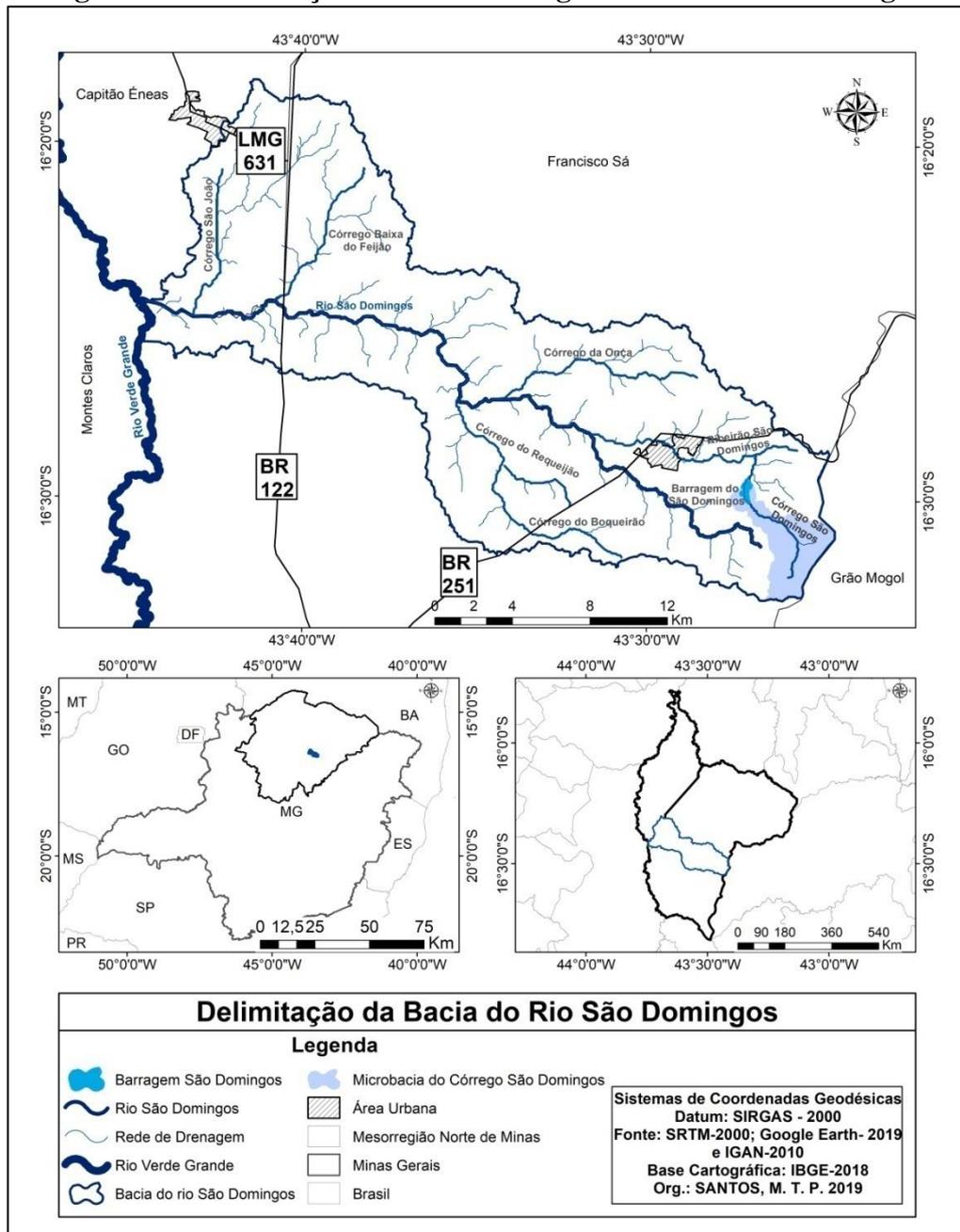
O município de Capitão Enéas situa-se nas coordenadas 16°24.972'S e 43°41.793'O ao Sul; e ao Norte 15°46.957'S e 43°39.204'O. Ocupando uma área de 971,5 km², abriga uma população de 14.206 habitantes, em que 2.686, ou seja, 18,9 % da população reside na área rural e 11.520, correspondendo a 81,1% do total populacional, vivem na área urbana. O município é composto por dois distritos, a sede do município e comunidades rurais, e faz limite com Montes Claros, Francisco Sá, Janaúba e São João da Ponte (IBGE, 2010).

Dentro dos limites do município de Capitão Enéas encontra-se localizada 13,2% da área total da bacia do rio São Domingos, ou seja, 51,8 km². Quanto à hidrografia do município, ele é drenado por três bacias: rio São Domingos na porção Sul; rio Quem-Quem, na porção Leste, e rio Verde Grande, a Oeste.

A bacia do São Domingos tem como curso principal o rio São Domingos, que tem sua nascente na Serra de Catuni, em uma altitude de 865 metros, por onde percorre cerca de 46,8 km até desaguar no rio Verde Grande, em uma altitude de 541 metros já no município de Capitão Enéas. Dentro do limite territorial da Bacia, encontra-se localizada totalmente a cidade de Francisco Sá, que abriga uma população de aproximadamente 14.897 habitantes e que depende integralmente dos recursos hídricos dessa bacia para seu abastecimento. Além do rio principal, a bacia também é drenada por alguns outros cursos, como os Córregos de Boqueirão, Requeijão, da Onça, Baixa do Feijão, São João, São Domingos e Ribeirão São Domingos.

As atividades econômicas predominantes na área são a agricultura e a pecuária, que dependem da disponibilidade hídrica da bacia para o seu desenvolvimento. Entre os problemas presentes na bacia, vale ressaltar a escassez hídrica que se deve, em parte ao próprio regime natural (IBGE, 2010). Ocorre que essa escassez é agravada devido às atividades antrópicas, como o desmatamento, que acaba assoreando os leitos fluviais, além do lançamento de esgoto *in natura* provenientes do município de Francisco Sá, o que compromete a qualidade das águas.

Figura 04 - Localização da Bacia Hidrográfica do rio São Domingos

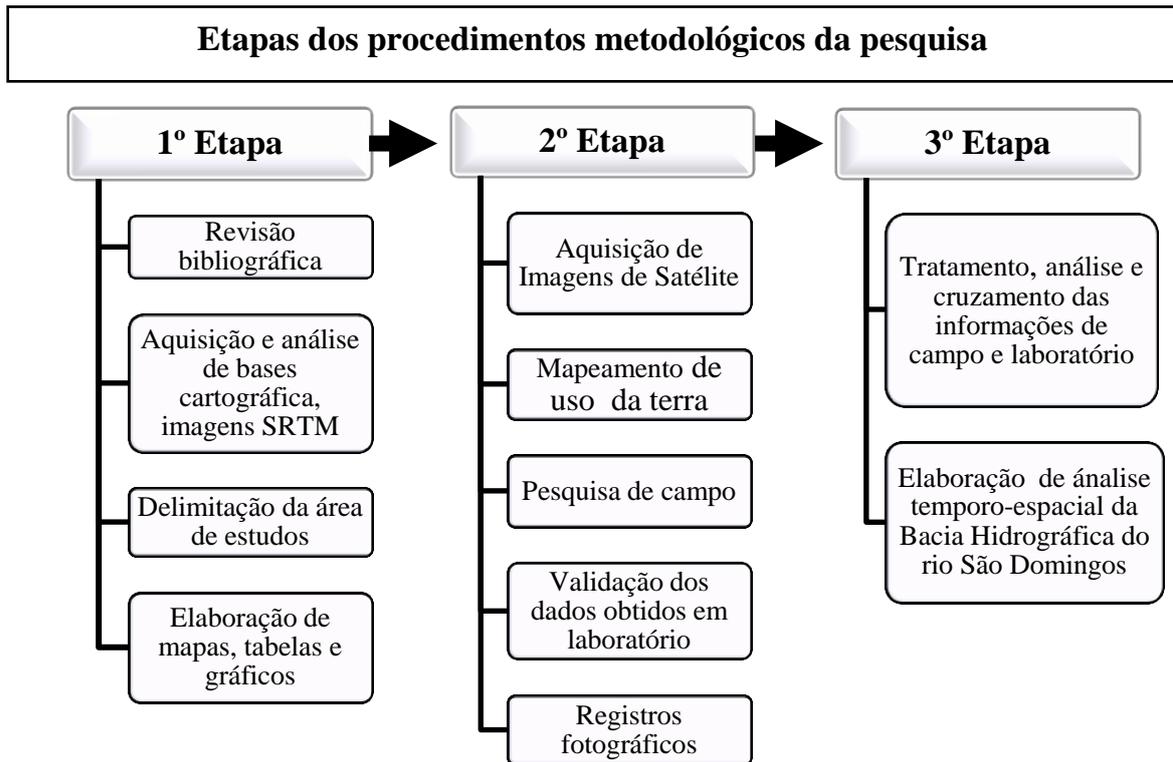


Fonte: Organização própria (2019).

2.2 Procedimentos metodológicos

A análise geossistêmica da Bacia Hidrográfica do rio São Domingos pauta-se na integração dos elementos físicos e humanos que compõem a paisagem, utilizando como base a Teoria Geral dos Sistemas e a Teoria dos Geossistemas. Nesse sentido, os procedimentos metodológicos foram divididos em etapas, conforme se visualiza na Figura 05.

Figura 05 – Fluxograma das etapas dos procedimentos metodológicos da pesquisa



Fonte: Organização própria (2019).

A primeira etapa constituiu-se de revisão bibliográfica com base em estudos científicos relacionados aos aspectos teóricos e conceituais que discutem o conceito de paisagem, a Teoria Geral dos Sistemas, a Teoria dos Geossistemas, Bacias Hidrográficas e o uso de geotecnologias nas análises ambientais. Assim, o referencial teórico principal está pautado nos seguintes autores: Bertalanffy (1968), Bertrand (2004), Christofolletti (1980, 1981, 1999), Troppmair (2006), Botelho (1999), Botelho e Silva (2004), Cunha 2010, Ab'Saber (2003), Ross (1993), Guerra e Mendonça (2011), Guerra e Marçal (2014), Casseti (1995), Tundisi (2008), dentre outros.

Ainda na primeira etapa do trabalho, realizou-se a caracterização física da área de estudo, para a qual foram elaborados mapas de localização, geologia, geomorfologia, solos, classificação hierárquica, declividade e hipsometria da área da bacia do rio São Domingos.

Esse mapeamento foi elaborado no intuito de realizar uma análise integrada dos componentes da área de estudo e, assim, por conseguinte, possibilitar a elaboração do diagnóstico ambiental da bacia. Para isso, foi necessário seguir alguns passos conforme a seguir.

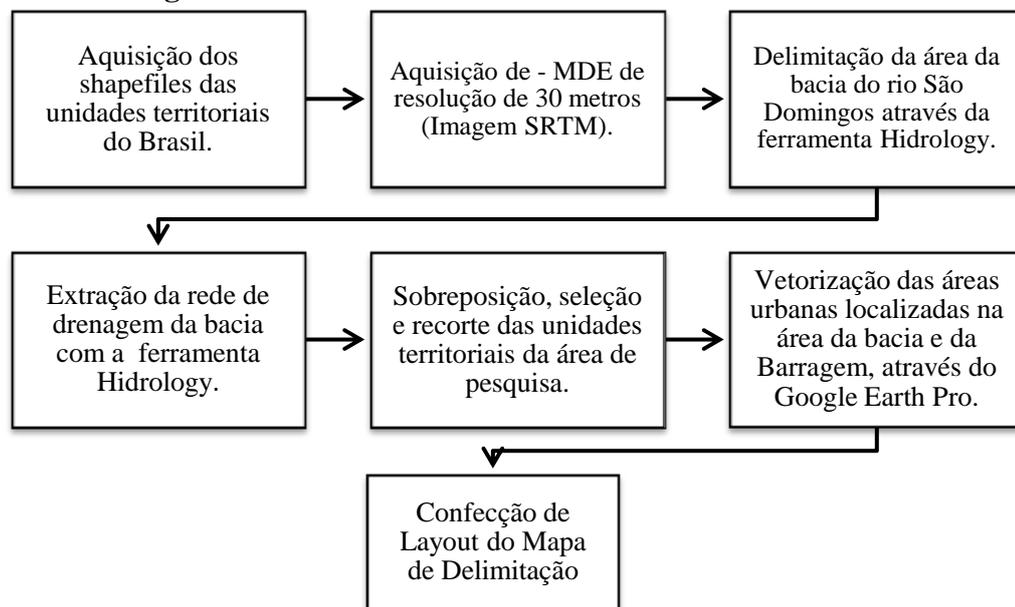
O primeiro passo foi munir-se dos materiais necessários para a realização do mapeamento. Esses materiais consistiram na aquisição de um Modelo Digital de Elevação

(MDE) na escala de 1:250.000, cuja resolução espacial é de 30 metros, oriundos da Missão Topográfica Radar Shuttle (SRTM), disponibilizada gratuitamente no sítio da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), especificamente a carta SE-23-X-A. Quanto à Base Cartográfica, com limites territoriais do Brasil do ano de 2018, estava disponível no sítio eletrônico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

A Carta Geológica e Geomorfológica de Minas Gerais do ano de 2010, por sua vez, foi viabilizada por meio do sítio eletrônico da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM). O Mapa de Solos do Estado de Minas Gerais estava disponibilizado no sítio eletrônico do Departamento de Solos do Centro de Ciências Agrárias (DPS) da Universidade Federal de Viçosa (UFV). Para a manipulação desses materiais, utilizaram-se as ferramentas do *software* Arc Gis na versão 10.5, licenciado pelo Laboratório de Geoprocessamento da UNIMONTES.

Feito isso, teve início o processo de confecção dos mapas seguindo os procedimentos metodológicos, conforme a seguir estão descritos. Na Figura 06 encontra essa descrição para a construção do mapa de delimitação da bacia do rio São Domingos.

Figura 06 – Procedimentos para confecção do mapa de delimitação da bacia do rio São Domingos



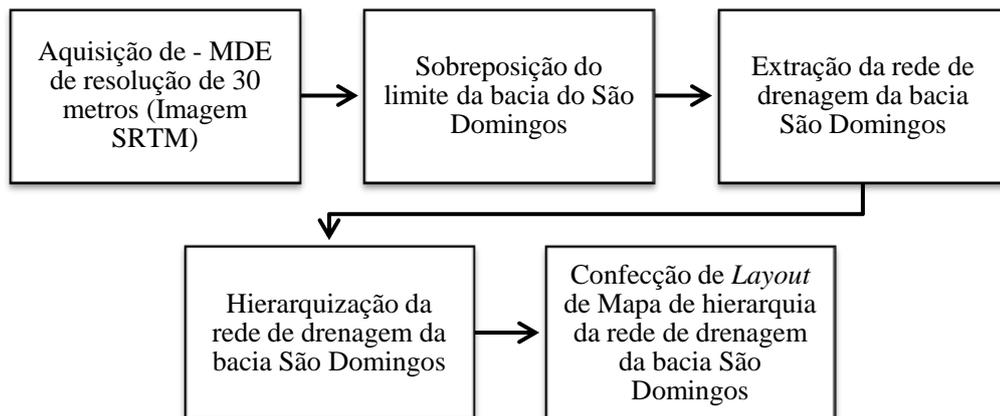
Fonte: Organização própria (2019).

Para a confecção do mapa de delimitação (FIGURA 04), o primeiro passo foi a aquisição dos limites territoriais do Brasil, bem como estado e municípios. Em seguida, fez-se o *download* do MDE – resolução de 30 metros na escala de 1:250.000 e, utilizando a

ferramenta Hydrology disponível no Arc Gis 10. 5, delimitou-se a bacia do rio São Domingos e extraiu-se a rede de drenagem, a partir da seguinte sequência de comandos: Spatial Analyst Tools >Hydrology>Fill>Flow Direction>Flow Accumulation>Conditional> Con (Value>1000) >stream to Feature>Watershed. Assim feito, sobrepôs-se o limite da bacia aos limites territoriais para o recorte dos municípios de abrangência dessa. Dando continuidade ao processo, foi utilizado o Google Earth, com o qual foram vetorizadas as áreas urbanas dos municípios drenados pela bacia e também a Barragem São Domingos, que se encontra nos limites daquela. Após, confeccionou-se o *layout* do Mapa de Localização, com inserção e elementos essenciais para a leitura cartográfica.

Na elaboração do mapa de hierarquia da rede de drenagem da bacia do rio São Domingos (FIGURA 07), primeiramente adquiriu-se o MDE - resolução de 30 metros e escala de 1:250.000. Sobrepôs-se o limite da bacia e, manipulando a ferramenta Hydrology encontrada no Arc Gis 10. 5, extraiu-se a rede de drenagem e, a seguir, procedeu-se à classificação hierárquica, a partir dos procedimentos: Spatial Analyst Tools >Hydrology>Fill>Flow Direction>Flow Accumulation>Conditional> Com (Value>1000) >Stream Order. Em seguida, com os dados disponíveis, criou-se o mapa de hierarquia da bacia do rio São Domingos.

Figura 07 – Procedimentos para confecção de mapas de hierarquia da bacia do rio São Domingos.

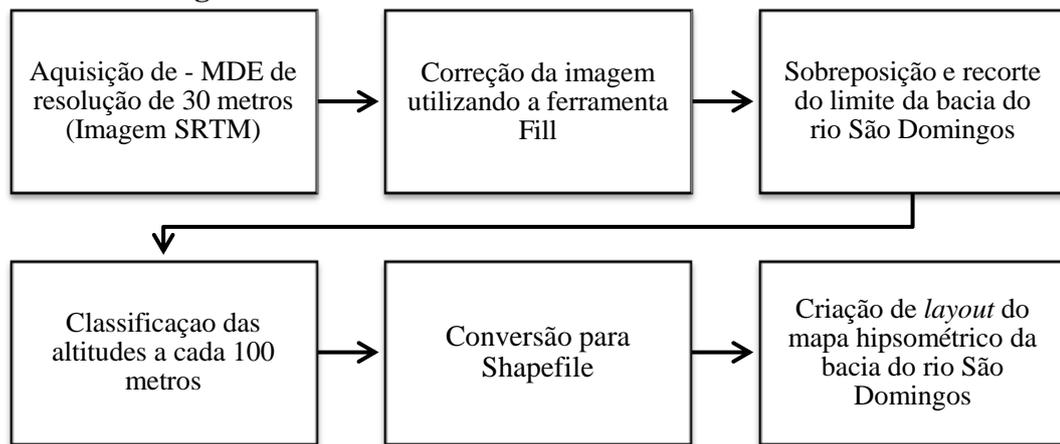


Fonte: Organização própria (2019).

Para a elaboração do mapa hipsométrico (FIGURA 08), foram realizados os seguintes procedimentos: aquisição do MDE – 30 metros na escala de 1:250.000–; Correção da imagem, utilizando a ferramenta Spatial Analyst Tools >Hydrology>Fill do Arc Gis 10.5. Após a imagem pronta, sobrepôs-se o limite da bacia e recortou-se a área pretendida.

Feito isso, por meio do Classify, classificaram-se as altitudes encontradas na área da bacia a cada 100 metros. Por conseguinte, converteu-se o arquivo TIF para Shapefile. Por fim, foi confeccionado o mapa de classes hipsométricas da bacia em estudo.

Figura 08 – Procedimentos para confecção de mapa hipsométrico da bacia do rio São Domingos

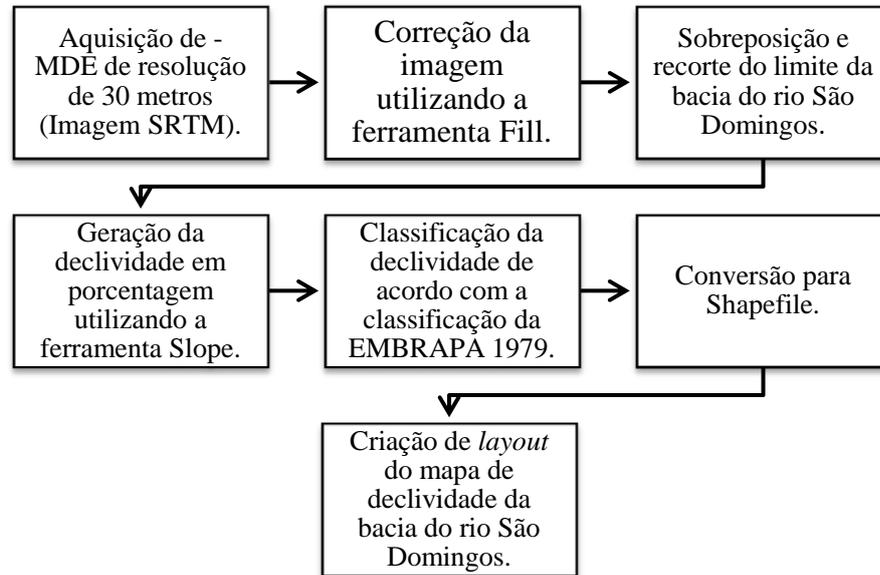


Fonte: Organização própria (2019).

Para elaborar o mapa de declividade da bacia (FIGURA 09), o primeiro passo foi a aquisição do MDE – 30 metros na escala de 1:250.000. Em seguida, foi feita a correção da imagem por meio da ferramenta Spatial Analyst Tools >Hydrology>Fil.

Posteriormente, realizaram-se a sobreposição e recorte da área da bacia. Feito isso, utilizando a ferramenta Spatial Analyst Tools >Surface>Slope, gerou-se a declividade em porcentagem da área da bacia. Após a declividade gerada, classificou-se de acordo com a EMBRAPA (1979) e depois converteu o arquivo TIF para Shapefile. Por fim, elaborou-se o mapa de declividade da bacia do São Domingos.

Figura 09 – Procedimentos para confecção do mapa de declividade da bacia do rio São Domingos



Fonte: Organização própria (2019).

A partir da obtenção dos dados de área da bacia, rede de drenagem, hierarquia da bacia, hipsometria e declividade, foi possível a realização de sua caracterização e análise morfométrica, conforme parâmetros propostos por Christofolletti(1980).

A análise morfométrica é uma análise quantitativa da rede de drenagem que compõe a bacia hidrográfica (CHRISTOFOLETTI, 1980). Assim, de acordo com Lima, Cunha e Santos (2010), a análise morfométrica relaciona as características fisiográficas de uma bacia hidrográfica com o comportamento da dinâmica hidrográfica e ambiental dessa, o que possibilita melhor compreensão da dinâmica do meio.

Christofolletti (1980) considera quatro parâmetros para a realização dos estudos de análise morfométrica de bacias, a saber: hierarquia fluvial, análise areal, análise linear e análise hipsométrica.

A hierarquia fluvial consiste na ordenação dos cursos d'água que compõem uma bacia hidrográfica. Considerando que existem metodologias de classificação diferentes, neste trabalho optou-se por utilizar a metodologia proposta por Straller (1952), em que os canais que não possuem tributários são os de primeira ordem. Ao confluir com outro canal de primeira ordem, formam os canais de segunda ordem, que só recebem tributários de primeira ordem. Os canais de terceira ordem surgem da confluência de dois canais de segunda ordem, podendo receber tributários de ordem inferior e assim por diante (CHRISTOFOLETTI, 1980).

A análise linear objetiva quantificar os índices e relações da rede hidrográfica, cujas medições são realizadas ao longo das linhas de escoamento. Os índices analisados dentro dessa perspectiva são: relação de bifurcação, relação entre o comprimento médio dos canais da cada ordem, relação entre o índice do comprimento médio dos canais e o índice de bifurcação, comprimento do rio principal, extensão do percurso superficial, relação do equivalente vetorial e gradiente dos canais (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Na análise areal, medem-se as formas planimétricas, além dos atributos lineares e, para isso, mensuram-se a área da bacia, o comprimento da bacia, a relação entre o comprimento do rio principal e a área da bacia, a forma da bacia, a densidade dos rios, a densidade da drenagem, a densidade de segmentos da bacia, a relação entre as áreas das bacias e o coeficiente de manutenção (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Por fim, a análise hipsométrica relaciona as áreas horizontais da bacia com a altitude. Dessa forma, utilizam-se como parâmetros a curva hipsométrica, o coeficiente de massividade e o coeficiente orográfico, a amplitude altimétrica máxima e mínima da bacia, a relação do relevo e o índice de rugosidade (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Os parâmetros utilizados para a análise morfométrica da bacia encontram-se descritos na Tabela 01.

Tabela 01 – Parâmetros utilizados para análise morfométrica

Parâmetros utilizados na Análise Morfométrica da Bacia do rio São Domingos			
Parâmetro	Descrição	Equação	Variáveis
Análise Linear			
Relação de bifurcação (Rb)	Razão entre o número total de canais de certa ordem e o número total de canais de ordem superior.	$Rb = \frac{Nw}{Nw+1}$	Nw é o número total de canais de determinada ordem; $Nw+1$ corresponde ao número total de canais de ordem imediatamente superior.
Extensão do percurso superficial (EPS)	Média da distância percorrida pela enxurrada entre o interflúvio e o rio permanente.	$Eps = \frac{l}{2Dd}$	Eps é a extensão do percurso superficial; Dd é a densidade de drenagem.
Índice de sinuosidade do canal Principal (IS)	Relação entre o comprimento verdadeiro do canal principal com o comprimento em linha reta entre os pontos extremos do canal principal.	$I_s = \frac{L}{D_v}$	L é o comprimento do canal principal (Km); D_v é a distância vetorial (Km) entre os pontos extremos do mesmo canal
Análise Areal			
Índice de circularidade	Relação entre a área da bacia		A é a área da bacia

(IC)	e área do círculo, o resultado é adimensional que varia entre 0 e 1.	$Ic = \frac{12,57 * A}{P^2}$	(km ²); P² é o perímetro (Km) da bacia.
Análise Linear			
Densidade de rios (DR) ou densidade hidrográfica (DH)	Relação entre o número de rios e a área de uma dada bacia.	$Dr = \frac{N}{A}$	N representa o número total de rios ou cursos d'água; A área da bacia hidrográfica(km ²).
Densidade de drenagem (DD)	Correlação entre o comprimento total dos canais com a área da bacia hidrográfica (km ²).	$Dd = \frac{Lt}{A}$	Lt é o comprimento total dos canais(Km); A é a área total da bacia (km ²)
Coefficiente de manutenção (CM)	Corresponde à área necessária para a formação de um canal com fluxo perene, além de ser considerado pelo referido autor como um dos parâmetros mais importantes para a realização de análises morfométricas.	$Cm = \frac{1}{Dd}$	Cm é o coeficiente de manutenção; Dd é a densidade de drenagem.
Coefficiente de Compacidade (KC)	Relação entre o perímetro (P) e a circunferência de círculo de área igual à da bacia hidrográfica.	$Kc = \frac{0,28 * P}{\sqrt{A}}$	A é área da bacia hidrográfica, em km ² ; P é perímetro da bacia hidrográfica, em Km.
Fator forma (K_f)	É a relação entre a largura média e o comprimento axial da bacia hidrográfica.	$K_f = \frac{A}{L_2}$	A é área da bacia. L é comprimento do eixo da bacia (da foz ao ponto extremo mais longínquo no espigão).
Análise Hipsométrica			
Amplitude altimétrica (Hm)	Diferença altimétrica entre a foz e a maior altitude situada num determinado ponto da área da bacia.	$Hm = Hmax - Hmin$	Hmax é a altitude máxima; Hmin é a altitude mínima.
Relação de Relevô (Rr)	Relação entre a amplitude altimétrica máxima da bacia e sua extensão.	$Rr = \frac{Hm}{Lh}$	Hm é a amplitude altimétrica; Lh é comprimento do eixo da bacia.
Índice de Rugosidade	Razão entre amplitude altimétrica e densidade de drenagem.	$Ir = H * Dd$	H representa a amplitude altimétrica; Dd é a densidade de drenagem.

Fonte: Christofolletti (1980); Organização própria (2019).

Em relação à elaboração do mapa geológico simplificado da bacia rio do São Domingos (FIGURA 10), realizou-se o *download* da base geológica e litológica do estado de Minas Gerais, disponibilizada pelo CPRM do ano de 2010 na escala de 1: 100.000. Em seguida, sobrepôs-se o limite da área de estudo e a recortou. Posteriormente, criou-se uma legenda detalhada para o mapa, em que se considerou a seguinte sequência: Éon > Era > Período > Unidade > Litologia > Tipo de Rocha. Essa legenda detalhada foi criada no intuito de facilitar a leitura e compreensão cartográfica do mapa e, desse modo, criou-se o mapa de geologia simplificado da bacia do rio São Domingos.

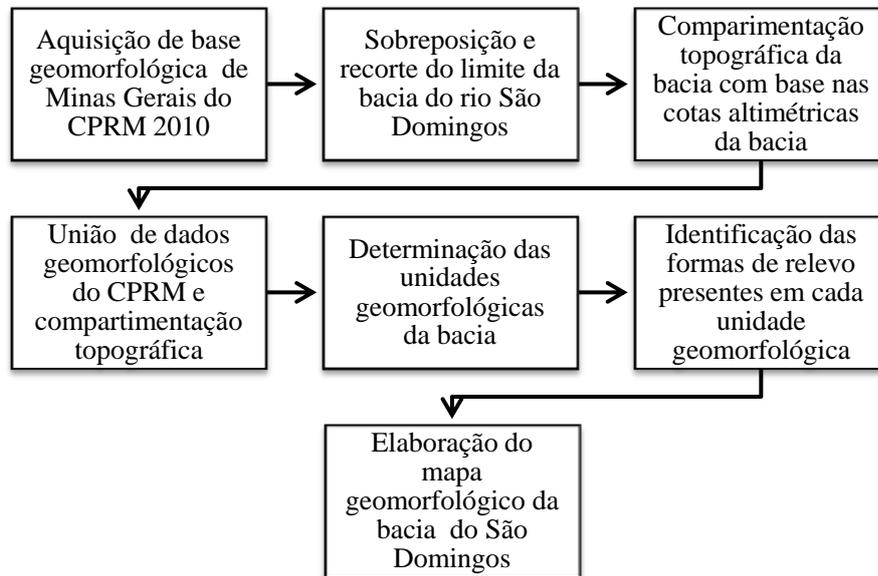
Figura 10 – Procedimentos para elaboração de mapa geológico simplificado da bacia do rio São Domingos



Fonte: Organização própria (2019).

Os procedimentos utilizados para a elaboração do mapa geomorfológico da bacia do rio São Domingos (FIGURA 11), obedecem à sequência visualizada na Figura 11, para o que se utilizou a base geomorfológica do Estado de Minas Gerais, escala de 1:100.000. Posteriormente, recortou-se a área da bacia de estudo. Após, realizou-se a compartimentação topográfica da bacia com base nas cotas altimétricas e, em seguida, uniram-se os dados geomorfológicos da CPRM com os dados adquiridos por meio da compartimentação topográfica. A partir desses procedimentos, foi possível determinar as unidades geomorfológicas da bacia e, com base nas cotas altimétricas, identificar as formas de relevo presentes em cada unidade geomorfológica. Por fim, foi elaborado o mapa de geomorfologia da bacia.

Figura 11 – Procedimentos para elaboração de mapa Geomorfológico da bacia do rio São Domingos

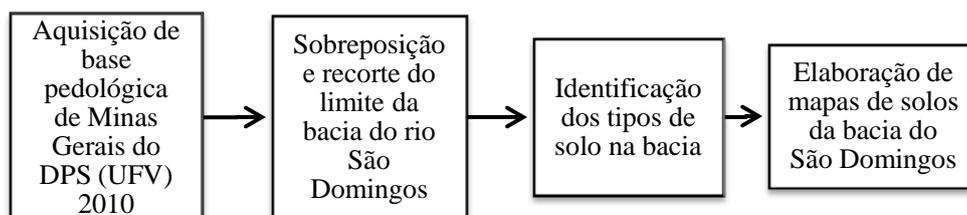


Fonte: Organização própria (2019).

O mapa pedológico da bacia do São Domingos (FIGURA 12), foi elaborado a partir da aquisição da base pedológica de Minas Gerais, na escala de 1:100.000, disponibilizada no sítio do Departamento de Solos Centro de Ciências Agrárias (DPS), da Universidade Federal de Viçosa (UFV), do ano de 2010.

Em seguida, foram realizadas a sobreposição e o recorte da área da bacia para, posteriormente, identificar os tipos de solos presentes na bacia e, assim, confeccionar o mapa de solos da bacia do rio São Domingos.

Figura 12 – Procedimentos para elaboração de mapa de pedologia da bacia do rio São Domingo



Fonte: Organização própria (2019).

Para a finalização da primeira etapa deste trabalho, foram elaborados tabelas e gráficos com dados, objetivando enriquecer e facilitar as análises realizadas da bacia do São Domingos. Para isso, utilizou-se o Excel.

A segunda etapa do trabalho consistiu na aquisição de imagens de satélites para a realização do mapeamento do uso e ocupação da terra no período de 30 anos (1988 – 2018);no trabalho de campo para a validação dos dados encontrados nos mapas elaborados, bem como na busca de informações que poderiam valorizá-lo, registros fotográficos e georreferenciamentos das áreas visitadas.

As imagens adquiridas para o mapeamento foram da série de satélites Landsat. A escolha por utilizar as imagens do satélite Landsat 5 e 8 se justifica pelo extenso acervo de imagens disponibilizadas pelo Catálogo de Imagens do INPE de forma gratuita. Para tanto, as imagens dos anos de 1988, 1998 e 2008 foram do satélite Landsat TM -5, com resolução espacial de 30 metros; e, do ano de 2018, foi do Landsat Oli-8, cuja resolução espacial é 15 a 30 metros.

Nos Quadros 02 e 03 são apresentadas as resoluções das imagens do Landsat TM-5 e Landsat OLI-8.

Quadro 02 – Parâmetros das imagens do satélite Landsat TM-5

Sensor	Bandas Espectrais	Resolução Espectral	Resolução Espacial	Resolução Temporal	Resolução Radiométrica
TM (Thematic Mapper)	(B1) Azul	0.45 – 0.52 μm	30 m	16 dias	8 bits
	(B2) Verde	0.52 – 0.60 μm			
	(B3) Vermelho	0.63 – 0.69 μm			
	(B4) Infravermelho Próximo	0.76 – 0.90 μm			
	(B5) Infravermelho Médio	1.55 – 1.75 μm	120 m		
	(B6) Infravermelho Termal	10.4 -12.5 μm			
	(B7) Infravermelho Médio	2.08 – 2.35 μm			

Fonte: INPE, 2019; Organização própria (2019).

Quadro 3 – Parâmetros das imagens do satélite Landsat OLI-8

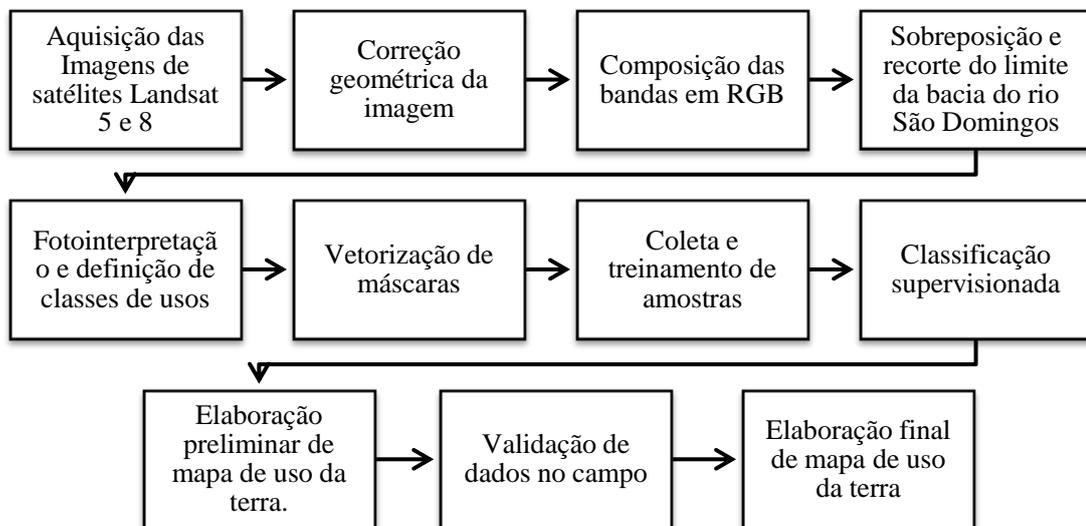
Sensor	Bandas Espectrais	Resolução Espectral	Resolução Espacial	Resolução Temporal	Resolução Radiométrica
OLI (Operational Land Imager)	(B1) Costal aerossol	0.433 – 0.453 μm	30 m	16 dias	12 bits
	(B2) Azul	0.450 – 0.515 μm			
	(B3) Verde	0.525 – 0.600 μm			
	(B4) Vermelho	0.76 – 0.90 μm			
	(B5) Infravermelho Próximo	0.845 – 0.885 μm			
	(B6) Infravermelho Médio	1.560 -1.660 μm			

(B7) Infravermelho Médio	2.100 – 2.300µm			
(B8) Pancromático	0.500 – 0.680 µm	15 m		
(B9) Cirrus	1.360 – 1.390 µm	30m		

Fonte: INPE (2019); Organização própria (2019).

Os procedimentos para o mapeamento seguiram a seguinte ordem, conforme se visualiza na Figura13.

Figura 13 – Procedimentos para o mapeamento de uso da terra da bacia do rio São Domingos



Fonte: Organização própria (2019).

Os mapas relativos ao uso da terra foram elaborados seguindo os passos descritos na Figura13. Após a aquisição das imagens de satélites, foi realizada a correção geométrica das mesmas. Em seguida, foram feitas as escolhas das bandas e sua composição em RGB. Para tanto, como as bandas dos satélites escolhidos são diferentes, foi necessário definir os seus correspondentes, a fim de se obter resultados satisfatórios.

Dessa forma, para as imagens do Landsat TM5, foram escolhidas as bandas 3,4 e 5, tendo em vista que a banda 3 encontra-se na faixa do vermelho da resolução espectral(0,63 a 0,69 um), o que permite a identificação das matas de galeria e da mancha urbana.

Pode-se verificar que a banda 4 está no infravermelho, próximo da resolução espectral (0,76 – 0,90 um),em que é possível diferenciar eucaliptos e áreas agrícolas.

Quanto à banda 5, esta possui resolução espectral na faixa do infravermelho médio (1,55 e 1,75 um), apresentando sensibilidade ao teor de umidade das plantas. Já no Landsat OLI8, foram escolhidas as bandas 4,5 e 6 para ser compatível com a resposta

espectral das bandas do Landsat5. Em relação às datas das imagens escolhidas, o Quadro 4 apresenta essas informações.

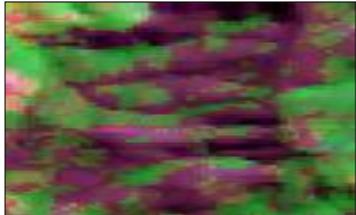
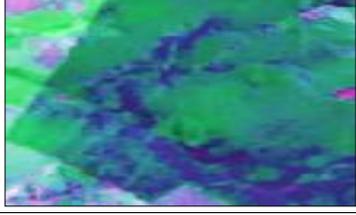
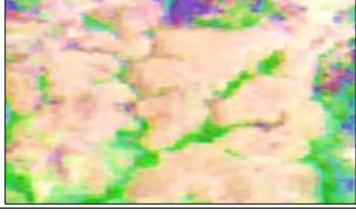
Quadro 04 – Datas das imagens utilizadas

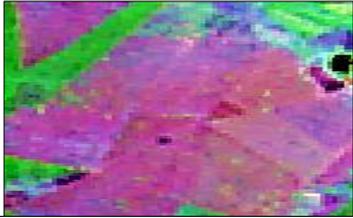
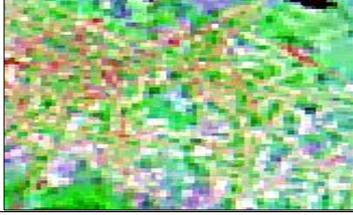
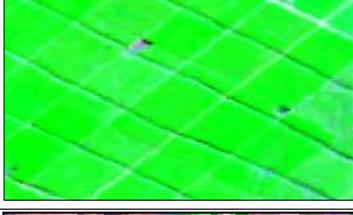
Imagem	Data
Landsat TM5 – 1988	12/06/1988
Landsat TM5 - 1998	20/06/1998
Landsat TM5 - 2008	24/06/2008
Landsat Oli8 - 2018	16/06/2018

Fonte: Organização própria (2019)

Após a composição das bandas, recortou-se o limite da bacia e assim se deu início ao processo de classificação da imagem. Primeiramente, realizou-se a fotointerpretação da imagem e a definição das classes de uso. Posteriormente, foram criadas máscaras para elementos que pudessem causar confusão na interpretação da imagem gerando assim uma chave de interpretação visualizada no Quadro 05.

Quadro 05 – Chave de interpretação para a classificação do uso, ocupação e cobertura da terra da bacia do rio São Domingos

CLASSES DE USO E OCUPAÇÃO	Representação na imagem Landsat5 (composição R5,G4,B3) e imagem Landsat8 (composição R6,G5,B4)	REPRESENTAÇÃO REAL
Cerrado <i>Sensu Stricto</i>		
Floresta Estacional Decidual		
Solo Exposto		

Pasto		
Mancha Urbana		
Eucalipto		
Barragem São Domingos		

Fonte: Organização própria (2019)

Após esse passo, realizou-se a coleta e treinamento de amostras e, assim, foi efetuada a classificação supervisionada, baseada no princípio de proximidade de *pixels* semelhantes, em que, para a obtenção das classes de uso do solo, utilizou-se o classificador MAXVER, ferramenta do ArcGis10.5. Assim, elaborou-se um mapa preliminar de uso da terra da bacia do São Domingos que foi validado em campo e, só depois, foi confeccionado o mapa final de uso da terra.

Os trabalhos de campo foram realizados com o intuito de validação e coleta de informações importantes. Para isso, as visitas ocorreram na área da nascente, na barragem, no médio curso, na área urbana e na foz do rio, com o cuidado de sempre fotografar e georreferenciar os locais visitados.

Feita a classificação das imagens, utilizou-se o índice Kappa para a validação da precisão da classificação. Este índice foi criado em 1960 por Jacob Cohen, com a finalidade de medir o grau de veracidade entre proporções derivadas de amostras dependentes (SILVA e PAES, 2012).

Para o cálculo do índice Kappa foi necessária a criação de uma matriz de confusão, que permite que a análise de veracidade seja feita. Essa matriz é composta por uma

organização quadrada de números apresentados em linhas e colunas que representam o número de unidades de amostras de uma categoria determinada por um classificador comparando-se com a categoria verificada em campo (Prina e Tretim, 2015). Compara-se o conjunto de dados das colunas (dados de referência) com os dados dispostos nas linhas (produto da classificação). Os dados organizados na diagonal principal (em negrito) demonstram o nível de veracidade ou concordância entre os dois conjuntos de dados (FIGUEIREDO E VIEIRA, 2007).

Através da matriz de confusão pode-se obter vários índices como a acurácia global, acurácia do produtor, acurácia do usuário e índice Kappa, entre outros. Para se calcular a acurácia global divide-se a soma da diagonal principal da matriz de confusão pelo número total de amostras coletadas (FIGUEIREDO E VIEIRA, 2007).

A acurácia do produtor e do usuário indica a precisão de uma categoria ou classe individual. A do produtor refere-se às amostras não classificadas corretamente como pertencentes àquela categoria, ou seja, sendo omitidas de sua categoria correta, e a calcula dividindo o valor da categoria pelo valor total da coluna referente. Dividindo-se o valor da categoria pelo valor total da linha referente, encontra-se a acurácia do usuário que expressa a probabilidade de um pixel classificado na imagem representar de fato aquela categoria no campo (FIGUEIREDO E VIEIRA, 2007).

Já o índice Kappa, que é baseado no número de respostas concordantes, demonstra o grau de veracidade dos dados, garantindo assim, uma maior confiabilidade e precisão dos dados classificados (PERROCA e GAIDZINSKI, 2003).

O índice Kappa é calculado pela expressão:

$$k = \frac{P(o) - P(e)}{1 - P(e)}$$

Onde:

K= é o valor de Kappa a ser encontrado.

P(o) é a soma das categorias dividida pelo total da soma das linhas e colunas.

P (e) é multiplicação do total da linha pelo total da coluna de cada categoria dividida pelo total da soma das linhas e colunas ao quadrado.

Feito o cálculo, passou-se à classificação do índice para saber se o mesmo era satisfatório ou não. Para isso, o mesmo obedeceu a uma classificação de 0 – 1, que determina o desempenho da classificação, conforme Tabela 02.

Tabela 02–Índice Kappa e o correspondente desempenho da classificação

Índice Kappa	Desempenho
< 0	Péssimo
$0 < k \leq 0,2$	Ruim
$0,2 < k \leq 0,4$	Razoável
$0,4 < k \leq 0,6$	Bom
$0,6 < k \leq 0,8$	Muito Bom
$0,8 < k \leq 1,0$	Excelente

Fonte: Fonseca (2000); Organização própria (2019).

Assim, foram elaboradas matrizes de confusão para as quatro classificações de uso, ocupação e cobertura da terra realizadas para a área da bacia do rio São Domingos, conforme descrito a seguir. Vale lembrar que, na matriz de confusão, apresentam-se dados somente das classes Vegetação, Solo Exposto e Pasto. As outras classes foram classificadas através de máscaras, para não confundir-se com outras classes. A classe de Vegetação, após classificada, se dividiu em Cerrado *Sensu Stricto* e Floresta Estacional Decidual.

A Tabela 03 refere-se à matriz de confusão da classificação de uso, ocupação e cobertura da terra do ano de 1988 da bacia do rio São Domingos.

Tabela 03 – Matriz de Confusão da classificação do ano de 1988

Classes	Vegetação	Pasto	Solo Exposto	Total	Acurácia do Usuário
Vegetação	87	0	0	87	100%
Pasto	1	49	0	50	98%
Solo Exposto	1	2	20	23	86%
Total	89	51	20	160	
Acurácia do Produtor	97,75%	96,07%	100%		
Acurácia Global	97,50%				
Índice Kappa	0,956				

Fonte: Organização própria (2019).

De acordo com os dados apresentados na Tabela 03, a classificação do ano de 1988 obteve resultados satisfatórios, onde que a acurácia global apresentou como resultado 97,50% e o índice Kappa de 0,95, indicando uma excelente classificação. Reafirmando esse resultado tem-se os resultados das acurácias do produtor e do usuário que também obtiveram resultados excelentes acima d 85%.

Para o ano de 1998, os dados da Matriz de Confusão (Tabela 04) demonstram que o desempenho da classificação foi excelente, onde o Acurácia global foi de 96,52% e o Índice

Kappa de 0,93%, se confirmando, ainda, com as acurácias do produtor e do usuário que apresentaram resultados acima de 80%.

Tabela 04 – Matriz de Confusão da classificação do ano de 1998

Classes	Vegetação	Pasto	Solo Exposto	Total	Acurácia do Usuário
Vegetação	70	1	0	71	98,59%
Pasto	0	27	0	27	100%
Solo Exposto	2	1	14	17	82,35%
Total	72	29	14	115	
Acurácia do Produtor	97,22%	93,10%	100%		
Acurácia Global	96,52%				
Índice Kappa	0,935				

Fonte: Organização própria (2019).

A classificação do ano de 2008 obteve um desempenho excelente, apresentando como resultado da acurácia global 99,41% e do índice Kappa 0,990%, indicando uma ótima classificação que também pode ser reafirmada com os resultados das acurácias do produtor e do usuário, com resultados acima do 90%, conforme se visualiza na Tabela 05.

Tabela 05 – Matriz de Confusão da classificação do ano de 2008

Classes	Vegetação	Pasto	Solo Exposto	Total	Acurácia do Usuário
Vegetação	85	0	0	85	100%
Pasto	0	51	0	51	100%
Solo Exposto	1	0	34	35	97,14%
Total	86	51	34	171	
Acurácia do Produtor	98,84%	100%	100%		
Acurácia Global	99,41%				
Índice Kappa	0,990%				

Fonte: Organização própria (2019).

De acordo com a matriz de confusão gerada para a classificação do ano de 2018 (TABELA 06), a mesma apresentou um resultado excelente tendo como valor da acurácia global 90,94% e índice Kappa de 0,860%, sendo reforçada pelos valores encontrados para as acurácias do produtor e do usuário que foram acima dos 85%.

Tabela 06 – Matriz de Confusão da classificação do ano de 2018

Classes	Vegetação	Pasto	Solo Exposto	Total	Acurácia do Usuário
Vegetação	70	3	0	73	95,89%
Pasto	2	58	4	64	90,62%
Solo Exposto	2	3	30	35	85,71%
Total	74	64	34	172	
Acurácia do Produtor	94,59%	90,62%	88,23%		
Acurácia Global	90,94%				
Índice Kappa	0,860%				

Fonte: Organização própria (2019).

Dessa forma, foi possível inferir que as classificações dos usos, ocupações e cobertura da terra para a bacia do rio São Domingo apresentaram resultados excelentes. Somente o índice Kappa do ano de 2018 ficou abaixo dos 90% de concordância.

A terceira etapa foi pautada no tratamento, análise e cruzamento das informações adquiridas nas etapas anteriores, tanto em laboratório como em campo, para assim dar início à elaboração da análise têmporo-espacial da bacia do rio São Domingos.

Para a elaboração da análise têmporo-espacial da bacia, foi feita uma análise integrada de todos os elementos que compõem a sua paisagem e a determinação de suas fragilidades, baseada na proposta de Ross (1993). Assim, utilizou-se como unidades de análise as classes de uso, ocupação e cobertura da terra da bacia.

Para a determinação das fragilidades da bacia, utilizou-se o método proposto por Ross (1994), a partir da junção dos elementos da paisagem, na qual a soma dos elementos naturais – geologia, relevo (hipsometria e declividade), pluviometria, geram a fragilidade potencial do ambiente. Associando a essa fragilidade o uso, ocupação e cobertura da terra, tem-se a fragilidade ambiental da área. Para isso, Ross (1993), estipula valores de acordo com a fragilidade de cada unidade, conforme a Tabela 07.

Tabela 7– Classe de Fragilidade Ambiental

Classe de Fragilidade	Valor Atribuído
Muito Baixa	1
Baixa	2
Média	3
Alta	4
Muito Alta	5

Fonte: Ross (1993)

A partir dos valores estipulados por Ross (1993) para as fragilidades dos ambientes, atribuiu-se os valores para as unidades da bacia do rio São Domingos, conforme Tabela 08.

Tabela 08 – Grau de fragilidade atribuído as classes da bacia do rio São Domingos

Classes	Valor Atribuído	Grau de Fragilidade
Geologia		
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas - NQdl	5	Muito Alta
Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas - ENdl	5	Muito Alta
Lagoa do Jacaré – NP2jl	4	Alta
Lagoa do Jacaré Calcário – NP2jlc	4	Alta
Lagoa do Jacaré Marga – NP2ljm	4	Alta
Quartzitos	1	Muito Baixa
Serra do Catuni – NP12sc	3	Média
Hipsometria		
529 - 600	1	Muito Baixa
601- 700	2	Baixa
701 - 800	3	Média
801 - 900	4	Alta
901 – 1.000	5	Muito Alta
1.001 - 1100	5	Muito Alta
Declividade		
0 -3%	1	Muito Baixa
3 – 8%	2	Baixa
8 – 20%	3	Média
20 – 45%	5	Muito Alta
Pedologia		
Latossolo vermelho-amarelo	2	Baixa
Latossolo vermelho	1	Muito Baixa
Nitossolo háplico	3	Média
Argissolo vermelho-amarelo	4	Alta
Neossolo Litólico	5	Muito Alta
Uso, ocupação e cobertura da terra		
Floresta Estacional Decidual	1	Muito Baixa
Cerrado <i>Sensu Stricto</i>	1	Muito Baixa
Pasto	4	Alta
Solo Exposto	5	Muito Alta
Área Urbana	3	Média
Barragem São Domingos	2	Baixa
Eucalipto	3	Média

Fonte: Ross (1993); Organização própria (2019).

Após a determinação do grau de fragilidade para as classes da área de estudo, atribuiu-se pesos de importância para cada variável (geologia, relevo – hipsometria e declividade – solos e uso, ocupação e cobertura do solo), de acordo com Ross (1993) conforme Tabela 09. Após, utilizando a Álgebra de Mapas do Arc Gis, geraram-se os mapas de fragilidades potencial e ambiental da bacia do rio São Domingos.

Tabela 09 – Pesos atribuídos às variáveis para a geração da Carta de Fragilidade Ambiental Potencial e Emergente

Variável	Peso- Fragilidade Potencial	Peso- Fragilidade Ambiental
Geologia	0,25	0,15
Solos	0,30	0,20
Relevo (Hipsometria e Declividade)	0,45	0,30
Uso do Solo	-	0,35

Fonte: Ross (1993); Organização própria (2019).

Os pesos atribuídos as variáveis originou o mapa final de fragilidade ambiental Potencial e Emergente resultado das expressões a seguir:

$$FP = \frac{(p1)G + (p2)S + (p3)R}{p1 + p2 + p3}$$

Onde que:

FP = Fragilidade Potencial

G = Geologia

S = Solos

R= Geomorfologia (Declividade + Hipsometria)

p1, p2, p3 = são pesos relativos onde que p1>p2>p3

$$FE = \frac{(p1)FP + (p2)GP}{p1 + p2}$$

Onde que:

FE = Fragilidade Emergente

FP = Fragilidade Potencial

GP = Grau de proteção (CV= cobertura vegetal + UOS= uso e ocupação do solo)

p1, p2 = ponderação onde que p1= p2

Verificada a determinação das fragilidades da bacia do rio São Domingos, foi possível identificar quais são as áreas elas se apresentam em maior e em menor intensidade. A partir desses resultados poderá ser então, possível viabilizar um melhor planejamento dos recursos disponíveis na área de estudo.

3. CARACTERIZAÇÃO FISIAGRÁFICA DA PAISAGEM DA BACIA DO RIO SÃO DOMINGOS

Esta destina-se a caracterização dos elementos físicos, que compõem a paisagem da bacia do rio São Domingos, uma vez que, para Mendonça(1999), a caracterização dos elementos (clima, geologia, geomorfologia, solos e vegetação) é essencial para a realização de uma análise ambiental de bacias.

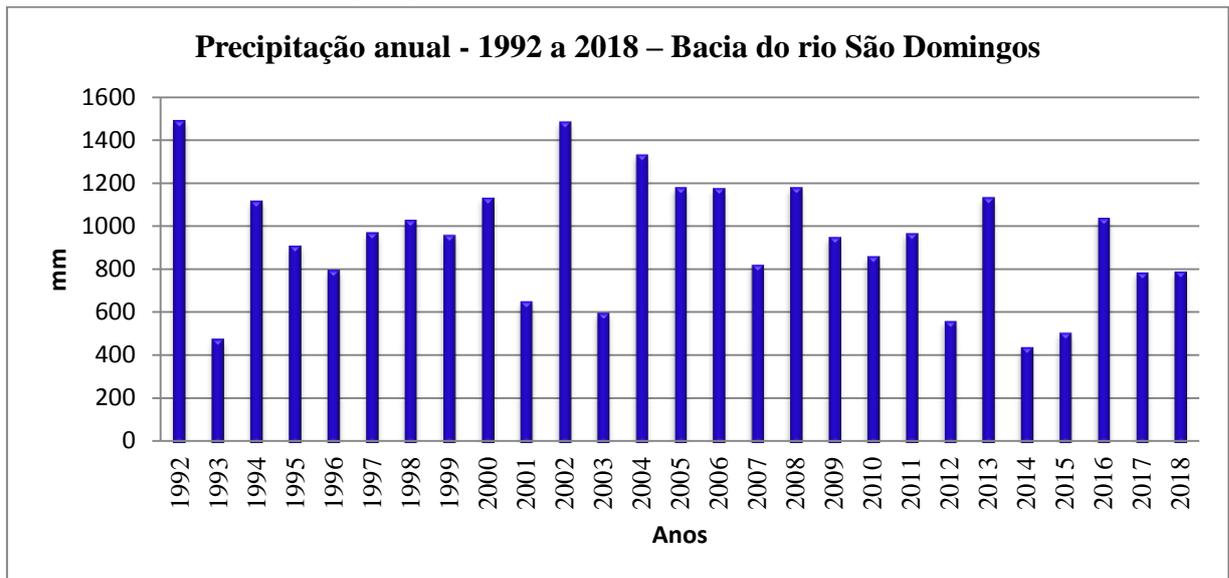
3.1 Clima da bacia do rio São Domingos

A bacia do rio São Domingos está localizada numa área de regime climático irregular, com períodos de estiagem prolongados, inverno seco e verão chuvoso, sendo que esse período chuvoso concentra-se basicamente entre os meses de novembro a abril, o que caracteriza o tipo climático Aw de Köppen (NUNES, 2003).

De acordo com dados fornecidos pela EMATER de Francisco Sá relativos ao ano de 2018, as temperaturas registradas no município variam entre média anual de 19°C a 24°C, e as precipitações que estão concentradas entre os meses de outubro a março apresentam uma média em torno dos 900 mm, podendo variar para mais ou para menos no decorrer dos anos.

Conforme pode ser verificado por meio dos gráficos, foi possível realizar uma análise pluviométrica da área de estudo, a partir do ano de 1992 e até o ano de 2018. Essa análise foi efetuada com base nos dados de precipitação fornecidos pela EMATER de Francisco Sá, que possui uma estação pluviométrica localizada dentro dos limites da bacia, nas adjacências da Barragem São Domingos.

Conforme dados sobre a precipitação observados no Gráfico 01, pode inferir-se que, no período compreendido de 1992 a 2018, o comportamento pluviométrico da área de estudo tem seu maior registro nos anos de 1992, com 1.484 mm, e 2002, com 1479 mm. Os menores volumes pluviométricos foram registrados nos anos de 1993, com 471 mm, e em 2014, com 433 mm. Os demais anos analisados no período mantiveram os valores pluviométricos acima dos 500 mm.

Gráfico 01 – Precipitação anual – 1992 a 2018 –Bacia do rio São Domingos

Fonte: EMATER (FRANCISCO SÁ); Organização própria (2019).

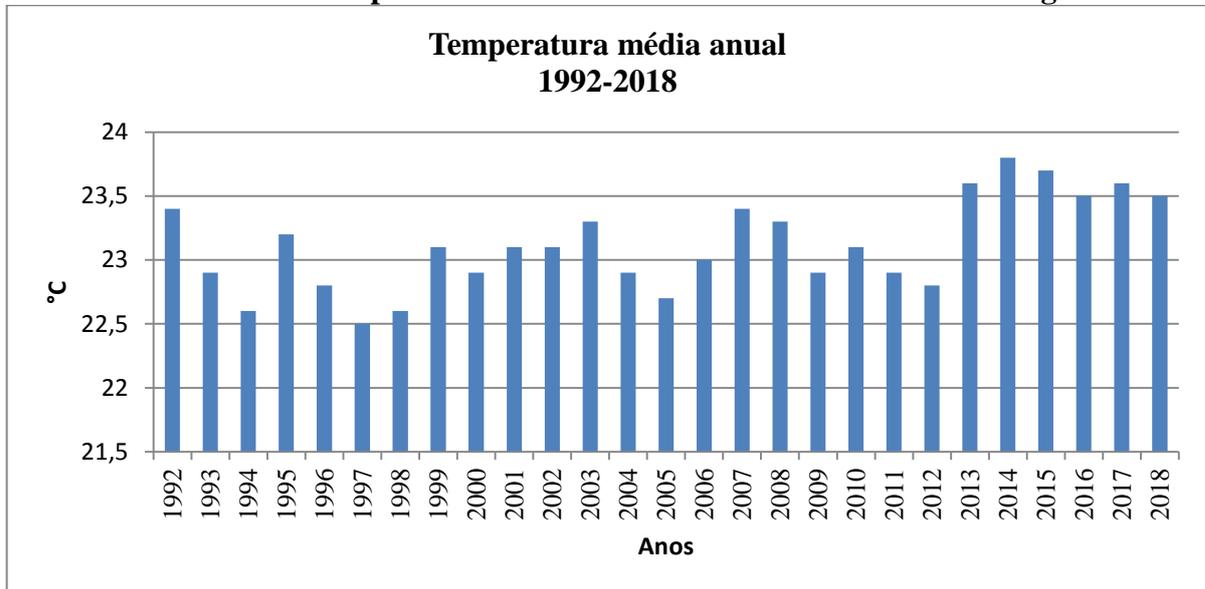
O Gráfico 02 apresenta a distribuição média mensal dos volumes pluviométricos no período de 1992 a 2018. Os maiores volumes de chuva encontram-se concentrados entre os meses de novembro a março, com destaque para os meses de novembro e dezembro, que registram os maiores volumes pluviométricos. Entre abril a outubro tem-se uma pequena presença de volumes pluviométricos, mas em junho a agosto não se tem ocorrência de chuvas. Essas pequenas precipitações nos meses que compõem o período de estiagem não ocorrem de forma homogênea, ou seja, todos os anos são apenas exceções que fogem à regra climática da área.

Gráfico 02 – Precipitação média mensal de 1992 a 2018 da bacia do rio São Domingos

Fonte: EMATER (FRANCISCO SÁ); Organização própria (2019).

O Gráfico 03 apresenta a média anual da temperatura para a área da bacia do rio São Domingos.

Gráfico 03 – Temperatura média anual da bacia do rio São Domingos

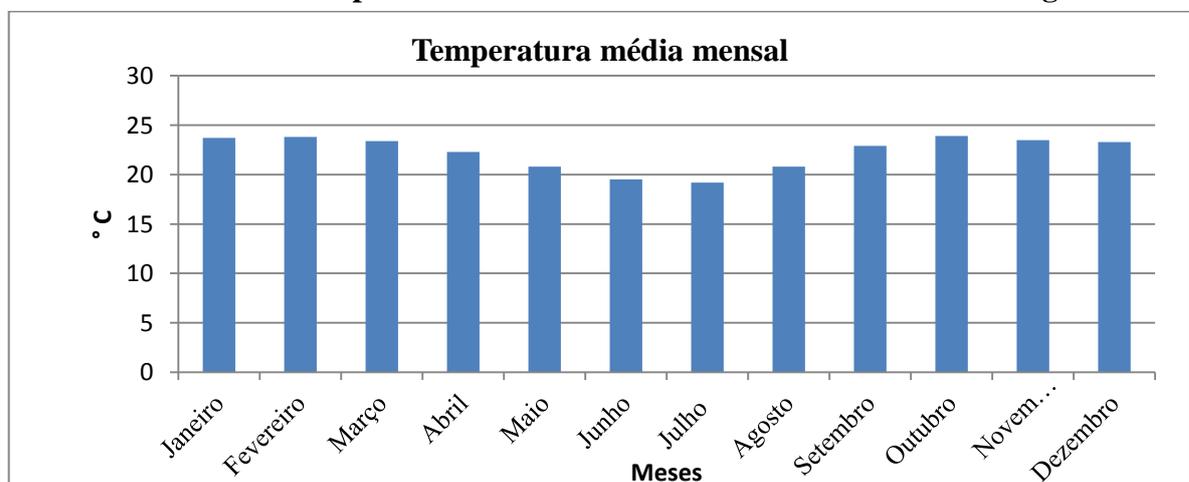


Fonte: EMATER (FRANCISCO SÁ); Organização própria (2019).

Diante dos dados apresentados no Gráfico 03, infere-se que a temperatura média anual do período analisado variou entre 22,5 a 23,8 °C. A partir de 2013, percebe-se que a temperatura média estava sempre acima dos 23,5 °C, destacando-se o ano de 2014, com a temperatura média de 23,8 °C.

No Gráfico 04 tem-se o registro das temperaturas médias mensais da área da bacia do rio São Domingos.

Gráfico 04 – Temperatura média mensal da bacia do rio São Domingos



Fonte: EMATER (FRANCISCO SÁ); Organização própria (2019).

Ao observar os dados dispostos no Gráfico 04, tem-se que o ano mais frio é o mês de julho, com uma média de temperatura de 19,2°C, e o mês com maior média de temperatura é o mês de outubro, com 23,9 °C, o que configura uma diferença da temperatura de 4,7 °C entre o mês mais frio e o mês mais quente.

Portanto, ao se considerarem as ponderações sobre o comportamento de pluviométrico da área da bacia do rio São Domingos, no período de 27 anos, infere-se que os anos de 1992 e 2002 apresentaram maior volume de chuvas, enquanto os anos de 1993 e 2014 apresentaram os menores volumes.

Ressalta-se que o ano mais crítico registrado no período analisado foi o de 2014, que teve a menor ocorrência de chuva, no valor de 433m.

O fenômeno que ocorreu em 2014 de menor precipitação está atrelado à atuação de um intenso, contínuo e anômalo sistema de alta pressão atmosférica que se instalou sobre a região Sudeste do Brasil, prejudicando o transporte da umidade vinda da Amazônia, bem como o impedimento da passagem e desenvolvimento dos principais sistemas causadores da chuva: a Zona de Convergência do Atlântico Sul e as frentes frias. Esse sistema de bloqueio atmosférico ficou instalado na região durante 45 dias, o que resultou na baixa precipitação em várias áreas da região Sudeste, como a área da bacia do rio São Domingos (MARENGO, 2015).

Quanto à temperatura do período analisado, os últimos anos foram os mais quentes da região, coincidindo o ano de 2014 de menor precipitação com a maior temperatura registrada.

Num contexto geral, os dados de precipitação da bacia do rio São Domingos apresentam coerência com a classificação climática de Koppen para a área, em que as chuvas estão concentradas entre 4 e 5 meses do ano e apresentam o inverno seco.

3.2 Geologia da bacia do rio São Domingos

Ao considerar a litologia da área da bacia do rio São Domingos, presente na Folha de Francisco Sá, encontra-se a ocorrência de diversos grupos e formações rochosas, que variam em sua maioria de sedimentares a metamórficas (GUIMARÃES; GROSSI-SAD; FONSECA, 1997).

De acordo com Branco (2015), as rochas formadas sob baixa pressão, na superfície da crosta, ao passar pelo processo de intemperismo de rochas já existentes, dão

origem à de formação sedimentar. Já as rochas metamórficas são formadas por meio de ações dos vetores geológicos, como pressão e temperatura em longa escala de tempo geológico, transformando as estruturas, mineralogias e química das rochas que já existem como ígneas e sedimentares, dando origem aos metamorfismos (CARNEIRO; GONÇALVES; LOPES, 2009).

A diferença litológica existente na área ocorre pelo encontro da Serra do Espinhaço com o Cráton do São Francisco, com predomínio de rochas sedimentares com graus de metamorfismo. As rochas sedimentares são representadas, em sua maioria, pelos calcários Pré-Cambrianos do grupo Bambuí (LEITE; BRITO, 2012).

O metamorfismo das rochas Pré-Cambrianas presentes na área é de natureza regional, com alterações oriundas de processos dinâmicos, exemplificando mudanças na mineralogia e estruturas dessas formações (GUIMARÃES; GROSSI-SAD; FONSECA, 1997).

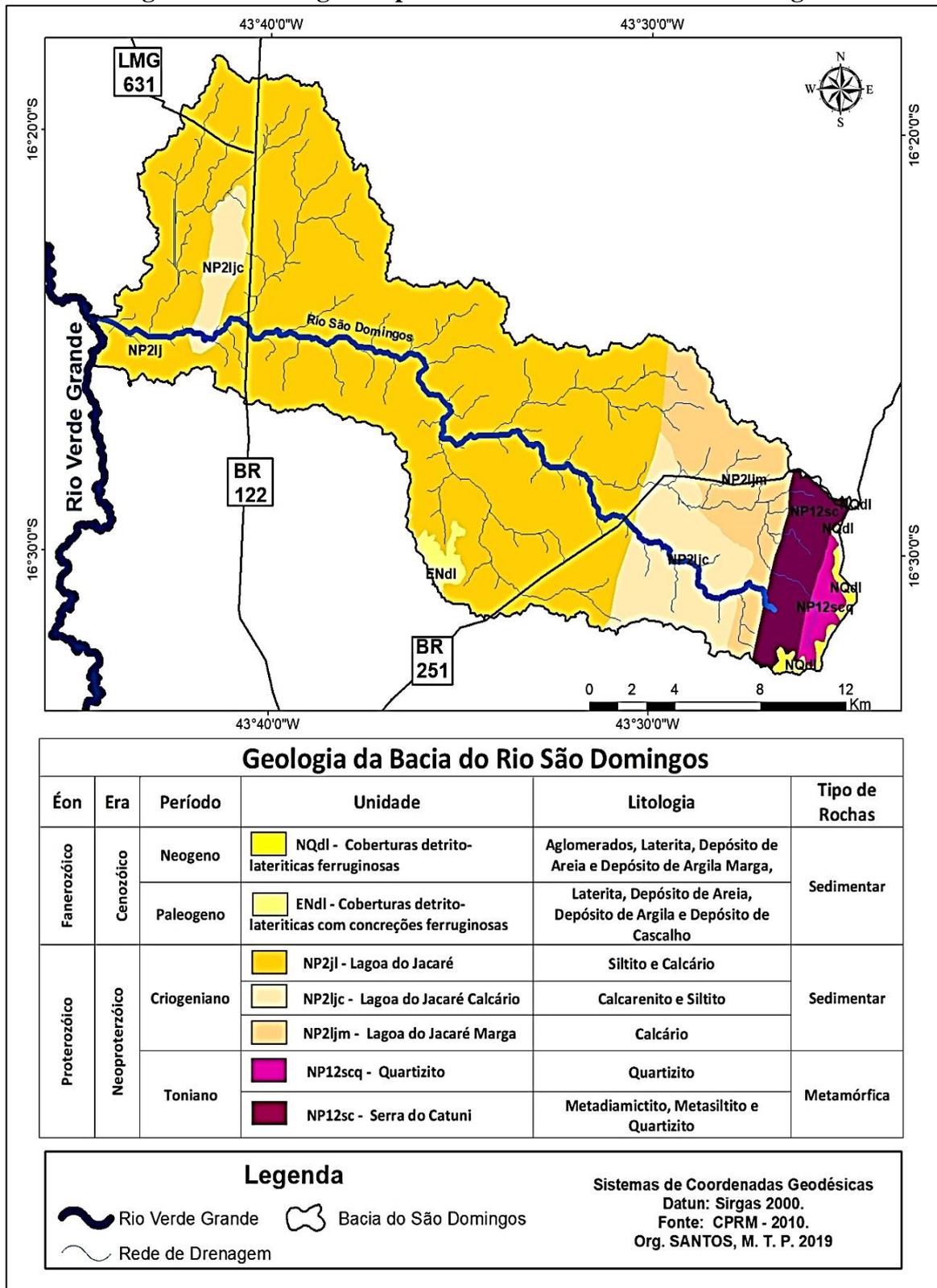
O município de Francisco Sá se encontra inserido em dois grandes conjuntos estruturais rochosos: o primeiro formado por rochas do embasamento Pré-Macaúbas, Complexo Córrego do Cedro, Suíte Rio Itacambiruçu e Grupo Riacho dos Machados. O segundo grupo constitui-se de rochas metassedimentares do Grupo Macaúbas e Bambuí (GUIMARÃES; GROSSI-SAD; FONSECA, 1997).

A área da bacia do rio São Domingos está inserida no segundo grupo rochoso de Francisco Sá. Assim, dentro do limite da bacia, há formações que podem ser divididas em dois grupos de idade geológica, que são formações do Fanerozóico (mais recentes) e do Proterozoico (mais antigas).

Nesse contexto, as formações mais recentes datam da Era Cenozóica, mais precisamente no período Neogeno, com as Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas; no Paleoceno, com as Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas (GUIMARÃES; GROSSI-SAD; FONSECA, 1997).

No que se refere às formações mais antigas datam do Neoproterozóico, nos períodos Criogeniano, com a Formação Lagoa do Jacaré, com variações para o Marga e Calcário; e o Toniano com a Formação Quartzito e a Serra de Catuni, conforme se visualiza na Figura 14.

Figura 14 – Geologia simplificada da bacia do rio São Domingos



Fonte: Organização própria (2019)

As Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas (NQdl) e as Coberturas detritos lateríticas com concreções ferruginosas (ENdl) compreendem sedimentos detrito-lateríticos de

idade Terciário-Quaternária, constituídos de matérias provenientes das alterações das rochas subjacentes e compostas por depósitos arenosos e argilosos, dependendo da rocha de origem. Além disso, são friáveis, pouco espessos, contendo seixos ferruginosos de canga laterítica (CPRM/SIC-SGM, 2008; SILVA, 2016).

As coberturas detrito-lateríticas são representadas por lateritos autóctones com carapaça ferruginosa. Geralmente, são características de climas tropicais e propícias à concentração de metais pouco solúveis, porventura presentes no substrato (CPRM/SIC-SGM, 2008; SILVA, 2016).

A formação Lagoa do Jacaré está inserida dentro do Grupo Bambuí. Essa formação na área da bacia do São Domingos está dividida em três blocos: Formação Lago do Jacaré (NP2jl) que, litologicamente, é formada por rochas sedimentares do tipo Calcarenito e Siltito; a outra é denominada de Formação Lago do Jacaré Calcário (NP2jlc), que constitui-se de Calcário com intercalações de metacalcarenitos cinza-escuro, oolíticos ou não, localmente apresentando níveis argilosos e exibindo estratificação centimétrica e decimétrica. A terceira formação é a denominada de Lagoa do Jacaré Marga (NP2ljm), constituída de Marga Siltito e Calcário, variando para metassiltitos cinza-claro com lâminas argilosas e intercalação de meta calcilutito micrítico (GUIMARÃES; GROSSI-SAD; FONSECA, 1997).

Na área da formação Serra do Catuni (NP12), ocorrem tipos de matriz quartzítica, feldspática ou ferruginosa. O metadiamicrito possui matriz muito ferruginosa, constituída principalmente por hematita, com ocorrência de níveis de hematita compacta de até 1 cm de espessura. Essa matriz localiza-se sempre sobre os clastos que variam muito em tamanho (desde poucos milímetros até cerca de 20cm de diâmetro) e forma (arredondados a angulosos). Os clastos mais comuns são de quartzo, calcário, quartzito e granitoides (GUIMARÃES; GROSSI-SAD; FONSECA, 1997).

Os quartzitos e metassiltitos ocorrem intercalados nos metadiamicritos. Essas intercalações são frequentes em toda a área sequencial da formação Serra do Catuni e ocorrem como lentes ou camadas métricas a decamétricas. Os quartzitos (qt2) são impuros, mal selecionados, podendo apresentar até seixos isolados, centimétricos, de quartzo e de quartzito. Podem ainda ser foliados, mas, geralmente, possuem estrutura maciça e a rocha matriz possui cor cinza-azulada (GUIMARÃES; GROSSI-SAD; FONSECA, 1997).

Já os metassiltitos apresentam-se sempre muito decompostos, com cores variadas (amarelada, esverdeada, acinzentada, azulada e arroxeadas). Localmente é possível ocorrer bandados (bandas centimétricas alternadas, com cores distintas), podendo conter grânulos de quartzo e intercalações de metargilito (GUIMARÃES; GROSSI-SAD; FONSECA, 1997).

E, por fim, os metadiamicictitos e metassiltitos, que mostram-se sempre com uma foliação bem desenvolvida, definida pela orientação das micas. Em zonas de cisalhamento, os clastos do metadiamicictito podem ser orientados e, às vezes, estirados de acordo uma direção preferencial. Os metassiltitos, se milonitizados, apresentam uma foliação anastomosada e muitos veios delgados de quartzo, paralelos ou cortando a foliação (GUIMARÃES; GROSSI-SAD; FONSECA, 1997).

Na Tabela 10, encontra-se quantificada a ocorrência geológica da bacia do rio São Domingos.

Tabela 10 – Geologia quantificada da bacia do rio São Domingos

Unidade Geológica	Área (km ²)	Porcentagem (%)
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas - NQdl	3.465,8	0,8
Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas (ENdl)	3.908,4	0,9
Lagoa do Jacaré – NP2jl	282.049,9	71,9
Lagoa do Jacaré Calcário – NP2jlc	43.835,4	11,2
Lagoa do Jacaré Marga – NP2ljm	36.181,4	9,3
Quartzitos	5.465,8	1,4
Serra do Catuni – NP12sc	17.543,8	4,5

Fonte: Organização própria (2019).

Conforme os dados apresentados na Tabela 08, a formação geológica que mais se destaca na bacia do rio São Domingos é a Lagoa do Jacaré (NP2lj) (71,9%) que, somadas as suas variações à Lagoa do Jacaré Calcário (NP2jlc), de (11,2%)e à Lagoa do Jacaré Marga (9,3%), ocupa mais de 90% de toda a área de estudo.

Outro destaque de formação geológica nessa bacia se dá pela formação Serra de Catuni, com 4,5% da área da bacia, localizada somente na porção leste, em que se encontra a nascente do rio São Domingos, acompanhada, na mesma área, pela unidade dos Quartzitos, com 1,4% da área.

Por fim, tem-se as coberturas detrito-lateríticas, que ocupam a menor área da bacia com apenas 1,7%, localizando-se na borda extremo leste da bacia e ainda em uma pequena porção centro-sul da bacia.

3.3 Geomorfologia da Bacia do rio São Domingos

Estudos geomorfológicos são de grande relevância para estudos ambientais, uma vez que, a partir dos seus mapeamentos, é possível obter a caracterização do ambiente e, assim, descrever e diagnosticar as formas de relevo, promovendo a compreensão das condições gerais da dinâmica da paisagem, que contribui para o diagnóstico das condições ambientais (ROSS, 1990 e 2006).

Nesse contexto, a bacia do São Domingos está inserida no Norte de Minas cuja área possui parcelas significativas de suas paisagens recobertas por extensas superfícies aplainadas, em sua maioria completamente degradadas, devido aos processos morfodinâmicos vigentes. Assim, elas assumem grande importância para a compreensão da dinâmica geomorfológica da região, atuando como testemunhos (ou heranças) da evolução cenozóica das paisagens norte - mineiras (SILVA, 2016, p. 527).

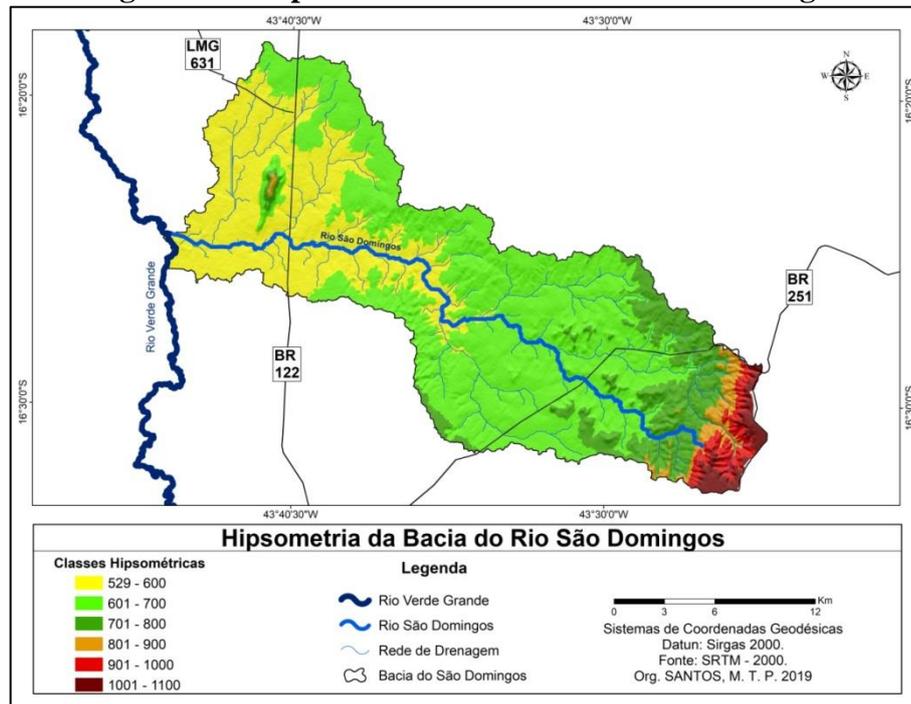
A caracterização geomorfológica feita na bacia do rio São Domingos tem como base a análise conjunta da hipsometria e declividade da área.

A hipsometria permite inferir informações referentes às formas de relevo e a declividade permite melhor entendimento do escoamento superficial e seus respectivos processos erosivos, carregamento de materiais para os corpos hídricos da bacia, como, também, a organização do uso e ocupação da área (MENDONÇA, 1999).

Quanto à hipsometria da área, percebe-se que as cotas altimétricas da bacia variam entre 529 a 1.100 metros. As maiores altimetrias encontram-se na porção leste da bacia, com variação de 801 a 1.100 metros, onde se encontra a nascente do curso principal da bacia.

Na área centro-nordeste da bacia, localizam-se as cotas altimétricas de 601 a 800 metros, e as menores altitudes estão localizadas na porção oeste da bacia, em que se encontra a foz do rio São Domingos, conforme se visualiza na Figura 15.

Figura 15 – Hipsometria da bacia do rio São Domingos



Fonte: Organização própria (2019)

Ao observar as classes hipsométricas apresentadas na Tabela 11 e também na Figura 15, pode-se inferir que as classes altimétricas em maior predominância na bacia variam entre 529 a 700 metros, compreendendo, juntas, uma área de 81,6 % da área da bacia; e que a classe de 1.001 a 1.087 metros ocupa a menor área da bacia, ou seja, apenas 1,9 %.

Tabela 11– Classes Hipsométricas da bacia do rio São Domingos

Classe	Área (km ²)	Porcentagem (%)
529 – 600	115,3	29,4
601- 700	205,1	52,2
701 – 800	47,3	12,1
801 – 900	8,5	2,2
901 – 1.000	8,5	2,2
1.001 – 1.100	7,8	1,9

Fonte: Organização própria (2019).

Conforme demonstra a Tabela 12, a bacia a do rio São Domingos apresenta classes predominantes de declives entre 0 – 3% e 3 – 8% que juntos correspondem a 342,6 km², equivalentes a 86,9% da área total da bacia. O relevo mais movimentado, que varia de ondulado a forte ondulado, juntos equivalem a 13,1% da área da bacia, além disso, observa-se a inexistência de relevo montanhoso e forte montanhoso.

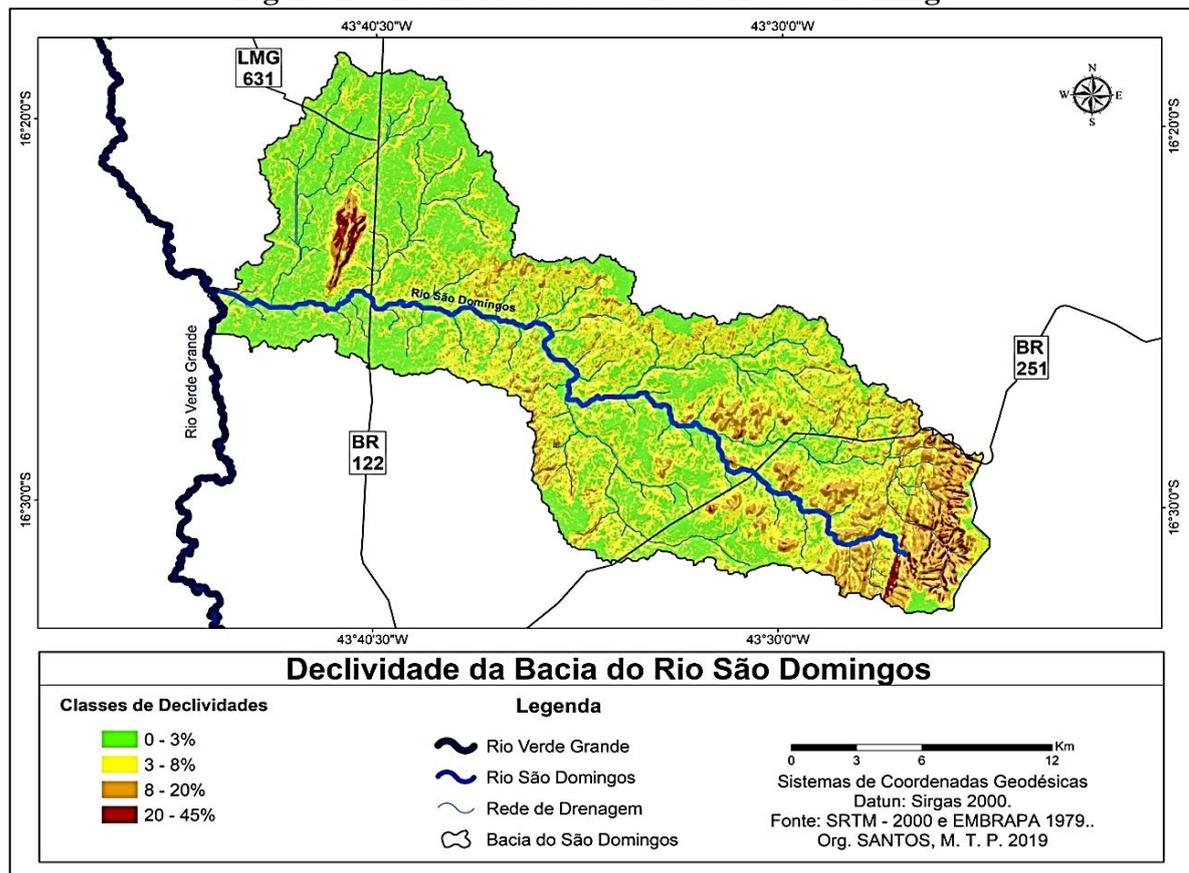
Tabela 12– Declividade da bacia do rio São Domingos

Declividade (%)	Relevo	Área (km ²)	Porcentagem (%)
0 -3%	Plano	183,8	46,4
3 – 8%	Suave ondulado	158,8	40,5
8 – 20%	Ondulado	43,4	11,3
20 – 45%	Forte ondulado	6,5	1,8

Fonte: Embrapa (1979); Organização própria (2019)

Ao considerar os dados apresentados na Tabela 12 e ao analisar a Figura 16, percebe-se que o relevo da bacia do São Domingos pode ser caracterizado como plano a suavemente ondulado em quase toda sua extensão, com apenas algumas áreas de relevo ondulado e forte ondulado.

Figura 16 –Declividade da bacia do rio São Domingos

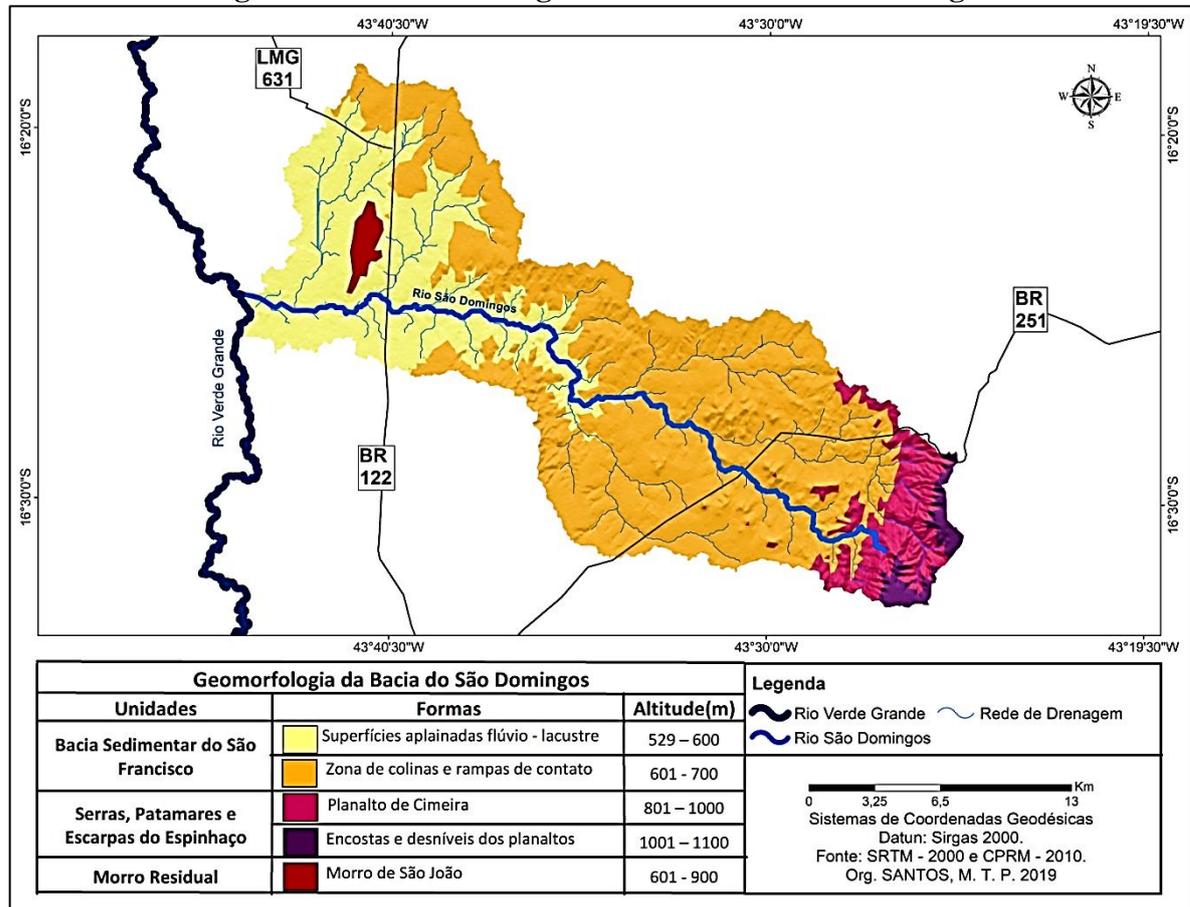


Fonte: Organização própria (2019)

Geomorfologicamente, foram identificadas nos limites da bacia do São Domingos três unidades geomorfológicas, a saber: Bacia Sedimentar do São Francisco subdividida em Superfícies Aplainadas Flúvio – lacustre e Zonas de Colinas e Rampa de Contato; Serras, Patamares e Escarpas do Espinhaço que apresentam os Planaltos de Cimeira e as Encostas e

desníveis dos planaltos e, por fim, os Morros que são representados pelo Morro Residual denominado localmente de Morro de São João, visualizado na Figura 17.

Figura 17 – Geomorfologia da bacia do rio São Domingos



Fonte: Organização própria (2019)

A unidade geomorfológica denominada de Bacia Sedimentar do São Francisco ocupa uma área de 240.436,8 km², possui cotas altimétricas que variam de 529 a 800 metros e declividades que oscilam em sua maioria de 0 – 8%, com apenas alguns picos que podem variar até 20%. Nessa unidade, predominam terrenos do Fanerozoico e Proterozoico, tendo como predomínio rochas sedimentares.

Dentro dessa unidade, identifica-se a ocorrência de formas de relevo denominadas de Superfícies de Aplainamento Flúvio-lacustre, que apresentam altitudes de 529 a 600 metros e declividades que variam entre 0 a 8%, indicando um relevo plano a suavemente ondulado. Essas formas foram elaboradas por processos de aplainamento, cuja gênese está relacionada com a evolução das depressões e áreas rebaixadas sublitorâneas (IGA, 1977). Também contribuem para sua evolução, o processo de desnudação periférica do São

Francisco sobre ardósias, metassiltito e calcários (LEITE; BRITO, 2012). Combinados com processos de acumulação fluvial e lacustre, estão sujeitos a inundações periódicas (IBGE, 2009).

Ainda dentro do limite da unidade geomorfológica da Bacia Sedimentar do São Francisco, encontra-se a forma de relevo denominada de Zona de colinas e rampas de contatos. Essas são áreas dissecadas, resultantes do aprofundamento da rede de drenagem do rio São Francisco sobre superfícies de aplainamento no contato de maciço antigo com bacia sedimentar (IGA, 1977). Nessas áreas, a altitude varia de 601 a 800 metros e possui declividades que se concentram de 0 a 8%, com algumas ocorrências de áreas com declividade de até 20%.

Já a unidade geomorfológica denominada de Serras, Patamares e Escarpas do Espinhaço, ocupa uma área de 37.543,34 km². Suas cotas altimétricas oscilam predominantemente entre 801 a 1.100 metros. Quanto à declividade, encontram-se concentradas entre 0 a 45%, com maior predominância de áreas de 8 a 45% de declive, configurando o relevo dessa área como ondulado a fortemente ondulado. Nessa área encontram-se terrenos moldados sobre rochas Proterozóicas, com ocorrência predominante de rochas metamórficas e ígneas, em que se tem a presença de sedimentos Cenozóicos inconsolidados (LEITE; BRITO, 2012).

Dentro da unidade de Serras, Patamares e Escarpas do Espinhaço, tem-se a forma de relevo denominada de Planaltos de Cimeira, com altitudes de 801 a 1.000 metros com a predominância de declividades de 8 a 45%. Nessa área ocorrem rochas metamórficas. Ainda na mesma unidade, encontram-se as Encostas e desníveis dos Planaltos, onde-se constata cotas altimétricas mais elevadas da bacia, variando de 1.000 a 1.100 metros e, ainda, uma declividade de 0 a 8%. Litologicamente está recoberto por sedimentos Cenozóicos.

O Morro de São João é uma unidade de relevo residual que ocorre de forma isolada em meio à Superfície Aplainada Flúvio-lacustre. Apresenta altitude que vai desde 601 a 900 metros e declividade predominante de 8 a 45%, o que demonstra a movimentação do relevo dessa unidade. Quanto à litologia da unidade, é constituída basicamente de Calcário.

Vale ressaltar que a posição geográfica do Morro de São João serve como divisor topográfico das duas sub-bacias do rio São Domingos, a saber, Córrego Baixa do Feijão e Córrego São João.

De acordo com a Tabela 13, percebe-se que a geomorfologia da bacia do rio São Domingos se divide em cinco formas de relevo, Zona de Colinas e rampa de contato, que

ocupa maior área, com 61,2% de área da bacia; seguida pela Superfície Aplainada Flúvio-lacustre 28,2%, Planalto de Cimeira 7,6%, Encostas e desníveis dos planaltos 1,9 e pelo Morro de São João – a menor unidade– que se encontra ocupando apenas 1,1% da área da bacia do rio São Domingos.

Tabela 13– Geomorfologia quantificada da bacia do rio São Domingos

Unidade Geomorfológica	Área (km²)	Porcentagem (%)
Superfície Aplainada Flúvio-lacustre	114.580,4	28,2
Zona de Colinas e rampa de contato	240.322,2	61,2
Planalto de Cimeira	29.893,9	7,6
Encostas e desníveis dos planaltos	7.649,4	1,9
Morro de São João	4,4	1,1

Fonte: Organização própria (2019)

3.4 Pedologia da bacia do rio São Domingos

O solo é um corpo natural que dá sustentação à vida de todos os organismos que dele dependem, seja direta ou indiretamente. É resultante da ação conjunta do clima, organismos, que atuam sobre a matéria de origem (rocha), presente em uma determinada paisagem (relevo) por algum período de tempo. Nesse período de formação, o solo passa por vários processos como perdas, transformações, transportes e adições, dando origem à sucessão de camadas que podem-se diferenciar na cor, espessura, granulometria, conteúdo de matéria orgânica e nutrientes para as plantas. Devido a esses processos de formação do solo, existem diferentes tipos de solo, cada um com características originadas do seu processo de formação (LIMA; LIMA, 2007).

Os solos possuem características quanto à sua formação diretamente ligadas às taxas de remoção e deposição, o que denota sua estreita relação com o relevo. Em áreas com processo de desgaste mínimo, formam-se solos profundos e bem desenvolvidos, ao contrário de áreas com intensa ação erosiva, que dão origem a solos mais superficiais (GUERRA; MENDONÇA, 2011).

Assim, na área da bacia do rio São Domingos foram identificados diferentes tipos de solo, a saber: Latossolo vermelho-amarelo, Latossolo Vermelho, Nitossolo háplico, Argissolo vermelho-amarelo e Neossolo Litólico. Esses solos ocorrem de forma distinta por

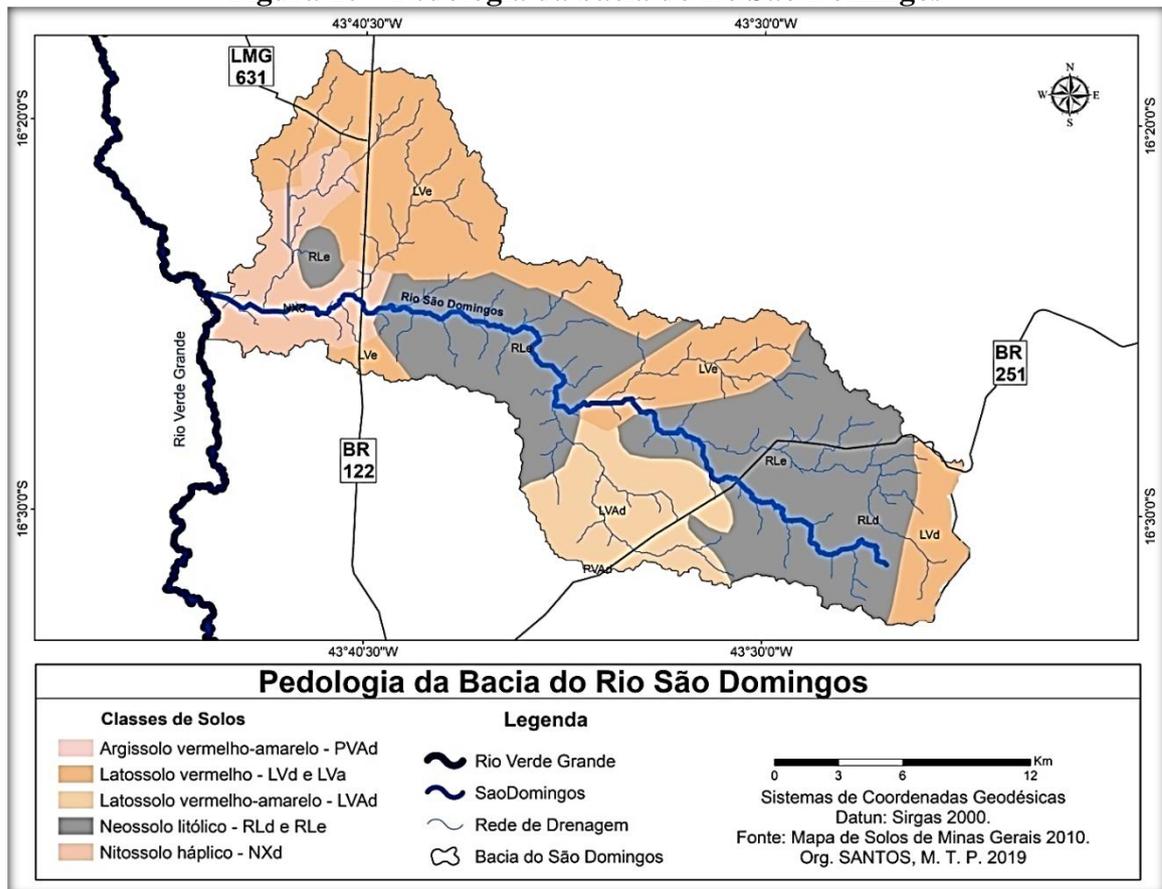
toda a extensão da bacia, uns ocupando mais ou menos áreas dentro do limite da bacia, conforme se observa na Tabela 14 e Figura 18.

Tabela 14 – Pedologia quantificada da bacia do São Domingos

Unidade Pedológica	Área (km ²)	Porcentagem (%)
Latossolo vermelho-amarelo	45,2	11,5
Latossolo vermelho	135,4	34,5
Nitossolo háplico	41,2	10,5
Argissolo vermelho-amarelo	0,2	0,1
Neossolo Litólico	170,5	43,4

Fonte: Organização própria (2019).

Figura 18 – Pedologia da bacia do rio São Domingos



Fonte: Organização própria (2019).

Os Latossolos são os tipos de solos com maior ocorrência na bacia do São Domingos, ocupando uma área de 46,0%. São solos profundos, bastante intemperizados (velhos e alterados em relação à rocha) e com baixa fertilidade. Estão presentes em topos de paisagens em que predomina relevo quase plano. Em geral, são muito porosos, permeáveis e

bem drenados, podendo ser originados a partir de vários tipos de rochas. Em relação às suas características agrícolas, são considerados solos de baixa fertilidade, necessitando de práticas de adubação e calagem, o que pode torná-los bem produtivos. Assim se caracterizam pois contam com boa profundidade, relevo quase plano, ausência de pedras, soltos, boa drenagem e permeabilidade, considerados como um dos tipos de solos mais utilizados na produção rural. Quanto às suas características ambientais, apresentam alta estabilidade e baixo risco de erosão, possuindo boa capacidade para suportar estradas, construções e ideais para a construção de aterros sanitários (LIMA; LIMA; MELO, 2007).

Na área de estudo, ocorrem dois tipos diferentes de Latossolos: o vermelho-amarelo e o vermelho. Os Latossolos vermelho-amarelos (LVAd) são de cores vermelho-amareladas e amarelo avermelhadas. Por sua vez, os Latossolos vermelhos se apresentam com matiz 2,5YR ou mais vermelho na maior parte dos primeiros 100cm do horizonte B (inclusive BA). Na área da bacia, esse tipo de solo ocorre com duas variações, que são os Latossolos vermelho distróficos (LVd), que apresentam saturação por bases baixa ($V < 50\%$) na maior parte dos primeiros 100cm do horizonte B(inclusive BA). A outra variação são os Latossolos vermelho eutrófico (LVe),que possuem saturação por bases alta ($V > 50\%$) na maior parte dos primeiros 100cm do horizonte B (inclusive BA) (EMBRAPA, 2018).

A segunda maior ocorrência de solos da bacia do rio São domingos são os do tipo Neossolo, que ocupa 43,3% da área da bacia. Esses tipos de solo são raros em estágio inicial de formação, apresentando geralmente apenas horizonte A sobre o horizonte C ou a rocha de origem e ocorrem em relevos muito inclinados. Para a agricultura, por estarem geralmente localizados em relevo declivoso, apresentarem pouca espessura e a presença de pedras, podem ser tanto de baixa ou alta fertilidade. Quando férteis, são muito utilizados, mas quando de baixa fertilidade e relevos inclinados, os solos devem ser reservados para preservação da flora e fauna. Quanto às suas características ambientais, são considerados como áreas extremamente frágeis e que devem ser evitados para ocupação urbana (LIMA, LIMA; MELO, 2007).

Esse solo ocorre com a variação de Neossolo Litólico na área da bacia do rio São Domingos, que são solos com horizonte A ou hístico, acedentes diretamente sobre a rocha ou sobre um horizonte C ou Cr, ou sobre material com 90% (por volume), ou mais de sua massa constituída por fragmentos de rocha com diâmetro maior que 2 mm (cascalhos, calhaus e matações). Apresentam um contato lítico típico ou fragmentário dentro de 50 cm da superfície do solo. Pode ocorrer um horizonte B em início de formação, cuja espessura não satisfaz a qualquer tipo de horizonte B diagnóstico (EMBRAPA, 2018). E, ainda para a área da bacia, se

divide em Neossolo litólico distrófico (RLd) com saturação por bases baixa ($V < 50\%$), e em Neossolo litólico eutrófico (RLe), com saturação por bases alta ($V > 50\%$) (EMBRAPA, 2018).

A ocorrência dos Nitossolos na área da bacia representa 10,5% da área em questão. Esse tipo de solo é constituído por material mineral, com 350 gkg⁻¹ ou mais de argila, inclusive no horizonte A, apresentando horizonte B nítico abaixo do horizonte A. O horizonte B nítico compõe-se de argila de atividade baixa ou atividade alta, conjugada com caráter alumínico e, por isso mesmo, ambos ocorrem na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA)(EMBRAPA, 2018).

Em especial na bacia do rio São Domingos, esse solo ocorre na variação de Nitossolo háplico distrófico (NXd), que é caracterizado por apresentar saturação por bases $< 50\%$ na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA)(EMBRAPA, 2018).

Por fim, a menor ocorrência de solos na bacia do São Domingos é dos Argissolos, que ocupam a área mínima de 0,1%. São solos constituídos por material mineral que se caracterizam pela presença de horizonte B textural de argila de atividade baixa; ou alta, desde que ocorra de forma conjugada com saturação por bases baixa ou com caráter alumínico. O horizonte B textural (Bt) está localizado imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte superficial, exceto o hístico, sem apresentar os requisitos estabelecidos para ser classificado nas classes dos Luvisolos, Planossolos, Plintossolos ou Gleissolos (EMBRAPA, 2018). Tem ocorrência principalmente em áreas de relevos moderadamente declivosos e, para a agricultura, depende de sua origem mineral, podendo ser fértil ou pobre. Também deve levar em consideração o fato de acúmulo de argila no horizonte B reduzir a capacidade de reter elementos nutricionais de plantas no horizonte A. Para questões ambientais, é considerado solo bem susceptível à erosão, em especial, quando localizado em relevos mais declivosos (LIMA; LIMA; MELO, 2007).

Na área de estudo, esse solo ocorre na forma de Argissolo vermelho-amarelo distrófico – PVAd que se caracteriza por apresentar cores vermelho-amareladas e/ou amarelo-vermelhadas e saturação por bases $< 50\%$ na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA)(EMBRAPA, 2018).

3.5 Vegetação da bacia do rio São Domingos

A bacia do rio São Domingos está totalmente inserida no domínio do bioma Cerrado, caracterizado pela diversidade de fitofisionomias, com formações florestais,

savânicas e campestres, resultantes de duas estações climáticas bem definidas. Uma é úmida, compreendida pelos meses de novembro a março, e a outra é seca, que ocorre de abril a outubro (SCOLFORO et al.,2006).Além disso, o domínio do Cerrado apresenta características de flora bastante rica, apesar de apresentar solos em sua maioria pobres, necessitando de correção (COUTINHO, 2006). Na área em estudo ocorrem duas fitofisionomias diferentes, o Cerrado *Sensu Stricto* e a Floresta Estacional Decidual (SCOLFORO et al.,2006).

Ocupando a maior área da bacia, tem-se a Floresta Estacional Decidual. Ela apresenta uma fisionomia florestal com dossel superior a 6 metros, podendo chegar a 15 metros e apresentam árvores decíduas, ou seja, que perdem mais de 70% de suas folhas na época seca. Está associada à ocorrência de solos eutróficos e raramente ocorre em solos distróficos, pois geralmente mais se associa a afloramentos rochosos de calcário, gnáissicos e basálticos. Além disso, podem ocorrer em solos mais profundos também.

O Cerrado *sensu stricto* apresenta um estrato herbáceo dominado principalmente por gramíneas, árvores e arbustos (FELFILI; FELFILI, 2001). Está presente na porção leste da bacia do rio São Domingos e sobre a unidade geomorfológica Serras Patamares e Escarpas do Espinhaço, onde ocorrem relevos mais movimentados e solos do tipo Latossolo Vermelho e Neossolo Litólico.

4. ANÁLISE MORFOMÉTRICA DA BACIA DO RIO SÃO DOMINGOS

Com base nos parâmetros morfométricos propostos por Christofolletti (1980), foram encontrados significativos resultados para a bacia do rio São Domingos. Essa bacia (TABELA 15 e FIGURA 19) apresenta uma hierarquização de quarta ordem, conforme método aplicado por Strahler (1952), citado por Christofolletti (1980). A bacia apresenta 105 canais de primeira ordem, totalizando 141,83 km de extensão; 18 canais de segunda ordem que, somados, resultam em 59,07 km; com 44,75 km de extensão apresenta 6 canais de terceira ordem, seguidos por 1 canal de quarta ordem, com 33,06 km de extensão. Dessa forma, constata-se que ela possui 105¹ canais de drenagem que, juntos, totalizam 278,71 km de extensão.

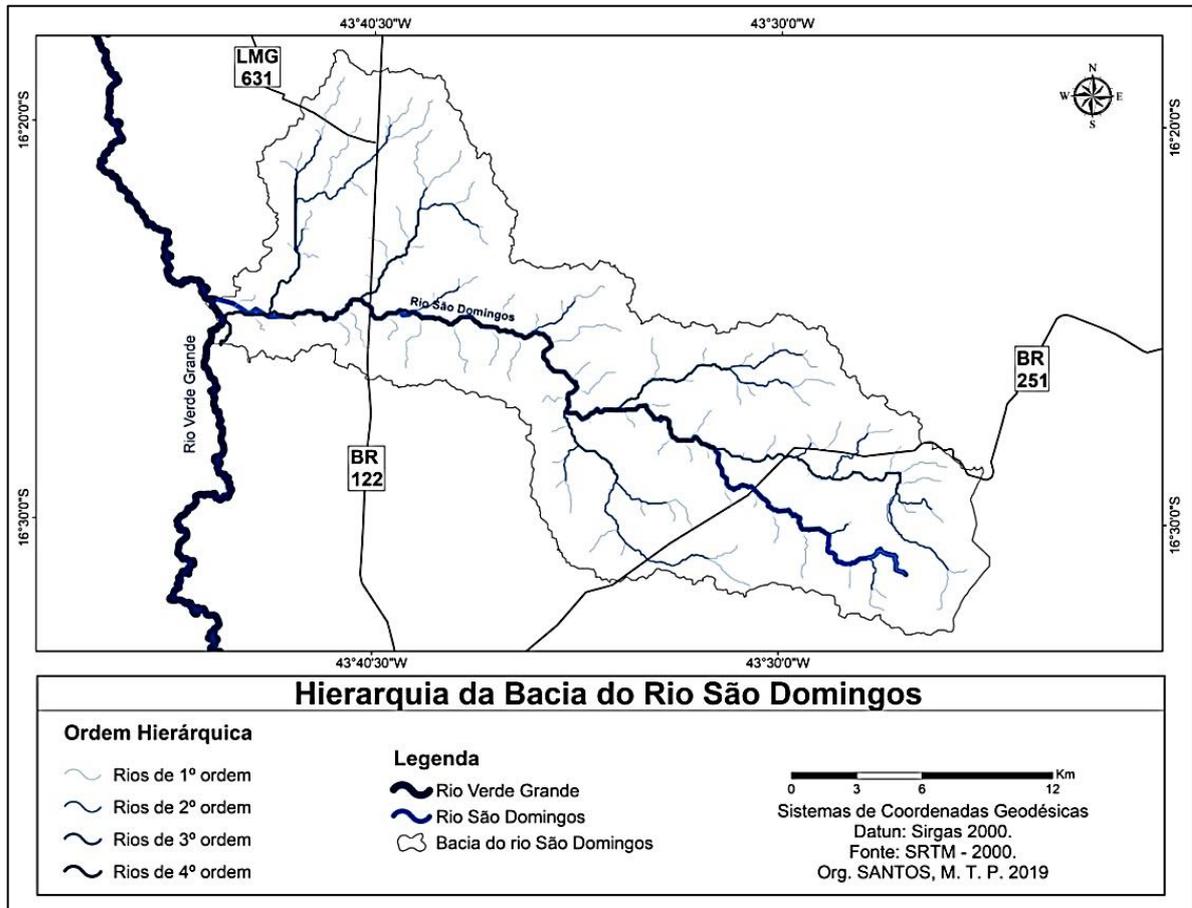
Tabela 15 – Características da hierarquia fluvial da bacia do rio São Domingos

Hierarquia Fluvial			
Ordens	Quantidade de Canais	Comprimento dos Canais (Km)	Comprimento médio dos Canais (Km)
1°	105	141,83	1,35
2°	18	59,07	3,28
3°	6	44,75	7,46
4°	1	33,06	33,06
Total	105 ¹	278,71	45,56

Fonte: Organização própria (2019).

¹De acordo com a classificação de Strahler, o número total de canais de uma bacia corresponde ao número de canais de primeira ordem, ou seja, não se soma os demais canais de ordens superiores (STRAHLER, 1952 apud CHRISTOFOLETTI, 1980).

Figura 19 – Hierarquia fluvial da bacia do rio São Domingos



Fonte: Organização própria (2019).

A Tabela 16 apresenta os resultados obtidos da análise linear da bacia do rio São Domingos, que é composta pela relação de bifurcação dos canais, extensão do percurso superficial e índice de sinuosidade do canal principal.

Tabela 16 – Resultados da Análise Linear da bacia do rio São Domingos

Parâmetro	Análise Linear	
		Resultado
Relação de Bifurcação (Rb)	1º - 2º	5,83
	2º - 3º	3,0
	3º - 4º	6,0
	Média	4,94
Extensão do percurso superficial (Eps)		0,36
Índice de sinuosidade do canal principal (Is)		1,39

Fonte: Organização própria (2019).

O resultado obtido para a relação de bifurcação dos canais da bacia foi de 4,94, indicando um índice alto bifurcação influenciada pela menor quantidade de canais de

hierarquia maior. Considerando que esse dado implica no grau de dissecação da bacia, em que quanto maior o índice, maior o grau de dissecação (CASTRO; CARVALHO, 2009), pode-se afirmar que a drenagem da bacia é bastante dissecada. Outra afirmativa que pode ser feita em relação à bifurcação é quanto à permeabilidade dos solos em que, quanto maior o resultado, menor permeabilização indica. Do contrário, quanto menor o resultado, maior a permeabilidade (SOUZA, 2005). Então, os tipos de solos presentes nessa bacia podem ser classificados como de permeabilidade baixa.

O índice de sinuosidade indica a forma dos canais, em que valores próximos a 1,0 são referentes a canais retilíneos; valores entre 1,0 e 2,0 indicam canais com formas transacionais, regulares e irregulares; e os valores acima de 2,0 indicam que os canais são tortuosos (LANA et al.,2001). Assim, o resultado encontrado no canal principal da bacia do rio São Domingos foi de 1,39, indicando que o canal apresenta formas transacionais.

Na Tabela 17, encontram-se os resultados da análise areal encontrados na bacia do rio São Domingos.

Tabela 17 – Resultados da Análise Areal da bacia do rio São Domingos

Análise Areal	
Parâmetro	Resultado
Índice de circularidade (Ic)	0,26
Densidade de rios (Dr) ou densidade hidrográfica (Dh)	0,33
Densidade de drenagem (Dd)	0,71
Coefficiente de manutenção (Cm)	1,40
Coefficiente de Compacidade (Kc)	1,9
Fator forma (K_f)	0,28

Fonte: Organização própria (2019).

O Índice de circularidade representa o formato da bacia em relação a um círculo em que valores até 0,51 indicam uma bacia com forma mais alongada, o que facilita o processo de escoamento, sendo considerada menos propensa a enchentes. Já os valores acima de 0,51 apontam bacias com formato mais circular e, dessa forma, possuem maior propensão a enchentes rápidas devido ao seu lento escoamento (LANA *et al.*,2001). Para a bacia do São Domingos, encontrou-se o valor de 0,26, o que representa uma bacia mais alongada e possui escoamento mais rápido, dificultando a ocorrência de enchentes.

A densidade de rios ou densidade hidrográfica se refere à capacidade da rede hidrográfica da bacia de gerar novos cursos d'água em função das características pedológicas, geológicas e climáticas da área. Como o índice de densidade dos rios é de 0,33, pode-se dizer que a bacia do rio São Domingos possui baixa capacidade de gerar novos cursos d'água.

A densidade de drenagem relaciona-se com a capacidade de infiltração e de geração de novos canais superficiais, que é influenciada diretamente pelas características climáticas, pedológicas e litológicas da área de estudo. Para a bacia do São Domingos, encontrou-se o valor de 0,71, indicando que a sua rede de drenagem possui média capacidade de infiltração e de geração de novos cursos d'água. Conforme Beltrame (1994), a densidade de drenagem cujo valor é menor que 0,50 é considerada como baixa. Enquanto isso, valores entre 0,50 a 2,00, densidade mediana; de 2,01 – 3,50 são tidos como de densidade alta. Por sua vez, valores maiores que 3,50 são considerados como densidade de drenagem muito alta.

Em relação ao coeficiente de manutenção, que é um parâmetro proposto por Schumm (1956) em que ele indica a área mínima necessária para sustentar um canal perene, ou seja, com fluxo constante (CHRISTOFOLETTI, 1980), encontrou-se para a bacia do São Domingos o valor de 1,40 metros. Isso significa que, para cada metro de curso fluvial da bacia, é necessário 1,40 metros quadrados de área de contribuição para mantê-lo perene.

O coeficiente de compacidade é a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual à dela. Quanto mais próximo de 1,0, mais circular será a bacia e, assim, mais suscetível a enchentes. E quanto mais distante de 1,0, mais irregular será o formato da bacia, o que dificulta a ocorrência de enchentes (VILLELA; MATTOS, 1975). Dessa forma, considerando que o valor obtido para a bacia do São Domingos foi 1,9, pode-se dizer que a bacia apresenta uma forma irregular, não estando sujeita a enchentes.

Já o fator forma é mais um parâmetro que tem como função apontar se a bacia é propensa à enchente ou não. Assim, considera a relação entre a largura média e o comprimento axial da bacia em que, quanto menor for o resultado obtido, menor a suscetibilidade a enchentes da área e, quanto maior o resultado, mais sujeita a enchentes a bacia estará (VILLELA; MATTOS, 1975). Portanto, para a bacia do São Domingos, encontrou-se o valor de 0,28 indicando a sua não propensão a enchentes.

Ao realizar uma análise hipsométrica de uma bacia hidrográfica, de acordo com Mendonça (1999), é necessário considerar a variação das altitudes presentes na área, o que facilita a análise dos processos relacionados ao tipo de uso e ocupação do solo da bacia. Na Tabela 18, são apresentados os resultados obtidos na análise hipsométrica realizada na bacia do rio São Domingos.

Tabela 18 – Resultados da análise hipsométrica da bacia do rio São Domingos

Análise Hipsométrica	
Parâmetro	Resultado
Amplitude altimétrica (Hm)	558
Relação de Relevo(Rr)	15,01
Índice de Rugosidade (Ir)	396,23

Fonte: Organização própria (2019).

A bacia hidrográfica do rio São Domingos apresenta uma amplitude altimétrica de 558 metros, sendo a menor cota de 529 metros, que se encontra na foz com o rio Verde Grande, cuja maior cota é de 1.087 metros, localizada na borda leste da bacia. Conforme Castro e Lopes (2001), a amplitude altimétrica influencia diretamente na quantidade de energia solar que a bacia recebe e quanto maiores forem suas cotas altimétricas, menor será a quantidade de energia solar recebida por essa. Portanto, a bacia do rio São Domingos é uma área que recebe uma maior quantidade de energia solar pelo fato de não apresentar altas cotas.

A relação de relevo obtida para a bacia do rio São Domingos foi no valor de 15,01, o que indica um desnível médio de suas cotas altimétricas. De acordo com Schumm (1956), quanto maior o valor, maior será o desnível entre a cabeceira e o exutório e, consequentemente, maior será a declividade média da bacia.

Quanto ao índice de rugosidade, que representa as qualidades da declividade e comprimento das vertentes por meio da razão entre amplitude altimétrica e densidade de drenagem, os valores elevados do índice de rugosidade indicam vertentes longas e íngremes. Isso permite apontar que bacias hidrográficas com índice de rugosidade elevado estão sujeitas a sofrer cheias, partindo do pressuposto que são bacias de alta energia, que convertem o fluxo de vertente em fluxo fluvial em menor tempo (LEITE *et al.*, 2012). Assim, o resultado obtido de índice de rugosidade da bacia do rio São Domingos foi de 396,23, sendo considerado baixo, o que aponta que a bacia apresenta baixa energia, ou seja, que converte o fluxo de vertente em fluxo fluvial em um tempo maior.

5. ANÁLISE GEOSISTÊMICA TEMPORO-ESPACIAL DA PAISAGEM DA BACIA DO RIO SÃO DOMINGOS

Considerado importante para o presente estudo, será apresentado o diagnóstico têmporo-espacial da bacia do rio São Domingos, no qual apresenta-se o mapeamento da dinâmica do uso, ocupação e cobertura de sua terra, isso no período de 1988 a 2018, e que servirá como base para a realização da análise de forma integrada e sistêmica da paisagem da área de estudo diagnosticando suas fragilidades e potencialidades.

5.1 Mapeamento do uso da terra da bacia do rio do São Domingos 1988 – 2018

O acelerado processo de desenvolvimento da sociedade atual vem produzindo marcas nas paisagens naturais terrestres que, por sua vez, requer atenção e intervenções na tentativa de reverter situações que possam comprometer a dinâmica e equilíbrio de determinada área. Para identificar a necessidade que a área possui de intervenções, pode-se ter como ponto de partida o mapeamento do uso e ocupação da terra. Assim, é possível compreender como se dá à dinâmica do uso de determinada área e, assim realizar planejamentos com intuito de garantir o equilíbrio ambiental.

O estudo do uso, ocupação e cobertura da terra consiste em diagnosticar como se dá a ocupação de uma área espacial, visando compreender os processos no espaço-tempo e de garantir o uso mais consciente dos recursos. E assim, o seu entendimento dinâmico é imprescindível para estudos ambientais, tendo em vista que um mau planejamento do uso e ocupação da terra pode gerar danos ambientais em escalas irreversíveis (SILVEIRA, 2009).

Para Leite e Rosa (2012), os estudos de uso, ocupação e cobertura da terra podem ser apresentados através de mapas que indiquem a espacialização tipológica de determinada ação humana, bem como, a espacialização de elementos naturais. Esses podem ser identificados e analisados através de imagens de satélites via sensoriamento remoto, garantindo, assim, o planejamento das áreas e respeitando sua capacidade de suporte e/ou sua estabilidade/vulnerabilidade (LEITE e ROSA, 2012).

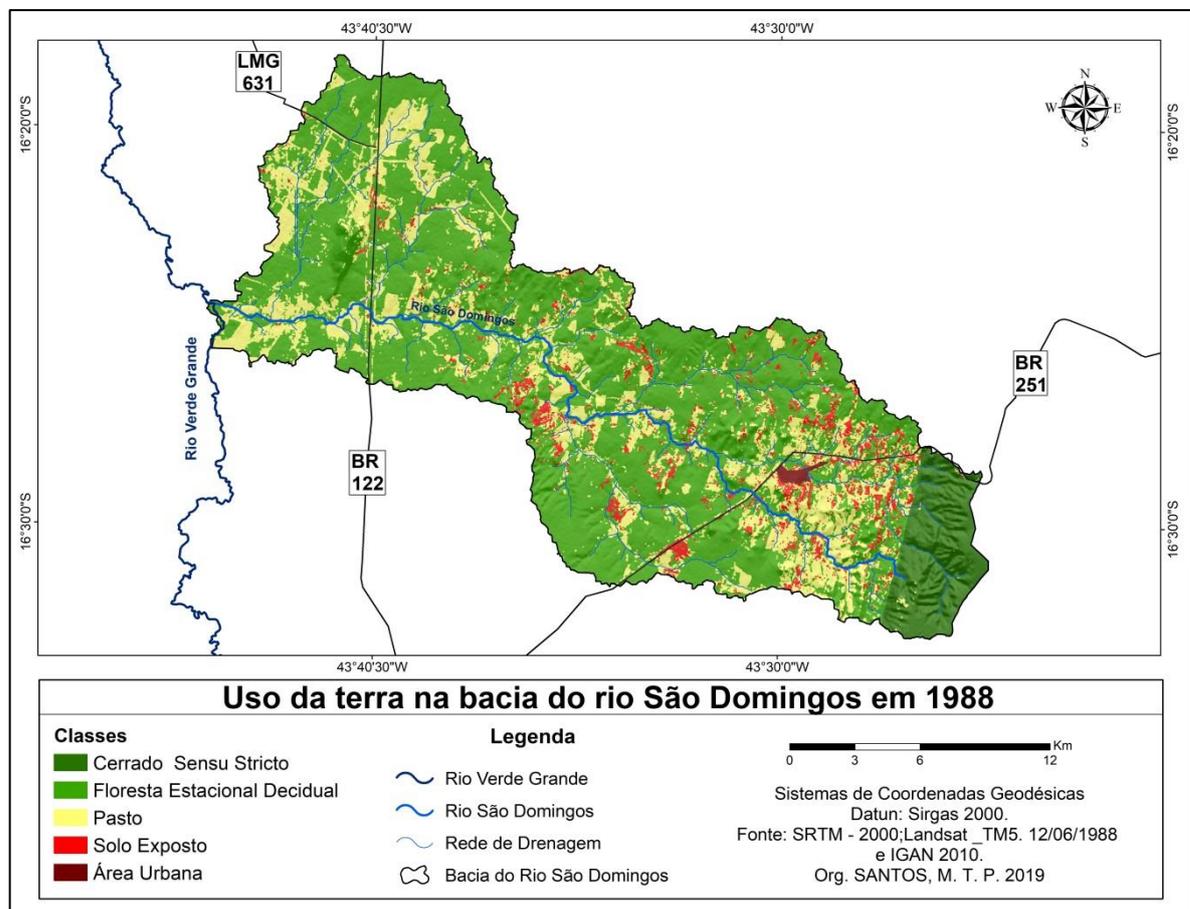
Portanto, considera-se o uso e a ocupação e cobertura da terra como fatores relevantes em uma bacia hidrográfica, pois afetam diretamente o escoamento superficial. Ocorre que as áreas com florestas e solos cobertos por vegetação sofrem menos os efeitos da velocidade do escoamento da água de chuvas, evitando que, durante as precipitações, não

ocorram inundações, além de contribuírem para a regularização das vazões dos córregos, infiltração e percolação da água no solo.

Dessa forma, é apresentada a dinâmica do uso, ocupação e cobertura da terra da bacia do rio São Domingos num período de 30 anos, compreendidos entre 1988 a 2018.

No ano de 1988, observa-se que a cobertura da terra da bacia do rio São Domingos era compreendida em cinco classes, a saber: Cerrado *Sensu Stricto*, Floresta Estacional Decidual, Pasto, Solo exposto e Área Urbana, conforme Figura 20.

Figura 20 – Uso da Terra na bacia do rio São Domingos em 1988



Fonte: Organização própria (2019).

Conforme os dados apresentados na Tabela 19, tem-se que no ano de 1988 a vegetação nativa ocupava a maior parte da área da bacia, onde a Floresta Estacional Decidual ocupava 72,3%, o equivalente a 283,68 km², e o Cerrado *Sensu Stricto* possuía uma área de abrangência de 25,63 km², representando 6,5 % da área de sua área. Assim, a área considerada como uso antrópico estava dividida em áreas de Pasto, com 73,54 km², equivalendo a 18,7 % da área de estudo.

O Solo estava exposto com 8,59 km² ou 2,2%, e com apenas 0,2% da área representando 0,96 km² a Área Urbana.

Tabela 19 – Classes de uso da Terra na bacia do rio São Domingos em 1988 quantificada

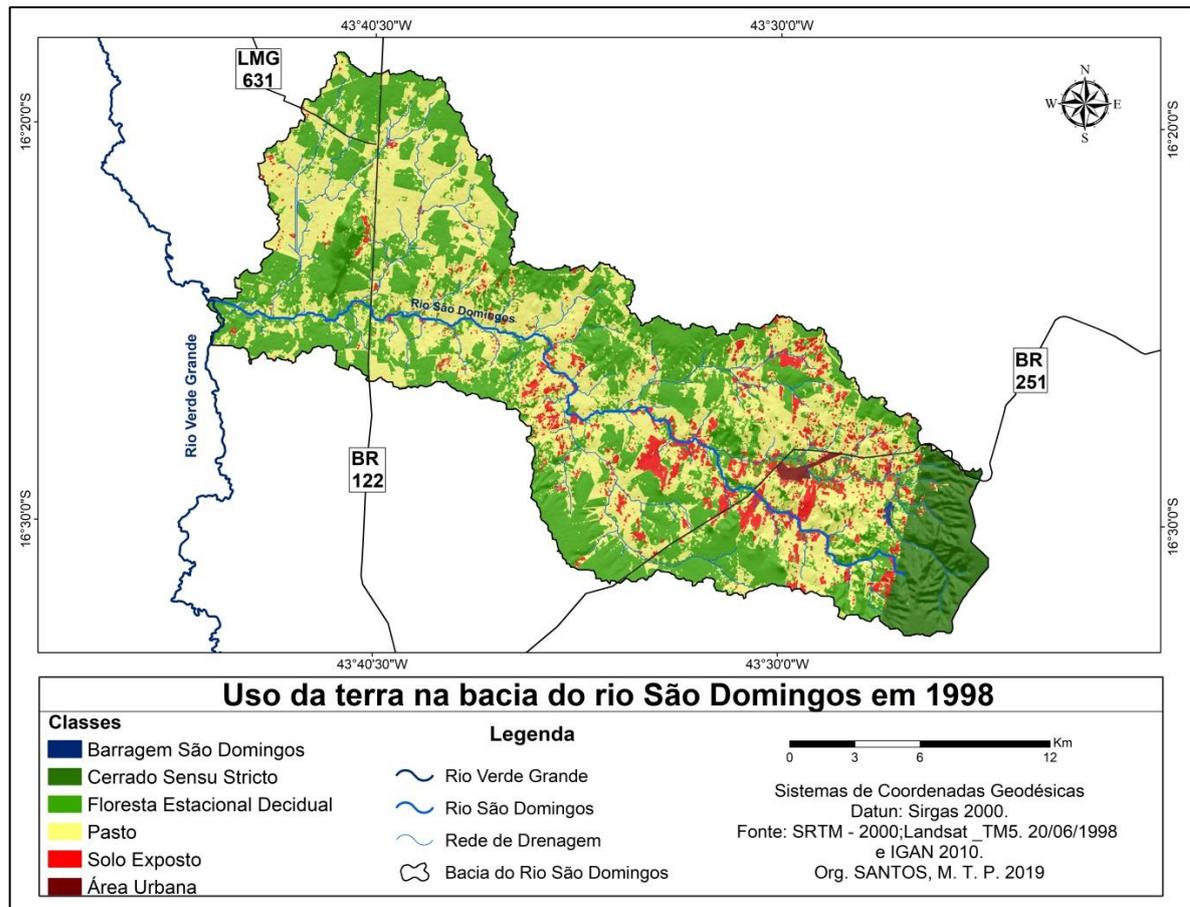
Classe de Uso	Área (km²)	Porcentagem (%)
Floresta Estacional Decidual	283,7	72,3
Cerrado <i>Sensu Stricto</i>	25,6	6,5
Pasto	73,5	18,7
Solo Exposto	8,6	2,2
Área Urbana	1,0	0,2
Total	392,4	100

Fonte: Organização própria (2019).

As áreas de vegetação nativa se distribuíam por toda a área da bacia, onde o Cerrado *Sensu Stricto* se concentrava em sua porção leste e as Floresta Estacional Decidual ocupavam o restante. As áreas urbanas espacializavam-se mais próximas dos cursos d'água, fato que pode ser justificado pela facilidade de acesso à água para a descendentação animal. Por sua vez, as áreas de Solo Exposto localizavam-se próximas das áreas de pasto.

Em 1998, as classes de uso, ocupação e cobertura da terra da bacia do rio São Domingos ganharam mais um componente em relação ao ano de 1988, ficando assim dividida: Barragem do São Domingos, Cerrado *Sensu Stricto*, Floresta Estacional Decidual, Pasto, Solo Exposto, Área Urbana, conforme explicitado pela Figura 21.

Figura 21 – Uso da Terra na bacia do rio São Domingos em 1998



Fonte: Organização própria (2019).

Na Tabela 20, observa-se que as classes de uso da bacia, em 1998, se distribuí da seguinte forma: na maior área de ocorrência tem-se a vegetação nativa, composta por Cerrado *Sensu Stricto* e Floresta Estacional Decidual, com 25,2 km² e 203,6 km², respectivamente, mesmo sendo considerada a classe de maior área. Em relação ao ano de 1988, essas classes tiveram uma diminuição de 26% da área inicial para o período de estudo.

A classe de Pastos ocupa uma área de 146,0 km² equivalente a 37,2% e, dessa forma, percebe-se que houve um aumento de área equivalente a 98,7% em relação ao ano de 1988, passando de 73,5 km² para 146 km².

As áreas de Solo exposto ocupam 4,1% da área da bacia, ou seja, 16,2 km² em relação ao ano de 1988. Essa classe apresentou um aumento de sua área inicial de 88,4%.

A Área urbana passou a ocupar 1,1 km², o que significa um aumento tímido de apenas 10% de área iniciada em 1988.

E, por fim, uma nova classe foi incluída ao uso, ocupação e cobertura da Terra da bacia do rio São Domingos, ocupando uma área de 0,2 km², que foi a Barragem São Domingos. Essa barragem representa apenas 0,1% da área total da bacia.

Tabela 20 – Classes de uso da Terra na bacia do rio São Domingos em 1998 quantificada

Classe de Uso	Área (km ²)	Porcentagem (%)
Floresta Estacional Decidual	203,6	51,9
Cerrado <i>Sensu Stricto</i>	25,2	6,4
Pasto	146,0	37,2
Solo Exposto	16,2	4,1
Área Urbana	1,1	0,3
Barragem São Domingos	0,2	0,1
Total	392,4	100

Fonte: Organização própria (2019).

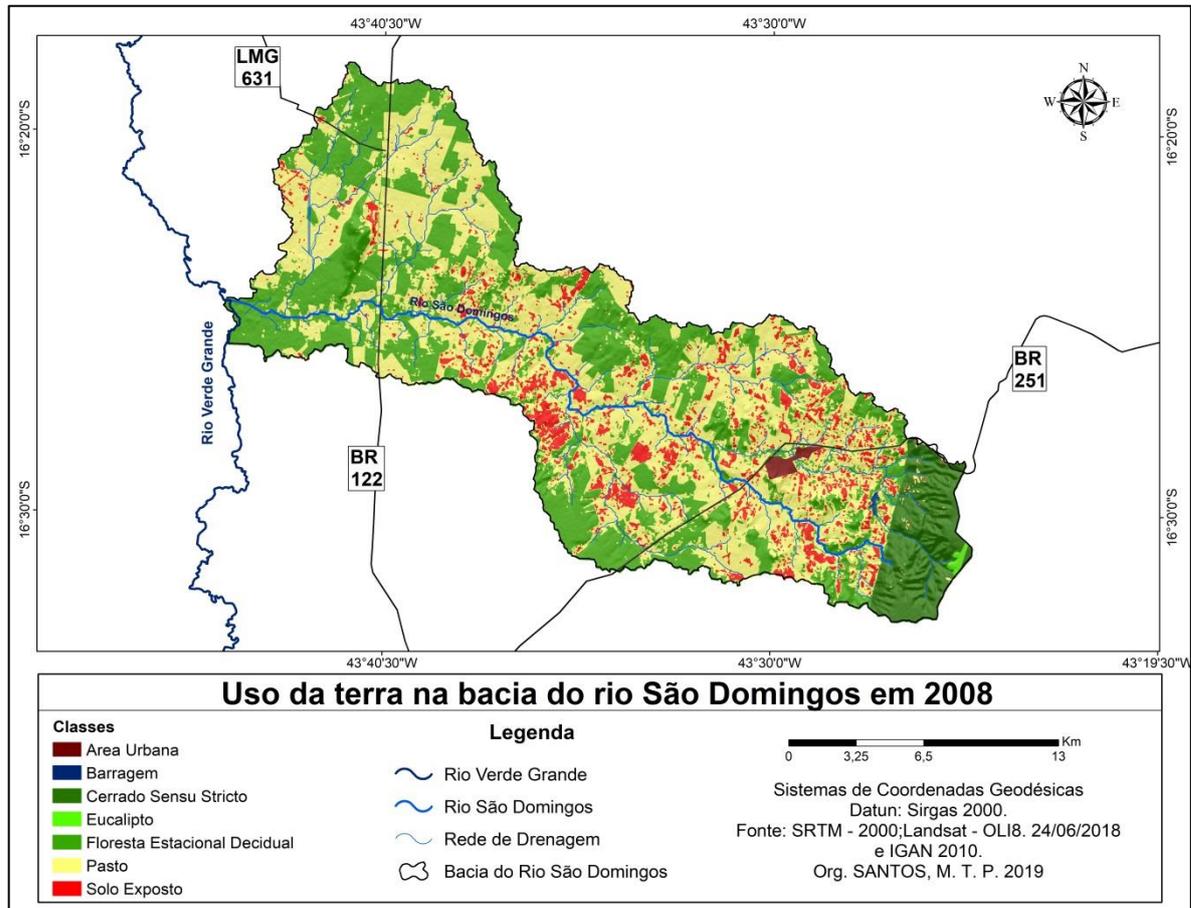
Quanto ao padrão de distribuição das classes pela área da bacia, as áreas de Cerrado *Sensu Stricto* localizam-se em sua porção leste e as de Floresta Estacional Decidual se distribuem por toda a sua abrangência.

As áreas de pasto aumentaram, seguindo o padrão de estarem sempre próximas aos cursos d'água, enquanto as áreas de solos expostos, se apresentaram fazendo limite com as áreas de pasto.

Para 2008, a área da bacia em análise apresentou, como classes de uso, ocupação e cobertura da terra, o Cerrado *Sensu Stricto*, a Floresta Estacional Decidual, Pasto, Solo Exposto, Área urbana, a Barragem do São Domingos e uma nova classe destinada ao Eucalipto (FIGURA 22).

A inserção da nova classe de uso na área de estudo pode estar atrelada ao processo de migração das glebas de Eucalipto para a região leste da mesorregião Norte de Minas, direcionando-se para o Vale do Jequitinhonha a partir de 1996. Essas novas glebas de eucalipto aos poucos foram ocupando espaços quase que exclusivamente na Serra do Espinhaço, conferindo um recuo nas áreas de Eucalipto do Norte de Minas (LEITE, ALMEIDA e SILVA, 2012).

Figura 22 – Uso da Terra na bacia do rio São Domingos em 2008



Fonte: Organização própria (2019).

De acordo com os dados apresentados na Tabela 21, a Floresta Estacional Decidual, somada ao Cerrado *Sensu Stricto*, ocupava uma área de 167,2 km² e 24,7 km², respectivamente, representando 48,9% da área total da bacia representando assim uma redução de 16% em relação ao ano de 1998.

A área de Pasto com 177,7 km² ou 45,3% da área em estudo, o que representa que, em relação ao ano de 1998, teve um aumento de 21,7% em sua área de abrangência.

Por sua vez, as áreas de Solo Exposto representam 5,2% da área da bacia do rio São Domingos, ou seja, 20,3 km². No entanto, comparada com o ano de 1998, percebe se um aumento de 25,4% em sua área de ocorrência.

A Área urbana, por sua vez, em relação ao ano de 1998, aumentou 54,6 %, passando a ocupar 1,7 km². Quanto à Barragem São Domingos permaneceu com a mesma área de abrangência e o Eucalipto aparece ocupando 0,6 km².

Tabela 21 – Classes de uso da Terra na bacia do rio São Domingos em 2008 quantificada

Classe de Uso	Área (km²)	Porcentagem (%)
Floresta Estacional Decidual	167,2	42,6
Cerrado <i>Sensu Stricto</i>	24,7	6,3
Pasto	177,7	45,3
Solo Exposto	20,3	5,2
Área Urbana	1,7	0,4
Barragem São Domingos	0,2	0,1
Eucalipto	0,6	0,1
Total	392,4	100

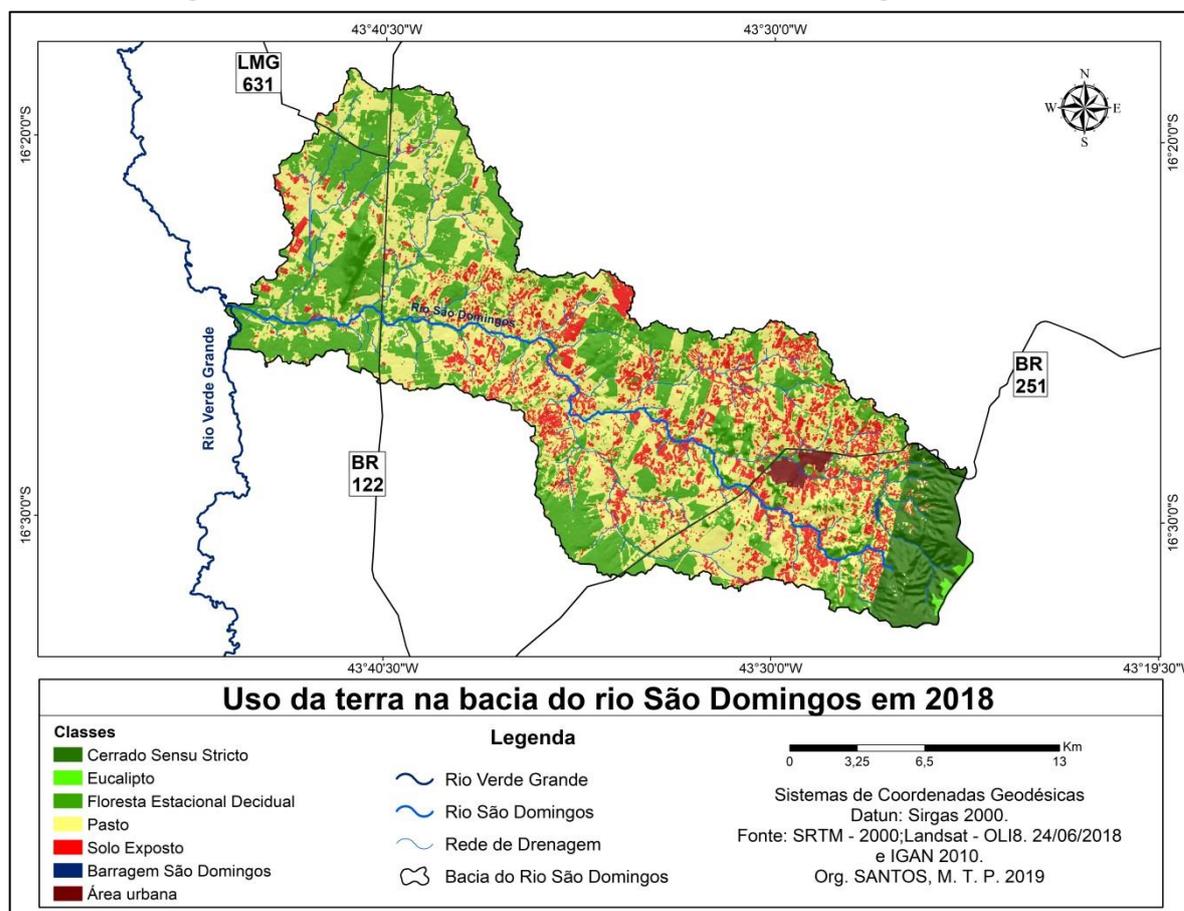
Fonte: Organização própria (2019).

Considerando a localização das classes pelo território da bacia do rio São Domingos, percebe-se que a inserção do Eucalipto acarretou a supressão da área de Cerrado *Sensu Stricto*, devido estar localizado ao leste da mesma, na porção da Serra do Espinhaço.

Quanto às outras classes, seguem o mesmo padrão de distribuição, em que as áreas de pasto crescem em direção às mais próximas a cursos d'água, gerando a supressão da Floresta Estacional Decidual, e as áreas de solo exposto, sempre vizinhando as áreas de Pasto.

Para o ano de 2018, as classes de uso, ocupação e cobertura da Terra da bacia sob análise permaneceram da mesma forma do último ano analisado, 2008. Portanto, tem-se como classes o Cerrado *Sensu Stricto*, a Floresta Estacional Decidual, Pasto, Solo Exposto, Área urbana, a Barragem do São Domingos e uma nova classe destinada ao Eucalipto (FIGURA 23).

Figura 23 – Uso da Terra na bacia do rio São Domingos em 2018



Fonte: Organização própria (2019).

Na Tabela 22, é possível observar a distribuição em áreas por km² das classes de uso, ocupação e cobertura da terra da bacia do rio São Domingos. Diante disso, infere-se que a Floresta Estacional Decidual ocupa uma área de 166,5 km² ou 42,4% da mesma. Em relação ao ano de 2008, essa classe teve uma supressão de 0,5%.

O Cerrado *Sensu Stricto* ocupa 6,1 %, ou seja, uma área de 23,8 km², e teve uma redução de 3,6% entre os anos de 2008 a 2018. O Pasto, por sua vez, apresenta uma área de 169,1 km², o equivalente a 43,1% da área total da bacia. Esse dado aponta que, ao considerar a mesma classe no ano de 2008 para o ano de 2018, ela sofreu uma redução de 4,83% da sua área de abrangência.

O solo exposto, em 2018, teve um aumento de área de ocorrência de 43,4 % passando a ocupar uma área de 29,1 km² representando 7,4 % da área toda da bacia.

A Área Urbana também aumentou sua área de ocupação em relação ao ano anterior analisado. O aumento foi de 59%, onde a área ocupada é de 2,7 km², ou seja, 0,7% da área de estudo. Outra classe que também apresentou aumento em sua área de ocorrência foi o

Eucalipto com 67%, ou seja, o Eucalipto passou a ocupar 1,0 km² ou 0,3% da área da bacia e, a barragem São Domingos permaneceu sem alterações na sua área de abrangência.

Tabela 22 – Classes de uso da Terra na bacia do rio São Domingos em 2018 quantificada

Classe de Uso	Área (km ²)	Porcentagem (%)
Floresta Estacional Decidual	166,5	42,4
Cerrado <i>Sensu Stricto</i>	23,8	6,1
Pasto	169,1	43,1
Solo Exposto	29,1	7,4
Área Urbana	2,7	0,7
Barragem São Domingos	0,2	0,1
Eucalipto	1,0	0,3
Total	392,3	100

Fonte: Organização própria (2019).

Ao considerar a dinâmica do uso, ocupação e cobertura da terra da bacia do rio São Domingos no período de 30 anos (1988 – 2018), percebe-se que houve aumento de algumas classes em detrimento de outras.

A Floresta Estacional Decidual, por exemplo, sofreu uma redução de sua área de ocorrência da ordem de 41,3%, assim como o Cerrado *Sensu Stricto*, com redução de sua área de abrangência para 7% entre 1988 a 20018.

O pasto apresentou um aumento em sua área de ocorrência em 131,7%. O solo exposto, conforme observa-se, expandiu-se por uma área 238,4% maior que a inicial em 1988. Quanto à Área urbana, essa cresceu 170%, enquanto que o Eucalipto, que foi a última classe a ser introduzida na área de estudo, aumentou 67% em apenas 10 anos de análise (2008-2018). A expansão das áreas de Pasto ocorreu de forma a suprimir quase que exclusivamente a Floresta Estacional Decidual, sempre em direção à aproximação dos cursos d'água.

O solo exposto também teve sua área aumentada, mas próximas às áreas de Pasto, indicando que possíveis áreas, antes destinadas a Pasto, passaram por um processo de degradação e não foi recuperada, chegando até a esse estágio.

O eucalipto se expandiu, principalmente suprimindo o Cerrado *Sensu Stricto*, devido à sua localização. Por sua vez, o crescimento da área urbana indica uma maior exploração dos recursos naturais presentes na área da bacia, além da supressão de áreas naturais e da degradação dos seus recursos ambientais.

Dessa forma, entende-se que a dinâmica da cobertura da terra na bacia do rio São Domingos, ocorreu em sua maior parte suprimindo as áreas de coberturas naturais em favor da inserção de áreas antrópicas.

5.2 Análise integrada da paisagem da bacia do rio São Domingos

A análise integrada da paisagem consiste em analisar uma determinada porção da paisagem levando em consideração a interação de seus elementos naturais com os elementos de ordem antrópica. Para isso, o espaço analisado é dividido em unidades, estabelecidas de acordo com um sistema integrado. Esse, por sua vez, é formado por um conjunto de elementos que se relacionam mutuamente, como os climáticos, geomorfológicos, geológicos, pedológicos, hidrográficos e vegetacionais, além das condições de uso e ocupação (SOUZA; SILVA, 2010).

Bertrand (1972) considera a vegetação como o elemento que melhor sintetiza um espaço, elegendo-a como melhor parâmetro para se dividir ou delimitar um geossistema. Dessa forma, como parâmetro para a divisão das unidades que foram utilizadas na análise integrada da paisagem da bacia hidrográfica do rio São Domingos, utilizou-se as classes de uso, ocupação e cobertura da terra, no período de 30 anos, conforme discussão a ser apresentada.

5.2.1 Cerrado *Sensu Stricto*

O domínio do Cerrado *Sensu Stricto* dentro dos limites da bacia do rio São Domingos ocorre na parte Leste da bacia, em especial sobre a Serra do Espinhaço, ocupando cerca de 7% do total de sua área. Na mesma, o cerrado está representado por árvores baixas, inclinadas e tortuosas, permeadas por gramíneas (FIGURA 24). Nessa área são encontradas algumas espécies como Murici (*Byssonima coccolobifolia*), Mangaba (*Hancornia speciosa*), Caraíba (*Tabebuia aurea*), Cagaita (*Eugenia dysenterica*) e Tinguí (*Magonia pubescens*).

Figura 24 – Cerrado *Sensu Stricto* na bacia do rio São Domingos



Fonte: Organização própria (2019).

No ano de 1988 o Cerrado *Sensu Stricto* ocupava uma área de 25,6 km² dentro da bacia do rio São Domingos, mas essa área inicial teve uma redução de 7% no período analisado até 2018. O Cerrado recobre as seguintes unidades geológicas: Quartizitos (5,5 km²); Serra do Catuni (16,6 km²); Cobertura Detrito-lateritas Ferruginosas (3,1 km²) e Lagoa do Jacaré Marga (0,4 km²).

Percebe-se que a maior parte da área recoberta pelo Cerrado – 86,4 % –, são áreas de rochas de origem metamórfica, e apenas 13,6% são áreas de rochas de origem sedimentar.

Geomorfologicamente, o Cerrado está concentrado sobre as áreas de altitude que variam de 701 a 1.100 metros de altitude. O valor de 32,8% da área coberta por Cerrado encontra-se sobre áreas de altitudes de 901 a 1.000 metros, seguido por 28,5% nas áreas de 1.001 a 1.100 metros, 26,6 % sobre as altitudes de 801 a 900 metros e apenas 12,1% do total da área ocorre sobre as altitudes de 701 a 800 metros.

Quanto ao relevo da área onde se encontra o Cerrado, cerca de 69,1% está sobre a parte do relevo mais movimentada da bacia, sendo que 52,3 % da área está sobre o relevo ondulado, 16,8 % sobre o relevo forte ondulado, 20,75 recobre o relevo suave ondulado, e apenas 10,2 % tem sua ocorrência sobre o relevo plano. Assim, 59,4% da área de ocorrência do Cerrado recobre a unidade geomorfológica do Planalto de Cimeira, 26,2 % as Encostas e desníveis dos Planaltos, 10,9 % recobre os Vales fluviais serranos, 2,3 % as superfícies

aplainadas e apenas 1,2% de sua área total de abrangência ocorre sobre os Vales flúvio lacustre.

Em relação aos solos onde ocorre o Cerrado, estão presentes somente dois tipos: os Latossolos Vermelho e os Neossolos litólicos. Cerca de 69,1% da área total do Cerrado recobrem os Latossolos Vermelho, enquanto 30,9 % recobrem os Neossolos litólico.

A área de ocorrência do Cerrado *Sensu Stricto* dentro dessa bacia se encontra preservada, o que está associado aos fatores físicos da área, pois a mesma encontra-se em maior parte sobre uma base geológica de origem metamórfica, aliada a uma geomorfologia que dificulta a ação do homem para a inserção da agricultura e pastos.

Some-se a isso o fato de a maior parte dos solos (Latosolos Vermelhos) ser considerado como estáveis, e mesmo a parcela considerada como frágeis (Neossolos litólicos), ainda que estando em uma área de relevo movimentado, tem garantida a sua estabilidade, em virtude da existência de cobertura vegetal nativa naquela área. Em relação à perda de área que o Cerrado *Sensu Stricto* registrou no período analisado, isso se deveu, a maior parte, pela inserção do Eucalipto, e uma parcela mínima ao pasto e solo exposto.

5.2.2 Floresta Estacional Decidual

O domínio da Floresta Estacional Decidual ocorre dentro dos limites da bacia do rio São Domingos em aproximadamente 90% de sua área total. É um tipo de vegetação que durante o período de estiagem da região perde suas folhas, ficando com um aspecto seco (FIGURA 25), porém, logo nas primeiras chuvas, se recuperam exibindo a sua exuberância (FIGURA 26).

Na área da bacia sob análise foi possível encontrar algumas espécies nativas da Floresta Estacional Decidual, como o Angico (*Anadenanthera macrocarpa*), o Cedro (*Cedrela fissilis*), a Aroeira (*Schinus terebinthifolius*), a Mutamba (*Guazuma ulmifolia*) e o Pereiro (*Aspidosperma pyrifolium*).

Na figura 25, percebe-se uma área de Floresta Estacional Decidual no período de estiagem com suas folhas todas caídas e seus galhos secos.

Figura 25 – Floresta Estacional Decidual na bacia do rio São Domingos (Seca)



Fonte: Autoria própria (2019).

Na Figura 26, tem-se uma área de Floresta Estacional Decidual após as primeiras chuvas se recuperando do período de estiagem.

Figura 26 – Floresta Estacional Decidual na bacia do rio São Domingos (Após a chuva)



Fonte: Autoria própria (2019).

A geologia na qual está assentada a Floresta Estacional Decidual é basicamente toda de origem sedimentar. A Floresta recobre as unidades de Lagoa do Jacaré, Lagoa do Jacaré Calcário, Lagoa do Jacaré Marga e Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas.

Em relação à geomorfologia de sua área de domínio, percebe-se que a mesma se encontra sobre altitudes que variam de 529 a 900 metros, estando sua maior parte concentrada sobre as áreas de 601 a 700 metros de altitude, seguida pelas áreas de 529 a 600 metros e de 701 a 800 metros, e apenas uma pequena porção do seu domínio encontra se sobre 801 a 900 metros.

Quanto à movimentação do relevo presente em seu domínio, tem-se a maior área sobre relevos Planos, seguida por áreas de relevos Suave Ondulado e, uma pequena parcela sobre o relevo Ondulado. Existe ainda uma porção bem pequena que se encontra sobre um relevo considerado Forte Ondulado, mas este se localiza sobre um Morro residual, presente em meio às áreas mais planas da bacia do São Domingos. Localmente esse Morro Residual recebe o nome de Morro do São João (FIGURA 27).

Esse Morro é constituído geologicamente por Calcário. Essa formação serve como divisor topográfico para as microbacias dos Córregos São João e Baixa do Feijão.

Figura 27 – Morro Residual (Morro do São João)



Fonte: Autoria própria (2019).

Pedologicamente sob o domínio da Floresta Estacional Decidual se encontram cinco tipos de solos, onde o Neossolo litólico expressa-se em maior área. Em seguida, pelos solos Latossolo Vermelho, Latossolo Vermelho-amarelo, Nitossolo Háptico e Argissolo Vermelho-amarelo.

As características ambientais presentes sob domínio da Floresta Estacional Decidual atestam que a área vem sofrendo supressão de sua vegetação nativa para inserção de outros tipos de coberturas. Isso ficou caracterizado pela perda de 41,3% ocorrida de 1988 para 2018, em especial pela inserção do pasto. Assim, várias áreas encontram-se degradadas e com vegetação rarefeitas, muitas em solo exposto, levando-o ao processo de alto grau de degradação.

5.2.3 Pasto

As áreas de pastos presentes na bacia do rio São Domingos ocorrem em locais em que antes predominava a cobertura nativa da Floresta Estacional Decidual. Geralmente, recobre extensas áreas, conforme demonstrado na Figura 28.

Figura 28 Áreas de pasto na bacia do rio São Domingos



Fonte: Autoria própria (2019).

Na Figura 28 A, C e D percebe-se grandes áreas de pasto destinadas à pecuária extensiva e, na Figura B, tem-se uma extensa área preparada para o cultivo de pastos.

Geologicamente, as áreas de pasto recobrem as unidades de predomínio de rochas sedimentares, a saber: Lagoa do Jacaré, Lagoa do Jacaré Calcário, Lagoa do Jacaré Marga e Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas e Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas. Em pequena escala, os pastos ocorrem sobre as unidades de origem metamórfica, no caso Quartzitos e serra do Catuni.

Geomorfologicamente, as áreas de pastos estão assentadas sobre as áreas de altitudes que variam desde 529 até 1.100 metros, mesmo que em pequena proporção. Os pastos recobrem em maior quantidade as áreas de altitudes de 601 a 700 metros, seguida pelas áreas de 529 a 600 metros e 701 a 800 metros. Cerca de 95% das áreas de pasto estão sobre essas áreas e os outros 5% recobrem as áreas de maior altitude dentro da bacia.

Em relação ao movimento do relevo presente nessas áreas, pontua-se que estão, em sua maioria, sobre áreas de relevo plano e de suave ondulado, devido à facilitação que o relevo proporciona para o manuseio de maquinários e de movimentação para o rebanho.

Existe também uma pequena área de pasto sobre áreas de relevo ondulado e forte ondulado. Sendo assim, as áreas de pasto estão sobre unidades geomorfológicas. A Zona de Colinas e rampas de contato são as unidades com maior área sob o domínio da Floresta, seguidas pelas unidades de Superfícies Aplainadas Flúvio-lacustre, Planalto de Cimeira e o Morro residual, ou Morro do São João.

Os pastos recobrem os solos do tipo Neossolo litólico, seguidos pelo Nitossolo háplico, Latossolos vermelhos, Latossolos vermelho-amarelo e Argissolo vermelho amarelo.

As áreas de pasto presentes dentro dos limites da bacia do rio São Domingos tiveram um aumento do seu domínio de 131,7% da sua área inicial no ano de 1988 para o ano de 2018. Esse aumento está distribuído por toda a bacia, principalmente entre as áreas que antes eram de domínio da Floresta Estacional Decidual.

O aumento dessas áreas de pasto poderia ser explicado pela expansão da atividade pecuária existente no município de Francisco Sá, onde se concentra a maior parte a área territorial da bacia do rio São Domingos. Porém, de acordo com os dados do Censo Agropecuário do ano de 1995, o município tinha 105.952 cabeças de rebanho bovino (IBGE, 1995).

No ano de 2017, o Censo Agropecuário apresenta um valor de rebanho bovino para o município aproximadamente 38% menor. Ou seja, em 2017, o município de Francisco Sá abriga 65.284 cabeças de bovinos (IBGE, 2017). Essa diminuição do rebanho bovino não justifica o aumento das áreas de pasto presente na bacia.

O entendimento é que o aumento dessas áreas pode ser um indicador de pastagens degradadas que, possivelmente, foram abandonadas pelos proprietários que buscam a abertura e preparação de uma nova área para o plantio de pastos.

Outra questão que merece destaque nessas áreas de pasto é que elas apresentam maior expansão para as áreas de solos mais frágeis, como os Neossolo litólico.

Este tipo de solo tem a tendência de sofrer o processo de erosão mais facilmente, isso devido às suas características de origem, possibilitando, assim, o carreamento desses sedimentos para os leitos dos rios e causando o assoreamento para as áreas próximas aos cursos d'água, conforme se visualiza na Figura 29.

Figura 29 – Área de Pasto próximo ao Curso d'água do Córrego São Domingos



Fonte: Autoria própria (2019).

Conforme a Figura 29, percebe que as áreas de pastos são criadas nas proximidades dos cursos d'água, de forma a facilitar o processo de dessedentação de animais, os quais inclusive pisoteiam a área, causando degradação à mesma. Além disso, não conta com nenhuma proteção para o curso d'água, que podem sofrer com o processo de assoreamento diminuindo assim a vazão do curso.

5.2.4 Solo Exposto

O solo exposto dentro dos limites da bacia do rio São Domingos corresponde a áreas desprovidas de vegetação ou de algum tipo de cultura, acentuando os afloramentos de solos desnudos e de rochas. Essas áreas estão distribuídas por todo o território da bacia, sempre próximas as áreas de pastagens, conforme a Figura 30.

Figura 30 – Áreas de Solos expostos na bacia do rio São Domingos



Fonte: Autoria própria (2019).

Conforme apresentado na Figura 30, percebe-se que existem grandes áreas de solo exposto dentro dos limites da bacia do rio São Domingos. Essas áreas estão localizadas em sua maior parte sobre áreas geologicamente de origem sedimentar, como as unidades Lagoa do Jacaré, Lagoa do Jacaré Calcário, Lagoa do Jacaré Marga, além de algumas pequenas porções sobre as unidades Coberturas detrito-lateríticas, com concreções ferruginosas, e Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas, Quartzitos e Serra do Catuni.

Em relação à geomorfologia das áreas de predomínio do solo exposto, o mesmo está concentrado em sua maior parte nas áreas de altitudes que variam de 601 a 700 metros, seguidos pelas áreas de 529 a 600 metros e de 701 a 800 metros e, ainda, de uma pequena parcela que encontra-se nas áreas de maior altitude da bacia, que varia de 801 a 1.000 metros. Essas áreas estão concentradas sobre o relevo suave ondulado, seguido por áreas de relevo plano e ondulado. Portanto, recobrimo as unidades geomorfológicas de Zona de Colinas e rampas de contato, em sua maioria seguida pelas unidades de Superfícies aplainadas flúvio-lacustre, Planalto de Cimeira e o Morro residual – Morro do São João.

As áreas de solo exposto têm sua ocorrência principalmente nas áreas de domínio dos Neossolos litólicos, seguidas pelas áreas de solos do tipo Latossolo vermelho e vermelho amarelo e Nitossolo háplico.

A ocorrência dessa classe dentro dos limites da bacia pode ser considerada como um fato preocupante, pois vem ocorrendo sua significativa expansão por toda a bacia. Registre que no período analisado do presente trabalho (1988-2018), a classe se expandiu 238,4%.

As consequências do solo desnudo já podem inclusive ser observadas em várias áreas que vêm sofrendo com o processo de erosão e perda do solo (FIGURA 31), fato que se agrava ainda mais devido à fragilidade que os Neossolos apresentam para erosão, especialmente quando sem cobertura vegetal. Aliado a isso, tem-se ainda a intervenção humana, com práticas degradacionais que agravam a situação.

Figura 31– Áreas degradadas próximo a Barragem São Domingos



Fonte: Autoria própria (2019).

Na Figura 31 é possível observar áreas degradadas com alto grau de erosão do solo, localizadas nos limites da bacia do rio São Domingos.

Na Figura B, tem-se uma área de Pasto em estágio degradado que se encontra no processo de se tornar solo exposto. Nas figuras A, C e D, por sua vez, tem-se áreas que apresentam erosão em estágio de voçorocamento. Esse fato se dá em virtude da retirada da

vegetação da Floresta Estacional Decidual para a inserção de pastos, que acabam se degradando, deixando o solo suscetível ao processo de erosão.

5.2.5 Área Urbana

A área urbana presente na bacia do rio São Domingos compreende as áreas ocupadas pelas edificações e pelo sistema viário que compõe a cidade de Francisco Sá (MG), conforme a Figura 32.

Figura 32 – Vista da área urbana da bacia do rio São Domingos – FranciscoSá (MG)



Fonte: Autoria própria (2019).

A cidade de Francisco Sá atualmente ocupa uma área de 2,7 km² de extensão dentro da bacia do rio São Domingos. A mesma está localizada sobre bases geológicas de origem sedimentar, em específico sobre a unidade Lagoa do Jacaré Calcário.

Quanto à geomorfologia da área, a mesma se encontra sobre altitudes que variam de 601 a 700 metros de altura. O relevo da cidade é considerado como plano a suave ondulado, portanto, fundada sobre a unidade geomorfológica de Zona de Colinas e rampas de Contato.

Quanto ao tipo de solo sobre o qual a cidade se localiza é do tipo Neossolo litólico, que são considerados frágeis para ocupação urbana. Portanto a área urbana de Francisco-Sá deve ter alguns cuidados na hora de realizar construções.

A área urbana é cortada pelo Ribeirão São Domingos, que se encontra com o rio São Domingos a uma pequena distância da área urbana. Ao passar pela cidade, o Ribeirão recebe a descarga de esgoto comprometendo a qualidade da água do mesmo, além de apresentar sinais de degradação do seu leito devido a áreas de pasto que encontram as suas margens, conforme a Figura 33.

Figura 33 – Rio Ribeirão São Domingos cortando a cidade de Francisco Sá (MG)



Fonte: Autoria própria (2019).

Na Figura 33 **A** percebe-se que o curso d'água apresenta erosões na sua margem. Embora a água do Ribeirão São Domingos apresente um aspecto pardacento, isso devido à quantidade de sedimentos que a mesma carrega ao passar por áreas de origem sedimentar.

Na ocasião da foto havia chovido três dias antes, o que explica a razão de esse aspecto pardacento se apresentar ainda mais acentuado.

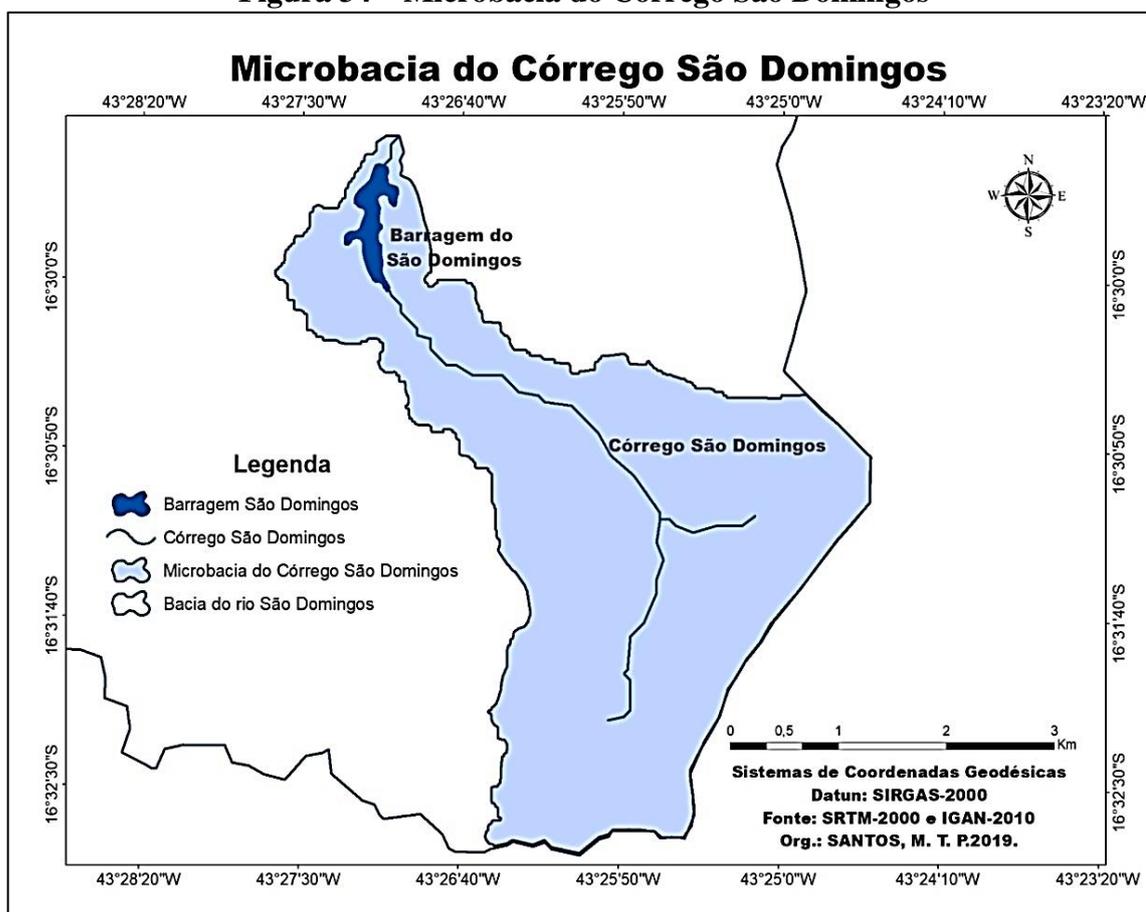
Na figura **B** observa a presença de pastos nas margens do ribeirão, assim como também é possível visualizar na figura **C**. Já na figura **D** se observa a área urbana ao fundo.

5.2.6 Barragem São Domingos

Dentro dos limites da bacia hidrográfica do rio São Domingos (FIGURA 33), encontra-se localizada, entre as coordenadas 16°29.395'S e 43°27.069'O ao Norte e 16°29.815'S e 43°27.152'O ao Sul, a Barragem São Domingos, construída entre os anos de

1987 e 1988 pela CONCIC Engenharia S.A. e fiscalizada por equipe da CODEVASF. Localizada a 4,5 Km da cidade de Francisco Sá, está situada na microbacia Córrego São Domingos (FIGURA 34), tributário do rio São Domingos (MACHADO, 2015).

Figura 34 – Microbacia do Córrego São Domingos



Fonte: Autoria própria (2019).

A microbacia do Córrego São Domingos ocupa uma área de 14,0 km² na borda leste da bacia do rio São Domingos, cujo principal curso é o Córrego São Domingos, que possui 7,6 Km de extensão.

O objetivo de construção da Barragem São Domingos (FIGURA 35), de início, era armazenamento, abastecimento humano e animal, irrigação, piscicultura, recreação e lazer, apresentando uma área de 45,8 hectares e capacidade de armazenamento de 4,5 milhões de metros cúbicos de água. Possui a capacidade para irrigar uma área de 400 ha por gravidade e beneficiar, assim, uma população de 210 pessoas. Ocorre, porém que, atualmente, essa é utilizada somente para o armazenamento de água para o abastecimento urbano da cidade de Francisco Sá (MACHADO, 2015).

Figura 35 – Barragem São Domingos



Fonte: Autoria própria (2019).

Em relação às características ambientais da Barragem, a mesma está inserida sobre a unidade geológica Lagoa do Jacaré Marga, de origem sedimentar.

Geomorfologicamente, está inserida em uma área de altitude que varia de 701 a 800 metros, com um relevo suave ondulado, estando assim, sobre a unidade geomorfológica de Zona de Colinas e rampas de Contato.

Quanto ao tipo de solo, a barragem está sobre áreas de Neossolo litólico.

Em relação aos dados de volume e cotas da Barragem, a mesma opera com os valores de cota máxima normal de 729,00 m, o equivalente ao volume de 4.518.650 m³, e cota mínima de 712,00 m, que se refere ao volume de 255.900 m³.

No Quadro 06 estão representados os valores das cotas da Barragem do São Domingos relacionados com sua respectiva área e volume referente.

Quadro 06 – Cota x Área x Volume da Barragem do São Domingos

Cota(m)	Área (km ²)	Volume (m ³)	Observações
705	0	0	
706	8.500	4.250	
707	17.500	17.250	
708	28.000	40.000	
709	39.000	73.500	
710	53.000	119.500	
711	67.500	180.150	
712	84.000	255.900	Descarga de fundo
713	100.000	347.900	
714	117.000	456.400	
715	135.000	582.400	
716	151.000	725.650	
717	170.000	886.150	
718	188.000	1.065.150	
719	208.000	1.263.150	
720	228.000	1.481.150	
721	249.000	1.719.650	
722	271.000	1.979.650	
723	293.000	2.261.650	
724	320.000	2.568.150	
725	349.000	2.902.650	
726	378.000	3.266.150	
727	403.500	3.656.900	
728	431.000	4.074.150	
729	458.000	4.518.650	Soleira Vertedouro
730	486.000	4.990.650	
731	525.000	5.495.650	Crista da Barragem

Fonte: CODEVASF, 2018; Organização própria (2019).

Após apresentar os valores de Cota x Área x Volume da Barragem São Domingos, o Quadro 07 traz os valores do comportamento das cotas da Barragem São Domingos no período compreendido entre os anos de 1992 e 2018, a partir dos dados. Tais dados estão apresentados no Quadro 06.

Quadro 07 – Valores das cotas da Barragem São Domingos

Ano/Mês	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez
1992	721,5	723,3	723,04	722,7	722,57	722,16	721,73	721,31	720,89	720,74	721,82	723,56
1993	723,64	723,53	723,13	722,87	722,4	721,9	721,2	720,61	719,96	719,53	719,16	719,55
1994	720,5	720,29	720,89	721,16	720,71	720,09	719,42	718,43	717,34	716,62	717,24	717,16
1995	717,65	718,53	718,35	718,32	717,9	717,2	716,73	715,98	715,32	715,36	715,85	717,45
1996	717,35	717,2	717,62	717,48	717,0	716,63	716,3	715,94	715,56	715,11	716,7	716,79
1997	717,17	716,88	718,0	717,93	717,62	717,22	716,8	716,24	715,85	715,4	715,5	715,97
1998	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1999	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2002	720,58	722,28	721,95	721,56	721,08	720,67	720,27	719,8	719,5	719,3	719,17	719,75
2003	721,0	720,73	720,42	720,14	719,72	719,32	718,92	718,55	718,3	717,88	717,6	717,45
2004	719,1	719,5	720,5	721,4	721,17	720,9	720,6	720,2	719,7	719,3	719,1	719,73
2005	720,3	721,28	723,6	723,15	722,83	722,2	721,6	721,1	722,2	722,8	722,9	723,5
2006	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2007	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2008	723,5	722,93	723,55	723,5	722,95	722,6	722,2	721,77	721,4	72,87	721,4	722,95
2009	724,75	724,75	724,4	724,33	724,0	723,66	723,1	722,67	722,25	723,2	724,16	724,65
2010	724,43	724,15	724,5	724,2	723,9	723,55	723,0	722,59	722,16	722,1	722,25	722,45
2011	722,75	722,45	722,8	722,65	722,3	721,95	721,55	721,05	720,6	720,2	720,4	721,2
2012	720,3	721,28	723,6	723,15	722,83	722,2	721,6	721,1	722,2	722,8	722,9	723,5
2013	717,85	717,42	717,34	717,1	716,74	716,1	715,65	714,95	714,26	713,7	715,61	720,64
2014	719,83	719,28	719,0	718,58	718,0	717,4	716,78	716,12	715,45	714,71	714,22	714,26
2015	713,05	712,9	712,35	712,2	712,0	711,9	711,7	711,3	712,0	712,6	713,0	714,0
2016	713,25	716,6	716,39	715,91	715,32	714,6	714,04	713,55	712,89	712,4	712,6	712,86
2017	712,51	713,44	713,52	713,27	712,59	711,73	710,43	710,4	710,3	711,0	711,53	714,44
2018	714,94	716,93	717,14	717,27	716,78	649,56	715,37	714,79	714,04	713,56	714,05	715,11

Fonte: CODEVASF, 2018. Organização própria (2019)

(-) Dados indisponíveis.

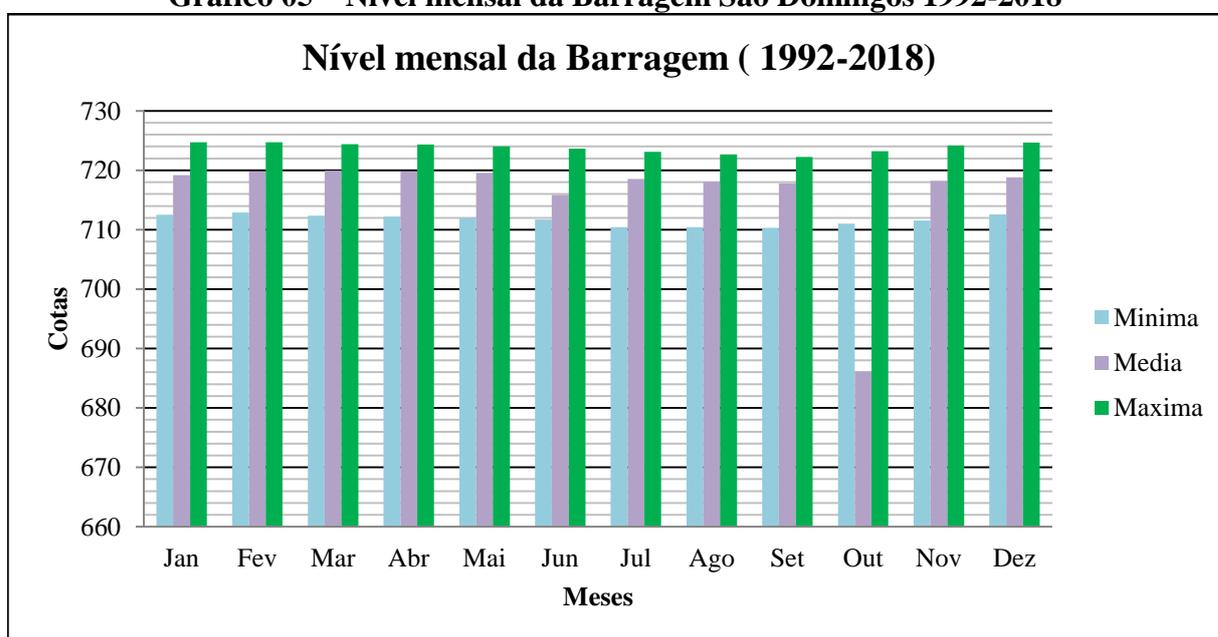
De acordo com os dados apresentados no Quadro 07, percebe-se que a Barragem São Domingos, em nenhum dos anos analisados, atingiu a sua cota máxima de operação.

Destaque para os anos de 2015 e 2017, que foram os mais críticos do seu nível, operando, na grande maioria do ano, abaixo da cota mínima recomendada.

É possível visualizar também que o maior valor de cota da barragem ocorreu em janeiro de 2009, atingindo 724,75m. Durante todo esse ano a Barragem operou com cotas acima de 722,0 m. Em junho de 2018, a Barragem atingiu a cota no valor de 649,56 m, menor volume registrado no período analisado.

O Gráfico 05 mostra os valores mínimos e máximos das cotas mensais da Barragem São Domingos entre os anos de 1992 – 2018.

Gráfico 05 – Nível mensal da Barragem São Domingos 1992-2018

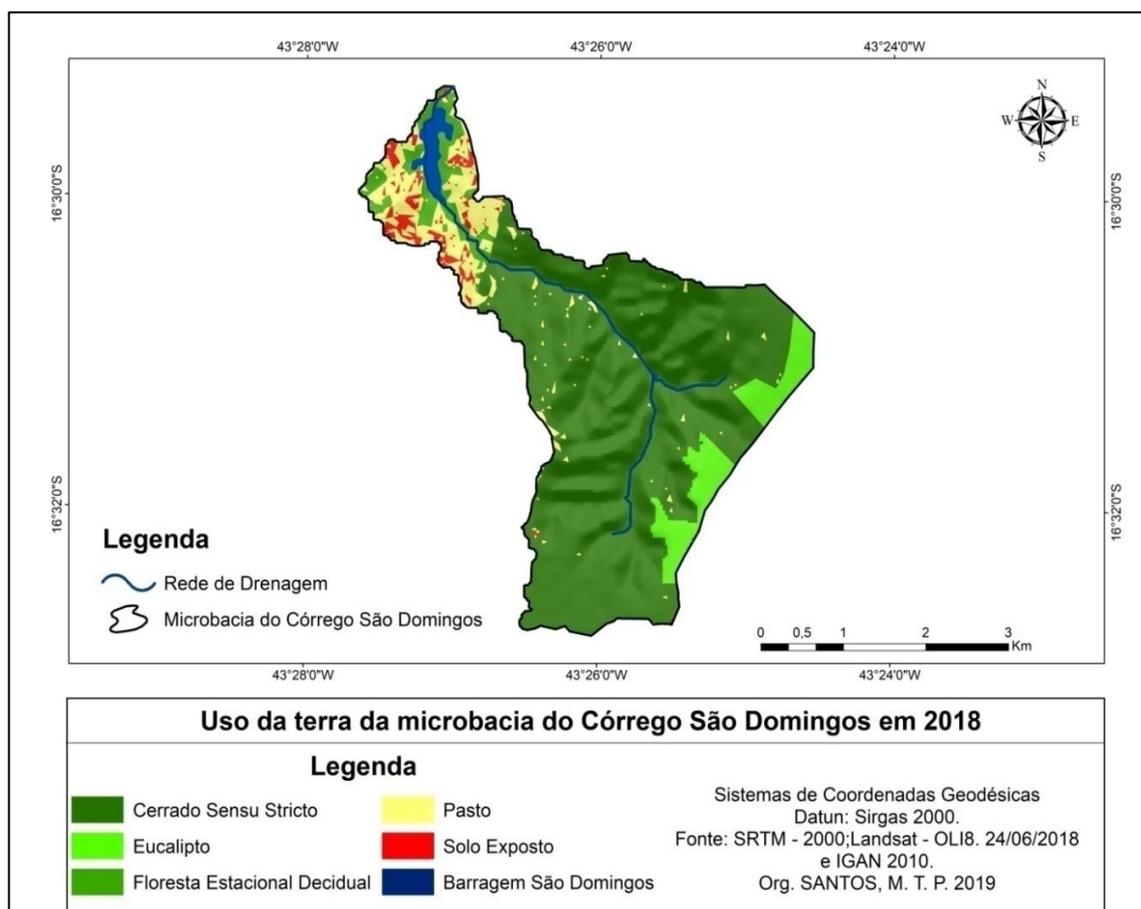


Fonte: CODEVASF, 2018; Organização própria (2019)

O Gráfico 05 demonstra que a Barragem São Domingos atinge suas cotas máximas entre os meses de novembro a fevereiro, período em que também estão concentrados os maiores volumes pluviométricos na região. Em contrapartida, entre os meses de julho a outubro, encontram-se os menores volumes registrados pela Barragem São Domingos, podendo relacionar-se ao período de estiagem da área de estudo.

A Figura36 traz o uso, ocupação e cobertura da terra em 2018 da microbacia do Córrego São Domingos, a qual abastece a Barragem São Domingos, que está dividida em Cerrado *Sensu Stricto*, Floresta Estacional Decidual, Pasto, Solo exposto, Eucalipto e a massa de água da Barragem São Domingos.

Figura 36 – Uso, ocupação e cobertura da terra da microbacia do Córrego São Domingos (2018)



Fonte: Autoria própria (2019).

A Tabela 23 mostra uso da Terra da microbacia do Córrego São Domingos em 2018 quantificada.

Tabela 23 – Classes de uso da Terra da microbacia do Córrego São Domingos em 2018 quantificada.

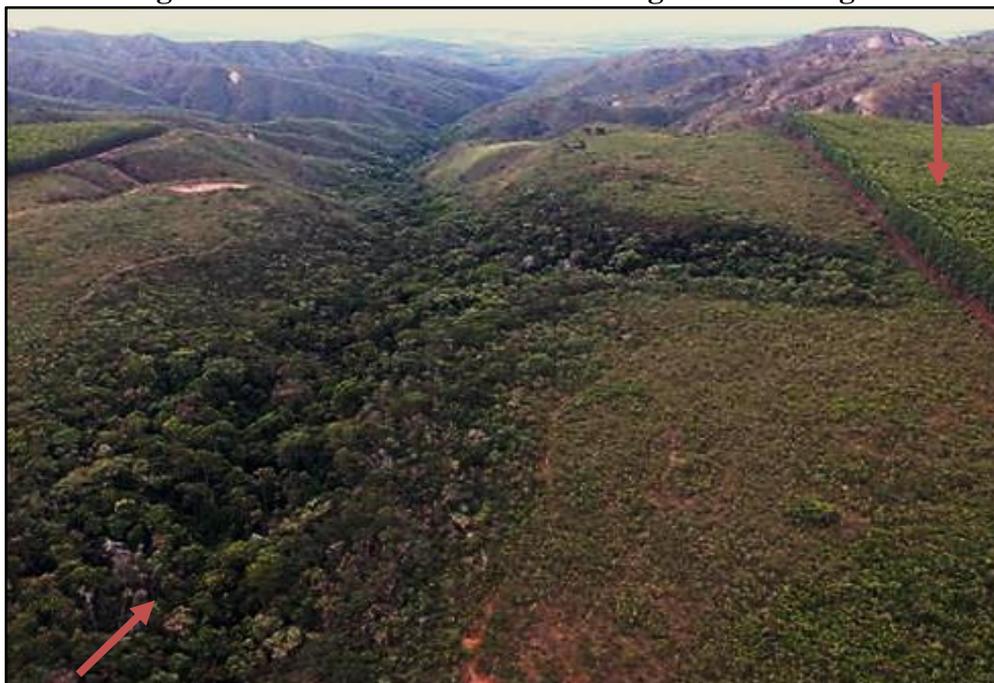
Classe de Uso	Área (km ²)	Porcentagem (%)
Cerrado <i>Sensu Stricto</i>	10,4	74,3
Floresta Estacional Decidual	0,8	5,7
Pasto	1,2	8,6
Solo Exposto	0,4	2,9
Eucalipto	1,0	7,1
Barragem São Domingos	0,2	1,4
Total	14,0	100

Fonte: Autoria própria (2019).

A partir dos dados apresentados na Tabela 23, é possível observar que 80% da área da microbacia está coberta por vegetação nativa (Cerrado *Sensu Stricto* e Floresta Estacional Decidual), caracterizando assim a bacia como uma área preservada. Entretanto, nas proximidades da barragem São Domingos tem-se áreas de pastagens degradadas devido à pecuária extensiva da região, que acabam evoluindo para solo exposto, representando assim 11,4% da área da microbacia.

Em relação à monocultura de Eucalipto presente na bacia, apesar de ser uma área pequena, pois é equivalente a 7,1% da área total da microbacia, o mesmo encontra-se localizado a menos de 1 km de distância da nascente do curso principal, nas áreas de recargas, o que pode acarretar consequências negativas a disponibilidade hídrica da bacia (FIGURA 37). Ressalta-se ainda o desrespeito à lei ambiental, por ser uma área considerada de Preservação Permanente.

Figura37 - Área da nascente do Córrego São Domingos

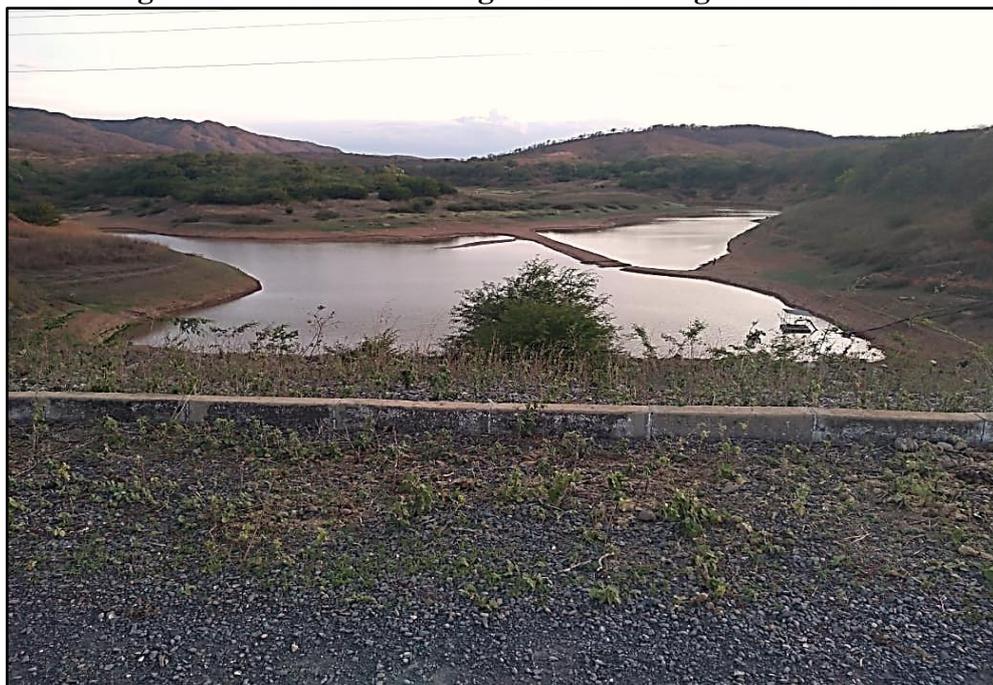


Fonte: Autoria própria (2019).

A Figura 37 mostra a área da nascente do Córrego São Domingos, onde é possível perceber que, parte da mata ciliar se encontra se preservada devido à cobertura vegetal presente na área, apesar de observar nas áreas adjacentes, aproximadamente a menos de 1 km de distância o plantio de Eucalipto, que se encontra na área de recarga da nascente do córrego, sendo possível observar a proximidade do Eucalipto da área da nascente.

Atualmente, a barragem encontra-se com nível muito baixo de água (FIGURA 38), o que é preocupante, visto que a população da cidade de Francisco Sá depende exclusivamente desse reservatório para o seu abastecimento e que esta já vem sofrendo com os processos de rodízios de água.

Figura 38 – Nível da Barragem São Domingos atualmente



Fonte: Autoria própria (2019)

5.2.7 Eucalipto

A classe de eucaliptos presente na bacia do rio São Domingos, está localizada sobre a área de recarga da bacia distribuídos em talhes, que são diferenciados por idade de plantio, e apresentam uniformidade do dossel (FIGURA 39).

Figura 39 – Eucalipto na área da bacia do rio São Domingos



Fonte: Autoria própria (2019).

Geologicamente a área de eucalipto está sobre a unidade de Coberturas detrítico-lateritas ferruginosas de origem sedimentar, enquanto que, geomorfologicamente, está concentrado nas de altimetrias que variam de 901 a 1.100 metros, como um relevo que varia desde plano, suave ondulado a ondulado. Está localizado sobre a unidade geomorfológica de Planaltos de Cimeira e Encostas e desníveis dos Planaltos. Em relação ao tipo de solo presente na área tem-se o tipo de Latossolos vermelhos, que são solos ambientalmente estáveis com baixa probabilidade a erosão.

Os eucaliptos na área dessa bacia expandiram sua área de ocorrência em 67% em apenas dez anos. Esse dado se torna bastante preocupante, uma vez que aponta a seriedade do quadro devido à sua área de localização (dentro da bacia), podendo comprometer a disponibilidade hídrica do Córrego São Domingos, que é o principal curso que abastece a Barragem São Domingos, além de comprometer toda a área da microbacia que abastece a barragem.

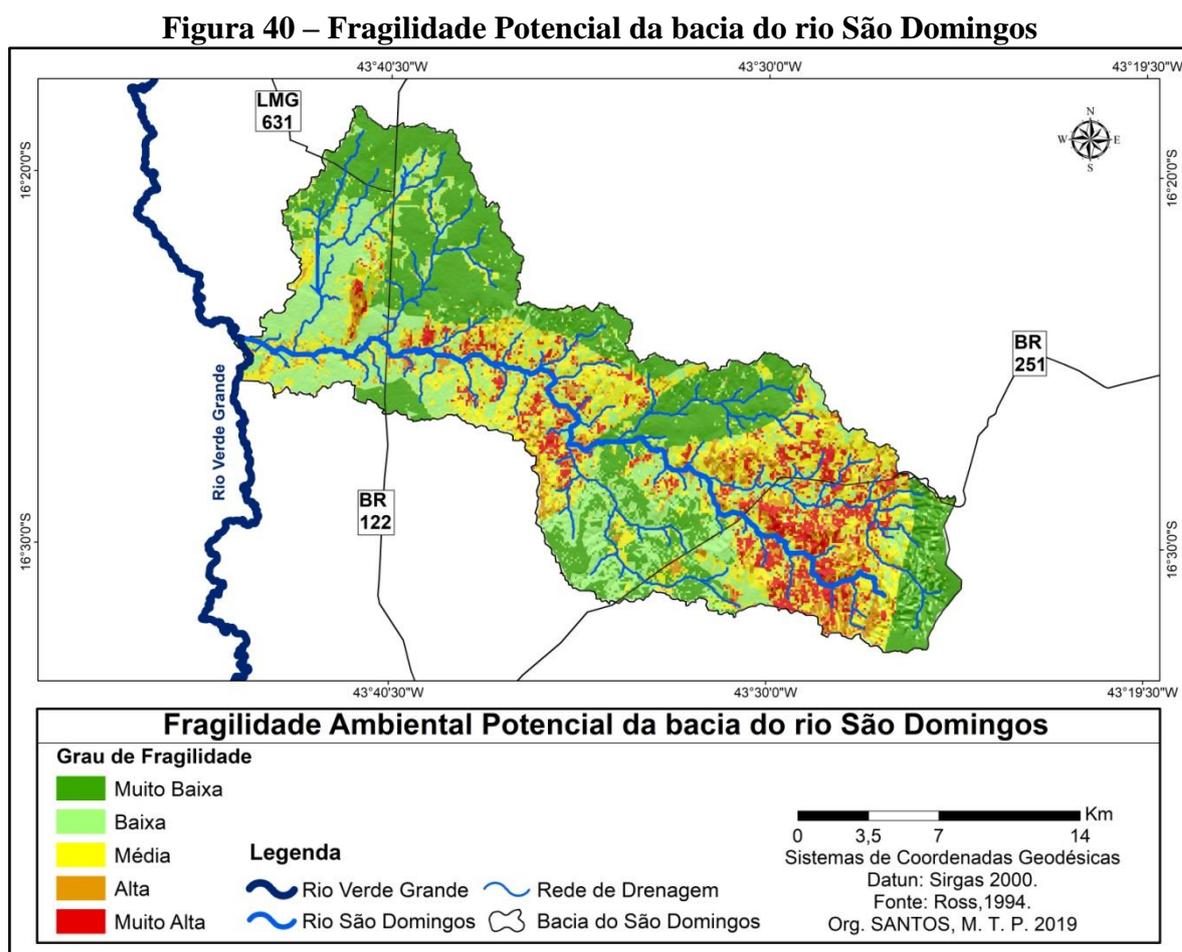
Outra preocupação para essa classe é que, com o processo de corte dos eucaliptos, o solo ficará desnudo, oportunizando originar sedimentos que podem ser carreados para os leitos dos rios, causando o assoreamento dos mesmos.

Dessa forma, tem-se como necessário que seja repensada a localização dessa classe, a fim de se evitar danos mais sérios à bacia do rio São Domingos.

5.3 Fragilidade Ambiental Potencial e Emergente da bacia do rio São Domingos

Dessa forma, o conhecimento dos níveis de fragilidades existentes em uma bacia hidrográfica, através da integração de diversas variáveis que determinam as potencialidades dos recursos naturais, possibilita a compreensão da realidade do ambiente para assim propor quais são as opções mais adequadas para o uso da terra (SPÖRL, 2001). Portanto, a determinação das fragilidades de uma bacia hidrográfica se torna importante, pois isso implica determinar quais espaços estão mais susceptíveis a sofrer determinados danos se expostos a interferências humanas.

Em consonância a isso identificou-se para a área da bacia do rio São Domingos, cinco classes de fragilidade potencial, que vão desde a Muito Baixa a Muito Alta, conforme a Figura 40.



Fonte: Autoria própria (2019).

A Tabela 24 mostra de forma quantificada a fragilidade potencial da bacia do rio São Domingos.

Tabela 24 –Classes de Fragilidade Potencial da bacia do rio São Domingos quantificada

Classe de Fragilidade	Área (km²)	Porcentagem (%)
Muito Baixa	127,9	32,6
Baixa	108,6	27,5
Média	88,7	22,6
Alta	34,7	8,9
Muito Alta	32,5	8,4
Total	392,4	100

Fonte: Autoria própria (2019)

De acordo com os dados apresentados na Figura 39 e na Tabela 24, a Fragilidade Potencial Muito Baixa da bacia ocupa uma área de 127,9 km², ou seja, 32,6% da área total da bacia. Nessas áreas encontram-se unidades geológicas de Serra do Catuni e Quartizitos de origem metamórfica, e Lagoa do Jacaré e Cobertura detrito-lateritas ferruginosas de origem sedimentar que predominam sobre essa classe de fragilidade.

Em relação à geomorfologia encontra-se nessas áreas altimétricas que vão desde 529 a 1.100 metros. Estas declividades indicam relevo plano até forte ondulado os quais predominam nas unidades de Zona de Colina e rampas de Contato, seguida pelo Planalto de Cimeira, Superfícies aplainadas flúvio lacustre e Encostas e desníveis dos Planaltos. Quanto aos solos, essa classe predomina em áreas de Latossolo Vermelho e Vermelho-Amarelo, considerados os solos mais estáveis da área da bacia. Ocorre em áreas de domínio do Cerrado *Sensu Stricto* e da Floresta Estacional Decidual.

A área de ocorrência da Fragilidade Potencial Baixa ocupa 108,6 km², correspondendo a 27,5% da área a bacia do rio São Domingos. Ocupa em sua maioria áreas de predomínio de unidades geológicas de origem sedimentar e uma pequena parcela em áreas de origem metamórfica. Predomina sobre áreas de altitudes de 529 a 800 metros, seguida por uma pequena área de 1.000 a 1.100 metros.

O relevo ali predominante é o plano e suave ondulado, com pequenas ocorrências em área de relevo forte ondulado. Portanto, presentes nas unidades geomorfológicas de Superfícies Aplainadas flúvio-lacustre, com poucas ocorrências em áreas das Zonas de colinas e rampas de Contato e Planalto de Cimeira.

Os solos predominantes nessa área são os Nitossolos háplicos e Latossolos Vermelho e Vermelho-amarelo. Ocorrem em pequena quantidade em áreas de domínio do Cerrado *Sensu Stricto* e maior quantidade em áreas da Floresta Estacional Decidual.

A classe de Fragilidade Potencial Média da bacia do rio São Domingos ocupa 22,6% da área da bacia, ou seja, 88,7 Km². Está localizada sobre as áreas de ocorrência geológica sedimentar. Ocorre em áreas em que as altitudes variam de 529 a 900 metros, onde o relevo é considerado plano, suave ondulado e ondulado. Assim, essa classe de fragilidade está sobre as Superfícies aplainadas flúvio-lacustre, Zonas de colinas e rampas de contato e sobre o Morro residual (Morro do São João). Nessa área estão presentes os solos do tipo Nitossolo háplico e Neossolo litólico.

Quanto à vegetação, se apresenta sobre áreas de domínio de Floresta Estacional Decidual.

Em relação à classe considerada de Alta Fragilidade Potencial da bacia do rio São Domingos, a mesma ocupa uma área de 34,7 Km², o equivalente a 8,9 % da área total da bacia. Está concentrada sobre áreas de geologia sedimentar, altitudes de 529 a 800 metros, relevo planos, suave ondulado e ondulado e, assim, sobre as unidades de Superfícies aplainadas flúvio –lacustre, Zonas de colinas e rampas de contato e sobre o Morro residual(Morro do São João).

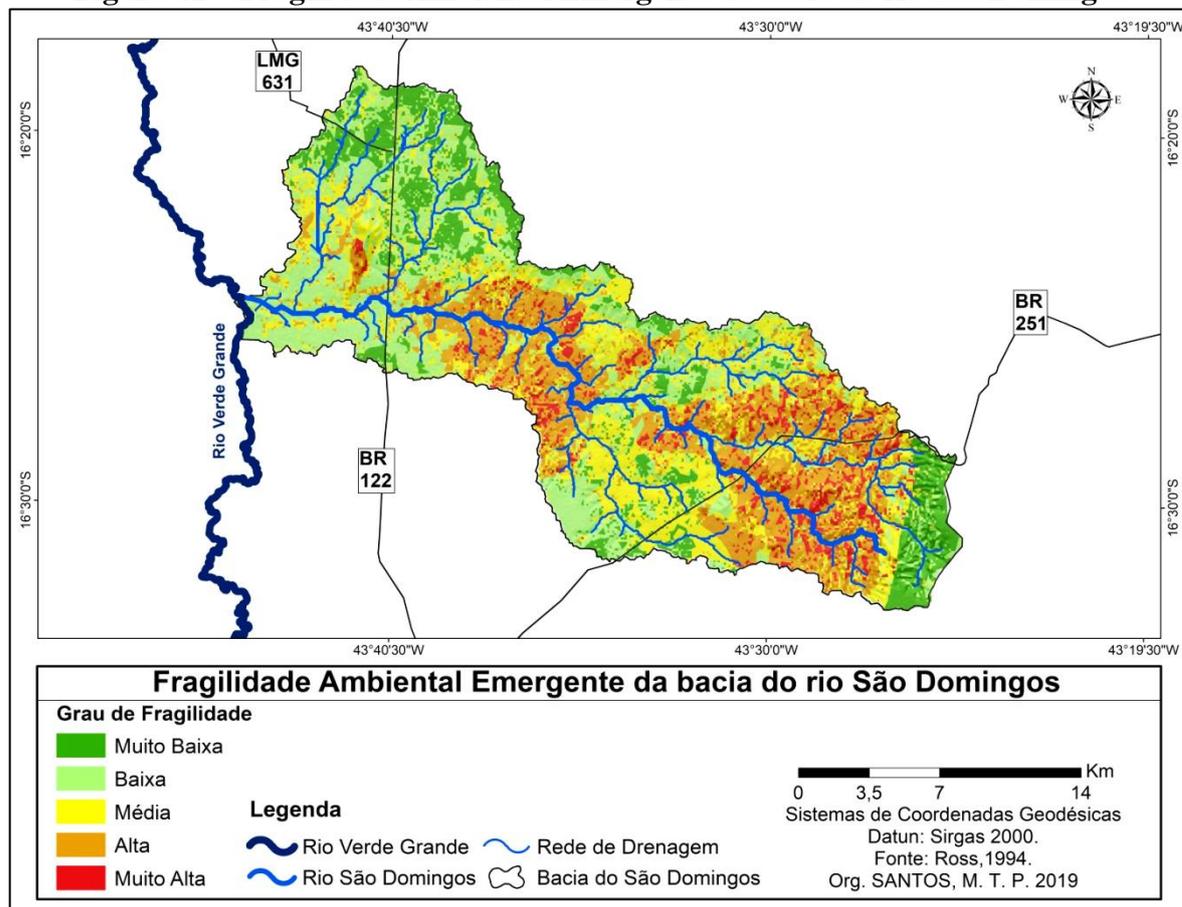
Os solos ocorrentes nessa classe são os Nitossolo háplico. O Argissolo Vermelho-Amarelo em pequena ocorrência e os Neossolos litólico com maior área de ocorrência, considerado como o tipo de solo de alta fragilidade presente na bacia do rio São Domingos. Sua ocorrências e dá em áreas de domínio da Floresta Estacional Decidual.

A Fragilidade Potencial Muito Alta da bacia do rio São Domingos representa 8,4% do total da área da bacia, o que corresponde a 32,9 Km². Esta classe ocorre sobre o domínio geológico de origem sedimentar, altitudes de 600 a 1.100 metros e relevos considerados suave ondulado, ondulado e forte ondulado, recobrimdo, assim, as unidades geomorfológicas de Zonas de colinas e rampas de contato e o Morro Residual (Morro do São João). Os solos que predominam nessa área é o Neossolo Litólico e ocorre sobre o domínio do da Floresta Estacional Decidual.

Dessa forma, infere-se que a Fragilidade Potencial da bacia do rio São Domingos, apesar de apresentar todos os graus de fragilidade, 60,1% apresenta o grau de Muito baixa a Baixa fragilidade; 22,6 % grau de Média e 17,3% graus de fragilidade de Alta a Muito Alta, indicando, assim, que a maior parcelada bacia apresenta equilíbrio.

Ao somar a Fragilidade Potencial apresentada pela bacia do rio São Domingo ao uso da terra atual da mesma, obteve-se cinco graus de Fragilidade Emergente para a área, desde muito Baixa a Muito Alta, conforme apresenta a Figura 41.

Figura 41 – Fragilidade Ambiental Emergente da bacia do rio São Domingos



Fonte: Organização própria (2019).

A Tabela 25 apresenta de forma quantificada a fragilidade potencial da bacia do rio São Domingos.

Tabela 25 – Classes de Fragilidade Emergente da bacia do rio São Domingos quantificada.

Classe de Fragilidade	Área (Km ²)	Porcentagem (%)
Muito Baixa	59,3	15,2
Baixa	115,6	29,4
Média	88,2	22,5
Alta	102,5	26,1
Muito Alta	26,8	6,8
Total	392,4	100

Fonte: Autoria própria (2019).

De acordo com os dados apresentados na Figura 40e na Tabela 25, pode-se inferir que a classe de Fragilidade Emergente Muito Baixa dentro da bacia do rio São Domingos ocupa 59,3 Km² correspondendo a 15,2% da área.

Esse grau de fragilidade se dá pelo fato de nessas áreas predominarem os solos considerados mais estáveis da bacia, a saber, o Latossolo Vermelho e o Vermelho-Amarelo, aliados à cobertura de vegetação nativa e algumas pequenas áreas de pasto, bem como ao tipo de relevo plano e suave ondulado, embora esteja localizada a maior parte em áreas de origem geológica sedimentar.

A classe de Fragilidade Emergente Baixa representa a maior parcela da área da bacia com 115,6 Km², ou seja, 29,4% do território da bacia. Nessas áreas predominam os solos do tipo Latossolo Vermelho e Vermelho-Amarelo e Nitossolo háplico.

No que se refere ao uso da terra, tem-se pequenas áreas de vegetação nativas intercaladas com áreas de pasto e eucalipto, dispostas sobre um relevo plano suave ondulado em sua maior parte, em áreas de origem geológica sedimentar. Embora essa área apresente cobertura vegetal e solos de média à alta estabilidade, a cobertura vegetal de pasto e eucalipto são consideradas com grau alto e médio de fragilidade, justificando, assim o grau de muito baixa a fragilidade emergente.

Quanto à classe de Média Fragilidade Emergente, esta ocupa 88,2 Km², representando 22,5 % da área da bacia. A Média fragilidade dessa área se justifica pela presença dos Latossolos vermelho em pequena escala, Latossolo Vermelho-Amarelo, Nitossolo háplico e um pouco na parcela de Neossolo litólico. Se apresenta como uso e cobertura do solo áreas de pasto, área urbana e a Barragem São Domingos, além de áreas de relevo suave ondulado e ondulado e estrutura geológica de origem sedimentar.

As áreas que apresentam Alta Fragilidade Emergente representam 26,1% da área da bacia, ou seja, 102,5 Km², a segunda maior classe de fragilidade de ocorrência na bacia do rio São Domingos. Vários fatores contribuem para esse grau de fragilidade, sendo eles, os solos do tipo Neossolo litólico considerado como instável, cobertura por pastagens e áreas de solo exposto, além de relevos ondulados e forte ondulado; base geológica sedimentar.

As áreas de Fragilidade Emergente, com o grau Muito Alta, são representadas por 26,8 Km², equivalente a 6,8%, menor classe de fragilidade ocorrente na área da bacia do rio São Domingos. Nessas áreas tem-se ocorrência do Neossolo litólico e, além disso, não possuem cobertura apresentando o solo desnudo. Seu relevo é ondulado e forte ondulado, com uma área geológica sedimentar. Por esses motivos, essa classe recebe a classificação de Maior Grau na escala de Fragilidade Emergente da bacia.

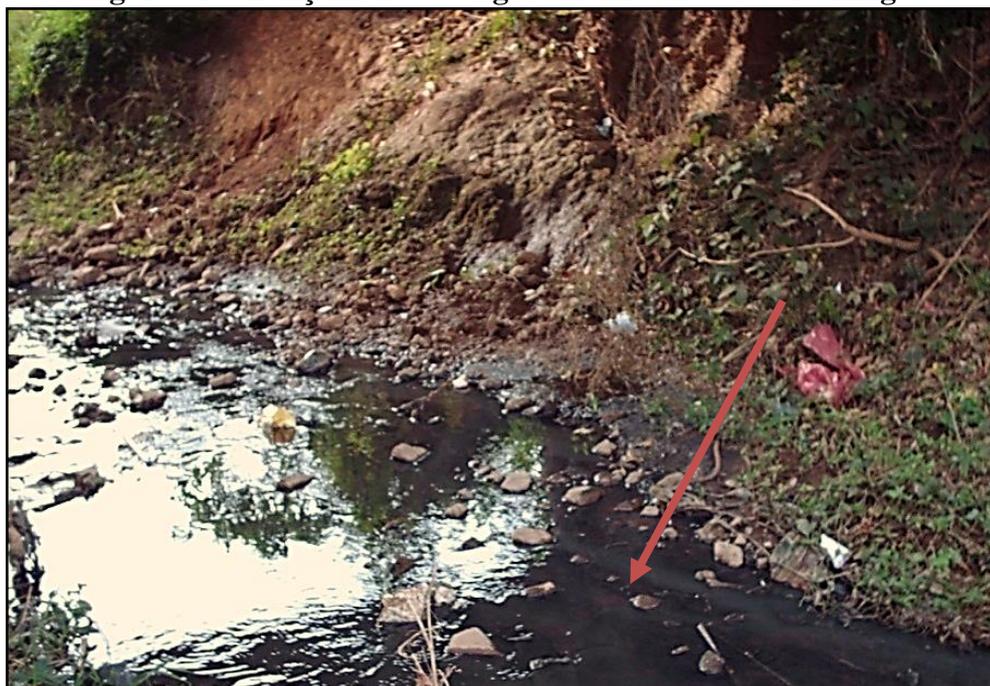
5.4 Degradação ambiental da bacia do rio São Domingos

Foram evidenciadas fragilidades na bacia sob análise, a partir da utilização do método proposto por Ross (1993) que, relacionadas às características físicas da área, somadas ao uso e cobertura da terra, oportunizou constatar algumas degradações que prejudicam ainda mais o seu ambiente. O termo degradação ambiental é definido no artigo 3º, Inciso II da Lei nº. 6.938/81, como sendo “a degradação da qualidade ambiental, a alteração adversa das características do meio”(BRASIL, 1988). Portanto, qualquer ação que cause desequilíbrio ou impacto negativo em determinado ambiente pode ser assim considerado.

Nesse contexto, essa bacia, ainda que considerada como de extrema importância para a área onde está inserida e a principal fonte de abastecimento hídrico para a cidade de Francisco Sá, vem, nas últimas décadas, sofrendo seriamente com alguns impactos ambientais negativos. Dentre os principais a poluição, com efluentes urbanos jogados *in natura* no seu leito. A devastação da mata ciliar e de grandes áreas da bacia para plantio de pastagens e outras culturas também são uma realidade, causando assoreamento de seu leito, entre muitos outros.

A poluição das águas através de efluentes de origem urbana é uma realidade também no Ribeirão São Domingos, que corta a cidade de Francisco. Nele é lançado todo o esgoto urbano coletado pela rede de esgoto municipal, sem nenhum tipo de tratamento, o que compromete a qualidade da água presente no curso d'água, deixando-a inapropriada para o consumo humano. (FIGURA 42).

Figura 42 – Lançamento de esgoto no Ribeirão São Domingos



Fonte: Autoria própria (2019).

Ainda, conforme a Figura 42, é possível observar o lançamento de esgoto *in natura* dentro do curso d'água do Ribeirão São Domingos, o que compromete não apenas essas águas, mas também as águas do rio São Domingos, que é o principal curso d'água da bacia que recebe, logo após a área urbana de Francisco Sá, as águas poluídas do Ribeirão São Domingos. Esse fato é prejudicial às populações que vivem a jusante da bacia e que dependem das águas do rio para o abastecimento doméstico e a dessedentação animal.

Outro fator preocupante para a área da bacia do rio São Domingos é a retirada da vegetação ciliar, o que causa o assoreamento dos cursos d'água e a diminuição de sua vazão. Além disso, o desmatamento para a criação principalmente de áreas de pasto (FIGURA 43).

Figura 43 – Área desmatada próximo ao Rio São Domingos



Fonte: A autoria própria (2019).

Na Figura 43 se observa a área de mata ciliar desmatada e a presença de pasto às margens do rio, o que causa o processo de assoreamento do curso d'água, pois as raízes da vegetação funcionam como uma sustentação do solo para que não ocorra à erosão. Em sua ausência ocorre esse processo, cujos sedimentos são carregados para dentro do leito do rio.

Com a retirada da cobertura vegetal, o solo também fica exposto ao processo de erosão, fato verificado como muito comum na área da bacia do rio São Domingos. Esse processo, em alguns casos, se encontra em estágio avançado, o denominado de voçorocamento (Figura 44). As consequências são as grandes perdas de solo dentro da área da bacia e, com isso, o aumento do desequilíbrio ambiental presente na área.

Figura 44 – Processo de erosão dentro dos limites da bacia do rio São Domingos



Fonte: Aatoria própria (2019).

Essas degradações, somadas ao irregular regime pluviométrico da região que ultimamente sofre com a escassez das chuvas, comprometem o rio São Domingos, curso principal da bacia, pois, atualmente, encontra-se seco em várias áreas. É comum encontrar água mais abundante somente a montante do curso (FIGURA 45).

Figura 45 – Área a montante do rio São Domingos



Fonte: Aatoria própria (2019).

A Figura 45 apresenta o curso do rio São Domingos em sua montante, onde é possível encontrar a água ainda límpida. Ao percorrer seu curso, ele vai carreando sedimentos das áreas que não possuem mata ciliar, tornando a água pardacenta até se encontrar com o rio Verde Grande.

Na jusante do rio São Domingos o mesmo encontra-se seco, ou formando pequenos poções em seu leito (FIGURA 46).

Figura 46– Leito seco do rio São Domingos



Fonte: Autoria própria (2019).

Na Figura 45 A, B e C observa-se o leito do rio São Domingos seco, como também o registro de pisoteamento de animais, comum nessa área. Na Figura 45 D tem-se um poço de água que se forma no leito do rio São Domingos, em decorrência da falta de chuvas na região.

Na jusante do rio São Domingos, próximo à sua área de encontro com o rio Verde Grande, o mesmo se espalha, formando uma planície inundada e algumas lagoas. Essas áreas também se encontram secas em decorrência da falta de chuva que acomete a região, conforme se observa nas Figuras 47 e 48.

Figura 47 – Área degradada da planície de inundação do rio São Domingos



Fonte: Autoria própria (2019).

A figura 47 demonstra a degradação presente na área da planície de inundação do rio São Domingos onde, além da falta de água, percebe-se o desmatamento e o pisoteamento por animais, o que intensifica ainda mais ali esse processo de degradação. O pisoteio por parte de animais é comum nessas áreas, devido à proximidade com os cursos d'água que facilitam o processo de dessedentação dos mesmos, porém esse fato é preocupante uma vez que o pisoteio dos animais intensifica o assoreamento dos leitos fluviais.

Figura 48 – Área assoreada de lagoa marginal do Rio São Domingos



Fonte: Autoria própria (2019).

A figura 48 mostra uma área de lagoa marginal do rio São Domingos assoreada e com a disponibilidade hídrica reduzida, fato agravado pelo intenso processo de degradação que acomete a área, associado ao regime pluviométrico da região, que enfrenta um longo período de estiagem.

Portanto, após apresentar todos esses dados sobre a bacia do rio São Domingos, entende-se que a mesma é uma unidade geossistêmica da paisagem que apresenta graus de fragilidades que devem ser mais bem planejados para garantir a disponibilidade dos seus recursos naturais.

Também restou comprovado que essa bacia passou por um intenso processo de dinâmica da paisagem nos últimos 30 anos e que, a continuar no mesmo ritmo de ocorrências, tende à possibilidade de comprometer o seu equilíbrio ambiental, com sérios impactos e consequências para a região atendida.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho propôs analisar de forma geossistêmica a paisagem da bacia do rio São Domingos. Assim, buscou-se descrever os aspectos naturais da bacia (clima, geologia, hipsometria, declividade, geomorfologia e pedologia), analisar a sua morfometria, mapear os usos de sua terra nos últimos 30 anos, ainda, analisar de forma integrada a sua paisagem do rio e determinas as suas fragilidades.

Com os resultados obtidos a partir da análise morfométrica, tornou-se possível apresentar algumas inferências sobre a área de estudo, a saber: a bacia do rio São Domingos, com base nos resultados morfométricos, pode ser considerada como uma bacia de quarta ordem, cujos cursos apresentam-se majoritariamente com formas transicionais; há em sua área o predomínio de solos apontados como de baixa permeabilidade e relevo dissecado; é uma bacia mais alongada, o que facilita o seu processo de escoamento e, por isso, menos propensa a enchentes; apresenta uma rede de drenagem com capacidade média de infiltração e de gerar novos cursos d'água e, ainda, possui uma amplitude altimétrica de 558 m.

Ao considerar a dinâmica do uso, ocupação e cobertura da terra da bacia do rio São Domingos no período de 30 anos (1988 – 2018), verificou-se que algumas classes aumentaram a sua área de ocorrência e outras diminuíram. Assim, a Floresta Estacional Decidual sofreu uma redução de sua área de ocorrência de 41,3%, assim como o Cerrado *Sensu Stricto* reduziu sua área de abrangência 7%. Por sua vez, o pasto aumentou sua área de ocorrência em 131,7% e o solo exposto expandiu por uma área 238,4% maior que a inicial em 1988. A Área urbana também cresceu 170% e o Eucalipto, que foi a última classe a ser introduzida na área de estudo, aumentou 67% em apenas 10 anos de análise (2008-2018).

Essa dinâmica da paisagem da bacia do rio São Domingos implica em desenvolver ações para melhor conservar os seus ambientes naturais, uma vez que a própria vegetação natural está sendo substituída por coberturas não nativas, como o pasto e o Eucalipto, provocando a degradação ambiental, com consequentes impactos a área da bacia, de forma a expandir as áreas de solo exposto.

Para a realização da análise integrada da paisagem da bacia utilizou-se como unidades de análise as classes de uso e cobertura da terra da bacia do rio São Domingos. Para tanto, foi realizada a análise integrada que possibilitou compreender que a classe de Cerrado *Sensu Stricto* está bem preservada, o que se deve à sua localização em relevos que dificulta a movimentação humana garantindo assim um equilíbrio da paisagem satisfatório. Por

consequente, a Floresta Estacional Decidual está menos preservada, sendo substituída por outras classes, tais como, as classes de pasto, eucalipto e solo exposto, que estão em ascensão dentro da bacia, suprimindo as áreas de vegetação natural. Esses fatores têm gerado um desequilíbrio da paisagem, com crescimento também da classe de área urbana, o que demanda maior exploração dos recursos naturais da área de estudo.

A Barragem São Domingos se apresenta como vulnerável dentro da paisagem da bacia do rio São Domingos, onde a mesma se localiza na microbacia do Córrego São Domingos que, em função da sua pequena rede de drenagem, prejudicou à barragem atingir o seu volume máximo de operação. Em decorrência desse fato e da longa estiagem que ocorre na região atualmente a Barragem está operando com seu volume morto trazendo assim consequências para o abastecimento urbano da cidade de Francisco Sá, uma vez que a mesma é a única fonte de abastecimento da cidade.

Quanto à preservação da microbacia que abastece a Barragem São Domingos, a mesma apresenta a sua montante uma área bem preservada de Cerrado *Sensu Stricto*. Já a sua jusante, em especial nas adjacências da barragem, encontra-se áreas de pasto e de solo exposto que se encontram em estágios avançados de degradação. Vale lembrar que as áreas de eucalipto encontram-se nos limites dessa microbacia nas proximidades da nascente do Córrego São Domingos, e a mesma encontra-se em expansão o que se continuar pode comprometer mais ainda a disponibilidade hídrica da microbacia.

Para a determinação das fragilidades da bacia utilizou-se o método proposto por Ross (1994) e, a partir daí, determinou-se a Fragilidade Ambiental Potencial e a Fragilidade Ambiental Emergente.

A Fragilidade ambiental Potencial da bacia do rio São Domingos apresentou as cinco classes de graus de fragilidades que variam desde Muito Baixa a Muito Alta. Dessa forma, a classe que apresentou maior ocorrência na área da bacia foi à classe de Fragilidade Potencial Muito Baixa, estando associada à área de geologia de base metamórfica, relevos planos e solos estáveis. Por sua vez, a classe de menor ocorrência dentro da área da bacia foi a de Fragilidade Potencial Muito Alta, sendo justificada por estarem localizados em áreas de geologia sedimentar, relevos ondulados a forte ondulados e solos frágeis.

Quanto à Fragilidade ambiental Emergente da Bacia do São Domingos, esta apresentou cinco graus de fragilidades desde Muito Baixa a Muito Alta, sendo estabelecida através da associação da Fragilidade Potencial com o uso e cobertura da terra da bacia. Para tanto, a classe fragilidade de maior ocorrência foi a Baixa, que pode ser a associada a ambientes compostos por geologia sedimentar e metamórfica, relevos planos e suaves

ondulado, além de solos de alta a média estabilidade e cobertura de vegetação nativa intercalada com áreas de pasto e eucalipto. Já a classe de fragilidade de menor ocorrência na bacia é a de Muito Alta, estando associados a áreas de geologia sedimentar, relevos ondulados e forte ondulados, solos frágeis e sem nenhuma cobertura vegetal, ou seja, solo exposto.

Quanto às degradações ambientais presentes na bacia do rio São Domingos, percebe-se que a mesma, nas últimas décadas, vem sofrendo com alguns impactos ambientais negativos, como a poluição com efluentes urbanos jogados *in natura* no seu leito e a devastação da mata ciliar e de grandes áreas para plantio de pastagens e outras culturas, o que causa o assoreamento de seu leito, entre vários outros impactos.

Dessa forma, a bacia do rio São Domingos pode ser considerada como uma área que carece de ações para a preservação dos recursos naturais que compõe a paisagem da mesma, uma vez que esta vem sofrendo alterações que comprometem o seu equilíbrio, além da disponibilidade dos recursos para gerações futuras.

Nesse propósito, diante da seriedade e gravidade do quadro levantado referente à Bacia em apreço, entende-se pela urgência e imprescindibilidade em serem apresentados os dados e diagnóstico alcançados, especialmente para os gestores públicos do município na qual ela está inserida e seus limítrofes do Norte de Minas.

Portanto, acredita-se que o presente trabalho possa ser utilizado como base e instrumento de auxílio para planos de ação que visem contribuições antrópicas futuras junto à área da bacia do rio São Domingos, bem como, para outras pesquisas e elaboração de políticas públicas de planejamento e gestão físico-territorial necessárias à preservação dos recursos naturais ali disponíveis.

A expectativa é que possam se sensibilizar em face dos recursos naturais essenciais à sobrevivência do homem, em especial os recursos hídricos, e envidar medidas efetivas para a mudança da atual realidade da bacia do rio São Domingos, a fim de que possam atentar para a indiscutível necessidade de medidas para a sua conservação, uma vez que a mesma é parte de um sistema maior, contínuo e dinâmico.

REFÊRÊNCIAS

- AB'SABER, A.N. **Os Domínios de Natureza no Brasil: Potencialidades Paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.
- ALMEIDA, M.I.S. **Unidades de Paisagem na Bacia Hidrográfica do Rio Pacuí/Norte de Minas Gerais**. 2015. Tese (Doutorado em Tratamento da Informação Espacial) – Programa de Pós-graduação em Geografia, PUC/Minas, Belo Horizonte, 2015.
- ALVES, T. Paisagem – em busca do lugar perdido. *In: FINISTERRA – Revista Portuguesa de Geografia*. Lisboa/Portugal, v.36, n.72, p 67-74. 2001.
- ANDRADE, M.C. **Geografia Ciência da Sociedade: uma introdução à análise do pensamento geográfico**. São Paulo: Atlas, 1987. 143 p.
- BARROS, L.G. M. O uso dos sistemas na Geografia – esboço metodológico. *In: REVISTA GEONORTE*, Edição Especial, V. 1, N.4, p. 59 – 68, 2012.
- BELTRAME, A.V. **Diagnóstico do meio ambiente físico de bacias hidrográficas: modelo de aplicação**. Florianópolis: UFSC, 1994. 112 p.
- BENETTI, A.; BIDONE, F. O Meio Ambiente e os Recursos Hídricos. *In: Hidrologia: ciência e aplicação.org*. TUCCI, C.E.M. e SILVEIRA, A.L.L da 3º ed., Porto Alegre: Ed. UFRGS: ABRH, 2004.
- BERTALANFFY. **Teoria geral dos sistemas**. Petrópolis: Vozes, 1973. 351 p
- BERTRAND, G. *Paysage et géographie physique globales: esquisse méthodologique*. **R.G.P.S.O.**, Toulouse, v. 39, p. 249-72, 1968.
- BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global: um esboço metodológico. **Revista IGEOG/USP**, São Paulo: USP, n. 13, 1971. Caderno de ciências da terra.
- BERTRAND, G. Paisagem e Geografia Física Global: esboço metodológico. Cruz, Olga (trad.). **Cadernos de Ciências da Terra**. São Paulo, USP-IGEOG, nº 43, 1972.
- BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global. **Revista RAEGA**, Curitiba, n. 8, p. 141-152, Editora UFPR, 2004.
- BOTELHO, R.G.M.; SILVA, A.S. Bacia Hidrográfica e Qualidade Ambiental. *In: Reflexões Sobre a Geografia Física no Brasil*. 5. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011, 282p.
- BOTELHO, R.G.M.; SILVA, A.S. Bacia hidrográfica e qualidade ambiental. *In: VITTE, A. C.; GUERRA, A. J. T. (org.) Reflexões sobre a geografia física no Brasil*. – 6. ed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012. 282p.
- BOTELHO, R.G.M. Planejamento Ambiental em microbacia. *In: GUERRA, A.T.; SILVA, A.S.; BOTELHO, R.G.M. (org.) Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações*. Rio de Janeiro: Ed. Bertrand Brasil, 9º Ed. 2014, p. 269-293.

BRAGA, B. et al. Monitoramento de quantidade e qualidade das águas. *In*: REBOUÇAS, A.C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas Doces no Brasil**: capital ecológico, uso e conservação. (org.) 3. ed. São Paulo: Escrituras Editora, 145 – 160, 2006.

BRANCO, P.M. **Rochas**: Rochas Sedimentares. 2015. Canal Escola-CPRM. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/Redes-Institucionais/Rede-de-Bibliotecas---Rede-Ametista/Canal-Escola/Rochas-1107.html>. Acesso em: 12 abr. 2019.

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Capítulo VI Do Meio ambiente, art. 225, Brasília, DF: Senado Federal, [2019]. Disponível em: https://www.senado.leg.br/atividade/const/con1988/con1988_06.06.2017/art_225_.asp. Acesso em: 20 maio 2019.

BRASIL. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Brasília, DF, 31 ago. 1981. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm. Acesso em: 25 maio 2019.

CÂMARA, G.; MONTEIRO, A.M.; FUCKS, S.D; CARVALHO, M.S. Análise espacial e Geoprocessamento. *In*: CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. **Introdução à ciência da geoinformação**. São José dos Campos. INPE. 2001. Disponível em: <http://mtc-12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sergio/2004/04.22.07.43/doc/publicacao.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2019.

CARNEIRO, C. D. R.; GONÇALVES, P. W.; LOPES, O. R. **O Ciclo das Rochas na Natureza**. *Terra Didática*, 2009, 5(1):50- 62. Disponível em: <http://www.ige.unicamp.br/terraedidatica/>. Acesso em: 12 abr. 2019.

CASSETI, V. **Ambiente e Apropriação do Relevo**. 2 ed. São Paulo: Contexto, 1995.

CASTRO, P.; LOPES, J.D.S. **Recuperação e conservação de nascentes**. Viçosa, MG: CPT, 2001. 84p.

CASTRO, S.B.; CARVALHO T.M. Análise morfométrica e geomorfologia da bacia hidrográfica do rio Turvo - GO, através de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento. **Scientia Plena**, vol. 5, n. 2, 2009.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.

CHRISTOFOLETTI, A. A geografia física no estudo das mudanças ambientais. *In*: BECKER, B. et al. (Org.). **Geografia e meio ambiente no Brasil**. São Paulo: Hucitec, 1990, p. 334-345.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. 1.ed. São Paulo: editora Blucher, 1999.

COSTA, I. C. N. P.; Corrêa, J. A. J. Geotecnologias aplicadas no reconhecimento de padrões de uso e cobertura da terra a partir da escala da paisagem no município de Belterra, Pará. *In*: **Scientia Plena** 14, 115301 (2018).

COUTINHO, M. L. O conceito de bioma. In: Acta Botanica Brasilica. Vol. 20. N. 1 São Paulo. 2006.

CPRM/SIC-SGM. 2008. **Geologia do Estado de Goiás e do Distrito Federal**. Texto explicativo do mapa geológico. Escala 1:500.000. Goiânia. 143p.

CUNHA, S.B. Geomorfologia Fluvial. In: Guerra, A. J. T. e Cunha, S. B. (orgs.) **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

CUNHA, S. B. Canais Fluviais e a Questão Ambiental. In. **A Questão Ambiental: diferentes abordagens**. 6ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010. 250 p.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 7. ed. 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/solos/sibcs>. Acesso em: 15 jan. 2018.

ESTÊVEZ, L.F. et al. Análise da Paisagem da Bacia Hidrográfica do Rio Marumbi, Morretes-PR: Unidades de Paisagem, Fragilidade Potencial e Hemerobia. In: **RAEGA**, Curitiba, Departamento de Geografia – UFPR, 2011, p. 428-447.

FÉ, M.M. M.A análise ambiental integrada e sua construção teórica na Geografia Física. In: **Revista OKARA: Geografia em debate**, João Pessoa, PB, DGEOC/CCEN/UFPB, v.8, n.2, p. 294-307, 2014.

FELFILI, J. M. & FELFILI, M. C. Diversidade alfa e beta no cerrado *sensu Stricto* da Chapada Pratinha, Brasil. In: **Acta Botanica Brasilica**, vol.15, n.2, pp.243-254, 2001.

FIGUEIRÓ, A.S. **Geoecologia e paisagem: revisitando um caminho epistemológico**. Rio de Janeiro: UFRJ. CCMN-Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geografia, 2001.40 p.

FIGUEIREDO, G. C.; VIEIRA, C. A. O. Estudo do comportamento dos índices de Exatidão Global, Kappa e Tau, comumente usados para avaliar a classificação de imagens do sensoriamento remoto. Anais..., Florianópolis - SC, 2007 p. 5755-5762.

FONSECA, L. M. G. **Processamento digital de imagens**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2000. 105p.

FONTANELLA, A. et al. Diagnostico ambiental da bacia hidrográfica do Rio da Ilha Taquara, Rio Grande do Sul, Brasil. In: **Revista Brasileira de Biociências**, v.7. p.23-41, 2009.

FREDERICO, S. Formação Territorial de Minas Gerais. In: **II Encontro Nacional de História do Pensamento Geográfico**, 2, São Paulo. Anais... São Paulo: USP, 2009.

FUINI, L.L. A abordagem sistêmica e a questão da dicotomia físico/social na ciência Geografia. In: **Ciência Geográfica - Bauru - XV - Vol. XV - (1): janeiro/dezembro – 2011**

GARCIA, J.M.P. et al. Avaliação ambiental por geoprocessamento para delimitação e classificação de áreas de suscetibilidade a movimentos de massa na região de Itatiaia, Estado do Rio de Janeiro. **Caminhos de Geografia** v.19 e 17. pp. 199-209, 2006.

GONÇALVES, D.L.; PASSOS, M.M.dos. **Revista FORMAÇÃO (ONLINE)** Vol. 24; n.43, set-dez/2017. p. 213-240.

GREGORY, K.J. **A Natureza da Geografia Física**. Trad. Eduardo de Almeida Navarro. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1992.

GUEDES, C.R.M. **Dinâmica da paisagem da microbacia hidrográfica do Córrego das Pedras, Buritizeiro - MG** [manuscrito] – Montes Claros, 2018. 125 f. : il.

GUERRA, A. J.T.; MARÇAL, M.S. **Geomorfologia Ambiental**. 3ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010. 189p.

GUERRA, A.T.; MENDONÇA, J.K.S. Erosão dos Solos e a Questão Ambiental. *In*. **Reflexões Sobre a Geografia Física no Brasil**. 5ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.

GUIMARÃES, M.L.V.; GROSSI-SAD, J.H.; FONSECA, E.da. Geologia da Folha Francisco Sá. *In*: **GROSSI-SAD, J. H.; LOBATO, L. M.; PEDROSA-SOARES, A. C. & SOARES-FILHO, B. S. (coordenadores e editores)**. Projeto Espinhaço em CD-ROM (textos, mapas e anexos). Belo Horizonte, COMIG - Companhia Mineradora de Minas Gerais. 1997. p. 2437-2531.

HIDALGO, P. Diagnóstico socioeconômico. João Pessoa: PRM/METROPLAN/AGP-RS. 1992. 98p. Curso sobre Manejo Conservacionista de Bacias Hidrográficas, 1992.

IBGE. **Censo Agropecuário**. Rio de Janeiro, 1995/1996. Disponível em <<<https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/324#resultado>>> Acesso em: 01 set. 2019.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapa de Clima do Brasil**. 2002. Disponível em: http://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/climatologia/mapas/brasil/Map_BR_clima_2002.pdf. Acesso em: 12 abr. 2019.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual técnico de geomorfologia**. 2. ed. - Rio de Janeiro: IBGE, 2009. 182 p.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico de Francisco Sá**. 2010. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/Busca?q=FRANCISCO%20S%C3%81>. Acesso em: 02 set. 2019.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Monografias Municipais- Francisco Sá. Rio de Janeiro, 2010.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico de Francisco Sá**. 2010. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/montes-claros/panorama>. Acesso em: 01 set. 2019.

IBGE. **Censo Agropecuário**. Rio de Janeiro, 2017. Disponível em <<https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/templates/censo_agro/resultadosagro/index.html>> Acesso em: 01 set. 2019.

IGA – INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS APLICADAS (MG). **Mapa geomorfológico de Minas Gerais – Folha Montes Claros**. Belo Horizonte: IGA, 1977. 1 mapa. Escala 1:500.000. Projeto Radar, MG.

INPE – INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS (Brasil). **Programa LANDSAT**. São José dos Campos: INPE, 2019. Disponível em: <http://www.dgi.inpe.br/documentacao/satelites/landsat>. Acesso em: 26 set. 2019.

KIYOTANI, I. O conceito de paisagem no tempo. *In: Geosul*, Florianópolis, v. 29, n. 57, p. 27-42, Jan./jun. 2014

LANA, C.E.; ALVES, J.M.P.; CASTRO, P.T.A. Análise morfométrica da bacia do Rio do Tanque, MG – Brasil. **Revista Escola de Minas**, v.54, n° 2, Ouro Preto, abr./jun. 2001.

LEITE, E. F.; ROSA, R. Análise do uso, ocupação e cobertura da terra da bacia hidrográfica do Rio Formiga, Tocantins. *Revista Eletrônica de Geografia*. v.4, n.12. 2012, p. 90-106.

LEITE, M.E.; ALMEIDA, J.W.L.; SILVA, R.F.da. Geotecnologias aplicadas à extração automática de dados morfométricos da bacia do Rio Pacuí/MG. **Revista Brasileira de Cartografia**, n°64/5, p. 677-691, 2012.

LEITE, M.R.; BRITO, J.L.S. Mapeamento morfoestrutural e morfoescultural na região de cerrado no Norte de Minas Gerais. *In: Sociedade & Natureza*, [s.l.], v. 24, n. 1, p.115-125, abr. 2012. FapUNIFESP (SciELO). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s1982-45132012000100010>. Acesso em: 02 mar.2019.

LIMA, W.P. **Hidrologia florestal aplicada ao Manejo de bacias hidrográficas**. 2ª Ed. Piracicaba. 2008. 253 p.

LIMA, W. P. **Introdução ao manejo de bacias hidrográficas**. São Paulo: IPEF, 1996. 143p.

LIMA, S.F.de; ÁGUAS, T.A.; COSTA, K.C.P. Uso de geotecnologias para análise ambiental da bacia hidrográfica do Córrego Santa Fé. *In: Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista*, v. 11, n. 5, 2015, p. 64-78.

LIMA, K.C.; CUNHA, C.M.L. da; SANTOS, J.M. dos. Análise geomorfológica da bacia hidrográfica do rio Bom Sucesso (semiárido da Bahia) através da aplicação de parâmetros morfométricos da rede de drenagem. **Revista de Geografia**. Recife: UFPE – DCG/NAPA, v. especial VIII SINAGEO, n. 2, set. 2010.

LIMA, V.C.; LIMA, M.R. de. Formação do solo. *In: Universidade Federal do Paraná. O solo no meio ambiente: abordagem para professores do ensino fundamental e médio e alunos do ensino médio*. 2007, 130p.: il.

- LIMA, V.C.; LIMA, M.R. de; MELO, V. de F. Classificação Brasileira de Solos. *In: Universidade Federal do Paraná. O solo no meio ambiente: abordagem para professores do ensino fundamental e médio e alunos do ensino médio.* 2007, 130p.: il.
- LIMBERGER, L. **Abordagem sistêmica e complexidade na geografia.** *In: Geografia.* v. 15, n. 2, jul./dez. 2006. Disponível em: <http://www.uel.br/revistas/geografia>. Acesso em: 04 out. 2019.
- LINO, C.F.; DIAS, H. **Águas da Mata Atlântica Programa Água e Florestas da Mata Atlântica.** São Paulo, 2005, 76 p.
- LOPES, J.G. As especificidades de análise do espaço, lugar, paisagem e território na geográfica. *In: Geografia Ensino & Pesquisa*, vol. 16, n. 2, maio/ ago. 2012.
- LOPES, L.G.N.; SILVA, A.G.; GOULART, A.C.O. A Teoria Geral do Sistema e suas aplicações nas ciências naturais. *In: Natureza online.* V.13 (1): 1-5. 2015.
- LUCIANO, A. C. dos S.; SILVA, J. dos S. V. da; NEVES, S. M. A. das. Geotecnologias Aplicadas na Caracterização e Diagnóstico da Paisagem da Upg do Rio Aporé, MS. *In: Revista GeoPantanal.* UFMS/AGB. Corumbá/MSN. 16. 57-75. jan./jun. 2014.
- MACHADO, F. W. M. **A Segurança de Barragens no Brasil, Teoria X Realidade. Estudo de Caso: a Barragem de São Domingos – Francisco Sá – Minas Gerais.** Salvador, 2015.
- MARENÇA, J. A. A seca e a crise hídrica de 2014-2015 em São Paulo. *In: Revista USP.* São Paulo. N.106. p.31-44. 2015.
- MARQUES NETO, R.A **Abordagem Sistêmica e os Estudos Geomorfológicos: algumas Interpretações e Possibilidades de Aplicação.** Londrina, PR. v. 17, n. 2, p. 67-87. 2008 – Universidade Estadual de Londrina, Departamento de Geociências.
- MAXIMIANO, L.A. Considerações sobre o conceito de paisagem. *In: RAGEGA*, Curitiba, n. 8, p. 83-91, 2004. Editora UFPR.
- MENDONÇA, F. Diagnóstico e análise ambiental de microbacia hidrográfica: proposição metodológica na perspectiva do zoneamento, planejamento e gestão ambiental. *In: RAGEGA - O espaço geográfico em análise.* Editora: UFPR. Curitiba, V. 3, 1999.
- MENESES, P.R.; ALMEIDA, T. **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto.** Universidade de Brasília: Brasília, 2012. Disponível em: <http://www.cnpq.br/documents/10157/56b578c4-0fd5-4b9f-b82a-e9693e4f69d8>. Acesso em 29 jan. 2019.
- MORAES, D. S. de L.; JORDÃO, B. Q. Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana. *In: Revista de Saúde Pública.* Vol.36. nº3. São Paulo. Junho de 2002.
- MORAES, L.A.F.de. **Subsídios para o gerenciamento dos recursos naturais da sub-bacia do Rio Paraná, em um trecho entre Porto São José e Jupiá.** Tese de Doutorado, Departamento de Biologia, Maringá, Paraná: Universidade Estadual de Maringá, 2000.

MORAES, L.A.F.de; SANTOS, R.L.C.dos; SOBRAL, L.G.S. **Metodologia de aplicação do geoprocessamento na avaliação da contaminação de metal pesado em solo: estudo de caso em área confinada de indústria.** Série Gestão e Planejamento Ambiental SGPA – 07. Artigo técnico n°4, 2006.

NASCIMENTO, F.R.; SAMPAIO, J.L.F. Geografia Física, Geossistemas e Estudos Integrados da Paisagem. **Revista da Casa da Geografia de Sobral**, Sobral, v. 6/7, n.1. 167-179, 2004/2005.

NIMER, E.; BRANDÃO, A.M. P. **Balanço Hídrico e Clima da Região dos Cerrados.** Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 166 p. 1989.
 NUNES, W.A.G. A. **Efeitos da Irrigação com água de poços tubulares e do Rio Gorutuba sobre propriedades de solos da região de Janaúba- MG.** – Viçosa:UFV, 2003. 167.
 Disponível em: <http://alexandria.cpd.ufv.br:8000/teses/solos%20e%20nutricao%20de%20plantas/2003/179817f.pdf>. Acesso em: 02 fev. 2019.

PERROCA, M. G.; GAIDZINSKI, R. R. Avaliando a confiabilidade interavaliadoras de um instrumento para classificação de pacientes - coeficiente Kappa. In:**Rev. Esc. Enferm. USP**, 2003; 37 (1): 72-80. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/reeusp/v37n1/09.pdf>>. Acesso em 03 nov.14.

PIRES, J.S.R.; SANTOS, J.E.; DEL PRETTE, M.E. A utilização do conceito de Bacia Hidrográfica para a Conservação dos Recursos Naturais. In: SCHIAVETTI, A.; CAMARGO, A. F. M. **Conceitos de bacias hidrográficas: teorias e aplicações.** Ilhéus, BA: Editus, 2002. 293p.: Il.

PISSINATI, M.C.; ARCHELA, R.S. **Geossistema Território e Paisagem** - Método de estudo da paisagem rural sob a ótica bertrandiana. Universidade Estadual de Londrina, Departamento de Geociências. v. 18, n. 1, 2009. Disponível em: <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/geografia/>. Acesso em: 02 fev. 2019.

PRINA, B.Z. E TRENTIN, R. GMC: Geração de Matriz de Confusão a partir de uma classificação digital de imagem do ArcGIS® : In:**Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015, INPE

RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S.B.de; CORRÊA, G.F.; KER, J.C. **Pedologia: base para distinção de ambientes.** 6. Ed. Lavras: Editora UFLA, 2014.

RODRIGUES, C.; ADAMI, S. Técnicas fundamentais para o estudo de bacias hidrográficas. In. Venturi, L.A.B. **Praticando a geografia: técnicas de campo laboratório em geografia e análise ambiental.** São Paulo: oficina de Textos, 2009.

RODRIGUES, C. Geosystems Theory and its Contribution to Geographical and Environmental Studies. **Revista do Departamento de Geografia.** 2001. n.14, p.69-77.

RODRIGUEZ, J.M.M.; SILVA, E.V. CAVALCANTI, A.P.B. **Geocologia das Paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental.** 2ª ed. Fortaleza: Edições UFC, 2007.

- ROSA, R. Geotecnologias na Geografia aplicada. *In: Revista do Departamento de Geografia*. v.16, 2005: 81-90. Disponível em: http://www.geografia.fflch.usp.br/publicacoes/RDG/RDG_16/Roberto_Rosa.pdf. Acesso em 20 fev. 2019.
- ROSS, J.S. **Geomorfologia: ambiente e planejamento**. São Paulo: Contexto, 1990. Coleção Repensando a Geografia.
- ROSS, J. L. S. **Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados**. Laboratório de Geomorfologia – Departamento de Geografia – FFLCH/USP, (1993).
- ROSS, J. L. S. **Ecogeografia do Brasil: Subsídios para planejamento ambiental**. 1ª ed. Editora Oficina de Textos, São Paulo 2006.
- SANTOS, H.C.; LEITE, R.F.C. Norte de Minas múltiplos olhares sobre a ocupação do Cerrado. *In: XVI ENCONTRO NACIONAL DE GEÓGRAFOS*, Porto Alegre: AGB, 25-31 julho 2010. 10 p.
- SANTOS, M.T.P.dos. FERREIRA, E.J.; FERREIRA, M.F.F. Estudo de caso da degradação ambiental do rio Gorutuba no município de Francisco Sá. **Revista Cerrados**, Montes Claros, v.15, n.1, p. 265-284, jan./jun-2017.
- SCHIER, R.A. Trajetórias do Conceito de Paisagem na Geografia. **Revista RAEGA**, Curitiba, PR. n 7, p. 79-85. Ed. UFPR. 2003.
- SCHUMM, S.A. Evolution of drainage systems and slopes in badlands of Perth Amboy. *In: Geol. Soc. American, Bulletin*, vol.67, p. 1015-1021, 1956.
- SCOLFORO, J. R.; MELLO, J. M.; OLIVEIRA, A. D. **Inventário Florestal de Minas Gerais: Cerrado - Florística, Estrutura, Diversidade, Similaridade, Distribuição Diamétrica e de Altura, Volumetria, Tendências de Crescimento e Áreas Aptas para Manejo Florestal**. Lavras: UFLA, 2006.
- SILVA, C.A. **Manejo Integrado em Microbacias Hidrográficas**. Estudos Sociedade e Agricultura. Novembro, 182-188, 1994.
- SILVA, M.L. Mapeamento de superfícies aplainadas no norte de Minas Gerais. *In: Revista Brasileira de Geografia Física*. V. 09 N. 02 (2016) 526-545.
- SILVA, J. X. da; ZAIDAN, R. T. **Geoprocessamento e análise ambiental: aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.
- SILVA, R. de S. e PAES, Â. T. Teste de concordância Kappa. *In: Educ Contin Saúde einstein*. 2012;10(4):165-6
- SILVEIRA, A.L.L.da. Ciclo Hidrológico e Bacia Hidrográfica. *In: Hidrologia: ciência e aplicação.org*. TUCCI, C. E. M.; SILVEIRA, A.L.L.da. 3º ed. Porto Alegre: Ed. UFRGS: ABRH, 2004.

SILVEIRA, A.B.S. **Análise da bacia hidrográfica do Púnau- Rio Grande do Norte Utilizando ferramentas de geoprocessamento**. 110 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária) Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal. UFRN, 2009. Disponível em: https://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/15970/1/AnaBSS_DISSERT.pdf. Acesso em 02 mar. 2019.

SIQUEIRA, M.N.; CASTRO, S.S.; FARIA, K.M. Geografia e Ecologia da Paisagem: pontos para discussão. *In: Sociedade & Natureza*, Uberlândia, 25 (3): 557-566, set/dez/2013

SOARES FILHO, B. S. (coordenadores e editores). **Projeto Espinhaço em CD-ROM (textos, mapas e anexos)**. Belo Horizonte, 1997. COMIG - Companhia Mineradora de Minas Gerais. p. 223-313.

SOTCHAVA, V.B. **Biogeografia**. Por uma teoria de classificação de geossistemas de vida terrestre. São Paulo: USP, p. 1-24. 1977.

SOUZA, C.R.G. Suscetibilidade morfométrica de bacias de drenagem ao desenvolvimento de inundações em áreas costeiras. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. São Paulo. Ano 6, n. 1, 2005. p. 45-61.

SOUZA, R.J.de. O sistema GTP (geossistema-território-paisagem) como novo projeto geográfico para a análise da interface sociedade-natureza 1. *In: Revista Formação*, n.16, volume 2 – p.89-106, 2009.

SOUZA, S. O. Geotecnologias aplicadas à análise espaço-temporal do uso e da ocupação da terra na planície costeira de Caravelas (BA). *In: Revista Goiânia*, v. 35, n. 1, p. 71-89, jan./abr. 2015.

SOUZA, T. C. de; SILVA, E. V. da. Planejamento e gestão ambiental: análise integrada da Praia de Canoa Quebrada em Aracati-Ce. *In: VI Seminário Latino Americano e II Seminário Ibero Americano de Geografia Física*, 2010, Coimbra.

SPÖRL, C. (2001) **Análise da fragilidade ambiental relevo-solo com aplicação de três modelos alternativos nas altas bacias do Rio Jaguari Mirim, Ribeirão do Quartel e Ribeirão da Prata**. São Paulo, 1v. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.

STEVANUX, J.C.; LATRUBESSE, E.M. **Geomorfologia Fluvial**. São Paulo: Oficina de Textos, 2017.

TORRES, E.C. **As transformações históricas e a dinâmica atual da paisagem nas microbacias dos ribeirões: Santo Antônio – SP, São Francisco – PR e Três Barras – MS**. Tese de Doutorado – UNESP: Presidente Prudente, 2003.

TORRES, F.T.P., MARQUES NETO, R.; MENEZES, S.B. **Introdução à Geomorfologia**. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

TRICART. **Ecodinâmica**. Recursos naturais e meio ambiente. Rio de Janeiro: IBGE, Diretoria Técnica, SUPREN, 1977.

TRICART. Paisagem e ecologia. *In: Inter-facies*. São José do Rio Preto (SP): IBILCE-UNESP, n.76, 1982.

TROPMAIR, H. Sistemas/ Geossistemas/ Geossistemas Paulistas/ Ecologia da Paisagem. Edição do autor. Rio Claro, 2004. 130 p.

VAEZA, R. F.; FILHO, P.C.O.; MAIA, A.G.; DISPARATI, A.A. Uso e Ocupação do Solo em Bacia Hidrográfica Urbana a Partir de Imagens Orbitais de Alta Resolução. *In: Floresta e Ambiente*.V.17, 23-29.2010. Disponível em:<http://www.floram.org/files/v17n1/v17n1a3.pdf>. Acesso em 28 fev. 2019.

VALE, C.C.do. Teoria Geral Do Sistema: histórico e correlações com a Geografia e com o estudo da paisagem. *In:Entre-Lugar*, Dourados, MS, ano 3, n.6, p 85-108, 2. semestre de 2012.

VICENTE, L.E.;PEREZ FILHO, A. Abordagem sistêmica e geografia.**Geografia**. Rio Claro: V.28. n. 3, p. 323-344. Set/dez. 2003.

VILLELA, S.M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo, Editora McGraw-Hill do Brasil,1975.

ZACHARIAS, A.A. **A representação gráfica das unidades de paisagem no zoneamento ambiental**. São Paulo: Ed. UNESP, 2010.