



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
CÂMPUS DE TRÊS LAGOAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO EM GEOGRAFIA**

ALISSON RODRIGUES SANTORI

**GEOTECNOLOGIAS APLICADAS À ANÁLISE AMBIENTAL: AQUISIÇÃO E
AVALIAÇÃO DE VARIÁVEIS ESPECTRAIS DA VEGETAÇÃO ENTRE OS
ANOS DE 2018 E 2019 NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO DAS
CRUZES, SELVÍRIA/MS.**

**TRÊS LAGOAS/MS
2021**

ALISSON RODRIGUES SANTORI

GEOTECNOLOGIAS APLICADAS À ANÁLISE AMBIENTAL: AQUISIÇÃO E AVALIAÇÃO DE VARIÁVEIS ESPECTRAIS DA VEGETAÇÃO ENTRE OS ANOS DE 2018 E 2019 NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO DAS CRUZES, SELVÍRIA/MS.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Geografia CPTL/UFMS. Área de Concentração: Análise Geoambiental e Produção do Território, linha de pesquisa: Dinâmica Ambiental e Planejamento, em cumprimento aos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Geografia, sob orientação da Prof^ª Dr^ª Patricia Helena Mirandola Garcia.

TRÊS LAGOAS/MS
2021

FOLHA DE APROVAÇÃO

**GEOTECNOLOGIAS APLICADAS À ANÁLISE AMBIENTAL: AQUISIÇÃO E
AVALIAÇÃO DE VARIÁVEIS ESPECTRAIS DA VEGETAÇÃO ENTRE OS
ANOS DE 2018 E 2019 NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO DAS
CRUZES, SELVÍRIA/MS.**

Avaliada em _____ Como: _____

BANCA:

Profª Drª Patricia Helena Mirandola Garcia
PPGGEO/UFMS – Orientadora (Presidente)

Profº Drº Vitor Matheus Bacani
PPGGEO/UFMS – Membro Interno

Profª Drª Marcia Aparecida Procópio da Silva Scheer
UNILA – Membro Externo

Profº Drº Cesar Cardoso Ferreira
FINEP/UFMS – Suplente
Técnico de Laboratório CPTL/UFM

“Desde os mais altos escalões do governo e da administração até o mais simples cidadão, todos tem uma parcela de responsabilidade permanente, no sentido da utilização não-predatória dessa herança única que é a paisagem terrestre”

(Aziz Nacib Ab’Saber).

Dedico este trabalho aos meus familiares, mestres, amigos, e a todos que de alguma forma contribuíram direta ou indiretamente para minha vida e pensamento!

AGRADECIMENTOS

Este trabalho é fruto de empenho e dedicação ao aprimoramento e construção crítica do conhecimento e do respeito pela ciência e pela natureza.!

Ofereço de coração os meus mais sinceros agradecimentos a minha querida mãe Fátima, sem o seu apoio de todas as formas e amor incondicional eu nada seria!

Aos meus avôs João e Raimundo que de um lugar melhor celebram meus passos, e que os levarei sempre comigo nas boas lembranças que deixaram!

Aos familiares em geral e amigos antigos e novos com quem tive a oportunidade de conviver, curtir e compartilhar nesse período!

Ao acolhimento e dedicação da orientadora Prof^a Dr^a Patricia Helena Mirandola Garcia, do qual sou grato sempre pelo auxílio prestado de diversas formas no decorrer deste trabalho!

Aos colegas com quem trabalhei e convivi no Laboratório de Geoprocessamento do Campus (LAPEGEO-FINEP) pela experiência e aprendizado coletivo!

Aos Professores Doutores Vitor Mateus Bacani e Marcia Aparecida Procópio da Silva Scheer que gentilmente se prestaram a compor a banca deste trabalho e contribuir com seus apontamentos valiosos!

A todos os professores deste Programa de Pós-graduação com quem tive oportunidade de apreender um pouco mais sobre a ciência geográfica nesses dois anos!

A Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal do Ensino Superior (CAPES) pelos meses de bolsa que subsidiaram a realização e desenvolvimento deste trabalho e a Universidade Federal do Mato Grosso do Sul (UFMS) por toda estrutura oferecida!

Gratidão a todos que fazem pesquisa e fazem ciência! Resistiremos!

RESUMO

O presente estudo tem como motivação a aplicação de diferentes técnicas que integram as geotecnologias e, assim, contribuir para o aprimoramento das pesquisas de análise e monitoramento ambiental em unidades de gestão dos recursos naturais brasileiros. O objetivo central é a obtenção de dados de avaliação da qualidade dos recursos naturais da bacia hidrográfica, observando produtos orbitais e utilizando técnicas de mapeamento temático, além da aplicação e interpretação de índices radiométricos e processamento de imagens. Este estudo, também discute a validação de dados e meios de comprovar a capacidade integrada de gerenciamento de informações ambientais em áreas de relevante interesse para o planejamento. A bacia hidrográfica do Ribeirão das Cruzes-MS, Brasil, foi a unidade e o recorte escolhido para a aplicação da análise ambiental destes recursos, assim, parte de seus componentes é caracterizada e representada pelo conjunto de dados explorados neste estudo. A base conceitual e teórica da Teoria Geral dos Sistemas (TGS), do monitoramento temporal e sazonal de componentes do meio físico, da análise qualitativa dos recursos naturais em bacias hidrográficas e o uso das ferramentas técnicas e funcionais das geotecnologias, são o ponto de partida desta análise. O principal recurso explorado nesta análise ambiental são as formas de vegetação que ocupam a área da BHRC, principalmente as formas de vegetação nativa e suas dinâmicas. Os indicadores utilizados para a execução deste processo são considerados altamente representativos de processos de troca de fluxos entre componentes do sistema ambiental bacia hidrográfica. A forma de análise destes produtos e a aplicação destas técnicas na metodologia proposta, segue indicações de estudos com importantes conceituações e aplicabilidade ambiental, associando o uso do geoprocessamento e ferramentas automáticas baseadas em Sistemas de Informações Geográficas (SIG). Neste trabalho, foram utilizadas imagens multi-temporais e sazonais de dois anos subsequentes, como base para execução do processamento digital de imagens (PDI) na composição dos usos e cobertura da terra, e para produção do índice de vegetação NDVI, derivado de técnicas de equação de bandas com comportamentos espectrais opostos em determinados alvos. Os resultados devem atender a busca pela complementação e integração entre as possibilidades de mapeamento temático, aquisição de dados e parâmetros em Sensoriamento Remoto. Em suma, o presente estudo propôs a análise da capacidade de modificação do sistema ambiental sob determinadas condições e influências e a efetiva possibilidade de monitorar e validar estas variações, utilizando os bancos de dados e aplicações específicas de tratamento da informação espacial e geográfica.

Palavras-chave: Geossistemas; Sensoriamento Remoto; NDVI; Monitoramento Ambiental; Cerrado.

ABSTRACT

This study is motivated by the application of different techniques that integrate geotechnologies and contribute to the improvement of research on environmental analysis and monitoring units of management Brazilian natural resources. The central objective is to obtain a database for assess the quality of the natural resources of the hydrographic basin. Observing and using orbital products and thematic mapping techniques, addition to the application and interpretation of radiometric index and image processing. This study also discusses data validation and ways of proving the integrated capacity for managing environmental information in areas of relevant planning interest. The hydrographic basin of Ribeirão das Cruzes-MS, Brazil, was the unit chosen cutout for application of the environmental analysis of these resources so part of its components is characterized and represented by the set data explored in this study. The conceptual and theoretical basis of the general theory of the systems (TGS), of temporal and seasonal monitoring of components of the physical environmental, of qualitative analysis of technical and functional tools geotechnology are the starting point this analysis. The main resource explored in this environmental analysis are the forms of vegetation that occupies an area of BHRC. Mainly the forms of native vegetation and their dynamics. The indicators used to execute this process are considered highly representative of the processes of exchange of flows between components of the environmental system. The analyzing of the products and the application of these techniques in the proposed methodology follows indications os studies with important concepts and environmental applicability. Associating the use of geoprocessing and automatic tools-based in the Geographic Information Systems (GIS). This work used multispectral and seasonal images from two subsequent years for the execution of digital image processing in the composition of uses and land cover for the production of the vegetation index derived from band equation techniques with saved indeterminate opposite spectral behaviors. The results must meet the search for complementation and integration between the possibilities of thematic mapping acquisition of data and parameters in remote sensing. In short, the presente study proposed the analysis os the modification capacity of the environmental system under certain conditions and influences the effective possibility of monitoring and validating these variations. Using the database and specific application and treatment of spatial and geographical information

Keywords: Geosystems; Remote Sensing; NDVI; Environmental Monitoring; Cerrado.

LISTA DE FIGURAS

	Pg.
Figura 1: Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Cruzes, Selvíria/MS.....	23
Figura 2: Etapas que compõem o geoprocessamento dos dados.....	32
Figura 3: Formas de interação da REM com a folha.....	39
Figura 4: Diferenças nas curvas de reflectância de uma folha verde e em senescência.....	43
Figura 5: Índices de reflectância de folhas saudáveis e estressadas.....	44
Figura 6: Organograma geral de estruturação da pesquisa.....	47
Figura 7: Bandas do Sentinel-2 com 10m no espectro eletromagnético.....	53
Figura 8: Ilustração do Satélite Sentinel-2B.....	54
Figura 9: Localização dos pontos de controle e de validação dos dados.....	57
Figura 10: Características gerais da paisagem no ponto de controle 7.....	60
Figura 11: Características gerais da paisagem no ponto de controle 6.....	60
Figura 12: Características gerais da paisagem no ponto de controle 5.....	61
Figura 13: Características gerais da paisagem no ponto de controle 4.....	61
Figura 14: Características gerais da paisagem no ponto de controle 1.....	62
Figura 15: Características gerais da paisagem no ponto de controle 2.....	62
Figura 16: Características gerais da paisagem no ponto de controle 3.....	63
Figura 17: Processo de observação e coleta de informações em campo.....	63
Figura 18: Ficha de levantamento de campo.....	65
Figura 19: Ferramenta de geração das curvas de nível (Contorno).....	67
Figura 20: Ferramenta de geração da rede de drenagem.....	69
Figura 21: Janela de delimitação de bacias hidrográficas no QGIS 3.6®.....	70
Figura 22: Recorte <i>raster</i> da área (1), curvas de nível (2) e drenagem (3).....	71
Figura 23: Criação da carta hipsométrica no QGIS 3.6®.....	73
Figura 24: Criação da carta de declividade do terreno no QGIS 3.6®.....	74
Figura 25: Janela de registro e reprojeção do SRC no QGIS 3.6®.....	76
Figura 26: Janela de recorte ou extração de dados vetoriais no QGIS 3.6®.....	77
Figura 27: Habilitação da caixa de ferramentas do menu de digitalização de dados vetoriais no QGIS 3.6®.....	78
Figura 28: Etapas de Pré-processamento das imagens Sentinel-2B.....	79
Figura 29: Mosaico de imagens orbitais no QGIS 3.6®.....	83
Figura 30: Registro e reprojeção de raster em SRC no QGIS 3.6®.....	84
Figura 31: Conversão do ND em valores de reflectância no SCP.....	85
Figura 32: Janela de extração por camada máscara no QGIS 3.6®.....	86

Figura 33: Equalização automática de histogramas no QGIS 3.6.....	88
Figura 34: Banda 4 equalizada/recortada (centro) e sem a aplicação de contraste (bordas).....	88
Figura 35: Ferramenta de composição de bandas (Merge).....	89
Figura 36: Carta RGB falsa-cor (4/8/2) início do período seco de 2018 (abril).....	91
Figura 37: Carta RGB falsa-cor (4/8/2) final do período seco de 2018 (setembro).....	91
Figura 38: Carta RGB falsa-cor (4/8/2) início do período seco de 2019 (abril).....	92
Figura 39: Carta RGB falsa-cor (4/8/2) final do período seco de 2019 (setembro).....	92
Figura 40: Composição RGB (4/8/2) e histograma da imagem realçada (abril/2018).....	95
Figura 41: Treinamento do sistema de classificação pelo SCP na imagem de 2018 (ponto 7).....	96
Figura 42: Treinamento do sistema de classificação pelo SCP na imagem de 2019 (ponto 3).....	97
Figura 43: Chave de interpretação das amostras.....	99
Figura 44: Janela de classificação de imagens do SCP Dock.....	100
Figura 45: Edição da confusão na classificação dos vetores.....	102
Figura 46: Correção das classes vetoriais de usos da terra.....	102
Figura 47: Reclassificação das classes vetoriais de usos da terra na calculadora de campo.....	103
Figura 48: Processamento do cálculo do NDVI em ambiente SIG.....	104
Figura 49: Equação para conversão do ND em valores de reflectância.....	105
Figura 50: Exemplo de diferença de contraste aplicado a banda 4 (abr./2019).....	106
Figura 51: Execução do cálculo do NDVI na calculadora raster.....	107
Figura 52: Inserção dos intervalos e reclassificação do NDVI.....	109
Figura 53: Exemplo de reclassificação geral dos valores do NDVI (abr./2018).....	110
Figura 54: Exemplo de amostras de vegetação fotossinteticamente ativa.....	112
Figura 55: Gráfico de pluviosidade média anual na estação de Três Lagoas (2018).....	116
Figura 56: Gráfico de pluviosidade média anual na estação de Paranaíba (2018).....	116
Figura 57: Gráfico de pluviosidade média anual na estação de Três Lagoas (2019).....	117
Figura 58: Gráfico de pluviosidade média anual na estação de Paranaíba (2019).....	118
Figura 59: Mapa Geológico da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Cruzes/MS.....	119
Figura 60: Mapa Pedológico da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Cruzes/MS.....	122
Figura 61: Perfil de elevação do canal principal da BHRC.....	124
Figura 62: Carta hipsométrica do relevo na BHRC.....	125
Figura 63: Carta de declividade do relevo na BHRC.....	128
Figura 64: Mapa de usos e cobertura da terra na BHRC (2018).....	136
Figura 65: Mapa de usos e cobertura da terra na BHRC (2019).....	137
Figura 66: Uso da terra na subclasse solo exposto na BHRC.....	140
Figura 67: Uso da terra na subclasse infraestrutura na BHRC.....	140
Figura 68: Uso da terra na subclasse áreas úmidas na BHRC.....	142
Figura 69: Uso da terra na subclasse corpos hídricos na BHRC.....	142

Figura 70: Uso da terra na classe de pastagens com forragens rasteiras na BHRC.....	144
Figura 71: Uso da terra na classe de pastagens com forragens touceiras na BHRC.....	145
Figura 72: Uso da terra na classe silvicultura e características externas.....	147
Figura 73: Uso da terra na classe silvicultura e características internas.....	148
Figura 74: Variação dos tipos e formas de vegetação do Bioma Cerrado.....	151
Figura 75: Distribuição dos fragmentos nas fitofisionomias vegetais identificadas.....	154
Figura 76: Ocupação da classe vegetação nativa e fisionomia de Mata de Galeria.....	157
Figura 77: Ocupação da classe vegetação nativa e fisionomia de cerradão.....	158
Figura 78: Ocupação da classe vegetação nativa e fisionomia de cerrado ralo.....	159
Figura 79: Ocupação da classe vegetação nativa e fisionomia de cerrado típico.....	159
Figura 80: Mapa Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (Abr/2018).....	164
Figura 81: Mapa Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (Set/2018).....	165
Figura 82: Mapa Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (Abr/2019).....	168
Figura 83: Mapa Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (Set/2019).....	169
Figura 84: Conjunto das cartas NDVI nas quatro datas analisadas.....	172
Figura 85: Registro do ponto de controle 1 de fora para dentro.....	175
Figura 86: Registro do ponto de controle 1 de dentro para fora.....	175
Figura 87: Sequência de registros de parte da paisagem do entorno do ponto 1.....	176
Figura 88: Sequência de NDVI dos buffers amostrais registrados nas datas estudadas. (Ponto 4).....	177
Figura 89: Registro do ponto de controle 2 de fora para dentro.....	180
Figura 90: Registro do ponto de controle 2 de dentro para fora.....	180
Figura 91: Sequência de registros de parte da paisagem do entorno do ponto 2.....	181
Figura 92: Sequência de NDVI dos buffers amostrais registrados nas datas estudadas. (Ponto 6).....	182
Figura 93: Registro do ponto de controle 3 de fora para dentro.....	185
Figura 94: Registro do ponto de controle 3 de dentro para fora.....	185
Figura 95: Sequência de registros de parte da paisagem do entorno do ponto 3.....	186
Figura 96: Sequência de NDVI dos buffers amostrais registrados nas datas estudadas. (Ponto 7).....	187
Figura 97: Registro do ponto de controle 4 de fora para dentro.....	190
Figura 98: Registro do ponto de controle 4 de dentro para fora.....	190
Figura 99: Sequência de registros de parte da paisagem do entorno do ponto 4.....	191
Figura 100: Sequência de NDVI dos buffers amostrais registrados nas datas estudadas. (Ponto 4).....	192
Figura 101: Registro do ponto de controle 5 de fora para dentro.....	195

Figura 102: Registro do ponto de controle 5 de dentro para fora.....	195
Figura 103: Sequência de registros de parte da paisagem do entorno do ponto 5.....	196
Figura 104: Sequência de NDVI dos buffers amostrais registrados nas datas estudadas. (Ponto 6).....	197
Figura 105: Registro do ponto de controle 6 de fora para dentro.....	200
Figura 106: Registro do ponto de controle 6 de dentro para fora.....	200
Figura 107: Sequência de registros de parte da paisagem do entorno do ponto 6.....	201
Figura 108: Sequência de NDVI dos buffers amostrais registrados nas datas estudadas. (Ponto 6).....	202
Figura 109: Registro do ponto de controle 7 de fora para dentro.....	205
Figura 110: Registro do ponto de controle 7 de dentro para fora.....	205
Figura 111: Sequência de registros de parte da paisagem do entorno do ponto 7.....	206
Figura 112: Sequência de NDVI dos buffers amostrais registrados nas datas estudadas. (Ponto 7).....	207

LISTA DE TABELAS

	Pg.
Tabela 1: Relação dos dados espaciais adquiridos e suas fontes.....	51
Tabela 2: Relação de bandas do satélite Sentinel-2 B.....	54
Tabela 3: Informações gerais dos pontos de controle de campo na BHRC.....	58
Tabela 4: Relação de bandas utilizadas e suas informações básicas.....	81
Tabela 5: Bandas utilizadas e comprimentos de reflectância de superfície.....	105
Tabela 6: Formações pedológicas encontradas na BHRC.....	121
Tabela 7: Classes de declividade obtidas no relevo da BHRC.....	127
Tabela 8: Valor de acurácia de erro de comissão e omissão (abril/2018).....	133
Tabela 9: Valor de acurácia de erro de comissão e omissão (abril/2019).....	133
Tabela 10: Classes de usos da terra obtidas na BHRC.....	134
Tabela 11: Formações e áreas de vegetação nativa encontradas na BHRC.....	155
Tabela 12: Quantitativo de ocupação e identificação dos usos do NDVI no início do período seco.....	171
Tabela 13: Quantitativo de ocupação e identificação dos usos do NDVI no final do período seco.....	171
Tabela 14: Detalhamento dos valores NDVI registrados nos buffers amostrais (Ponto 1).....	178
Tabela 15: Detalhamento dos valores NDVI registrados nos buffers amostrais (Ponto 2).....	183
Tabela 16: Detalhamento dos valores NDVI registrados nos buffers amostrais (Ponto 3).....	188
Tabela 17: Detalhamento dos valores NDVI registrados nos buffers amostrais (Ponto 4).....	193
Tabela 18: Detalhamento dos valores NDVI registrados nos buffers amostrais (Ponto 5).....	298
Tabela 19: Detalhamento dos valores NDVI registrados nos buffers amostrais (Ponto 6).....	203
Tabela 20: Detalhamento dos valores NDVI registrados nos buffers amostrais (Ponto 7).....	208

LISTA DE QUADROS

	Pg.
Quadro 1: Demais conceitos amplos de bacia hidrográfica.....	29
Quadro 2: Matriz de confusão e acurácia global da classificação (2018).....	131
Quadro 3: Matriz de confusão e acurácia global da classificação (2019).....	132
Quadro 4: Relação de dados de campo e das características dos recursos (Ponto 1).....	174
Quadro 5: Relação de dados de campo e das características dos recursos (Ponto 2).....	179
Quadro 6: Relação de dados de campo e das características dos recursos (Ponto 3).....	184
Quadro 7: Relação de dados de campo e das características dos recursos (Ponto 4).....	189
Quadro 8: Relação de dados de campo e das características dos recursos (Ponto 5).....	194
Quadro 9: Relação de dados de campo e das características dos recursos (Ponto 6).....	199
Quadro 10: Relação de dados de campo e das características dos recursos (Ponto 7).....	204

LISTA DE SIGLAS

SISLA – Sistema de Suporte ao Licenciamento Ambiental
IMASUL – Instituto de Meio Ambiente do Mato Grosso do Sul
SRTM – Shuttle Radar Topography Mission
INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
ESA – Agencia Espacial Europeia (European Space Agency)
SRC – Sistema de Referencias e Coordenadas
NDVI – Índice de Vegetação por Diferença Normalizada
MDE – Modelo Digital de Elevação
USGS – Serviço Geológico dos Estados Unidos
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MLME – Modelo Linear de Mistura Espectral
BHRP – Bacia Hidrográfica do Rio Paraná
BHRS – Bacia Hidrográfica do Rio Sucuriú
BHRC – Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Cruzes
PDI – Processamento Digital de Imagens
ND - Número Digital (Digital Number-DN)
TGS – Teoria Geral dos Sistemas
SIG – Sistemas de Informações Geográficas
SR – Sensoriamento Remoto
REM – Radiação Eletromagnética
DAP – Diâmetro a altura do peito
EMBRAPA – Empresa Brasileira de Produção Agropecuaria
UFMS – Universidade Federal do Mato Grosso do Sul
UTM – Unidade Transversal de Mercator
SCP – Semi-Automatic Classification Plugin
GDAL – Biblioteca de Abstração de Dados Geoespaciais
APP – Área de Preservação Permanente
CPRM – Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais

SUMÁRIO

	Pg.
CAPÍTULO I	
1. INTRODUÇÃO.	
1.1. Objetivos.....	18
1.1.2 Objetivo Geral.....	18
1.1.3. Objetivos Específicos.....	18
CAPÍTULO II	
2. CONTEXTUALIZAÇÃO SISTÊMICA DA ÁREA DE ESTUDO.	
2.1. Sistema: Bacia Hidrográfica do Rio Paraná (BHRP).....	20
2.2. Subsistema: Bacia Hidrográfica do Rio Sucuriú (BHRS).....	21
2.3. Parte Componente: Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Cruzes (BHRC).....	22
CAPÍTULO III	
3. REFERENCIAL TEÓRICO-METODOLÓGICO.	
3.1. Teoria Geral dos Sistemas.....	25
3.2. Bacia Hidrográfica como unidade de planejamento.....	28
3.3. Geotecnologias e estudo ambiental: Sensoriamento Remoto, Geoprocessamento e Sistemas de Informações Geográficas.....	30
3.3.1 Sensoriamento Remoto (SR).....	33
3.3.2 Pré-processamento de dados e Processamento dos Digital de Imagens (PDI).....	36
3.3.3 Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI).....	39
CAPÍTULO IV	
4. METODOLOGIA.	
4.1. Levantamento, aquisição e organização dos dados.....	50
4.1.1 Dados ambientais secundários.....	50
4.1.2 Componentes ambientais da BHRC.....	55
4.1.3 Aquisição dos dados em trabalho de campo.....	56
4.2. Processamento dos Parâmetros Morfométricos.....	66
Reprojeção ou registro do MDE.....	67
Curvas de Nível, drenagem e recorte.....	67
Hipsometria.....	72
Declividade.....	73
4.2.1 Processamento dos mapas-base (Pedologia e Geologia).....	74
Registro do sistema de coordenadas.....	75
Recorte ou extração.....	76

	Edição vetorial.....	77
4.3	Processamento digital de imagens (PDI).....	78
	Identificação e escolha das imagens Sentinel-2B.....	79
4.3.1	Tratamento e gerenciamento de imagens orbitais no QGIS 3.6®.....	81
	Mosaico.....	82
	Registro.....	83
	Correção Radiométrica (conversão do ND).....	84
	Extração de camada matricial.....	86
	Realce radiométrico.....	86
	Composição de bandas (Merge).....	88
4.4.	Processamento dos usos e cobertura da terra (2018-2019).....	90
4.4.1	Classificação supervisionada no SCP.....	96
4.4.2	Seleção de amostras.....	94
4.4.3	Assinaturas espectrais e resultados.....	100
4.4.4	Matriz de confusão e edição dos resultados.....	101
4.5.	Aplicação e cálculo do NDVI.....	103
4.5.1	Aplicação da amostragem em buffers.....	108
4.5.2	Reclassificação do resultado do NDVI.....	109

CAPÍTULO V

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.

5.1.	Características geográficas/ambientais e mapas-base.....	114
	Clima.....	114
	Geologia.....	118
	Pedologia.....	120
5.1.2	Parâmetros morfométricos de relevo (Hipsometria/Declividade).....	123
5.2.	Características de uso e cobertura da terra.....	129
5.2.1	Solo exposto, áreas descobertas e infraestruturas.....	139
5.2.2	Áreas úmidas e corpos d'água.....	141
5.2.3	Pastagens e atividade pecuária.....	143
5.2.4	Silvicultura.....	145
5.2.5	Vegetação nativa.....	148
5.3	Análise e amostragem dos dados espectrais.....	160
5.3.1	Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI).....	160
	Início do período seco (2018-2019).....	161
	Final do período seco (2018-2019).....	166
5.3.2	Amostragem e avaliação pontual dos componentes ambientais.....	173

	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	209
--	---------------------------	-----

	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	212
--	---------------------------------	-----

CAPÍTULO I

1. INTRODUÇÃO

Neste estudo apresentamos um processo de análise que consiste em identificar e monitorar determinados processos ambientais utilizando uma integração entre o recorte espacial, temporal e sazonal com a utilização de ferramentas das geotecnologias e planejamento ambiental. Os passos aqui discutidos caminham para suprimir parte da necessidade de técnicas aplicadas na aquisição, tratamento e representação de atributos espaciais e ambientais.

O atendimento das demandas relacionadas com a análise ambiental e a vegetação, pela dinâmica sistêmica de determinados recortes da paisagem, pode ser compreendido com a aplicação e utilização de diferentes metodologias e técnicas de análise espacial e geográfica de recursos por meio do Sensoriamento Remoto (S.R).

O principal objetivo deste estudo é fornecer elementos que compõem uma avaliação ambiental do meio físico de um recorte de planejamento. Estes elementos devem indicar entre outras variáveis, o uso e ocupação da terra e a qualidade e comportamento da vegetação como um recurso ambiental, social e econômico.

Os aportes da construção teórica são pontuados em um conjunto de conceitos basilares ao estudo do espaço geográfico e o entendimento de sua transformação holística, e integrada em um recorte/unidade de planejamento socioeconômico e ambiental

Para efetiva contribuição desta pesquisa, são tomados como referência um conjunto inicial de autores centrais e estudos, análises e pesquisas sobre a identificação e monitoramento do comportamento de recursos ambientais de uma paisagem (MENDONÇA, 1993).

Para introduzir e lançar ao debate a compreensão dos temas que compõem o conjunto de etapas e atividades desta análise ambiental, se faz necessário agrupar conceitos que ajudam no processo de integração teórica da relação homem-natureza no território.

A linha teórico-metodológica adotada para determinar as relações que estes componentes desenvolvem, está atrelada a visão da Teoria Geral dos Sistemas (TGS). As bases da análise da TGS discutem a dinâmica dos elementos naturais e associa as ações humanas com processos de *input* (entrada) de energia que atinge e modifica temporariamente a estrutura interna dos Geossistemas (BERTRAND, 1971).

O modelo sistêmico fundamenta-se na interdisciplina e na interrelação de elementos atribuídos a diferentes concepções de saberes científicos (BERTALANFFY,

1968). A interação entre os recursos do meio ambiente, e a forma com que esse processo produz respostas, que determinam sua estabilidade, dinâmica e equilíbrio.

O olhar sistêmico adotado nesta discussão compreende que estes fenômenos mantem padrões de interação e integração, proporcionando ao conjunto (sistema, subsistema e partes componentes), aportes de energia e matéria com variações positivas e/ou negativas. Compreende também a existência de um ambiente físico particular dinâmico, integrado e complexo (SOTCHAVA, 1977)

Assim, a questão que precisa ser elucidada nesta pesquisa, está relacionada com a avaliação do meio físico e suas variações. A dúvida que ronda esta discussão pode ser definida em: É eficaz e confiável a aplicação de variáveis, parâmetros e métricas de avaliação do desenvolvimento biofísico local atrelado a dinâmica sazonal do ambiente e a conservação dos recursos naturais?

A natureza dos dados obtidos na componente ambiental Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Cruzes, são a base para entendermos as formas e processos em que a dinâmica do ambiente está condicionada. Para Florenzano (2007) as geotecnologias fornecem aplicações em diferentes temáticas, pois os dados de Sensoriamento Remoto possuem um amplo potencial a ser explorado.

O recorte estudado especificamente trata-se de uma recorrente unidade de recursos para a análise e planejamento econômico e socioambiental na geografia do território brasileiro considerando o processo de produção dos recursos e as possíveis políticas de gestão da área (CHRISTOFOLETTI, 1999).

As bacias hidrográficas são definidas como recortes espaciais importantes difundidos em estudos de grande relevância na ciência ambiental como em Vitte e Guerra (1994), Botelho e Silva (2004) e Tucci (2004).

A delimitação do tema está relacionada a apresentação de alguns conceitos norteadores para a execução de uma análise ambiental integrada do meio físico.

Este estudo parte da tentativa de avaliar e monitorar os fenômenos ambientais utilizando recorte espacial, temporal e sazonal com a utilização ferramentas do geoprocessamento em Sistemas de Informações Geográficas (CÂMARA, 2001). Também discute a validação de dados e comprovação da capacidade integrada de gerenciamento de informações em áreas de relevante interesse para o planejamento.

Esta linha de pensamento sugere, portanto, não apenas a análise, mas o acompanhamento destes recursos como via de entendimento das interrelações e fluxos

entre estes elementos nas categorias superiores do sistema ambiental considerado, desta forma, colaborando no aprofundamento da discussão central do trabalho.

Assim, tendo como pressuposto a integração entre as geotecnologias e os geossistemas, é possível constituir de forma empírica um levantamento multitemporal da transformação da paisagem na área, e identificar as dinâmicas e alterações sazonais processadas no ambiente.

Esta pesquisa justificar-se-á na aplicação integrada de ferramentas de geoprocessamento, em exploração de recursos digitais do sensoriamento remoto, e para a incrementação de propostas de modelos dinâmicos de monitoramento do sistema ambiental nas suas diferentes escalas e particularidades, caracterizando a composição dos recursos naturais e avaliando seu comportamento sob a ótica da TGS.

A metodologia de avaliação e obtenção de dados para identificação e monitoramento de diferentes componentes sistêmicos do ambiente, tais como água, solo e vegetação deve colaborar para caracterização e avaliação ambiental mais detalhada.

As mudanças e transformações de um sistema ambiental como uma bacia hidrográfica podem ser monitorados nas diferentes escalas que este recorte possui, independentemente de sua dimensão final, sempre deverá reproduzir internamente a relação que processam as partes componentes mais suscetíveis a transformação e as variações na entrada e na retirada de matéria.

Este estudo contribui para suprimir parte da necessidade de técnicas aplicadas na aquisição tratamento e representação de atributos espaciais e ambientais, também no que tange as lacunas relacionados ao processamento de dados e parâmetros em determinados tipos de informações espaciais.

Outra contribuição destacada como resultado esperado, é a proposição de futuras intervenções em maiores escalas e em diferentes unidades de planejamento (bacias hidrográficas, unidades de conservação, corredores de biodiversidade, municípios). Esta colaboração pode ser difundida com o uso e aprimoramento da metodologia constituída neste trabalho, colaborando de forma teórico-prática e técnica com o planejamento ambiental e a preservação dos recursos terrestres.

A evolução e transformação da paisagem é observada como fator de comparação, portanto, faz-se necessário direcionar um olhar crítico para esse processo e as interações que nele ocorrem.

1.1 OBJETIVOS

1.1.2. Objetivo Geral

Realizar análise ambiental e monitoramento temporal e sazonal de uma bacia hidrográfica apoiando-se nas concepções da Teoria Geral dos Sistemas (TGS) e com utilização de índice de vegetação e demais recursos e ferramentas oferecidas pelas geotecnologias.

1.1.3. Objetivos Específicos

- Identificar e coletar em gabinete e em campo informações, arquivos e dados em geral sobre os aspectos ambientais físicos e bióticos da área.
- Compilar e representar informações de base sobre aspectos geográficos para caracterização geral da área de estudo, por exemplo cartas de pedologia, geologia e usos e cobertura da terra.
- Avaliar as características de distribuição e desenvolvimento das principais formações de vegetação da área, utilizando imagens multiespectrais de satélite e técnicas de processamento digital de imagens.
- Analisar o comportamento espectral em dados radiométricos dos subprodutos e produtos matriciais com uso do geoprocessamento, aplicando indicador (índice) de qualidade da vegetação (NVDI) na composição de usos da paisagem local.
- Caracterizar a capacidade de modificação/adaptação de componentes em ciclos ambientais no sistema bacia hidrográfica, observando variáveis e parâmetros de alguns de seus recursos.
- Indicar opções metodológicas de identificação, extração e tratamento de dados ambientais com uso do sensoriamento remoto da vegetação, colaborando com planos de manejo conservacionistas dos recursos naturais.

CAPÍTULO II

2. CONTEXTUALIZAÇÃO SISTÊMICA DA ÁREA DE ESTUDO.

A identificação e caracterização da área de estudo envolve elementos importantes da paisagem local e regional. Para a análise deste ambiente dividimos sua caracterização, comentando os atributos principais do sistema ambiental como um todo e da bacia hidrográfica local como parte componente.

O enfoque sistêmico exige observar a evolução e interação da paisagem entendendo a relação de troca e fluxos de energia, matéria e outros elementos entre os diferentes componentes ambientais desta mesma paisagem.

A caracterização geral da bacia hidrográfica do Rio Paraná (BHRP) tomada como sistema ambiental e do Rio Sucuriú (BHRS) como subsistema ambiental, colabora diretamente na compreensão das dinâmicas e processos que se desencadeiam nos recortes mais específicos e nas unidades que refletem características do ambiente de forma pontual como no caso da bacia hidrográfica do Ribeirão das Cruzes (BHRC).

2.2. Sistema: Bacia Hidrográfica do Rio Paraná (BHPR).

A bacia hidrográfica do Rio Paraná ocupa uma extensa área de alguns estados brasileiros como Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, São Paulo, Paraná e Santa Catarina e algumas áreas de países fronteiriços com o Brasil, como Paraguai e Argentina.

Conhecida assim como Região Hidrográfica do Rio Paraná, a bacia é uma das maiores e mais importantes redes hidrográficas do país. Em nível macro recebe volumes gigantescos de fluxos de importantes rios da região Centro-Oeste, Sudeste e Sul do Brasil. Sua área total possui extensão de 879.873 km² e altíssima disponibilidade hídrica tendo forte potencial para geração de energia hidrelétrica.

Estudos recentes realizados em outros afluentes deste mesmo sistema, como o de Silva (2018), aponta para a amplitude e complexidade da rede de drenagem da BHRP. A bacia hidrográfica do rio Paraná é um grande compartimento que concentra seus fluxos hídricos na calha principal do Rio Paraná, esta área drena grande parcela da área centro-sul da América do Sul, sendo o décimo rio do mundo em comprimento.

Ainda segundo os critérios e dados do plano de recursos hídricos (2005), a região hidrográfica do Paraná pode ser dividida em seis principais unidades hidrográficas, uma

delas é a bacia hidrográfica do Rio Paraná, uma área muito marcada por relevos sedimentares com relevos mais suaves e predominantes planícies.

2.3. Subsistema: Bacia Hidrográfica do Rio Sucuriú (BHRS).

Seguindo o modelo de caracterização por meio da abordagem sistêmica, definimos a BHRS como nosso subsistema, observando suas características ambientais e suas dinâmicas em nível regional e refletindo no contexto do estado.

A área está situada na região leste do estado de Mato Grosso do Sul entre as coordenadas 18°12'36,1'' a 20°49'6'' S e 51°38'27,9'' a 53°31'27,9'' W, possuindo uma área total de aproximadamente 2.686.029,60 hectares.

Segundo levantamentos realizados por Ferreira (2010) e Fernandes (2013), esta área possui uma rede hidrográfica composta por 74 afluentes que contribuem com o abastecimento do canal principal, suas nascentes mais a montante se estabelecem entre altitudes de 800 e 870 metros e se localizam no Parque Nacional das Emas entre os municípios de Santa Rita do Araguaia/GO, Chapadão do Céu/GO, Alto Taquari/ MT e Costa Rica/MS na região próxima as divisas entre os estados do estado de Mato Grosso do Sul, Mato Grosso e Goiás.

A BHRS é uma das Unidades de Planejamento e Gerenciamento (UPG) dos recursos hídricos de Mato Grosso do Sul (MATO GROSSO DO SUL, 2012). Esta UPG pertence a rede de macrodrenagem do Rio Paraná (margem leste), e sua foz fica sob a altitude de 180 a 260 metros, entre os municípios de Selvíria/MS e Três Lagoas/MS.

2.3. Partes Componentes: Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Cruzes (BHRC)

A bacia hidrográfica do Ribeirão das Cruzes está situada na região leste do estado de Mato Grosso do Sul e inserida no território do município de Selvíria/MS, o curso d'água é afluente da margem esquerda (norte) do baixo curso do Rio Sucuriú, o principal acesso a esta área se dá pela rodovia estadual MS-112.

A BHRC encontra-se entre as coordenadas geográficas 20° 15' 36'' S e 20° 30' 33'' S e 52° 05' 05'' W e o 51° 45' 58'' W, apresentando altitude mínima de 275 metros e máxima de 456 metros com uma área de aproximadamente 212,3 km² (Figura 1).

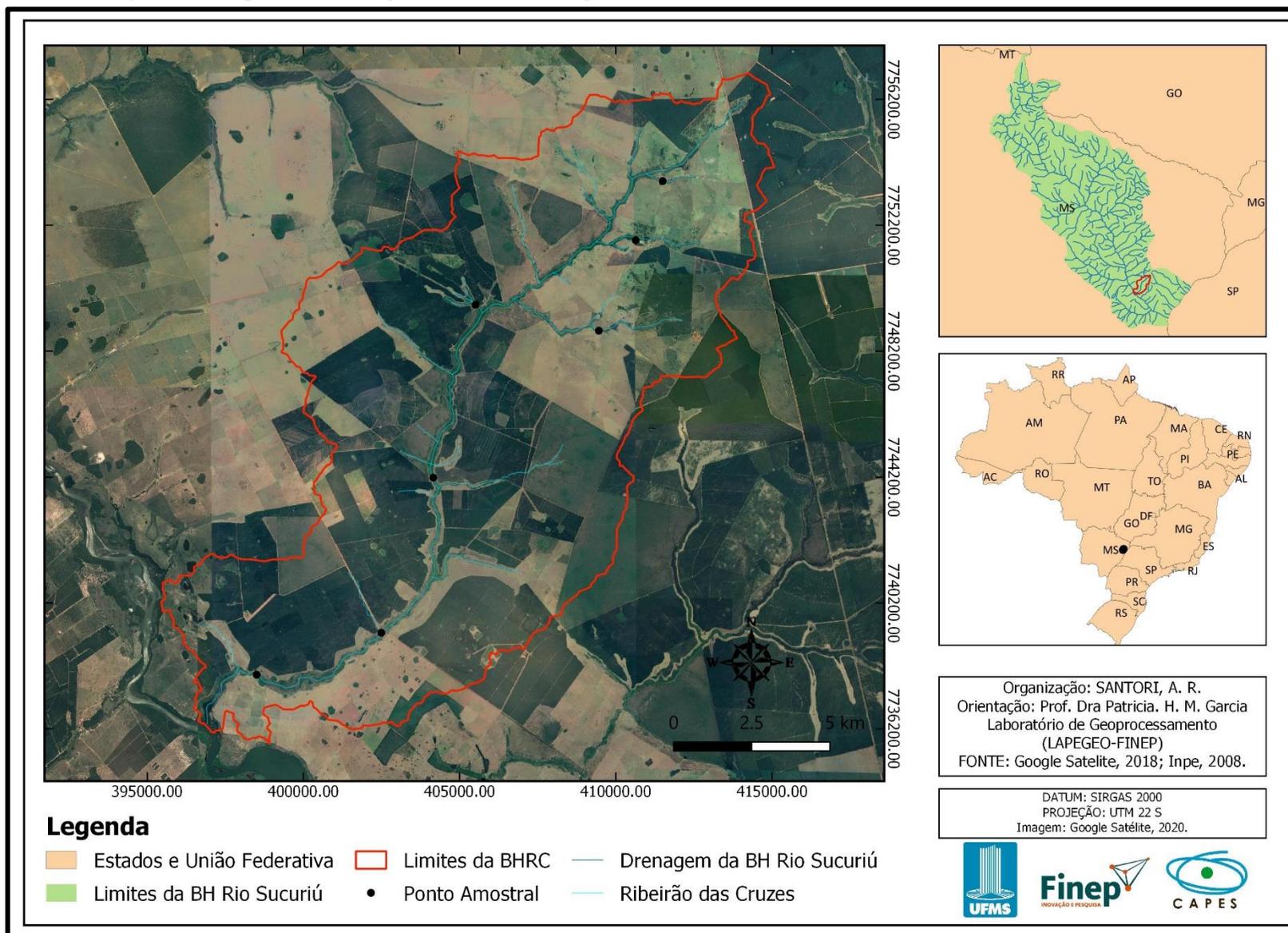
Este local é um palco muito interessante dos processos de transformação ambiental da região e se tornou um recorte interessante e válido, pois, nela se reproduzem

de forma evidente as transformações da paisagem e a dinâmica ambiental que ocorre em maiores proporções no sistema.

A área estudada está inserida em regiões de transformação recente da paisagem com um crescimento contínuo de determinadas atividades agrícolas em detrimento de outras, a estrutura geoambiental da área está amplamente condicionada ao processo de mudança provocado pelo desenvolvimento humano, além disto, o perfil histórico de alteração da paisagem nesta área remete há muitas décadas de uma longa exploração dos recursos naturais para reprodução econômica regional.

A figura 1 apresenta o contexto de localização, os limites de área e a rede básica de drenagem, além de apresentar visualmente e de forma geral, algumas características interpretativas na imagem relacionadas as formas de usos e ocupação e parte das principais e atividades desenvolvidas na paisagem da área de estudo.

Figura 1: Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Cruzes, Selvíria/MS. Org.: Autor. (2020)



CAPÍTULO III

3. REFERENCIAL TEÓRICO-METODOLÓGICO

O referencial teórico deste estudo pretende relacionar e elucidar alguns dos princípios e os aspectos da transformação holística do sistema ambiental confrontado em uma bacia hidrográfica, e integrando e analisando as relações entre as estruturas das paisagens brasileiras e sua condição e comportamento dos processos fisiológicos e ambientais (AB'SABER, 2003).

Aplica-se o uso de técnicas de monitoramento e interpretação visual dos processos e transformações de elementos naturais por meio da análise de suas variáveis. Deste modo, a base teórica também relaciona conceitos das geotecnologias, e da interpretação e manipulação de dados espaciais. “Compreender a distribuição espacial de dados oriundos de fenômenos ocorridos no espaço constitui áreas do conhecimento, seja em saúde, em ambiente, em geologia, em agronomia entre tantas outras” (CÂMARA et al., 2001, p .14).

3.1. Teoria Geral do Sistemas

A base científica do método que passou a ser conhecido como Teoria Geral dos Sistemas (TGS), é tomado como suporte teórico e conceitual para o entendimento das relações e do comportamento dos recursos naturais em unidades complexas de análise e planejamento.

A observação contínua da interação e inter-relação entre os componentes, torna-se o pilar central da TGS, pois o sistema só existe quando este processo de análise integrada parte do todo (geral) para o específico (BERTALANFFY, 1968).

O conceito apresentado tem sua base na aceção do ambiente sistêmico como um todo organizado, dentro dele estão inseridos subsistemas e partes componentes que estão em constante movimento e desenvolvem diferentes interações. (BERTALANFFY, 1968). Partindo deste pressuposto Bertalanffy (1968) vai definir a visão geossistêmica como o conjunto dos elementos e das relações entre eles e entre os seus atributos.

É necessário estudar não somente partes e processos isoladamente, mas também resolver os decisivos problemas encontrados na organização e na ordem que os unifica, resultante da interação dinâmica das partes, tornando o comportamento das partes diferentes quando estudado isoladamente e quando tratado no todo (BERTALANFFY, 1968, p. 53).

O conjunto de revisões teóricas acerca da TGS diz que o surgimento do modelo de análise da paisagem bem discutido por Bertalanffy (1968), está intrincado ao entendimento

desta paisagem como um do organismo vivo, um sistema aberto, um conjunto de elementos que formam uma entidade em contínua interação com o ambiente. “A questão primordial da Teoria Geral dos Sistemas é que os processos ocorridos têm um efeito cascata, do sistema, passando pelo subsistema e chegando à parte componente” (MIRANDOLA-GARCIA, 2016).

O meio ambiente representa de modo geral este todo organizado, as partes deste todo possuem suas características particulares e exercem determinadas formas de influência dentro do sistema. “Em destaque as relações homem-natureza analisadas como um sistema aberto, singular, complexo, evolutivo e auto regulável” (MONTEIRO, 2000, p. 53)

A TGS contribui conceitualmente como base teórica adotada na correlação dos resultados obtidos pelas variáveis das unidades componentes do ambiente, e a compreensão do contexto da escala regional aplicando a definição das classes de sistemas (geócoros, geômeros e geotopos) (SOTCHAVA, 1977).

A base teórica citada agrega um entendimento semelhante ao de Vale (2012) quando destaca os fatores que definem o comportamento e funcionamento do sistema, apontando também a relação onde as partículas de determinado elemento, a partir do seu comportamento individual, mesmo previsto, não poderão nos indicar a posição ou movimentação do todo

Os valores obtidos através das mensurações das variáveis descrevem o relacionamento e o comportamento do sistema em foco. A diversidade das variáveis entre as distintas e múltiplas entidades comprova que os sistemas estão funcionando sob o controle de fatores externos, constituintes do seu ambiente, que são os responsáveis pelo fornecimento de matéria e energia ao sistema, estabelecendo os parâmetros que regulam seu funcionamento (VALE, 2012, p. 93).

Os sistemas podem demonstrar diferentes magnitudes e se basearem em diferentes escalas espaciais, e a sua complexidade será definida também pelos níveis de tratamento e aos mecanismos que os compõem. “Deste modo, todos os sistemas naturais apresentam um dinamismo capaz de modificar seus estados através de contínuos processos, que são caracterizadas pelas transferências de matéria e energia” (VALE, 2012, p. 95).

Ora a TGS lida com a organização do ambiente em geral e de seus componentes. Nesta linha Christofolletti (1971) define o sistema como conjunto de objetos ou atributos, que se encontram organizados para executar uma função particular. A base teórica para o desenvolvimento deste trabalho também orienta-se no processo de avaliação do conceito de funcionamento, e a organização da natureza em uma cadeia de componentes e elementos dinâmicos. (CHRISTOFOLETTI, 1999).

Os sistemas ambientais físicos representam a organização espacial resultante da interação dos elementos componentes físicos da natureza (clima, topografia, rochas, águas, vegetação animais, solos) possuindo expressão espacial na superfície terrestre e representando uma organização composta por elementos, funcionando através dos fluxos de energia e matéria, dominante numa interação areal (CHRISTOFOLETTI, 1999, p. 42).

Para a análise ambiental de determinado processo ou atributo da natureza, antes é preciso identificar e definir quais são e qual a função de cada parte componente no sistema ambiental. Deste modo, Tricart (1977) destaca que os atributos do meio realizam suas trocas e tudo se transforma a partir de um sistema cíclico, assim:

O conceito de sistema é, atualmente, o melhor instrumento lógico de que dispomos para estudar os problemas do meio ambiente. Ele permite adotar uma atitude dialética entre a necessidade da análise – que resulta do próprio progresso da ciência e das técnicas de investigação – e a necessidade, contrária, de uma visão de conjunto, capaz de ensejar uma atuação eficaz sobre esse meio ambiente (TRICART, 1977, p. 19).

Neste caso, é essencial compreender as formas com que as áreas modificadas pelas práticas humanas influenciam na conservação da biodiversidade de flora e fauna dentro do sistema. Em outras palavras, essa interação entre os componentes produzem as unidades ecodinâmicas em que se baseiam os ecossistemas (TRICART, 1977).

O homem participa dos ecossistemas em que vive. Ele os modifica e, por sua vez, os ecossistemas reagem determinando algumas adaptações do homem, as interações são permanentes e intensas, qualquer que seja o nível de desenvolvimento técnico da sociedade humana (TRICART, J. P. 1977, p.).

Toda esta organização espacial abriga um conjunto de unidades que se inter-relacionam, e são organizadas, criando fluxos de entrada (*input*) e saída (*output*) de energia e matéria entre as partes que compõem o todo. Neste sentido Mirandola-Garcia (2016) aponta para uma definição da TGS inicialmente considerando a dinâmica do sistema, a partir do conhecimento das características das unidades ou elementos que constituem as partes componentes do todo, assim, é possível observar também a forte dependência dessas unidades interligadas.

Ampliando ainda mais essa linha Ross (1994), discute que a base para a construção deste “cenário ambiental” deve integrar alguns elementos importantes do meio e suas funcionalidades, assim como, ressaltar a continua troca e fluxos de energia entre essas características.

As escalas, a complexidade das interações geográficas e o dinamismo que os geossistemas produzem em seu processo de troca de energia e sua influência na estruturação da paisagem, criam o que Ross (2006) determina como, situação de interdependência nas relações das partes, proporcionando situações de dependência total entre os diferentes componentes do sistema ambiental.

3.2. Bacia Hidrográfica Como Unidade de Planejamento.

A adoção da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Cruzes (BHRC) como palco e recorte destas análises ambientais, baseia-se na concepção de que uma bacia hidrográfica atua como um interessante recorte de avaliação, para dimensionar alterações nas características ambientais dos componentes físicos do local estudado. “As Bacias Hidrográficas são entendidas como unidade de estudo e de planejamento, pois, dentre outros motivos, mantêm uma relação estreita entre os componentes do ambiente e a atividade antrópica” (MIRANDOLA-GARCIA, 2016, p. 45).

Uma bacia hidrográfica nas suas mais variadas dimensões, representa de forma prática o funcionamento do geossistema e os já mencionados processos de entrada *input* e saída *output*.

A definição mais comum para este recorte é de uma área de captação superficial natural da água em eventos de precipitação, onde a morfologia dessas áreas não só as limita espacialmente através da orientação e da forma de suas vertentes, mas também contribui para o direcionamento do fluxo de água nos níveis mais baixos do terreno, a acumulação destes fluxos produz os canais ou redes de drenagem com cursos d’água de diferentes volumes.

Para Christofolletti (1980) a bacia hidrográfica pode ser delimitada a partir da caracterização dos seus divisores de água, destacando-se as formas de relevo representadas pelas vertentes e as relacionadas diretamente com os canais fluviais, e podendo ser condicionada pela topografia ou pela estrutura geológica do terreno.

Com base nessa definição, fica claro que a entrada e saída de água pelo modelado da drenagem no sistema bacia hidrográfica, é também, um dos principais condicionantes para entender o funcionamento dinâmico deste recorte.

A drenagem fluvial composta por um conjunto de canais de escoamento inter-relacionados que formam a bacia de drenagem, definida como a área drenada por um determinado rio ou por um sistema fluvial. A quantidade de água que atinge os cursos fluviais está na dependência do tamanho da área ocupada pela bacia, de precipitação total e de seu regime, e das perdas devidas à evapotranspiração e à infiltração (CHRISTOFOLETTI, 1980 p. 101).

O recorte da bacia hidrográfica insere-se em um ambiente onde ocorrem fluxos constantes e processos dinâmicos que, conseqüentemente, são afetados pela interferência socioeconômica. Com olhar mais geral, a bacia hidrográfica é definida como um conjunto de terras drenadas por um rio principal e seus afluentes (VITTE; GUERRA, 1994).

No quadro 1 são apresentadas outras definições do conceito de bacia hidrográfica conforme parte da literatura.

Quadro 1: Demais conceitos amplos de bacia hidrográfica.

Autores	Conceito
FERNANDES E SILVA (1994)	Como bacia hidrográfica considera-se uma parcela do terreno de fácil reconhecimento e caracterização, sendo um receptor de interferências em sua área.
TUCCI (2004)	A bacia hidrográfica constitui de modo geral uma área de captação natural das chuvas e, pelas características da sua morfologia de relevo ela desenvolve uma rede de drenagem composta por variados cursos.
GOLDENFUM (2001)	Bacia hidrográfica é considerada uma região ou recorte separados entre si por fatores topográficos, funcionam como receptores naturais da chuva, sendo que sua característica principal é a captação da drenagem por meio de seus atributos geográficos e topográficos.
BORSATO E MARTONI (2004)	Bacia hidrográfica pode ser entendida como a área limitada por divisores de água, que também a separa das bacias próximas e que tem como principal função a captação natural da precipitação através da superfície de suas vertentes.
PORTO E PORTO (2008)	A bacia hidrográfica pode ser então considerada um ente sistêmico. é onde se realizam os balanços de entrada proveniente da chuva e saída de água através do exutório, permitindo que sejam delineadas bacias e sub-bacias, cuja interconexão se dá pelos sistemas hídricos.

Org.: Autor. (2020).

Ainda Tucci (2004) destaca que as bacias hidrográficas possibilitam a análise de forma delimitada de parte dos elementos físicos e ambientais da região, dos quais determinam os chamados elementos fisiográficos, neles se integram as características de relevo, dos cursos d'água, tipos de solo, uso e cobertura da terra entre outros.

Deste modo, a bacia pode ser considerada uma importante unidade de planejamento ambiental, observando a dinâmica complexa deste ambiente. Nesta mesma linha Silva (2018) ressalta que, a utilização de bacias hidrográficas através da análise sistêmica já possui uma difusão ampla em trabalhos de geografia física, principalmente como áreas de gestão e planejamento social, econômico e ambiental. Ainda segundo Fernandes e Silva (1994), as

bacias e microbacias são receptores das interferências naturais e antrópicas em sua área e sua dinâmica ambiental.

Para Botelho e Silva (2004), a adoção de uma bacia hidrográfica como unidade de análise possibilita boa opção de análise ambiental, desde que a área seja representativa das condições e relações físicas e socioeconômicas, que se manifestem em uma escala maior do território considerado.

Na bacia hidrográfica, estudada em uma abordagem sistêmica, é possível avaliar de forma integradas ações humanas sobre o ambiente e seus desdobramentos sobre o equilíbrio hidrológico, presente no sistema representado pela bacia de drenagem (BOTELHO; SILVA, 2004, p. 154).

A bacia hidrográfica e as atividades que nela ocorrem são indicadores diretos e indiretos de situações ambientais problema, por exemplo, a degradação de cursos d'água, do solo e dos fragmentos florestais remanescentes – e de todas as relações ecológicas que ocorrem nestes ambientes.

Considera-se que o comportamento de uma bacia hidrográfica ao longo do tempo ocorre por dois fatores, sendo eles, de ordem natural, responsáveis pela pré-disposição do meio à degradação ambiental, e antrópicos, onde as atividades humanas interferem de forma direta ou indireta no funcionamento da bacia (VILAÇA et al., 2009, p.03).

Deste modo, em razão de seu marcante caráter sistêmico e da facilidade de aquisição de dados ambientais e sistêmicos, a BHRC representa nesta pesquisa a base e o ponto de partida para a identificação, avaliação, apresentação e discussão das formas e processos que se desencadeiam na dinâmica de determinados elementos da paisagem no sistema ambiental.

3.3. Geotecnologias: Geoprocessamento, Sistemas de Informações Geográficas e Sensoriamento Remoto

As geotecnologias por sua vez referem-se a todos os recursos utilizados para a concepção da cartografia moderna. Os satélites e suas imagens orbitais, os radares, os softwares computacionais conhecidos como SIG, o Sensoriamento Remoto (S.R), fotogrametria e a geolocalização em tempo real são atributos que constituem os estudos de atributos e parâmetros espaciais e ambientais.

As geotecnologias representam todo o complexo conjunto de materiais e equipamentos que realizam o monitoramento, análise e imageamento espacial e também os produtos, dados e

resultados que são fornecidos por estes equipamentos e suas respectivas técnicas. “A geotecnologia em aplicações de mapeamento pode adotar tarefas metodológicas e simplificadas de geração de mapas temáticos, com o auxílio das técnicas do Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento” (BRAZ; MIRANDOLA, 2014, p. 50).

Os avanços tecnológicos e a consolidação das geotecnologias na área de sensoriamento remoto (SR) nos últimos anos, possibilitou e facilitou a aquisição de informações mais precisas e detalhadas sobre áreas em dimensões que antes seriam extremamente difíceis de captar e sistematizar conjuntos de dados espaciais.

O potencial das geotecnologias aplicadas num estudo de manejo de bacias hidrográficas é importante devido sua capacidade (além das funções cartográficas), de identificação de ações e consequências no espaço estudado (BRAZ, 2017).

As técnicas de análise de cenários ambientais, e a interpretação e monitoramento de dados pelo geoprocessamento, passaram a ser difundidas através da inovação e o aprimoramento das tecnologias de cartografia e mapeamento temático, e por meio de novos recursos digitais como os Sistemas de Informações Geográficas (SIG). “Cenários de planejamento, detecção e análise de mudança e outros tipos de planos podem ser desenvolvidos por refinamentos de análises sucessivas” (HAMADA; GONÇALVES, 2007, p.12).

O geoprocessamento, os dados de radar e satélite (SR), e os Sistemas de Informações Geográficas (SIG), surgem como avanços tecnológicos fundamentais em estudos geográficos de planejamento ambiental. (NOVO; PONZONI, 2001). Portanto, este aparato técnico também faz parte desta metodologia, na qual baseia-se na concepção de utilização destas ferramentas como caminhos interessantes de avaliação e representação.

De forma mais ampla e geral, o geoprocessamento é concebido como o processo informatizado dos dados geográficos obtidos por diferentes fontes e com múltiplas características, finalidades e aplicações (NOVO; PONZONI, 2001). As ferramentas do geoprocessamento são um conjunto que operam sobre dados cartográficos georreferenciados, podem promover análises espaciais, permitindo o tratamento e a representação de informações ambientais com produtos e aplicações de Sensoriamento Remoto, e Sistema de Informação Geográfica (SIG) (FLORENZANO, 2007).

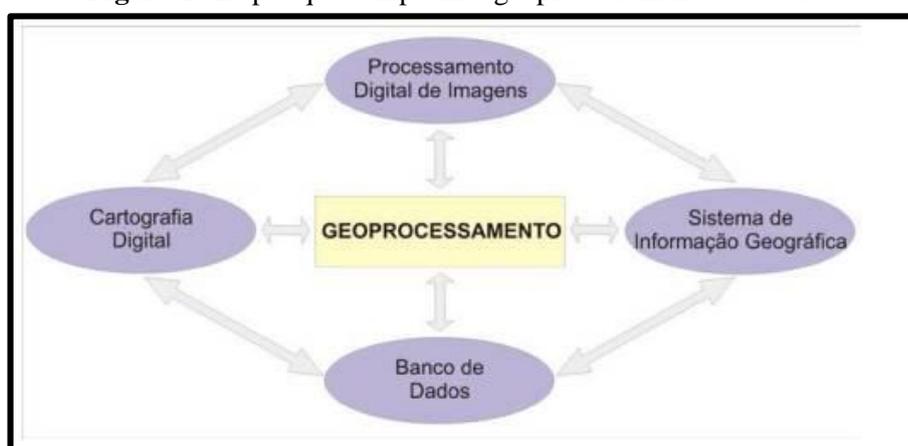
Seu funcionamento é baseado em diferentes técnicas e metodologias constituídas em mecanismos matemáticos e informáticos, facilitando a execução de análises complexas, cruzamento e combinação de dados variados (FLORENZANO, 2007).

Devido à sua complexidade e conjunto de técnicas/metodologias, o geoprocessamento também pode ser considerado uma matéria de estudo.

Geoprocessamento é a disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica e que vem influenciando de maneira crescente as áreas de cartografia, análise de recursos naturais, transportes, comunicações, energia e planejamento urbano (CÂMARA; DAVIS; MONTEIRO, 2001, p. 2).

O geoprocessamento e suas aplicações são ferramentas fundamentais desta metodologia, pois colaboram na estruturação do banco de dados e no gerenciamento das informações obtidas, atuando como um conjunto interrelacionado de etapas e processos na avaliação e representação espacial (Figura 2).

Figura 2: Etapas que compõem o geoprocessamento dos dados.



Fonte: Adaptado de Rosa (2005)

O SIG pode ser compreendido da forma que Câmara e Ortiz (1998) destacam, onde deve-se atentar a concepção de que estas ferramentas são ideais para o planejamento e gestão ambiental e territorial, na medida em que os sistemas podem ser monitorados e diagnosticados e a identificação e validação de componentes possa ser averiguada.

As ferramentas aplicadas em SIG colaboram para planejar ações que visem à conservação e o uso otimizado do sistema ambiental e suas partes componentes. Como apontam Hamada e Gonçalves (2007) o SIG é uma ferramenta central de expansão do pensamento analítico e apresenta atributos matemáticos e estatísticos sofisticados de apoio ao processo de tomada de decisão.

Deste modo, valorizando essa ampla aplicabilidade, os SIG configuram como umas das principais técnicas utilizadas pelos geógrafos e cartógrafos para o gerenciamento e tratamento da informação espacial (FLORENZANO, 2007). Os procedimentos operacionais para a

modelagem de sistemas ambientais ganharam realce com as tecnologias envolvidas em SIG, sendo extensivamente aplicados outros ramos da ciência e em fins militares.

Nesse sentido, vale o apontamento de Mirandola-Garcia (2016) quando ressalta a qualidade dos softwares livres, através de suas ferramentas, como fornecedores de técnicas e metodologias para a execução de diversas análises. A autora aponta a utilização produtiva dos SIG's para a realização de trabalhos com sistematização de dados ambientais entre outras informações disponíveis produzindo cartas temáticas e relatórios.

Um SIG é composto por diferentes tipos de tecnologias do geoprocessamento, que permitem tratar um conjunto de dados, de forma integrada ou individualizada, e tem a função de fornecer informação, seja na forma de dados espaciais, seja de dados de atributos (MIRANDOLA-GARCIA, 2016, p. 54).

Assim, para Medeiros (1999), a análise e gestão do território tem como um dos principais recursos a utilização de SIG, em que vai organizar-se a relação de informações do banco de dados, a modelagem espacial, os métodos de segmentação e classificação, interpolação de variáveis e observação e mensuração de informações geográficas espaciais.

Como complementação deste entendimento, Silva (2018) defende que o SIG é na realidade uma tecnologia digital contemporânea que tem a capacidade de integrar e analisar dados espaciais.

3.3.1 Sensoriamento Remoto (SR)

Com o surgimento do Sensoriamento Remoto orbital e sua análise em SIG, os mapeamentos e avaliações a partir de imagens que no passado eram realizados de forma manual e por fotografias aéreas, passaram a ser incorporados e realizados de forma automatizada.

O S.R é considerado conceitualmente como parte constituinte do conjunto de conceitos e técnicas que englobam as geotecnologias (LILLESAND; KIEFER; CHIPMAN, 1987). O seu funcionamento é compreendido com os usos de diferentes sensores que coletam e transformam informações a partir de equipamentos que também processam estes dados e os disponibilizam para diferentes finalidades.

Dentre esses conceitos destacam-se aqueles intrínsecos aos processos de interação entre a radiação eletromagnética, considerada a peça fundamental das técnicas de sensoriamento remoto, e os diferentes objetos – também chamados de “alvos” na literatura de sensoriamento remoto – dos quais se pretende extrair alguma informação (PONZONI et al., 2014, p.10)

Uma das principais características de utilização do S.R é a sua capacidade de abrangência espacial revelando informações geográficas e de recursos naturais amplos e em escalas temporais e sazonais múltiplas. “Os tipos de dados de sensoriamento remoto a ser adquiridos dependem do tipo de informação necessária, do tamanho e da dinâmica dos fenômenos estudados”. (NOVO; PONZONI, 2001, p. 11)

Conforme apontam Shimabukuro, Novo e Ponzoni (1998), o monitoramento de diferentes recursos em regiões com determinadas extensões e dificuldades de acesso, podem ser facilitadas e se obter respostas mais confiáveis através da utilização de técnicas de sensoriamento remoto.

A estrutura e arquitetura das imagens de S.R são baseadas em um delimitado arranjo de elementos de imagens (grid de pixels). Explica Crósta (1992), que cada célula ou pixel possui registrado em sua estrutura um número que representa o valor do nível de cinza daquela determinada célula, este valor é comumente chamado de *Digital Number* (DN) ou número digital (ND). “As imagens também são uma fonte de dados, captadas por sensores, geralmente, em satélite e a bordo de aeronave (fotografia aérea). Essas informações são utilizadas, por exemplo, na obtenção do uso e ocupação das terras.” (HAMADA; GONÇALVES, 2007, p. 30)

Estes elementos de imagens possuem propriedades espectrais que definem as condições de distribuição e proporção dos componentes presentes na superfície. Deste modo, como salientam Shimabukuro e Ponzoni (2017), as formas de interação dos objetos com a radiação e os registros obtidos dessas respostas nas diferentes faixas espectrais definem parte essencial dos parâmetros e dados radiométricos que o SR oferece. Os autores reforçam a atenção da interpretação orientada das imagens orbitais:

É bom lembrar que os objetos refletem, transmitem, e absorvem a radiação eletromagnética incidente de maneira particular, então é fácil compreender que cada objeto contido dentro de um elemento de resolução no terreno irá refletir mais ou menos do que outro dentro de uma determinada faixa espectral (SHIMABUKURO; PONZONI, 2017, p. 40)

Para Florenzano (2007), o sensoriamento utiliza-se de técnicas de captação e registro da energia eletromagnética refletida ou absorvida nos alvos de superfície, e as possibilidades de detecção e caracterização das alterações no meio físico, colaboram diretamente para observar a dinâmica ambiental, e na orientação e organização da tomada em planos de manejo e estudos relacionados com a evolução da cobertura vegetal.

Deste modo, fica melhor compreendida esta interação em que se baseia o S.R, apresentando de forma mais didática, direta e prática, podemos definir o conceito de S.R como:

“O sensoriamento remoto trata de medições à distância, ou seja, sem contato físico entre o alvo e o sensor, envolvendo o estudo da interação da radiação eletromagnética com os objetos terrestres” (CRÓSTA, 1992, p. 85).

Neste processo de evolução técnica da análise e monitoramento terrestre, o surgimento do geoprocessamento colaborou para a construção e utilização de novas ferramentas voltadas para o aprimoramento da produção de estudos sociais, espaciais e geográficos. “O tratamento de dados digitais tem o mesmo objetivo da interpretação visual, ou seja, extrair informações sobre os alvos da superfície terrestre através da análise de dados coletados por sensores remotos” (MOREIRA, 2003, p. 213).

Os dados referentes as características e condições dos componentes vegetais da área, integram recursos e produtos de base na identificação e extração de informações comportamentais dos recursos naturais.

Nesse sentido, buscando elucidar esse processo Guyot (1989 apud ESQUERDO, 2007, p.14) relatam o fenômeno em que a energia refletida pelos vegetais e captada pelos satélites orbitais é determinada por diferentes fatores e características relacionados ao ambiente em que o objeto imageado está inserido.

Estudos como os de Ponzoni e Disperatti (1991) e Ponzoni e Rezende (2004) apontam para o entendimento dos processos de transformação da paisagem através do estabelecimento de correlações entre dados radiométricos originados no sensoriamento remoto e os aspectos biofísicos da vegetação, desta forma, produzindo por meio do geoprocessamento, informações e dados sistematizados que abordem a identificação e quantificação destes parâmetros.

No entanto, para um estudo mais completo, também se faz necessário saber interpretar o comportamento dos dados espectrais desses alvos com o intuito de maximizar a fidelidade das respostas daquele determinado componente observado.

Ponzoni e Disperati (1994) apresentam algumas das possibilidades de informações que podem ser extraídas e também reforçam as interferências que a informação espectral do alvo pode ter, graças aos condicionantes geométricas e biofísicas do entorno.

As técnicas de sensoriamento remoto têm sido consideradas como alternativa na quantificação de biomassa florestal, uma vez que a radiação eletromagnética refletida por dosséis vegetais e registrada por sensores remotamente situados é fruto de um processo de interação que inclui a interferência de fatores espectrais dos elementos dessa vegetação (folhas, galhos, troncos etc.), geométricos de iluminação e de visada e de parâmetros biofísicos (distribuição espacial, densidade, biomassa etc.) da vegetação (PONZONI; DISPERATI, 1994).

Neste sentido, o sensoriamento remoto tem colaborado na avaliação de parâmetros definidos pela interação eletromagnética da vegetação, por meio da leitura da resposta espectral fornecida no processo de respostas físicas da luz e da energia com o alvo vegetal.

Estes parâmetros informam a capacidade de um objeto de refletir a energia radiante (R - reflectância), ou mesmo sua capacidade de absorver energia (A - absorvância) e em alguns casos, a capacidade de transmitir energia (T- transmitância), este conjunto de elementos pode ser chamado de dados radiométricos (PONZONI; SHIMABURO; KUPLICH, 2012).

A radiação que é lançada a determinado objeto pode ser refletida, absorvida ou mesmo transmitida esta forma de interação é captada pelo sensor que possui capacidade de registro conforme as características do equipamento (PONZONI; SHIMABURO; KUPLICH, 2012).

Conforme o processo descrito por Moreira (2003) a reflectância determina as formas e níveis de interação da REM com o alvo, indicando com maior precisão as respostas das principais propriedades do objeto. A REM é decomposta pelos sensores em faixas espectrais de larguras variáveis denominadas de bandas espectrais.

O conhecimento do alvo, objeto ou informação que será tratado e processado pode sofrer variações oriundas do comportamento da atmosfera, das variações e rugosidades do terreno e interferências de outros fenômenos. “Os tipos de dados de sensoriamento remoto a ser adquiridos dependem do tipo de informação necessária, do tamanho e da dinâmica dos objetos ou fenômenos estudados” (NOVO; PONZONI, 2001, p. 10).

Os diferentes comprimentos de onda que compõem as formas de interação da radiação eletromagnética são denominados de espectro eletromagnético e apresenta faixas ou regiões como a do Infravermelho Próximo, Infravermelho Médio e a faixa do Visível (HOLBEN; SHIMABUKURO, 1993).

Assim, são determinados neste estudo dois fenômenos físicos considerados na análise da resposta espectral da vegetação, a radiância e a reflectância. “A Radiância é a intensidade do fluxo radiante por unidade de ângulo sólido e seu conceito pode ser comparado ao conceito de brilho, ou seja, um objeto é considerado mais brilhante quanto maior for sua Radiância medida” (NOVO; PONZONI, 2001, p. 10).

3.3.2 Pré-processamento de dados e Processamento dos Digital de Imagens (PDI).

O processamento Digital de Imagens (PDI) ou tratamento de imagens colabora com a evolução do sensoriamento remoto e das geotecnologias como um todo, o tratamento de dados colabora com a adequação das informações ambientais adquiridas em diferentes fontes de

dados.. Esta técnica tem como objetivo central a categorização automática descrita por Moreira (2003):

Em sensoriamento remoto o objetivo maior do processamento digital de imagens, ou melhor do geoprocessamento é extrair informações de ocupação do solo através da categorização automática de todos os -pixels- contidos numa cena com base nas diferenças de níveis de cinza ou da reflectância aparente (quando feito a retificação radiométrica). (MOREIRA, 2003, p. 211)

Deste modo, cada dado possui uma estrutura e características diversas, seja por sua escala, sistema de referências ou formato de saída. Neste sentido, o pré-processamento funciona como forma de padronizar estas informações possibilitando o seu posterior processamento de forma prática e definitiva. Estes ajustes também se aplicam a dados considerados como a base para caracterização e análise ambiental geral.

A fase de pré-processamento consiste na preparação dos dados de satélites, para realizar a classificação. Nesta fase, empregam-se técnicas visando melhorar a qualidade dos dados, e as mais utilizadas são: remoção de ruídos, realce de imagem, correção e retificação geométrica, registro e redução da dimensionalidade. (MOREIRA, 2003, p. 219)

Ainda buscando definir o PDI, e entende-lo melhor como uma ferramenta na identificação e extração de informações Crósta (1992) define:

O processamento digital de imagens de sensoriamento remoto trata especificamente das técnicas utilizadas para identificar, extrair, condensar e realçar a informação de interesse para determinados fins, a partir de uma enorme quantidade de dados que usualmente compõem essas imagens (CRÓSTA, 1992, p. 10).

O conhecimento da cobertura terrestre colabora para entender a dinâmica e a evolução condicionada do ambiente por meio das atividades localmente reproduzidas. “O uso e cobertura da terra é a informação mais acessível numa imagem de satélite, pois, a mesma permite a visualização e identificação dos elementos ali geometricamente apresentados” (LEITE; ROSA, 2012).

Segundo as pesquisas realizadas por Izippato et al. (2011) em recortes semelhantes da região, no histórico regional recente a indústria da celulose fez com que um grande número de fazendeiros se adaptassem a um novo modelo econômico gerado pelas indústrias voltadas a produção florestal silvicultora, dois quais, muitos substituíram por meio de arrendamentos as suas produções associadas a criação de gado de corte para a reflorestamentos de eucaliptos.

O manual técnico de uso da terra do IBGE destaca que a caracterização do sistema de usos da terra em determinado local, deve atentar-se as possíveis escalas de mapeamento e suas respectivas unidades considerando o contexto regional de evolução desta cobertura.

Segundo Novo e Ponzoni (2001, p.61) essas técnicas visam corrigir erros e imperfeições digitais, no caso dos tipos de dados obtidos em formato shapefile essas correções devem ser atribuídas a erros e inconsistências nos vetores, principalmente ajustando seus limites e sua espacialização correta na área.

No caso de imagens de sensoriamento remoto, como imagens de satélite e de radar, essas imperfeições podem ser ocasionadas por problemas nos sensores que detectaram a radiação. Novo e Ponzoni (2001) destacam que esse fenômeno pode produzir imperfeições geométricas ou espaciais nas imagens de satélite. Deste modo, o pré-processamento precisa ser efetuado para melhoria na representatividade dos pontos e das feições do terreno dentro de padrões aceitáveis.

Ainda no caso de produtos de imageamento de satélite Rosa & Brito (1996) e Moreira (2003) ressaltam, a funcionalidade das etapas de tratamento destes dados espaciais, oferecendo vias mais práticas de produção de análises e resultados temáticos, como a classificação de usos da terra em combinações de imagens orbitais.

Para Crósta (1992) a classificação de imagens orbitais utilizando produtos de sensores multiespectrais é uma metodologia interessante, para identificar padrões de cobertura da terra e outros atributos superficiais, bem como, na análise individual dos padrões e das classes de dados conforme as características de resposta, e de valores dos números digitais e reflectância.

Segundo Moreira (2003) todo este processo é baseado no sistema de classificação de imagens que pode seguir diferentes parâmetros e técnicas de obtenção dos fenômenos classificados na superfície.

Em outras palavras, na classificação procura-se rotular cada "pixel" da imagem segundo a ocupação do solo, semelhante ao que se faz na abordagem visual. Para tal, utilizam-se programas apropriados, também denominados algoritmos de classificação ou simplesmente classificadores. A categorização (rotulação) dos valores dos níveis de cinza é feita utilizando algoritmos estatísticos (programas computacionais) de reconhecimento de padrões espectrais (MOREIRA, 2003, p. 230).

Entre as metodologias de classificação de imagens existentes, optou-se por acrescentar o processo conhecido como 'classificação supervisionada'. A classificação supervisionada é uma técnica de geoprocessamento e de processamento digital, que objetiva determinar a

identidade de diferentes elementos e componentes da paisagem. (PARANHOS FILHO et al. 2016)

“A classificação automática supervisionada redivide estatisticamente a imagem em classes baseadas nas áreas de treinamento (training samples) fornecidas ao sistema pelo usuário” (PARANHOS FILHO et al., 2016, p. 154).

O processo supervisionado é concebido de acordo com o fenômeno que já conhecemos como interação entre a energia eletromagnética e os materiais de superfície. “Classificação, em sensoriamento remoto, significa a associação de pontos de uma imagem a uma classe ou grupo de classes” (FIGUEIREDO, 2005, p, 20).

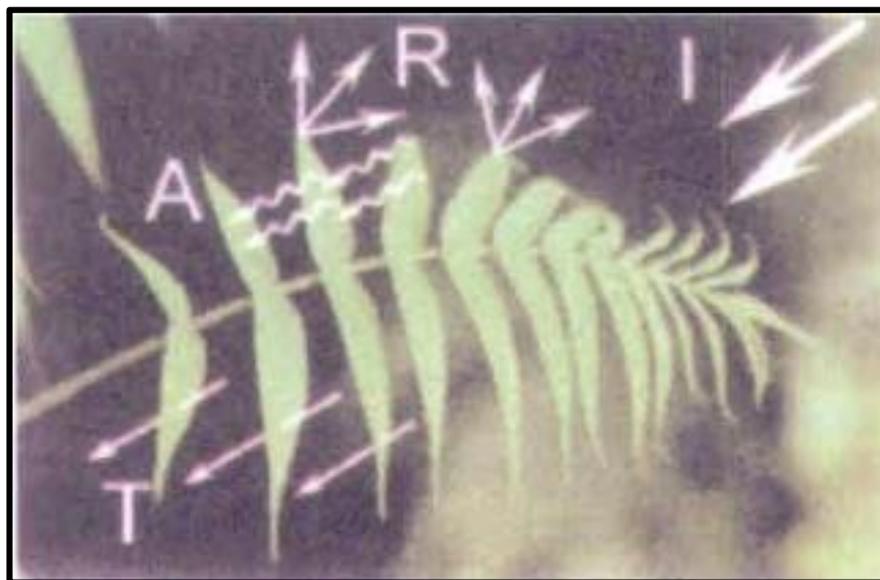
E que também é atrelado aos dados já constituídos da área de estudo através de informações básicas compiladas em campo e que ajudam a conhecer previamente o local.

Uma classificação supervisionada se aplica quando se tem um conhecimento prévio sobre as classes na imagem, ou seja, identifica-se exemplos das classes intencionadas a espacializar presentes na imagem, o que chamamos de áreas de treinamento” (LEITE; ROSA, 2012, p. 98).

3.3.3 Índices radiométricos de Sensoriamento Remoto da Vegetação.

Os modelos de aplicação em sensoriamento remoto são um grande e dinâmico conjunto de técnicas constantemente melhoradas e aprofundadas graças a evolução das geotecnologias. A figura 3 indica as formas de interação da energia eletromagnética com a folha.

Figura 3: Formas de interação da REM com a folha.



Fonte: MOREIRA. (2003)

No caso da resposta espectral da vegetação, um dos fatores mais importantes para se levar em consideração são as condições fisiológicas e espaciais do alvo, ou seja, é preciso considerar o processo de interação da radiação eletromagnética com os elementos químicos, físicos e biológicos das folhas de cada indivíduo e do dossel como um todo. (PONZONI, SHIMABUKURO; KUPLICH, 2012).

Muitas técnicas de aquisição de dados “implícitos” em produtos de satélite foram desenvolvidas como suporte na interpretação da interação básica existente no S.R, através da combinação e leitura destes processos físicos descritos na figura acima, ou seja, a REM, a luz e o objetivo de superfície são os principais agentes da conformação dos dados em um imageamento.

Estes modelos possibilitam a integração de informações e processos relativos às trocas, entre biosfera e atmosfera, água e energia e diferentes condições de conservação do sistema ambiental (PONZONI, SHIMABUKURO; KUPLICH, 2012).

Para estudar os processos de troca e interrelação entre os elementos ambientais é essencial ter como base o funcionamento, a aplicação e objetivo principal de cada uma destas técnicas oferecidas pela capacidade de coleta e produção de dados das geotecnologias.

Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI)

Como já destacado, as operações entre bandas e índices radiométricos são utilizados como possibilidade de construção das análises do comportamento espectral dos alvos vegetais nas imagens de satélite. Estudos ambientais demonstram a importância da análise de parâmetros radiométricos biofísicos em recorte temporal e/ou sazonal da dinâmica da vegetação e suas relações ambientais.

Existe um número grande de índices de vegetação que representam com maior ou menor precisão e fidelidade as interações da radiação eletromagnética com os elementos da paisagem, assim, os componentes avaliados separadamente têm a função de proporcionar respostas espectrais mais condizentes com a realidade da área analisada.

[...] é necessário desenvolver estudos utilizando técnicas de sensoriamento remoto que visem a criação de modelos que permitam visualizar o espaço como um todo, inferindo sobre os processos biofísicos da vegetação por meio da interação que ocorre entre a energia eletromagnética e o alvo (SANTOS; BAPTISTA; DE MOURA., 2017, p. 6680).

O primeiro preceito que circunda o índice NDVI é a projeção dos valores de reflectância que consistem na razão entre o fluxo de radiação solar refletido pela superfície e o fluxo de radiação solar incidente (ROUSE et al, 1973).

O processo de transformação do ND pode ser realizado baseando-se na equação que analisa cada pixel da radiância espectral. Segundo Boratto e Gomide (2013), a radiância mede a energia refletida por cada unidade de área (pixel) e possui influência de condicionantes como tempo, fluxo e comprimento de onda.

Optou-se então, pela utilização do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) proposto por Rouse et al. (1973), que se constitui como avaliador associado aos parâmetros biofísicos da cobertura vegetal, tais como biomassa e estrutura física dos diferentes tipos de vegetação. “A partir do NDVI é possível determinar a densidade de fitomassa foliar fotossinteticamente ativa por unidade de área (quanto maior este índice de vegetação, mais densa é a fitomassa verde)” (MELO; SALES; OLIVEIRA 2011, p. 525).

Segundo Liesenberg, Ponzoni e Galvão (2007), o NDVI constitui um dos índices de avaliação da cobertura vegetal mais utilizados nos estudos de sensoriamento remoto da vegetação, realizado a partir do processamento de faixas do espectro, se baseia na equação que integra as características da região espectral na banda correspondente ao vermelho visível combinada em equação com a banda do infravermelho próximo.

A relação em que se baseia o NDVI é medida por meio do comportamento da reflectância da vegetação, onde, quanto maior o dossel e mais desenvolvida e fotossinteticamente ativa a vegetação menor será sua resposta espectral e maior será seu valor no índice, opostamente, quanto menos desenvolvida e com menor vigor for a vegetação maior será a sua resposta e valor de reflectância do dossel (MATSUSHITA, 2007).

Índices para obtenção de parâmetros, tais como o NDVI, passou a ser utilizado constantemente na literatura geográfica e cartográfica e sua capacidade multidisciplinar de utilização dos dados tem colaborado para a maior difusão desta técnica de análise. (JENSEN, 2009). Para Jensen (2009) este é um dos tipos de índice de vegetação que se destaca pelas vantagens que oferece no monitoramento agrícola e ambiental, desenvolvimento vegetal e variações topográficas. A interpretação do NDVI ocorre através da resposta que é atribuída a vegetação através de seu vigor, desenvolvimento e densidade.

Observando a curva de comportamento é possível identificar que existe grande absorção da radiação pelos pigmentos da folha, entre eles, a clorofila e os carotenoides. Este processo ocorre na região espectral do visível (400 a 700nm), aqui energia absorvida se converte no principal elemento que contribui com a fotossíntese das plantas (BARET; GUYOT, 1991).

Os maiores registros de reflectância em uma folha verde sadia se condicionam principalmente na região espectral do Infravermelho Próximo (700 a 1300nm), este fenômeno consiste na interação da radiação com as estruturas celulares das plantas e refletem a energia de forma intensa para todas as direções, processo este também conhecido como espalhamento interno (BARET; GUYOT, 1991).

A faixa espectral em questão tem a característica de apresentar valores de reflectância superiores a 40%. Estudos como o de Silva (2018) relatam que a reflectância espectral de folhas na faixa do infravermelho próximo é o resultado da interação da REM com a estrutura do mesófilo.

Deste modo, alguns fatores externos como disponibilidade de água no sistema ambiental podem causar alterações na estrutura do mesófilo, influenciando no comportamento da reflectância espectral da vegetação (SILVA, 2018).

No final da assinatura espectral de uma folha verde surge a interação da energia captada pelo Infravermelho Médio (1.300 a 2.600nm), nesta ocorrem bandas de absorção da energia por meio da água líquida. A água absorve de forma considerável a energia ao longo de praticamente todo a parte do espectro eletromagnético correspondente ao Infravermelho Médio (BARET; GUYOT, 1991).

Assim, considerando tanto a folha como elemento individual e a composição do dossel vegetal, a região do visível principalmente nas faixas do verde e vermelho visível apresentam tonalidade escura devido à baixa reflectância e a maior absorção da REM propagada pelos elementos fotossintetizantes da folha.

Na região do Infravermelho Próximo temos uma realidade que é oposta, devido ao espalhamento da REM criado pela estrutura interna da folha. Na tentativa de explicar este processo Novo e Ponzoni (2001) afirmam que a estrutura e morfologia da vegetação é essencial para compreender a interação da planta com a REM.

Normalmente um dossel bem composto, horizontal e bem estratificado que apresenta muitos indivíduos emergentes podem projetar sombreamento nas árvores do nível médio e baixo do dossel. “A variação da reflectância da cobertura vegetal em diferentes bandas de sensores remotos depende, principalmente, da quantidade de folhas e da arquitetura do dossel” (SHIMABUKURO; NOVO; PONZONI 1998, p. 1731).

O fenômeno descrito pode produzir uma diminuição da irradiância dos estratos e implicar no escurecimento do dossel.

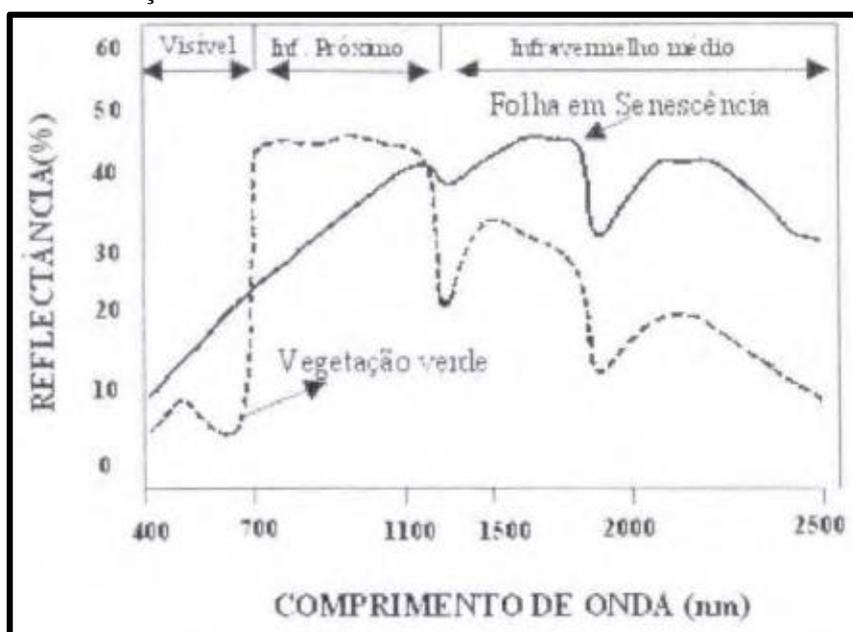
Assim, as técnicas de análise por índices de vegetação, devem não apenas considerar as características da vegetação em si, mas também a forma com que a vegetação está condicionada

no espaço, levando em conta a geometria do dossel e outros aspectos físico-geográficos como formas de ocupação da terra, formas de relevo, clima e os tipos de solo presentes na área (SHIMABUKURO; NOVO; PONZONI 1998).

O padrão de resposta de uma folha seca apresenta a tendência de crescimento contínuo da reflectância até atingir um primeiro pico de resposta no final da faixa do Infravermelho Próximo, e posteriormente um novo pico de reflectância ainda maior e intenso em faixas do Infravermelho Médio.

A Figura 4 apresenta os padrões de reflectância e o comportamento das assinaturas espectrais de duas folhas em condições diferentes.

Figura 4: Diferenças nas curvas de reflectância de uma folha verde e em senescência.



Fonte: GUYOT. (1990)

De modo geral este parâmetro se define quando a vegetação saudável, se comporta absorvendo grande parte da luz visível atribuída ao canal espectral do vermelho entre 600nm e 700nm, onde ocorre a maior parte de absorção de energia pela clorofila e outros elementos fotossintetizantes, enquanto na luz do canal infravermelho entre aproximadamente 700 nm e 800 nm, ocorre a reflexão de mais da metade de energia incidente. (MATSUSHITA, 2007)

Apontamentos de Motomiya et al. (2012) ajudam a explicar parte deste processo relacionado a ação da luz vermelha visível sobre a estrutura dos alvos vegetais:

A luz vermelha é absorvida pelos pigmentos verdes (clorofila), em tecidos fotossinteticamente ativos, e, portanto, a proporção refletida varia inversamente à quantidade de biomassa vegetal. No entanto, no campo, a intensidade de luz vermelha

refletida vai depender não apenas da proporção absorvida, mas, também, da intensidade incidente, que varia com a localização e hora do dia (MOTOMIYA et al., 2012, p. 113).

Em contrapartida a vegetação estressada e pouco desenvolvida reflete uma maior quantidade de energia no vermelho visível e uma quantidade um pouco menor de energia no infravermelho próximo. Assim, altos valores de NDVI são associados a altas densidades de vegetação sadia (ESQUERDO, 2007).

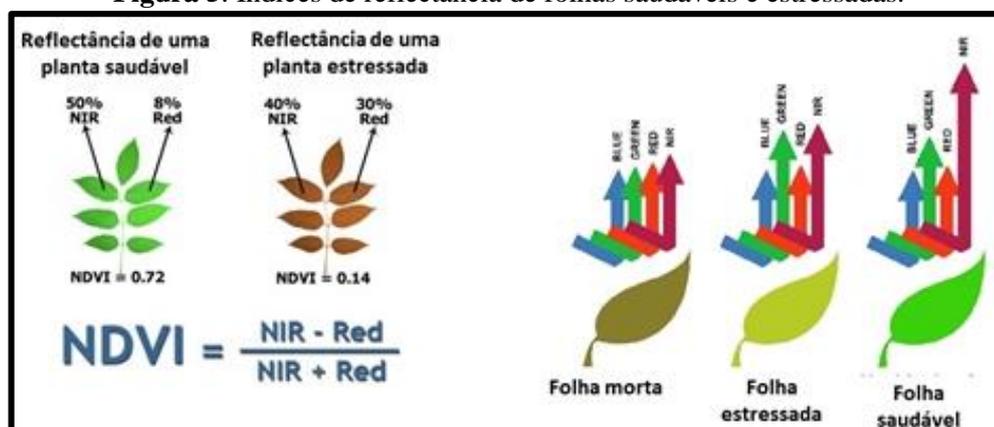
Em estudos de mapeamento e monitoramento de APP's com uso do S.R e aplicando NDVI em recorte com as mesmas características do estudado Silva (2018) atestou a utilização do índice na mensuração de parâmetros ambientais importantes.

O índice é bem utilizado em estudos referentes ao vigor da vegetação e na detecção de desmatamentos florestais, os resultados partem da análise da variação dos valores de -1 e 1, no qual valores próximos ao valor máximo indica grande porcentagem de biomassa vegetal e os valores próximos ao valor mínimo indicam ausência de biomassa vegetal e presença de água (SILVA, 2018, p. 60).

Este valor pode ser obtido quando é calculada a equação pela soma das refletâncias destas duas bandas, gerando um índice sensível com uma variação (-1 a +1). Quando a vegetação apresenta índice positivo até 1 ela é considerada sadia e verde, com estratos e dosséis bem desenvolvidos e fotossinteticamente ativa (CARLSON; RIPLEY, 1997).

Como pode ser observado na figura 5 a resposta da vegetação está diretamente relacionada ao vigor e desenvolvimento da planta, onde indivíduos estressadas ou mortas são caracterizadas pela diminuição da absorção e conseqüente aumento da reflexão da energia eletromagnética em toda a estrutura, produzindo respostas espectrais com valores iguais de refletância.

Figura 5: Índices de refletância de folhas saudáveis e estressadas.



Fonte: Allen. (2019)

Na figura acima também é possível observar a fórmula que representa o cálculo do NDVI, como:

$$\text{NDVI} = \frac{(\text{Infravermelho Próximo} - \text{Vermelho Visível})}{(\text{Infravermelho Próximo} + \text{Vermelho Visível})}$$

As bandas utilizadas neste processo condicionam respostas espectrais com atributos opostos, sendo exatamente este princípio que as determinam como devem ser os atributos das mais corretas para utilização (CARLSON; RIPLEY, 1997).

Desta forma, a resposta em NDVI de cada banda utilizada se constrói basicamente da equação do valor obtido na subtração das respostas espectrais entre NIR e RED, que é normalizada pela posterior soma da diferença entre as bandas utilizadas.

Como destaca Jensen (2009) é essencial conhecermos o comportamento ambiental dos elementos que compõem uma imagem de satélite, sendo que, a vegetação que é objeto principal deste estudo, precisa ter elevada a sua importância para o funcionamento sistêmico de *input* e *output* entre os demais elementos do ambiente.

Ressalta-se também a importância do conhecimento das características fisiológicas e biológicas das plantas, considerando que as respostas espectrais da vegetação podem também sofrer influências intrínsecas as condições de senescência ou estresse dos vegetais, além de também ser influenciada pelas condições de desenvolvimento do solo, do clima e características de relevo (SHIMABUKURO; PONZONI, 2017).

Deste modo, é possível entender a importância do conhecimento do comportamento e das respostas mais comuns dos alvos de uma imagem em determinado tipo de sensor e em determinado recorte pré-estabelecido.

Assim, obtém-se melhores e mais representativos diagnósticos da qualidade fisiográfica e ecológica da vegetação, e do desenvolvimento da componente vegetal nativa ou introduzida, atrelada e condicionada as variações e as características de outros elementos que fornecem ações indiretas, diretas, e que obedecem a comandos superiores.

O trabalho com o potencial de dados das imagens de satélite constituídas em retratos da superfície, é muito importante, utilizadas tanto individualmente quanto em conjunto, permitindo avaliar processos e tendências em níveis local-regional com diversidades de produtos, ferramentas e aplicações do S.R e do processamento de imagens (PONZONI, SHIMABUKURO; KUPLICH, 2012).

CAPITULO IV

4. METODOLOGIA

A metodologia adotada neste estudo propõe o enfoque sistêmico como forma de compreender as características e a dinâmica do ambiente, proporcionando a possibilidade de visão integrada do espaço e do estudo da paisagem como um todo articulado (auto regulável), complexo e contínuo (MONTEIRO, 2000).

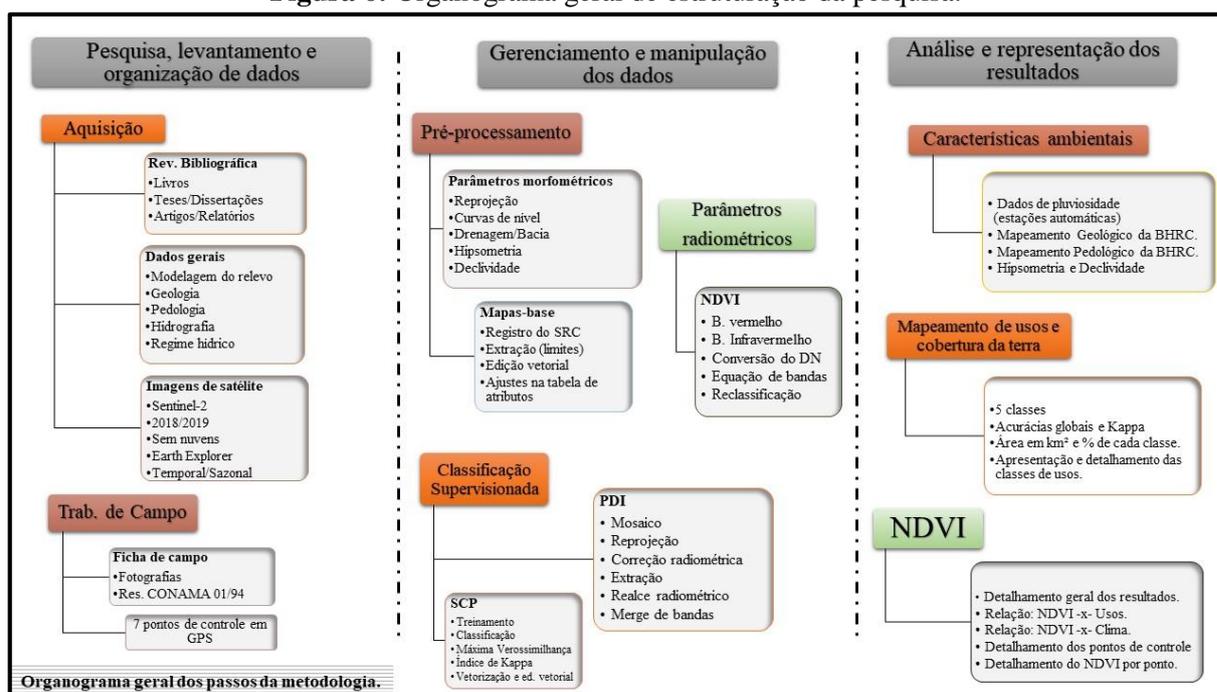
Esta metodologia integra a relação de produtos e informações adquiridas com as formas de processamento e representação das dinâmicas ambientais utilizando-se de ferramentas de análise e processamento digital de dados.

No presente capítulo serão descritos e apresentados os distintos materiais e métodos utilizados (livros, artigos, teses, dissertações, bases de dados, gráficos, cartas temáticas, figuras, tabelas, softwares e demais publicações científicas) que contribuem para estruturação geral da pesquisa.

Os procedimentos metodológicos adotados nesta pesquisa se baseiam em três etapas centrais que determinam as formas que os dados e informações serão adquiridas e os resultados apresentados.

As etapas gerais e caminhos que devem ser seguidos na metodologia organizada para esta pesquisa estão expressas no fluxograma de estruturação do estudo (Figura 6).

Figura 6: Organograma geral de estruturação da pesquisa.



Org.: Autor. (2020)

Na imagem acima, podemos compreender que a metodologia está dividida em 3 etapas ou momentos diferentes e complementares entre si. De forma geral, são discutidos os principais e mais relevantes passos e técnicas do estudo proposto e os processos, técnicas, elementos e informações obtidas em cada item apresentado.

A primeira parte da estrutura metodológica está relacionada aos trabalhos de pesquisa, levantamento e organização dos principais dados que são utilizados para cumprir com o objetivo proposto. O processo está relacionado com a aquisição de material bibliográfico para aprofundamento e revisão de literatura, prospecção de dados digitais relacionados a características ambientais gerais (pedologia, geologia, clima etc) e também a organização dos dados obtidos posteriormente na atividade de campo para validação.

A segunda parte condiz com os trabalhos diretamente relacionados ao tratamento e adequação destes dados para sua posterior interpretação. Nesta etapa ocorre todo gerenciamento da informação coletada, com o objetivo de apresentar respostas sobre os eventos em que se baseiam a análise ambiental, portanto, neste momento são aplicadas efetivamente as técnicas baseadas no pré-processamento e processamento para produção de dados de usos e cobertura da terra e parâmetros radiométricos pela realização do índice de vegetação NDVI.

A terceira parte está associada ao conjunto de produtos obtidos dentro da dinâmica aplicada nos dois processos anteriores, neste momento cada resultado obtido deve ser operado para que suas representações sejam adequadas e promovam interpretações diretas para a análise ambiental. Nesta etapa são configurados os layouts dos diferentes temas identificados, servindo como um conjunto de recursos e representação dos resultados, sejam eles de características gerais e temáticos de uso e cobertura da terra ou dados de avaliação comportamental dos recursos vegetais com utilização de índices de vegetação.

Em cada uma das etapas descritas são aplicados procedimentos técnicos relativos a garantia de qualidade e veracidade dos dados utilizados. Para tanto, é preciso seguir cada momento de elaboração deste estudo verificando a adequação e a capacidade de produzir respostas em cada dado utilizado, assim, esta metodologia apresenta um compilado de passos que são recorrentes em pesquisas de caracterização e planejamento ambiental.

Foi necessário obter de forma sistemática e integrada, um variado conjunto de informações ambientais e geográficas, que contribuíram com o conhecimento ambiental preliminar dos recursos naturais da área, além de sua hierarquização e dimensionamento. As informações obtidas na primeira etapa da metodologia são responsáveis por fornecer os subsídios para etapas subsequentes de tratamento, extração e representação de informações específicas.

O conjunto de informações gerais e primárias, moldam o cenário inicial da paisagem e da dinâmica ambiental no recorte analisado, elas são basicamente definidas por informações ambientais de sazonalidade e médias pluviométricas mensais/anuais, dados da conformação geológica da área e da região, informações atualizadas sobre o tipos de solos e pedologia geral da área, dados básicos de relevo obtidos por extração de parâmetros em modelos digitais de elevação (MDE).

Nos passos iniciais da metodologia ocorre um conjunto de técnicas de geoprocessamento que enfocam na atribuição gradual de qualidade técnica e solidez nas informações representadas.

O pré-processamento dos dados partiu do tratamento e delimitação dos já mencionados produtos de base. Esse procedimento consiste na aplicação regular de ajustes nos produtos 'brutos', alguns destes processos são o registro ou reprojeção, o mosaico, o recorte, a delimitação, pôr fim a aquisição de variáveis e parâmetros geralmente embutidos nestes dados.

Nesta fase da metodologia ocorreu parte da organização e processamento digital das informações espaciais (correção e geração da drenagem, delimitação dos limites da bacia, curvas e topografia), todos elementos úteis à complementação da análise ambiental proposta.

O gerenciamento, tratamento e representação das informações corroboram na caracterização local. Assim, os dados vetoriais de geologia e pedologia podem ser ajustados e manipulados, resultando em representações temáticas finais para uso nos resultados, além das variáveis morfométricas de relevo com base na hipsometria e na declividade.

Na etapa de aquisição de imagens de satélite deve-se primeiramente, correlacionar alguns itens ou critérios importantes com base na dinâmica espacial e temporal da área. O movimento natural de escassez hídrica na região, marcada pela sazonalidade climática (verão quente e úmido – inverno frio e seco) e, portanto, pela estiagem interanual do clima regional, foi o principal, mas não o único critério de aquisição destes produtos.

A análise ambiental proposta, correlaciona essa dinâmica *input/Output* de energia direta entre a disponibilidade de água da chuva fornecida ao ambiente, e as características e condições de desenvolvimento qualitativo apresentadas pelos usos e ocupação da terra, que são os principais alvos das imagens trabalhadas.

Para a obtenção de dados comportamentais da vegetação, são observadas suas respostas espectrais diretamente registradas na interação da REM com os elementos de superfície. Deste modo, utiliza-se uma relação de técnicas de S.R e geoprocessamento, além de parâmetros e representações aplicados em SIG.

Concluindo assim, com os resultados gerados deve relacionar-se a criação de mapas de usos da terra, índices de vegetação sazonais e critérios efetivos de validação dos principais resultados obtidos neste estudo de análise ambiental, assim, prezando pela fidelidade do desenvolvimento espacial e qualitativo de determinados componentes ambientais sistêmicos.

4.1. Levantamento, Aquisição e Organização dos Dados.

O levantamento bibliográfico ocorreu com a pesquisa e aquisição de vasta bibliografia nacional e internacional, que discutem entre outros elementos, os conceitos basilares da Teoria geral dos Sistemas (TGS), da utilização das geotecnologias a partir de seus produtos e ferramentas nas pesquisas geográficas, da adoção das bacias hidrográficas e microbacias hidrográficas como recortes de planejamento e gestão ambiental, da construção integrada de bancos de dados geográficos como base para execução de estudos ambientais e da aplicação e interpretação de técnicas de S.R e geoprocessamento como recursos para avaliação ambiental da vegetação local.

A identificação e aquisição dos dados ambientais ocorreu por meio da pesquisa em diferentes fontes, plataformas e bancos administrados por órgãos públicos, como, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o Instituto de Meio Ambiente do Mato Grosso do Sul (IMASUL), a Empresa Brasileira de Produção Agrícola (EMBRAPA), o Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS) e a Agencia Espacial Europeia (ESA), além dos acervos de instituições de ensino superior públicas como a Universidade Federal do Mato Grosso do Sul (UFMS) e Universidade Estadual Paulista (UNESP).

4.1.1 Dados espaciais secundários.

Os primeiros dados geográficos da área contribuem com a caracterização de parte do meio físico, estas informações são representativas do cenário local e cumprem o papel de expor e estruturar informações gerais da BHRC.

Parte das informações mencionadas são referentes à estrutura geológica e pedológica da área. Estes dados foram visualizados acessando o banco de dados com informações do estado de Mato Grosso do Sul, no Sistema Interativo de Suporte ao Licenciamento Ambiental (SISLA) do IMASUL, as informações deste banco de dados foram organizadas, sendo que fazem parte de dados completos compilados de órgãos do estado e da federação.

Na tabela 1 são apresentadas atributos e dados ambientais e espaciais que fazem parte das informações gerais que caracterizam a base do banco de dados geográfico da BHRC.

Tabela 1: Relação dos dados espaciais adquiridos e suas fontes.

Componente	Dados	Tipo de dado	Fonte
DRENAGEM	Delimitação da rede de drenagem da área	Shapefile (Vetorial)	TOPODATA (2008)
RELEVO	Parâmetros morfométricos	Tiff (Raster)	TOPODATA (2008)
GEOLOGIA	Formações e classes geológicas da área	Shapefile (Vetorial)	CPRM
PEDOLOGIA	Formações e classes pedológicas da área	Shapefile (Vetorial)	MACROZONEAMENTO GEOAMBIENTAL (1984)
USOS E COBERTURA	Tipos e classes de usos da terra da área	Shapefile (Vetorial)	ESA - Sentinel-2B (2018/2019)
CLIMA	Taxas de pluviosidade mensal (2018-19)	Gráfico (Jpg)	INMET

Org.: Autor. (2020)

Outra informação corresponde as condições climáticas do estado, que refletem em grande parte sua situação geográfica, possuindo um clima tropical com estações marcadas. Os invernos são frios e mais secos entre os meses de maio a agosto, e os verões são mais quentes e chuvosos entre os meses de novembro a março.

Os aspectos referentes ao clima da área foram analisados com o apoio de gráficos de pluviosidade mensal e anual formato de imagem, disponíveis no banco de dados das estações automáticas brasileiras do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), as estações automáticas utilizadas são as presentes na malha urbana das cidades de Três Lagoas e Paranaíba nas proximidades da BHRC, e

Estes locais possuem equipamentos que registram mensalmente os dados em milímetros dos níveis de chuva acumulados, neste estudo foram utilizadas informações em uma data em cada mês de abril e setembro dos anos de 2018 e 2019.

Os dados de clima como a pluviosidade mensal são parte essencial para complementação dos resultados e discussão da relação direta e dinâmica do NDVI com a sazonalidade climática e o comportamento da vegetação.

A identificação, levantamento e análise da cobertura da terra também é um componente fundamental na interpretação da dinâmica sistêmica, neste levantamento insere-se o fator de evolução ou regressão de determinadas forma de ocupação da terra por atividades econômicas agrícolas (pastagem e eucaliptos), consideradas neste estudo, como tipos de vegetação

diretamente relacionadas no processo de interação entre os demais elementos ou componentes do recorte.

O relevo foi apresentado com enfoque na extração de parâmetros morfométricos gerais e a caracterização básica do relevo na BHRC. Deste modo, foi adquirida uma quadricula com a modelagem e elevação do terreno com base em dados topográficos em levantamentos aéreos.

Os parâmetros morfométricos foram extraídos do Modelo Digital de Elevação (MDE) obtidos da carta 20_525ZN na plataforma TOPODATA, banco de dados morfométricos do Brasil organizado pelo INPE. Estas informações possuem formato .tiff ou *raster* de radar, as aquisições realizadas pela *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM).

Os dados da SRTM são modelos digitais com resolução original de 90 metros que possuem informações x, y e z, sendo x e y coordenadas geográficas e z dados de altimetria (PAIVA et al., 2009, p. 2). Neste estudo as informações fornecidas pelo Modelo Digital de Elevação (MDE) representam dados interpolados em 30 metros de resolução e disponível para aquisição em formato de cartas no banco TOPODATA (VALERIANO, 2008).

Os dados de geologia consistem em bases digitais de formato vetorial para todo o estado do Mato Grosso do Sul, nelas estão delimitadas as formações geológicas presentes no estado com informações sobre a morfoestruturação e morfoesculturação da área. Os dados de pedologia seguem a mesma forma de organização e refletem a composição geral e o padrão de formação dos solos no estado e suas unidades pedológicas presentes na área em recorte.

O último dado obtido para a estruturação e desenvolvimento desta pesquisa são as imagens com resolução espacial de 10 metros nas bandas espectrais do Azul (Banda 2), Vermelho (Banda 4) e Infravermelho Próximo (Banda 4) gerados no satélite/plataforma SENTINEL-2 B, o programa de imageamento orbital terrestre Sentinel foi criado pela Agencia Espacial Europeia (European Space Agency – ESA) e lançado oficialmente em 2015.

Os produtos Sentinel são adquiridos por meio da utilização do sensor Multi-Spectral Instrument (MSI) que possui dois níveis de imageamento terrestre, o 2A e o 1C, utilizaremos neste estudo apenas o nível 1C de sensoriamento. A varredura de imageamento possui uma orbita heliosíncronica e grade de detecção própria, sendo que a faixa de largura imageada corresponde a 290 km² e a altitude de orbita é de 786km. (ESA, 2018)

Os produtos gerados pelo processamento ‘level-1C’ resultam da utilização integrada do Modelo Digital de Elevação (MDE) que corrige distorções geométricas na superfície. São imagens geometricamente corrigidas, portanto, dentro de geometrias cartográficas, a recepção dos dados é realizada por medições radiométricas feitas no topo da atmosfera (Top of Atmosphere - TOA). (ESA, 2018). No caso dos produtos gerados pelo nível de processamento

‘level-2A’ que começou a sua varredura pela área terrestre em dezembro de 2018, a medição deste sensor é feita no fundo da atmosfera (Bottom of Atmosphere - BOA).

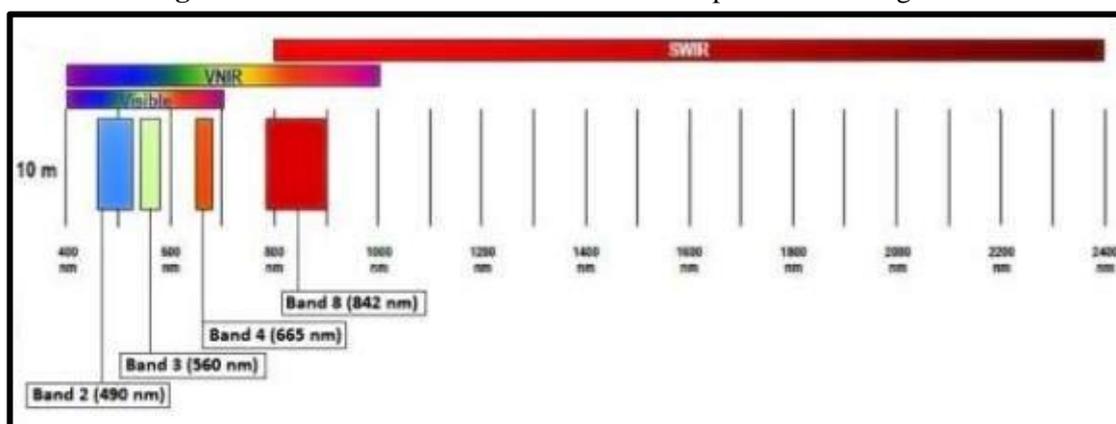
Este avanço reduz substancialmente as formas de interação da REM com os elementos atmosféricos, ambos os níveis de processamento produzem blocos de geometria cartográfica de 100x100 km² e a projeção oficial de saída dos dados é a UTM WGS84. (ESA, 2018)

Deste modo, as características de usos da terra foram produzidas baseando-se em elementos do PDI, o processo de classificação de imagens de satélite foi feito com a construção de um RGB falsa-cor utilizando as bandas 4, 8 e 2 do satélite Sentinel-2 B e validada por meio da comparação com informações de campo e amostragem digital.

A escolha específica pela utilização da plataforma Sentinel-2B se dá pela modernização atribuída ao imageamento deste satélite e pela sua gratuidade dos produtos, a novidade do satélite em questão consiste na inserção de 2 diferentes níveis de processamento, que além de apresentar maiores possibilidades de detecção nas diferentes faixas do espectro.

A figura 7 apresenta de forma geral o funcionamento do espectro eletromagnético e indicam as características de resolução espectral e a área de atuação de parte das bandas do Sentinel-2 (bandas 2, 3, 4 e 8) em relação aos canais existentes ao longo do espectro, diferenciando também as faixas do visível, infravermelho próximo, médio e longo.

Figura 7: Bandas do Sentinel-2 com 10m no espectro eletromagnético.



Fonte: European Space Agency – ESA. (2018)

O programa Sentinel é uma missão imageadora multiespectral, trata-se de uma constelação de satélites com alta capacidade de revisita, cerca de 5-6 dias (resolução temporal), composto por 13 bandas divididas entre as faixas do espectro eletromagnético, sendo 3 bandas na região do visível, 7 bandas divididas entre as regiões do infravermelho e red-edge e 3 bandas para correção atmosférica (resolução espectral), esse conjunto possui resoluções de 60, 20 e 10 metros (resolução espacial). (ESA, 2018). A figura 8 ilustra o aspecto e designer do satélite.

Figura 8: Ilustração do Satélite Sentinel-2B.

Fonte: European Space Agency – ESA. (2018)

O satélite Sentinel-2B foi lançado em órbita em junho de 2017, entrando oficialmente em funcionamento 3 meses após o lançamento. Suas imagens são de acesso gratuito e podem ser adquiridas na própria plataforma de gerenciamento, visualização e aquisição dos produtos orbitais Sentinel da ESA, chamado de *Copernicus DataHub*.

A tabela 2 apresenta a relação de produtos disponíveis no processo de imageamento do sensor multiespectral (MSI) na plataforma Sentinel-2B. O sensor abrange de modo geral a faixa do espectro entre os valores de 400 nm e 2200 nm divididos em 13 bandas espectrais

Tabela 2: Relação de bandas do satélite Sentinel-2 B.

BANDA	Centro de banda (nm)	Largura (nm)	Resolução (m)
1	442	45	60
2	492	98	10
3	559	46	10
4	665	39	10
5	703	20	20
6	739	18	20
7	779	28	20
8	864	32	10
8A	833	133	20
9	943	27	60
10	1375	76	60
11	1610	141	20
12	2190	238	20

Fonte: European Space Agency – ESA. (2018). Or.g: Autor. (2020).

Na tabela, pode-se notar a relação de informações técnicas básicas do conjunto de bandas utilizados no desenvolvimento do processamento digital de imagens. A resolução radiométrica do MSI é de 12 bits, possibilitando que as imagens sejam adquiridas num intervalo de 0 a 4095 valores físicos com ND. (ESA, 2018).

As bandas selecionadas (B2, B4 e B8) foram adquiridas em duas datas do ano de 2018 (11 de abril e 08 de setembro) e duas datas em 2019 (26 de abril e 23 de setembro), portanto, quatro conjuntos de imagens com intervalos de seis meses entre elas. Em cada data foi necessária a aquisição de duas cenas vizinhas para compor o imageamento completo de toda área de estudo.

4.1.2 Componentes Ambientais da BHRC.

Para dar início efetivamente a esta pesquisa foi essencial atribuir uma boa coleta de dados, e relacionar as informações ambientais que possam caracterizar a área, além de oferecer possibilidades de discussão integrada com o sensoriamento remoto.

A vegetação teve um maior enfoque como componente deste estudo, pois a análise de do seu comportamento possibilitado pelo S.R, tornou-se prático e efetivo na representação dos processos de *input* e *output* de energia pela água e pelo sol. A componente ambiental vegetação é a base e o ponto de partida da metodologia que pretende obter no geoprocessamento e na aquisição de parâmetros ambientais da área.

Assim, para compreender melhor as características deste componente, também é preciso contextualizar os demais elementos ambientais do recorte, identificando, organizando e apresentando a caracterização ambiental e o mapeamento de cobertura da terra de todo o conjunto.

De modo geral, os usos identificados são cinco principais, as atividades agrícolas de pastagem para pecuária e talhões de eucaliptos formam mais da metade da cobertura da bacia, também aparecem formações vegetais nativas generalizadas em matas de galeria e savanas florestadas, completam os usos alguns pontos de solo exposto e infraestruturas.

Desta forma, pretendeu-se alcançar o principal objetivo deste estudo, produzindo uma avaliação mais precisa possível da qualidade da vegetação, tanto natural nas reservas legais e App's, bem como a vegetação voltada para atividades econômicas antrópicas (silvicultura e pastagens).

4.1.3 Aquisição dos Dados em Trabalho de Campo.

A atividade de campo consistiu na visitação de um conjunto de 7 pontos de coleta de água e sedimentos na bacia hidrográfica do Ribeirão das Cruzes em seu curso principal e seus afluentes, denominados aqui de ‘pontos de controle’.

O critério de seleção e posição dos pontos é prévio, pois esta área de estudo também engloba estudos de qualidade da água realizados por técnicos e pesquisadores, onde a empresa produtora de papel e celulose Eldorado Brasil S.A mantém áreas de silvicultura em um conjunto de bacias da região, e nestes locais, faz o monitoramento por meio de estudos realizados em um projeto conjunto com professores do departamento de Geografia do Câmpus de Três Lagoas da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul (CPTL/UFMS).

As atividades *in loco* realizadas, contribuem para a avaliação da qualidade ambiental das bacias hidrográficas da região que possuem um contexto heterogêneo de ocupação, a quantidade de pontos teve que ser limitada pela oferta de logística na execução da visitação.

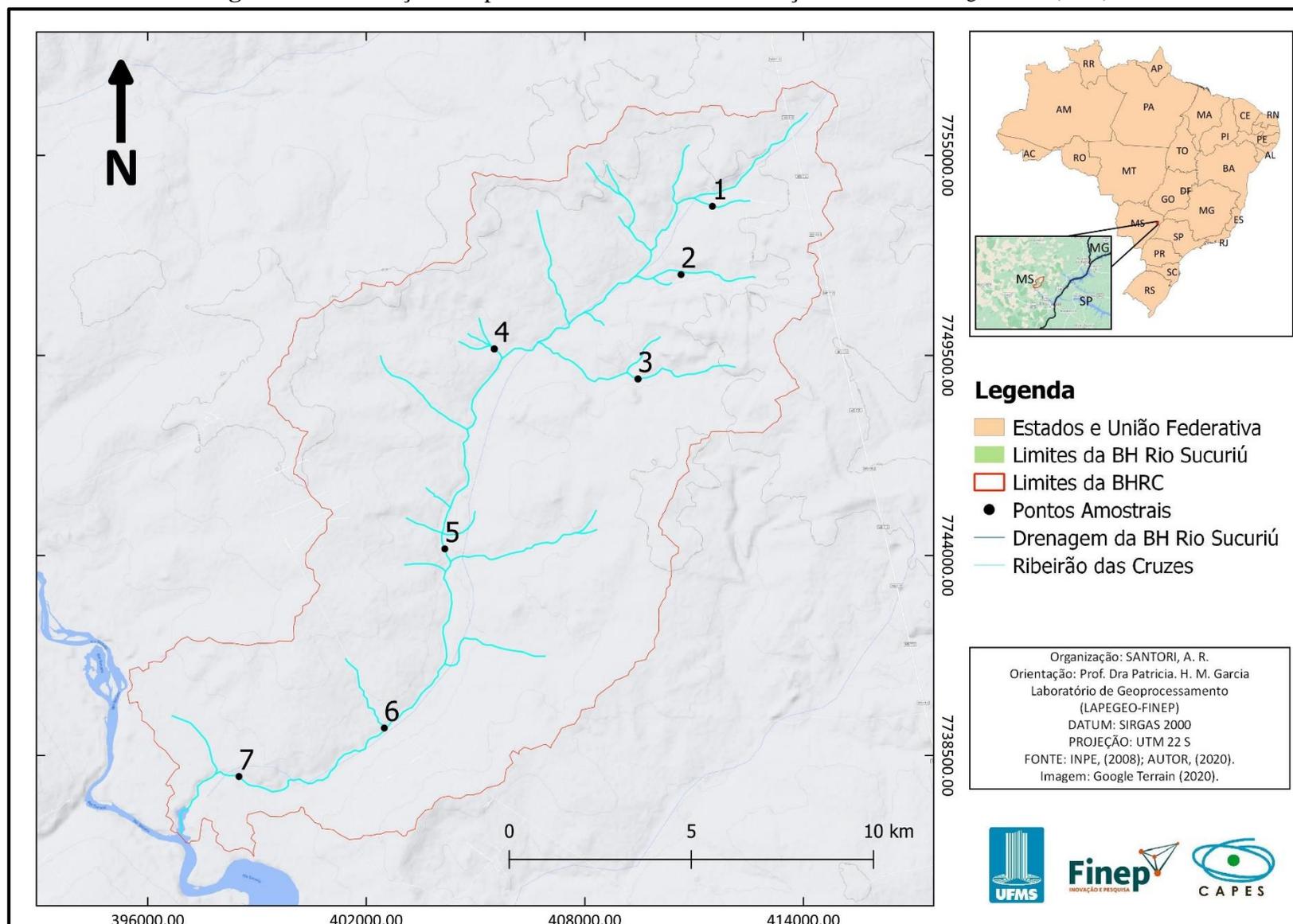
Os pontos de controle, são utilizados como posições georreferenciadas para avaliar e validar as variáveis discutidas na BHRC, no que se refere as informações geográficas básicas de uma relação de elementos da área de estudo e dos tipos (fisionomias) vegetais encontrados, e também no que tange suas condições de estrutura, características externas, e seus registros de espacialização e qualidade de desenvolvimento.

O campo para validação local das informações observadas em gabinete era inicialmente planejado para duas datas em 2020 (março e setembro), infelizmente por questões de logística, disponibilidade e outros motivos maiores, o campo previsto em março para validação dos dados sistematizados no início do período úmido não pode ocorrer.

A atividade de campo efetivamente realizada na BHRC, ocorreu para validar as características do final do período seco, e foi realizada em 28 de setembro de 2020. Deste modo, os dados obtidos em nas etapas de registro e observação deixaram claro e muito perceptível a regressão da qualidade, desenvolvimento e estrutura das coberturas vegetais.

Na figura 9 estão distribuídos os pontos em suas respectivas localizações pela área da BHRC, a espacialização dos pontos pela área e distância entre eles colaboram na avaliação mais ampla dos componentes discutidos.

Figura 9: Localização dos pontos de controle e de validação dos dados. Org.: Autor. (2020)



Todos os pontos de controle estão próximos a rede de drenagem do Ribeirão das Cruzes, os pontos estão distribuídos pela área da bacia hidrográfica em sentido NE. Faz-se importante destacar que uma característica comum a todos os pontos é a presença de dois ou mais tipos de ocupação da terra, assim, proporcionando a oportunidade de comparar o comportamento de cada um dos elementos que existem neste recorte.

A coleta e validação dos dados em campo foi separada em etapas, inicialmente foi feita a análise das formações vegetais presentes e dos elementos que compõem a paisagem local. Deste modo, foi preenchida a ficha com informações gerais de caracterização da área e critérios específicos para avaliação ambiental de sucessão ecológica baseada nas diretrizes da resolução CONAMA 01/94.

A tabela 3 apresenta algumas das informações gerais dos pontos são indicados elementos geográficos, além da presença ou não de impactos negativos e derivações ambientais como criação de animais (pisoteio/erosão), perda de solo, lixo/entulhos, estradas e queimadas entre outros.

Tabela 3: Informações gerais dos pontos de controle de campo na BHRC.

Pontos	Data de campo	Coordenadas Geográficas	Elevação (m)	Uso predominante*	Impactos
P1	23/09/2020	20° 18' 49" 51° 50' 43"	379	Pastagem	SIM
P2	23/09/2020	20° 19' 53" 51° 51' 52"	368	Pastagem	SIM
P3	23/09/2020	20° 21' 22" 51° 52' 03"	341	Pastagem	SIM
P4	23/09/2020	20° 20' 58" 51° 54' 04"	320	Eucaliptos	NÃO
P5	23/09/2020	20° 24' 13" 51° 55' 08"	306	Eucaliptos	NÃO
P6	23/09/2020	20° 26' 33" 51° 56' 04'	284	Eucaliptos	SIM
P7	23/09/2020	20° 27' 14" 51° 58' 24"	268	Pastagem/ Eucaliptos	SIM

Org.: Autor. (2020)

*Usos considerados no entorno do ponto (buffer)

A execução das coletas de campo também abarcou o registro de imagens (fotografias) com detalhes das características da paisagem em cada ponto de coleta e em áreas com a representação de algum atributo interessante da BHRC.

Para o registro das imagens foi utilizada uma câmera fotográfica semiprofissional Canon®, as imagens foram planejadas sempre buscando dimensionar nos registros a maior amplitude da área e aspectos interessantes da paisagem de cada local.

A metodologia de registro das fotografias seguiu dois padrões, um de fotos externas ao ponto em uma distância de 50 a 200 metros do centro do ponto para identificar os usos e as condições do entorno próximo, e outro com sequencias de fotos panorâmicas em 360° a partir de cada ponto para validar os parâmetros locais.

Foram obtidas entre 15 e 20 fotografias de cada ponto, somando-se a fotos de locais mais elevados e com maior campo de visão da área da BHRC e pontos com alguma representação importante para as correlações dos resultados.

As imagens a seguir representam uma parcela das informações visualizadas e obtidas nos sete pontos de controle, cada figura representa a paisagem e as características do local no conjunto de diferentes pontos na bacia, neste momento cada ponto será apresentado conforme a ordem de visitaçao na data de visitaçao, garantindo assim a noçao espacial da sequencia de paisagens e das coletas realizadas na área.

As imagens obtidas na atividade de campo tentam revelar parte das formas mais facilmente observáveis em uma análise visual rápida, valorizando principalmente a determinação de atributos gerais de vegetação, solo e água, e servindo como base para definição dos aspectos gerais do ambiente são representadas como uma primeira aproximação.

A figura 10 representa o cenário encontrado no ponto amostral 6, localizado nas coordenadas UTM de x. 7739272.7 N e y. 402524.9 E. A imagem revela parte da composição vegetal de mata de galeria não totalmente contínua como geralmente ocorre neste tipo de fisionomia.

Figura 10: Características gerais da paisagem no ponto de controle 7.



Fonte: Autor. (2020)

A figura 11 representa a composição dos recursos encontrados no ponto amostral 7 que está mais a jusante (localizado nas coordenadas UTM de x. 7737988.6 N e y. 398475.5 E. Este em relação ao anterior apresenta continuidade em elementos bióticos e abióticos.

Figura 11: Características gerais da paisagem no ponto de controle 6.



Fonte: Autor. (2020)

A figura 12 representa a composição dos recursos encontrados no ponto amostral 5, posicionado há alguns metros a montante dos dois pontos anteriores (localizado nas coordenadas UTM de x. 7743586.0 e Y. 404123.6 E. As características dos elementos da paisagem no geral também são semelhantes aos anteriores.

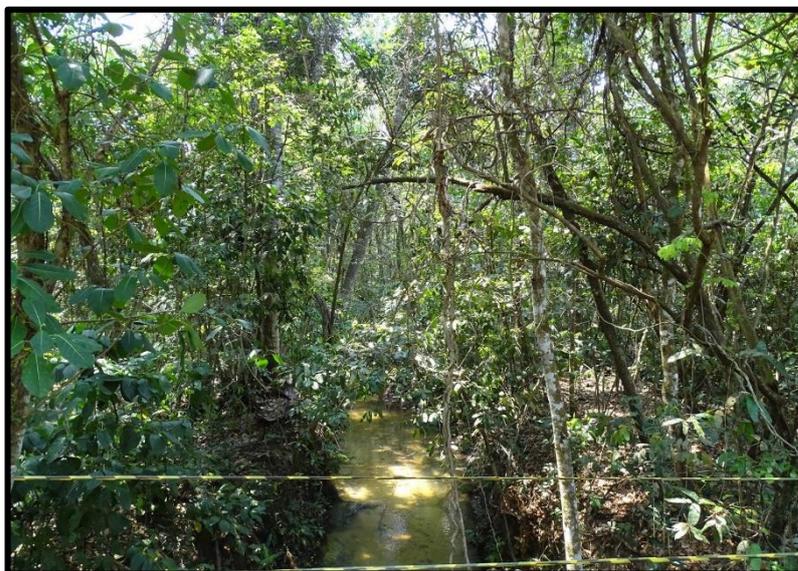
Figura 12: Características gerais da paisagem no ponto de controle 5.



Fonte: Autor. (2020)

A figura 13 apresenta um local com características comuns do tipo de vegetação ripária no ponto 4, este localiza-se a uma distância um pouco maior em relação ao conjunto de pontos já apresentados (localizado nas coordenadas UTM de x . 7749591.1 N e y . 405945.8 E. O curso d'água neste ponto apresentou-se mais estreito e a mata de galeria formou um dossel contínuo.

Figura 13: Características gerais da paisagem no ponto de controle 4.



Fonte: Autor. (2020)

A figura 14 retrata os elementos e a condição do ambiente encontrado no ponto 1 (localizado nas coordenadas UTM de x . 7753557.0 N e y . 405924.1 E. Este demonstra uma área com um curso d'água intermitente, onde o canal apresentou seu leito totalmente seco.

Figura 14: Características gerais da paisagem no ponto de controle 1.



Fonte: Autor. (2020)

A figura 15 apresenta atributos locais do que pode ser encontrado no ponto amostral 2 (localizado nas coordenadas UTM de x. 7751609.9 N e y. 409762.7 E. Podemos observar um local mais úmido com presença de água rasa em superfície e uma vegetação ciliar adensada.

Figura 15: Características gerais da paisagem no ponto de controle 2.



Fonte: Autor. (2020)

E a figura 16 indica a composição do último local visitado representando o ponto amostral 3 (localizado nas coordenadas UTM de x. 7748872.1 N e y. 409458.1 E. O padrão hídrico regido pela presença ou ausência de chuvas é o que caracteriza a intermitência que também existe neste local, além de uma vegetação mais verdejante e esparsa.

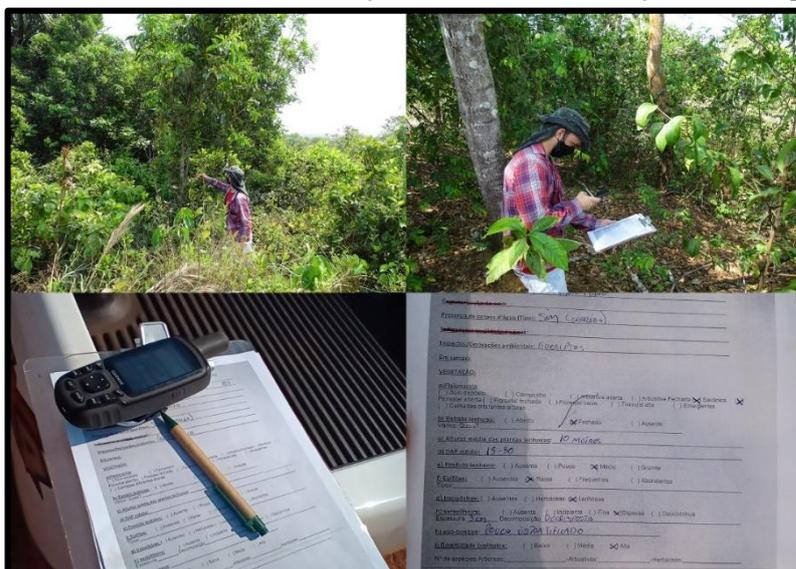
Figura 16: Características gerais da paisagem no ponto de controle 3.



Fonte: Autor. (2020)

A figura 17 ilustra parte da atividade de observação e aquisição dos dados, como o preenchimento da ficha e a aquisição de fotografias, a base da metodologia adotada em campo.

Figura 17: Processo de observação e coleta de informações em campo.



Fonte: Autor. (2020)

Os pontos de controle são bem distribuídos ao longo da extensão do Ribeirão das Cruzes, eles foram visitados no final do período seco, sendo que os três se localizam no canal principal mais a jusante, um está situado em uma nascente muito próxima a drenagem principal, e os últimos três estão próximos a nascentes com pastagens a montante.

A atividade de registros fotográficos dos componentes do ponto e seu entorno serve para colaborar na ilustração da avaliação e análise temporal e sazonal da vegetação.

A ficha de levantamento de campo elaborada foi utilizada em estudos de caracterização e diagnósticos ambientais em microbacias na região do Pontal do Paranapanema, no interior do estado de São Paulo (SANTORI, GOUVEIA, GUIMARÃES, 2017).

Para avaliar tecnicamente o desenvolvimento e vigor desta vegetação foi preciso identificar critérios de análise, baseados em regras de estudos de sucessão ecológica da resolução N° 01 de 1 de abril do ano de 1994, pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente (BRASIL, 1994).

Na primeira categoria avaliada, os critérios e atributos observados e preenchidos foram os mais gerais e observáveis de forma rápida, como meio de mensurar localmente e de serem confrontados em gabinete. Entre os quais temos:

- Uso da terra predominante.
- Observação do solo e relevo.
- Impactos e derivações ambientais.

Para a segunda categoria, foi aplicada a avaliação dos estágios de sucessão ecológica para o entorno dos pontos de coleta, com o objetivo de mensurar as condições das áreas de preservação permanente, levando em conta que todos os pontos foram fixados em cursos d'água da região. Foram observados os seguintes critérios:

- Fisionomia.
- Estrato e produto lenhoso.
- Altura média das plantas.
- Diâmetro a altura do peito (DAP).
- Presença ou ausência de epífitas, trepadeiras e lianas.
- Presença e estágios de decomposição da serapilheira.
- Presença de sub-bosque.
- Diversidade biológica.

Os seus parâmetros legais estão divididos nas duas categorias apresentadas, este material serve para validar de forma pontual a presença e os aspectos de parte dos elementos estudos (Figura 18). A ficha de levantamento de campo utilizada em metodologias aplicadas em outros estudos traz uma relação direta e simples de critérios, que podem ser adaptados para avaliação de diferentes contextos de cobertura da terra.

Figura 18: Ficha de levantamento de campo.

Identificação do ponto:	_____
Coordenadas (UTM):	_____ / _____
Uso da terra predominante (Raio de 50m):	_____
Caracterização do relevo:	_____
Caracterização do solo:	_____
Presença de corpos d'água (Tipo):	_____
Indicadores qualidade da água:	_____
Impactos/Derivações ambientais:	_____
Em campo:	
VEGETAÇÃO:	
a) Fisionomia:	
() Solo exposto () Campestre () Arbustiva aberta () Arbustiva Fechada () Savânica () Florestal aberta () Florestal fechada () Florestal baixa () Florestal alta () Emergentes () Camadas diferentes alturas	
b) Estrato lenhoso: () Aberto () Fechado () Ausente	
Vários. Quais? _____	
c) Alturas média das plantas lenhosas:	_____
d) DAP médio:	_____
e) Produto lenhoso: () Ausente () Pouco () Médio () Grande	
f) Epífitas: () Ausentes () Raras () Frequentes () Abundantes	
Tipos: _____	
g) trepadeiras: () Ausentes () Herbáceas () Lenhosas	
h) serapilheira: () Ausente () Incipiente () Fina () Espessa () Descontínua	
Espessura: _____ Decomposição: _____	
h) sub-bosque:	_____
i) Diversidade biológica: () Baixa () Média () Alta	
Nº de espécies Arbóreas: _____ -Arbustivas: _____ -Herbáceas: _____	
Palmáceas/Espécies: _____	
Em gabinete:	
-Ocupação à montante:	
- Usos impactantes:	

Fonte: Autor. (2020)

Na ficha o critério “Vegetação” aborda a caracterização das fitofisionomias, e a tipologia refere-se ao tipo de vegetação que está sendo observada, cada bioma ou domínio de vegetação possui em si diversas fitofisionomias e essas possuem por vezes características distintas entre si, mesmo pertencendo a um mesmo bioma, a fisionomia vai então corresponder a forma/condição que a vegetação esta constituída em determinado local.

Os resultados de estrato e produto lenhoso são importantes para avaliar a densidade da vegetação, analisando sua potencialidade de obtenção de lenha, estes critérios indicam se a vegetação está muito estratificada (com muitos indivíduos) ou pouco estratificada (com poucos indivíduos) e conseqüentemente suas relações de produto lenhoso.

A altura média das plantas lenhosas tem relação direta com o tempo de desenvolvimento da vegetação, pois, a tendência é que indivíduos mais antigos, portanto, em estágio avançado tenham alturas emergentes dentro dos fragmentos florestais.

O diâmetro a altura do peito (DAP) também é avaliado dentro destas características, considerando que os indivíduos arbóreos maiores e mais antigos apresentam tronco mais desenvolvido que os indivíduos menores e mais jovens.

A medida adotada ocorre a partir de uma altura de 1,30 metros do solo, e sua aplicação foi caracterização foi baseada em uma média geral dos principais e mais proeminentes indivíduos arbóreos dos pontos.

A diversidade biológica visa avaliar a condição ambiental da vegetação como um todo, observando e registrando o maior número possível de espécies diferentes nas fisionomias nativas existentes nos pontos.

4.2. Processamento dos Parâmetros Morfométricos.

O levantamento geomorfométrico adequado deve executar importantes etapas de ‘pré-processamento’ de dados, podendo determinar melhorias no processo de extração dos elementos, nos ajustes de inconsistências e na filtragem dos possíveis erros.

Deste modo, algumas das mudanças podem colaborar diretamente com a qualidade na representação dos objetos imageados na superfície terrestre.

No caso dos dados gerais do relevo local, a base utilizada foi uma quadricula com o Modelo Digital de Elevação (MDE), obtida pela missão de modelagem topográfica da superfície terrestre e consiste em uma relação de imagem *raster* de RADAR-SAR com dados de altimetria do Radar *Shuttle Radar Topography Mission* - SRTM 90m (VALERIANO, 2008), o material utilizado está disponível e foi extraído do Banco de Dados Geomorfométricos Brasileiro (TOPODATA/INPE).

O pré-processamento da quadricula 20S525ZN, que corresponde à região da área de estudo, resultou no arquivo *raster* recortado com os limites da bacia, nas curvas de nível cotadas em 20 metros e na rede de drenagem geradas, funcionando como base inicial do processamento.

Reprojeção ou registro do MDE

A reprojeção do *raster* local, consiste na alteração ou adequação dos sistemas de referências e coordenadas (SRC) entre sistemas geográficos e planimétricos, para viabilizar o processamento sem inconsistências.

Realizou-se a mudança do Datum WGS 84 Geográfico e WGS 84 22S Planimétrico para o Datum do sistema de geográfico em vigor no território nacional, o SIRGAS 2000 22S, inserido no plano de projeção da Unidade Transversal de Mercator (UTM).

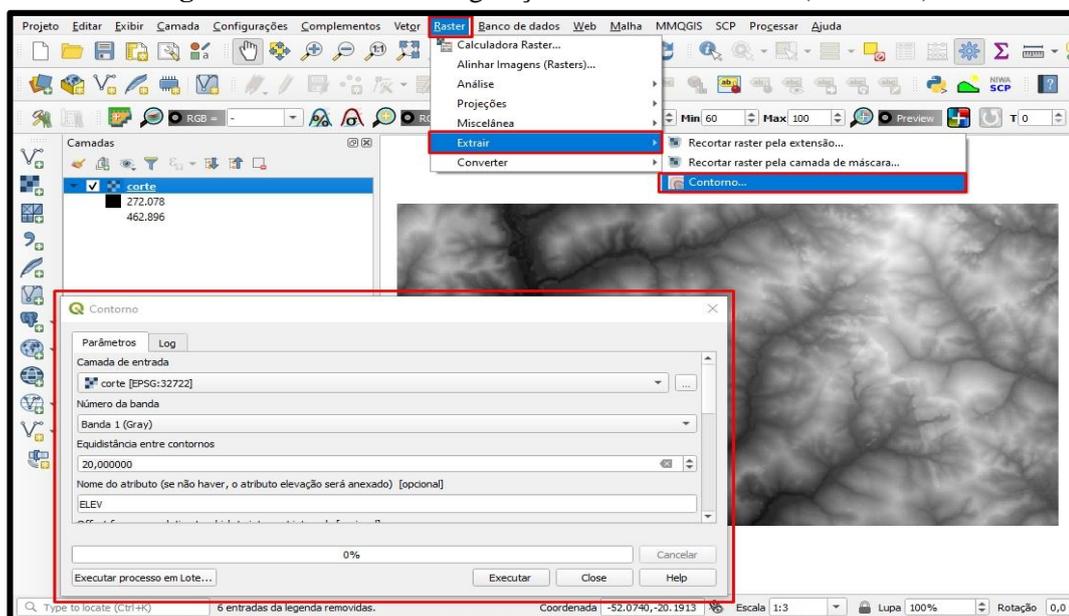
Curvas de nível, drenagem e recorte

As etapas seguintes conciliam a criação das curvas de nível com a rede de drenagem principal da bacia e a delimitação de sua área.

As curvas de nível foram extraídas na ferramenta de ‘Contorno’, acessando a sequência de comando ‘Raster > Extrair > Contorno’ (Figura 19). Na janela de diálogo foi necessário inicialmente definir a configuração básica, como a camada de entrada e o valor de equidistância entre as linhas com definição de 20 metros.

Assim, temos a “divisão” das altitudes em classes com cotas altimétricas de 20m em 20m, as linhas que representam as variações das cotas altimétricas podem ser utilizadas na criação dos valores de hipsometria e declividade.

Figura 19: Ferramenta de geração das curvas de nível (Contorno).



Fonte: Autor. (2020)

A última etapa é a geração dos limites da drenagem e dos limites do recorte da BHRC, ambas são informações espaciais importantes e de base para o banco de dados. Para a definição destes dados ambientais temos os seguintes processos:

Como primeiro passo para a obtenção dos dados de drenagem, foi utilizada a técnica de análise hidrológica do terreno conhecida como *'Fill skins'*, cujo processo consiste na identificação e posterior correção hidrológica do modelo de elevação.

A ferramenta de delimitação da rede de drenagem pode ser acessada no conjunto de opções digitais para análises hidrológicas do terreno no QGIS 3.6®.

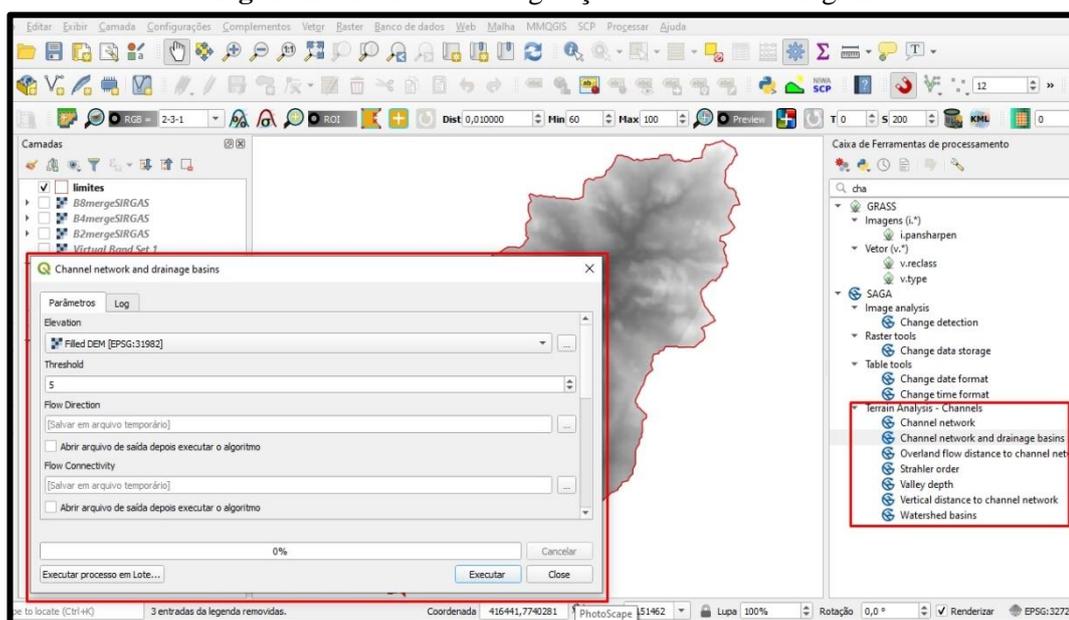
Neste passo da metodologia adotou-se a utilização do complemento SAGA® (2.3.2) do QGIS 3.6®, adequado para delimitação de características físicas do MDE. A extração ou delimitação da drenagem ocorre por meio de algoritmos de processamento e análise hidrológica do terreno.

Para este processo foi preciso realizar a correção hidrológica do MDE, gerando assim um novo *raster* configurado, este processo pode ser executado com uso das ferramentas do já mencionado algoritmo SAGA®, que por sua vez pode ser acessado na caixa de ferramentas de processamento.

A delimitação da drenagem com as informações do MDE hidrológicamente corrigido é o próximo passo. O resultado pode ser obtido também pelo conjunto de algoritmos SAGA®, com a ferramenta *'Channel network and drainage basins'*, é importante salientar que além da delimitação dos canais, esta ferramenta também executa outros processos de análise do terreno como a identificação de nascentes.

Na janela de parâmetros é preciso determinar o dado de elevação, que nada mais é do que o Modelo Digital de Elevação corrigido; determinar o nível de detalhamento da drenagem, neste estudo optamos por manter o valor padrão (5), porém este dado pode ser explorado conforme o interesse do usuário. Sendo que valores maiores generalizam mais os resultados; por fim manter selecionada apenas a opção *'Channels'*, salvar a nova camada no banco de dados e executar (Figura 20).

Figura 20: Ferramenta de geração da rede de drenagem.



Fonte: Autor. (2020)

A drenagem em formato vetorial obtida no processamento precisa passar pela edição vetorial, com o objetivo de ajustar os limites do curso d'água, com o posicionamento real destes recursos na imagem de satélite. Os limites da bacia hidrográfica servem como base para o recorte da quadrícula SRTM, este processo foi constituído a partir da base oferecida pelas imagens de satélite na definição da real espacialização da rede de drenagem.

O passo de delimitação da BHRC engloba o processo de identificação das áreas drenadas por um conjunto de rios de variadas dimensões.

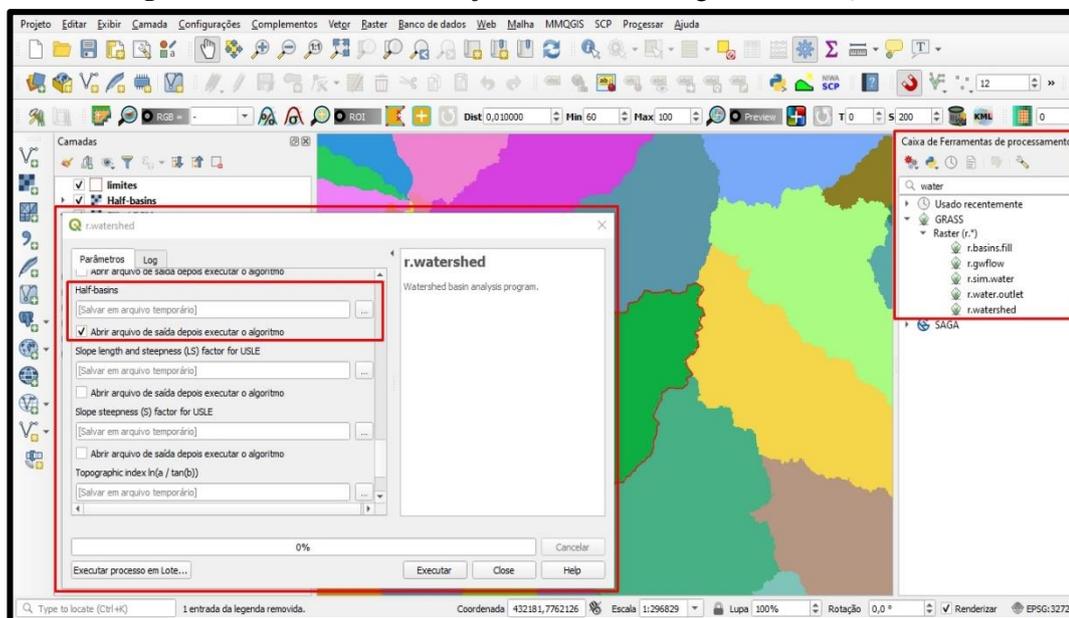
Para a delimitação deste recorte em ambiente SIG, passamos a utilizar outro algoritmo complementar do QGIS 3.6®, conhecido como GRASS® (7.6.1), nele é possível realizar processos e extrações tanto em arquivos matriciais como em vetoriais. Ainda, pode-se utilizar a ferramenta conhecida em ambiente SIG como '*Watershed*', que tem a função de reconhecer e definir limites de bacias hidrográficas segundo parâmetros pré-estabelecidos.

Na janela de ferramentas, basta indicar a quadrícula inteira ou o recorte do MDE com correção hidrológica como camada de entrada, o mais importante é o parâmetro de mínimo tamanho do exterior, que pode limitar o detalhamento da área de canais com maior classe de tamanho. Como último parâmetro é preciso manter somente selecionado o arquivo de saída denominado '*Half-Basins*', que é o mais relevante nesta etapa da metodologia.

Na figura 21 apresenta-se os parâmetros apontados na delimitação do recorte da BHRC, optou-se por determinar o valor mínimo de delimitação em 310.000, pois este foi o dado que

pode melhor fornecer a delimitação precisa na real escala da bacia hidrográfica do Ribeirão das Cruzes.

Figura 21: Janela de delimitação de bacias hidrográficas no QGIS 3.6®.



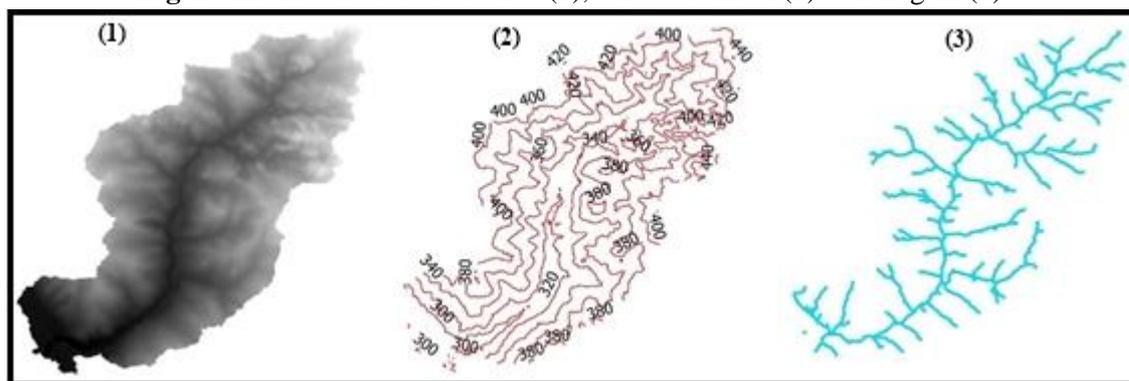
Fonte: Autor. (2020)

A última etapa desta parte do processamento é reduzir o tamanho do modelo de elevação com o recorte da área de estudo, este processo é simples e pode ser concluído a partir do recorte obtido em shapefile na etapa anterior.

Com o algoritmo *'Extract by mask'* inserido na caixa de ferramentas e análise de dados matriciais foi realizado o recorte da quadrícula. Para a base deste processo é preciso um arquivo vetorial informando o polígono de delimitação da bacia hidrográfica, com isso pode-se realizar o recorte definindo a área de interesse.

O resultado consiste na delimitação espacial e nas características da drenagem do local e na extração do recorte de estudo. A figura 22 apresenta os produtos de base obtidos na atividade de pré-processamento dos dados altimétricos do MDE, e que serão utilizados na obtenção dos demais parâmetros geomorfométricos do recorte da BHRC.

Figura 22: Recorte *raster* da área (1), curvas de nível (2) e drenagem (3).



Fonte: MDE/TOPODATA Project (2008)

Baseando-se na aplicabilidade de estudos de morfometria da área realizados por Santori e Mirandola-Garcia (2020), optou-se por replicar parte desta metodologia de obtenção dos parâmetros morfométricos selecionados.

Este processo de extração de dados do relevo divide-se em etapas que correspondem as técnicas de aquisição utilizadas em SIG. Estas etapas visam elucidar e colaborar com a realização desses processamentos de forma simples e aplicada. Seguindo a metodologia difundida, as etapas de identificação e extração das informações do MDE são explicadas ressaltando suas formas de aplicação.

A escolha de determinados parâmetros morfométricos para caracterização e representação neste estudo, busca realizar possíveis correlações entre determinadas particularidades do relevo e a sua possível influencia em outros componentes (água e vegetação).

Essa caracterização consiste em obter informações mais específicas da conformação e da dinâmica ambiental do relevo, apoiada também pelas informações geológicas e geomorfológicas que são a base estrutural de definição física do relevo.

Deste modo, tendo consciência das possíveis aplicabilidades destas informações na compreensão sistêmica do recorte analisado, foi selecionado um conjunto de parâmetros altimétricos do MDE utilizados no processamento digital do relevo, são eles:

- **Hipsometria:** definição de classes de altitude em uma unidade horizontal no terreno, conhecidas como cotas altimétricas.
- **Declividade:** definição de estratos variáveis na topografia representados por valores que compõem um gradiente onde se baseiam as razões da variação altimétrica ou variação de cota.

Hipsometria

Esta variável consiste na geração da carta hipsométrica do relevo e a extração das cotas altimétricas através da análise dos valores contidos no MDE.

Nesta etapa, são trabalhados elementos básicos registrados no arquivo *raster* para este parâmetro, basta realizar um tratamento básico da quadricula. Assim, anteriormente será necessário definir como e de que forma, os dados de hipsometria serão representados seguindo o objetivo do estudo.

Deste modo, os parâmetros morfométricos identificados e apresentados neste estudo seguem a proposta de relação de parâmetros quantitativos do relevo que permitem o esclarecimento de questões e o contexto de gênese e dinâmica da paisagem.

A extração de cada uma das informações variáveis ocorre através do tratamento e processamento dos dados do Modelo Digital de Elevação (MDE) da área, e pode ser realizada através de diversas ferramentas específicas de processamento digital do relevo baseadas em SIG.

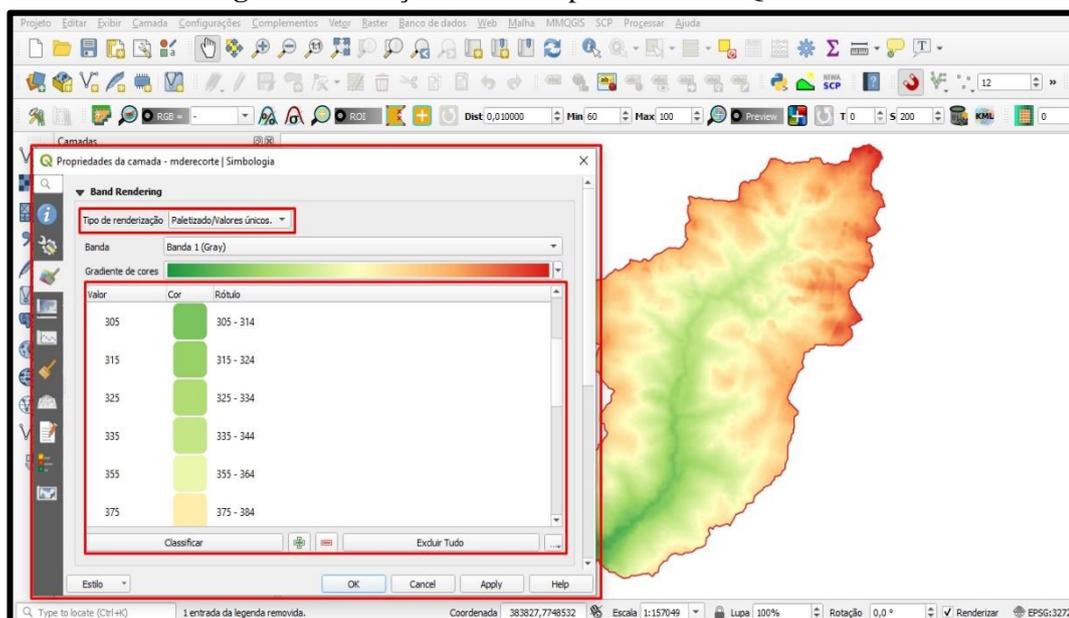
Na geração deste produto optamos pela divisão dos valores de altitude da área em classes com um conjunto de 20 metros, cada partindo do valor de 275 metros até 456 metros, obedecendo a estrutura e orientação das curvas de nível da área.

Este procedimento foi realizado manualmente nas propriedades de renderização de bandas do QGIS 3.6®, entre os tipos de renderização foi selecionado a opção ‘Banda simples falsa-cor’ e a escolha de um gradiente de cores da opção ‘Cpt-City’, por fim selecionando o gradiente das opções de temas para “*Topography*”, que varia entre tonalidades frias e quentes de determinadas cores, esta variável é totalmente trabalhada com a simbologia do *raster*.

O *raster* MDE contém células de imagem (*pixels*) com valores embutidos que variam conforme as características reais do relevo na superfície terrestre analisada; assim, para geração da carta hipsométrica, basta dividir ou classificar as cotas altimétricas (*Z*) em cores que melhor representem a variação deste dado no espaço.

O conjunto de células ou quadriculas de imagem (*pixels*) com variações determinadas pelas características do relevo (Figura 23).

Figura 23: Criação da carta hipsométrica no QGIS 3.6®.



Fonte: Autor. (2020)

Declividade

Estas informações podem ser obtidas pela definição da porcentagem de variação da ondulação do terreno, determinando o valor dos declives e seu grau de acentuação.

A classificação da declividade seguiu como base os critérios e as classes de declividade do terreno da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 1999), sendo estas: plano, suave ondulado, ondulado, forte ondulado, montanhoso e escarpado.

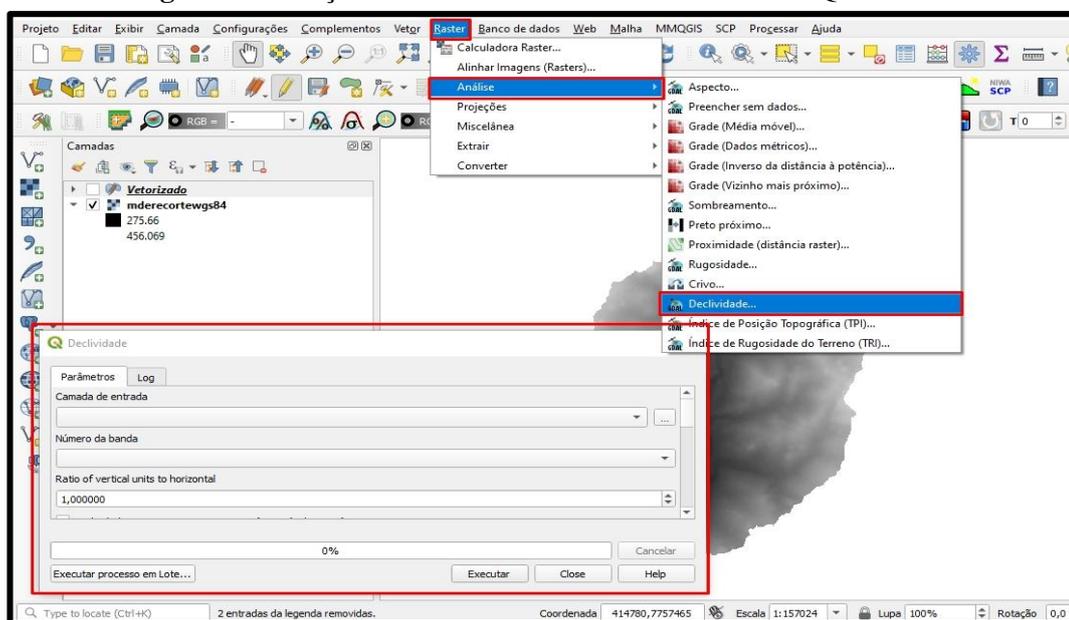
Em ambiente SIG o processo de criação de declividades é gerado por uma ferramenta de análise do terreno também conhecida como '*Slope*'. A declividade funciona analisando os parâmetros do relevo a partir das unidades verticais e horizontais seguindo basicamente o comando 'Raster > Análises > Declividade (Slope)'.
 Desta forma, a metodologia optou por extrair de modo automático os dados de declividade da área pelo algoritmo de dados *raster* '*Gdal:slope*'.

Na caixa de diálogo das ferramentas é preciso definir dois parâmetros essenciais, o primeiro é definir a camada de entrada com a seleção da quadrícula SRTM utilizada (MDE) e o segundo é habilitar a função em que a declividade deve ser expressa em porcentagem (%) e não em graus e definir o local de armazenamento do arquivo de saída.

Assim como na hipsometria, é importante selecionar nas propriedades da camada um conjunto de cores que torne mais adequada a representação das porcentagens de declividade da

área. Na figura 24 é apresentada a janela de execução do cálculo de declividade do SRTM de forma automatizada.

Figura 24: Criação da carta de declividade do terreno no QGIS 3.6®.



Fonte: Autor. (2020)

Como aponta parte da metodologia anteriormente articulada, alguns dos dados processados com base no arquivo *raster*, precisam ter suas informações vetorizadas com o objetivo de adquirir maiores informações.

Após a extração dos dados, optou-se por vetorizar os dados obtidos a fim de extrair informações e cálculos de área; o mesmo procedimento foi executado para as cartas de hipsometria e declividade.

O processo de vetorização é executado no menu '*Raster*' do QGIS 3.6® através das opções de conversão, executando a ferramenta '*Raster para polígono*' ou simplesmente '*Poligonizar*'.

4.2.1 Processamento dos Mapas-Base (Pedologia e Geologia).

Os primeiros dados obtidos e manipulados com a realização de ajustes e correções, são as informações ambientais gerais ou de base, ou seja, os dados ambientais de geologia e pedologia que compõem a estrutura geoambiental da paisagem no recorte analisado.

Estes dados gerais são úteis à medida que podem influenciar em diferentes níveis, o registro e a obtenção do comportamento dos alvos e o processo de imageamento orbital de sensores remotos.

Registro do sistema de coordenadas.

A primeira etapa consiste na execução do registro dos dados, para o sistema de coordenadas e referências adequado a localização do recorte em estudo. O registro é uma necessidade costumeira em geoprocessamento objetivando a integração de dados e imagens de diferentes fontes ou sensores em sistema de coordenadas padrão (NOVO; PONZONI, 2001).

Para iniciar este procedimento é preciso identificar inicialmente em que fonte geográfica os arquivos apresentam-se.

O registro é realizado no QGIS 3.6® com a utilização do comando: 'Vetor > Gerenciar dados > Reprojeter camadas' no menu de ferramentas. Na janela de diálogo do software devemos indicar a camada de entrada, o sistema de referências e coordenadas (SRC) de destino e o local onde será salvo o arquivo com a nova projeção.

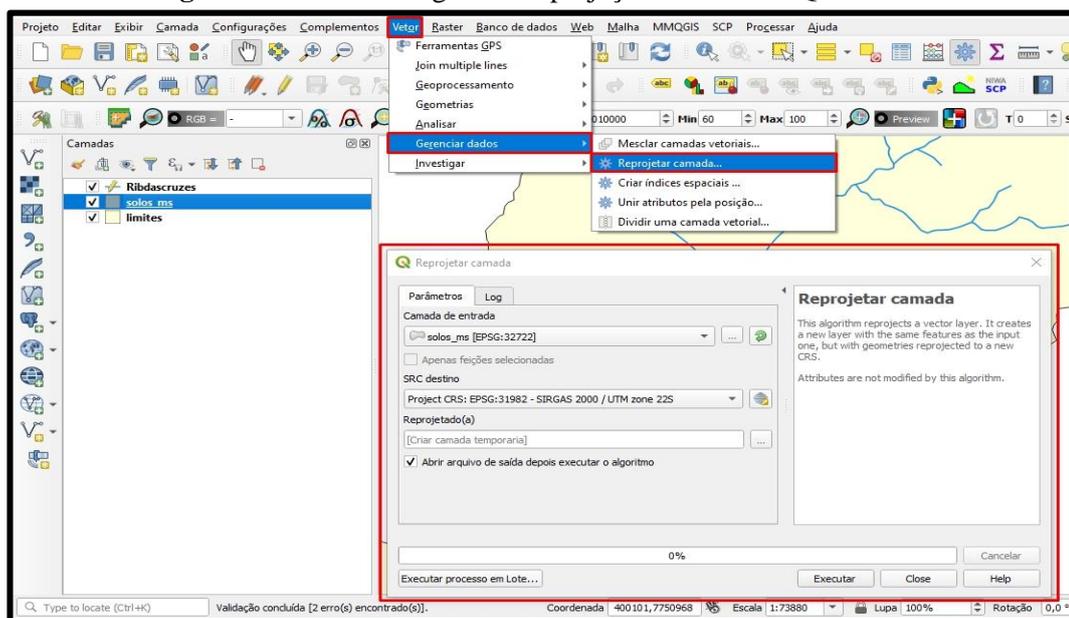
Neste caso, as informações já constam na projeção cartográfica plana ou cartesiana, onde localizações reais no globo são identificadas com coordenadas x, y e z, e não com graus, minutos e segundos, comumente utilizados em sistemas geográficos.

Desta forma, essas três informações gerais do ambiente foram registradas para o Datum geodésico SIRGAS 2000, que corresponde ao sistema de referência geocêntrico oficial e, portanto, mais adequado para o sistema cartográfico e de mapeamento nacional.

Posteriormente, os dados vetoriais são registrados para o sistema de coordenadas planas com base na Unidade Transversal de Mercator (UTM), a partir do hemisfério sul e da latitude 22 (SIRGAS 2000 UTM 22S - 31982).

A figura 25 representa os caminhos seguidos para o procedimento de registro ou reprojeção de todos os produtos utilizados, deixando todo o banco de dados no mesmo padrão de referências e sistema de coordenadas planimétricas.

Figura 25: Janela de registro e reprojeção do SRC no QGIS 3.6®.



Fonte: Autor. (2020)

Recorte ou extração.

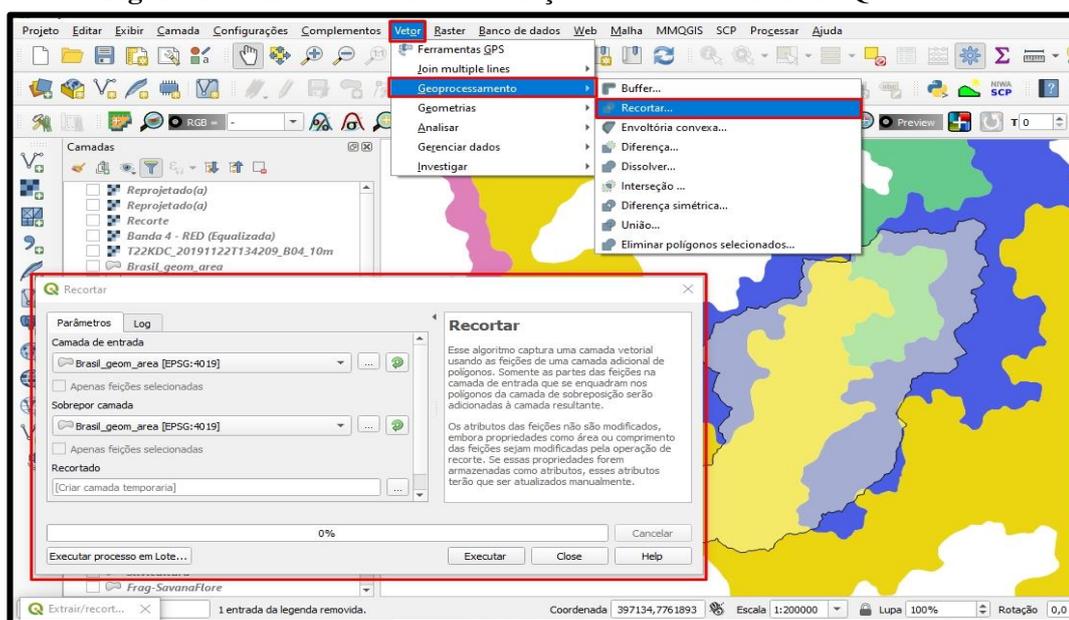
A segunda etapa baseia-se no recorte das camadas vetoriais com as informações ambientais, assim, delimitando apenas a informações que faz referência aos dados presentes na área da BHRC.

Nesse sentido, todas estas informações precisam ser delimitadas obedecendo a escala local da BHRC que se limita a 212,3 km² de extensão. O recorte de elementos vetoriais que representam os mapas-base, pode ser realizado por duas ferramentas específicas de sobreposição de vetores do QGIS 3.6®,

O processo pode ser realizado pelo algoritmo '*Native:extractbyextent*', esta ferramenta recorta o vetor por meio de uma extensão enquadrada em valores xmin, xmax e ymin, ymax; e o algoritmo '*Native:clip*' também acessível seguindo a linha: 'Vetor > Geoprocessamento > Recortar'. Este foi o procedimento utilizado nesta metodologia, recortando a camada vetorial nas feições de uma camada adicional de polígonos, desta forma apenas as feições sobrepostas pela camada máscara serão recortadas pela ferramenta.

Na figura 26 estão exemplificados o funcionamento e os elementos básicos de utilização da ferramenta de recorte, vale lembrar que todos os dados de subprodutos diretos da BHRC são delimitados por esta técnica.

Figura 26: Janela de recorte ou extração de dados vetoriais no QGIS 3.6®.



Fonte: Autor. (2020)

Edição vetorial.

A terceira etapa tem como base as correções e ajustes que possam ser necessárias para editar o formato e a distribuição das feições ou classes presentes em um polígono, e tem como base a execução do modo de edição de feições de polígonos (vetores).

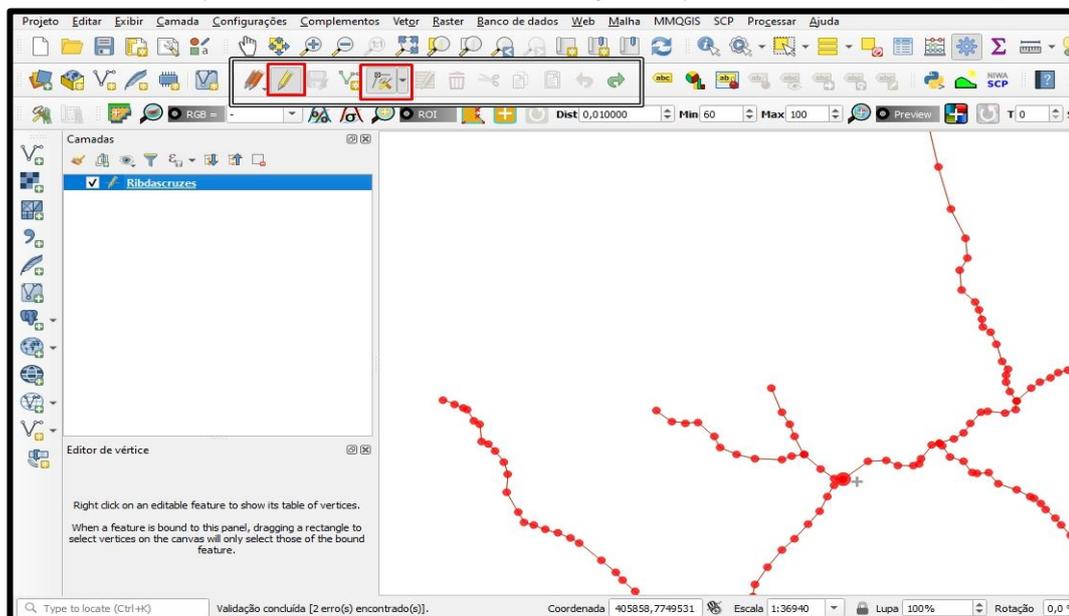
Estudos realizados por Longley et al. (2013) ressaltam que dados vetoriais fornecem representações do mundo real com a definição de elementos geométricos como pontos, linhas e polígonos. Este tipo de informação pode ser operada com ferramentas de análise integrada de dados, estas podem ser utilizadas para demandas relacionadas a digitalização dos elementos terrestres em determinado recorte.

A edição vetorial dos mapas-base, consistiu de modo simples na correção dos limites dos polígonos próximos aos limites ou bordas da bacia hidrográfica. O objetivo foi corrigir imperfeições na delimitação, e que por ventura podem estar ultrapassando ou não alcançado precisamente o recorte. No último caso, podem existir áreas que não foram delimitadas e se apresentam “sem informação”, estes erros normalmente ocorrem no processo de recorte ou extração apresentados no subitem anterior.

A edição inicia-se clicando com o botão esquerdo na camada vetorial, em seguida aplicamos a habilitação da ferramenta ‘Alternar edição’, assim, algumas das opções disponíveis no menu de digitalização de dados do QGIS 3.6® podem ser utilizadas. (Figura 27)

Entre elas, selecionamos a ‘Ferramenta de vértice’ e na tela de visualização dos dados começamos a realizar as correções e ajustes necessários em cada um dos polígonos das respectivas informações ambientais utilizadas (pedologia e geologia).

Figura 27: Habilitação da caixa de ferramentas de digitalização de dados vetoriais no QGIS 3.6®.



Fonte: Autor. (2020)

4.3. Processamento Digital de Imagens (PDI).

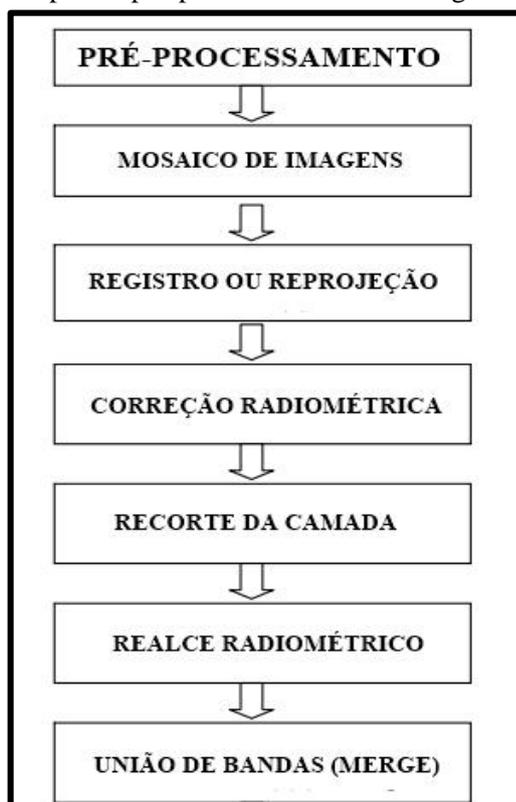
A utilização do PDI evoluiu muito no mundo das geotecnologias e da tecnologia da informação. Os resultados produzidos nesta etapa seguem um conjunto prático de passos que são explorados e exploram as informações de interesse. Vale ressaltar que a correção e o realce radiométrico podem igualmente ser aplicados ou não conforme a necessidade da pesquisa.

Estes passos de execução podem ser alterados conforme o interesse da pesquisa, mas optou-se por iniciar com o mosaico para limitar a quantidade de imagens utilizadas em diferentes bandas nos dois anos estudados (ver tabela 3).

A manipulação de imagens e de dados multidimensionais é a principal ferramenta de produção dos produtos que são posteriormente submetidos a outros processos. Este conjunto de técnicas são aplicados de forma sistemática em cada dado espacial usado com base da análise.

Na Figura 28 constam as etapas seguidas no preparo das imagens que foram utilizadas neste estudo e que são descritas no próximo item.

Figura 28: Etapas de pré-processamento das imagens Sentinel-2B.



Fonte: Autor. (2020)

As informações representadas em produtos de satélite e técnicas de SR são complexas e podem ser interpretadas com diferentes objetivos.

Esses elementos de figura registram em si, a resposta espectral da superfície por meio de sensores que detectam a interação da REM com os alvos em superfície e a cada classe de elementos identificados é atribuído um nível de cinza. Estes dados corresponde a resolução radiométrica da imagem que pode variar em níveis de cinza.

Identificação e seleção das imagens Sentinel-2B

As imagens sentinel-2 são fornecidas na extensão JP2 elas podem ser consultadas e obtidas no catálogo disponível na plataforma *Earth Explorer* do USGS, os parâmetros da ferramenta de busca deste banco de dados permitem selecionar entre as plataformas Sentinel-2A ou Sentinel-2B e entre os níveis de processamento 1C ou 2A.

Foram realizadas duas buscas com parâmetros pré-definidos nas opções do banco de dados USGS, delimitou-se o recorte temporal da primeira busca entre o início do mês de abril e final do mês de setembro de 2018, acompanhando o indicativo de chuvas de todo o ano e

analisando o período marcado com menores valores de precipitação diário ou mensal do qual identificamos como o período seco do ano que varia de 5 a 6 meses na região leste do estado do Mato Grosso do Sul.

Na segunda busca, para o conjunto de imagens do ano de 2019 foram mantidos os mesmos critérios de seleção das imagens, com o objetivo de comparar não apenas a relação entre a evolução dos dois períodos secos do ano, mas também das imagens de mesmo mês para os dois anos consecutivos.

Desta forma, ficam definidos como dois, os principais critérios utilizados para identificação e seleção das imagens trabalhadas neste estudo. O primeiro é o já apresentado período seco, observando o critério de sazonalidade na avaliação espectral das imagens.

O segundo critério é intrinsecamente relacionado a dinâmica do primeiro, pois, este consiste na seleção de imagem com o menor percentual possível de cobertura de nuvens na área, assim, buscando cenas que não contenham interferências ou algum tipo de perda de informação.

É importante lembrar que devido as características da grade de imagens do sensor foi necessária a aquisição de duas cenas vizinhas para realização de um mosaico contemplando toda a área de estudo. As imagens vizinhas utilizadas em conjunto para posterior recorte da BHRC são referentes as quadriculas T22KDC e T22KCC da grade de imageamento do Sentinel-2.

Como já destacado, foram selecionadas imagens de dois períodos em dois anos consecutivos, as imagens são datadas e representam o início (abril e maio) e o final (setembro e outubro) do período seco ou chamada estação seca, muito bem marcada na região nos meses de outono e inverno com valores de pluviosidade baixos e diminuição considerável da umidade relativa do ar.

Em 2018 foram selecionadas dois pares de cenas do início período seco em 11 de abril logo começo do outono e já com forte redução das chuvas; enquanto as imagens do final do período datam de 08 de setembro já com a proximidade do final do inverno e aumento da temperatura, umidade relativa e volume de chuvas.

Em 2019 foram selecionadas dois pares de cenas do início período seco que datam de 26 de abril e a data de 23 de setembro que corresponde ao final, em ambos os períodos dos dois anos selecionados, a escolha das bandas para análise foi baseada na qualidade visual e na utilidade de cada uma delas em conjunto. Inicialmente para produzir uma composição RGB e posteriormente como ferramentas de técnicas de SR como o índice NDVI.

A resolução espectral dos produtos adquiridos corresponde as regiões do visível e do infravermelho, a resolução espacial corresponde a 10 metros de extensão para todas as cenas trabalhadas e a resolução temporal corresponde ao ciclo de revisita da orbita descendente do sensor que é de 5-6 dias.

De forma geral as imagens utilizadas correspondem a um conjunto de produtos da plataforma Sentinel-2B geradas pelo seu sensor MSI em um nível de processamento digital conhecido como 1C. Na tabela 4 são indicados os materiais utilizados no processamento digital e algumas informações complementares.

Tabela 4: Relação de bandas utilizadas e suas informações básicas.

Nome	Banda	Data	nmC*	Nível/Orbita	Arquivo
T22KCC + T22 KDC (20180411T201448)	Banda 2 (BLUE)	11/04/2018 08/09/2018	492.1	1C/124	JP2/Tiff
T22KCC + T22 KDC (20180908T200726)					
T22KCC + T22 KDC (20180411T201448)	Banda 4 (RED)	11/04/2018 08/09/2018	665	1C/124	JP2/Tiff
T22KCC + T22 KDC (20180908T200726)					
T22KCC + T22 KDC (20180411T201448)	Banda 8 (NIR)	11/04/2018 08/09/2018	883	1C/124	JP2/Tiff
T22KCC + T22 KDC (20180908T200726)					
T22KCC + T22 KDC (20190426T151214)	Banda 2 (BLUE)	26/04/2019 23/09/2019	492.1	1C/124	JP2/Tiff
T22KCC + T22 KDC (20190923T201459)					
T22KCC + T22 KDC (20190426T151214)	Banda 4 (RED)	26/04/2019 23/09/2019	665	1C/124	JP2/Tiff
T22KCC + T22 KDC (20190923T201459)					
T22KCC + T22 KDC (20190426T151214)	Banda 8 (NIR)	26/04/2019 23/09/2019	883	1C/124	JP2/Tiff
T22KCC + T22 KDC (20190923T201459)					

Org.: Autor. (2020)

nmC*= comprimento de banda central

4.3.1 Tratamento e gerenciamento de imagens orbitais no QGIS 3.6®.

As etapas realizadas nos dados vetoriais também serão executadas no pré-processamento das imagens de satélite selecionadas. A elas se somam as etapas de união de

bandas, conversão de ND em reflectância e ajuste de contraste, processos essenciais a este processamento digital.

Mosaico de imagens

O mosaico é a ferramenta para realizar o processo de junção entre imagens próximas, como é sabido os satélites realizam o imageamento orbital da superfície por meio de cenas sequenciadas em limites determinados, criando assim um complexo grid de imagens. (CÂMARA, 2001)

O processo consiste de modo simples na utilização da ferramenta de criação no comando: ‘Raster > Miscelânea > Construir raster virtual’.

No caso do mosaico pretendido neste estudo, é preciso unir as cenas das quatro datas entre os anos de 2018 e 2019, com o intuito de termos o imageamento completo da área de estudo que, apesar de não ser grande, está localizada exatamente entre os limites de duas cenas.

Nos parâmetros, é importante remover a seleção da opção que aloca cada cena em uma banda separada, desta forma o algoritmo entende que as cenas precisam ser unidas geometricamente e não por empilhamento.

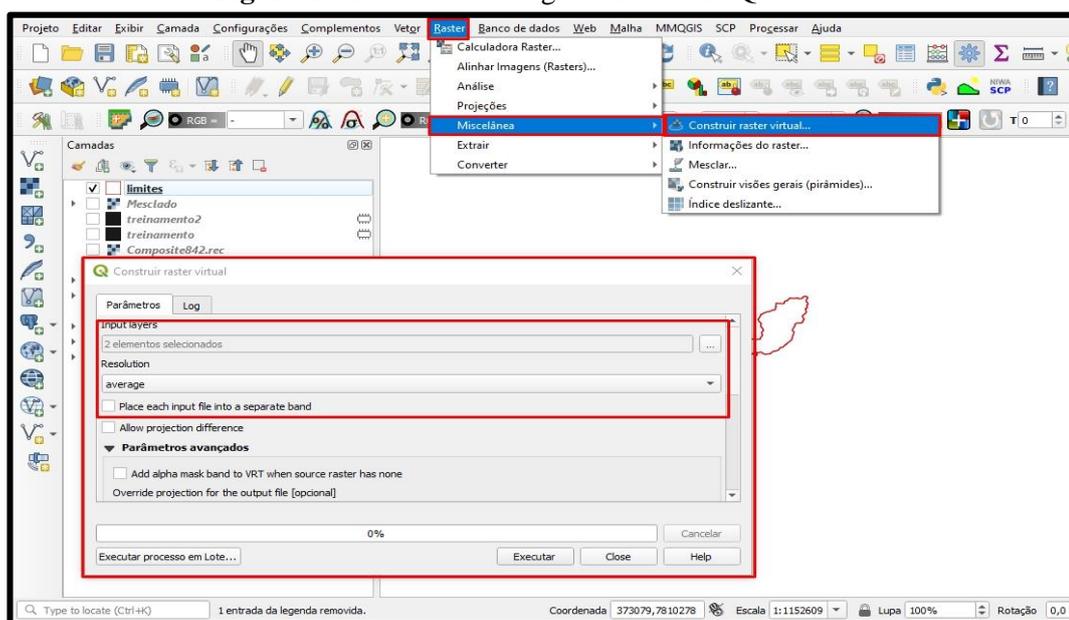
O formato de arquivo original das imagens Sentinel-2 é o ‘Jpeg 2000’ este formato também pode ser trabalhado no QGIS 3.6® normalmente, porém, é mais conveniente para alguns processamentos que a imagem esteja no formato ‘Geotiff’.

Nesta ferramenta matricial os produtos são gerados como arquivo virtual (.vrt) é necessário a conversão de formato destes arquivos em formato ‘Geotiff’ ou ‘BigTiff’ adequado para a representação de informações com volumes consideráveis.

Este último procedimento pode ser feito na ferramenta de conversão de *raster* seguindo: ‘Raster > Converter > Converter o formato’, selecionando o mosaico virtual da respectiva banda e no formulário de parâmetros avançados deve ser criado um novo campo com nome ‘BIGTIFF’ e valor ‘YES’ e validar, desta forma, a linha de comando do algoritmo pode realizar a conversão do arquivo e salva-lo neste formato em caso de áreas já recortada basta selecionar a opção de formato de arquivos .tiff na opção de saída.

Esta ferramenta será novamente utilizada em outro passo do pré-processamento, porém, com outros critérios e parâmetros definidos. (Figura 29)

Figura 29: Mosaico de imagens orbitais no QGIS 3.6®.



Fonte: Autor. (2020).

Registro

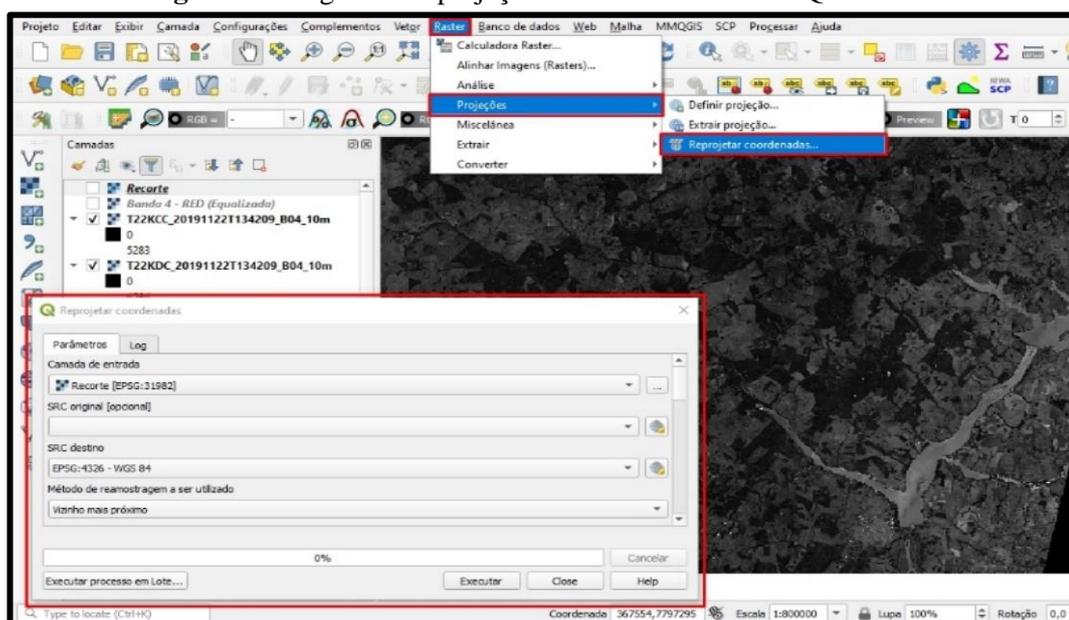
O processo de 'Registro' ou reprojeção de camada *raster* consistiu na mudança do SCR das bandas 8, 4 e 2 das duas cenas adquiridas para os anos de 2018 e 2019 e que compõem toda a área da BHRC. Segundo Crósta e Souza Filho (1997) as transformações realizadas no registro das imagens são essenciais para que ocorra maior precisão cartográfica da representação, visando reduzir as distorções presentes em fenômenos e objetos da superfície.

No item de processamento dos mapas-base definiu-se que, as possibilidades do registro de dados em sistemas de coordenadas adequados aos padrões cartográficas da área, facilitam o processamento digital de imagens corrigindo e removendo imperfeições geométricas e distorções na projeção.

Como complementação a este entendimento Ferreira (2011), aponta que na construção integrada de um banco de dados, o registro trabalha como uma transformação geométrica entre elementos de imagem (linha e coluna) com coordenadas geográficas.

Para acessar o processo de registro deve-se seguir o comando de execução destas ferramentas: 'Raster > Projeções > Reprojeter coordenadas'. Na janela de registro do QGIS 3.6 é preciso selecionar e configurar corretamente os dados de entrada e os SRC original e alvo e o método de reamostragem como 'vizinho mais próximo' (Figura 30).

Figura 30: Registro e reprojeção de *raster* em SRC no QGIS 3.6®.



Fonte: Autor. (2020)

Correção radiométrica (conversão do ND)

Para a visualização da relação de valores de refletância em cada banda do sensor, é preciso realizar a conversão dos valores de ND em refletância.

O processo é conhecido como correção radiométrica e pode ajudar na melhoria dos efeitos que são causados pelos sensores. Este processo é muito importante na execução de análises de índices de vegetação graças a sua contribuição na diferenciação das assinaturas espectrais entre diferentes espécies, formas e tipos de vegetação presentes na área.

Segundo estudo aplicado por Silva (2018) quando se tratam de análises que buscam o entendimento dos processos que fazem parte da interação de energia e intensidade, é indispensável a conversão dos ND para grandezas físicas, assim, melhorando as possibilidades de interpretação e caracterização das propriedades do alvo.

Novo e Ponzoni (2001) explicam o processo de imageamento em S.R e a construção dos *Digital Numbers*.

O sensor registra a REM refletida de uma específica porção da superfície terrestre na qual encontram-se alvos distintos, cada um com suas próprias características de interagir com a REM incidente. Como resultado, o sensor registrará um único valor numérico relacionado à *Radiância* medida que apresentar-se-á como uma média das Radiâncias de todos os alvos contidos no elemento de resolução, o qual é costumeiramente denominado *pixel* (*picture element*). (NOVO; PONZONI, 2001, p. 58)

A obtenção dos valores de reflectância superficial são fundamentais quando o intuito é a aplicação da validação radiométricos diretos e indiretos relacionados ao estudo do NDVI.

No QGIS 3.6® temos a possibilidade de realizar este processo a partir da utilização de um complemento do software, os complementos servem como plugins para estender o potencial de aplicações de determinado SIG.

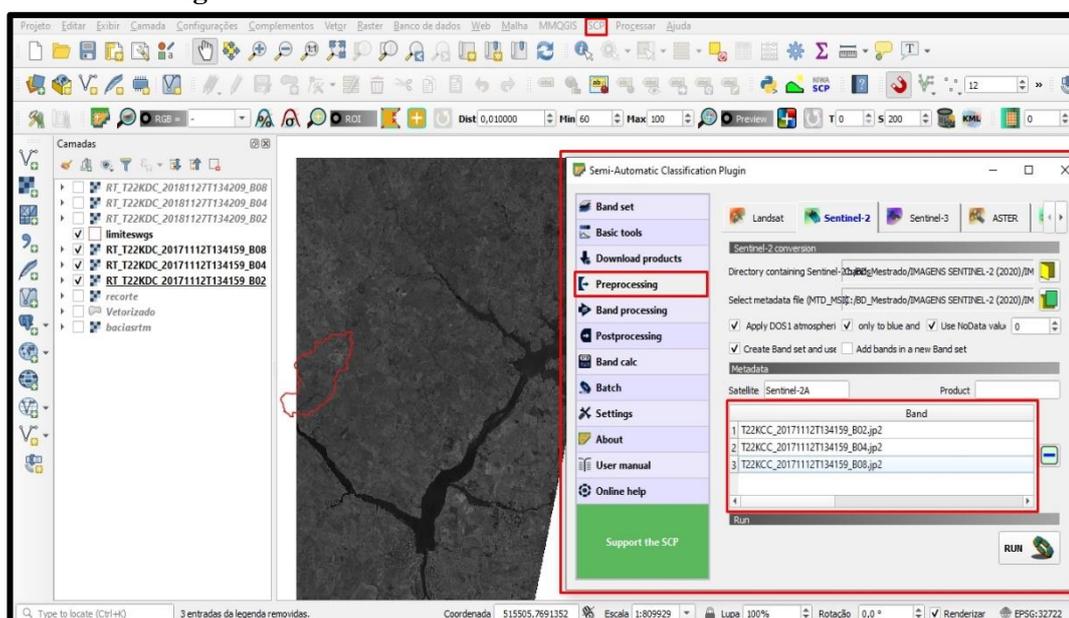
O plugin utilizado foi o ‘*Semi-Automatic Classification Plugin*’ (SCP), a partir deste complemento podem ser realizados cálculos e processamentos nas imagens de um conjunto de satélites e sensores, um deles é o processo de conversão da radiação no topo da atmosfera realizada por meio de uma opção de cálculo automático de reflectância dos elementos de imagem (pixels) e a conversão dos ND.

Na janela do SCP é preciso acessar a função ‘*Preprocessing*’ e com a busca de arquivo, indicar os diretórios das pastas que contem a relação de imagens utilizadas e seu respectivo arquivo de metadados. (.MTD)

Para realizar a calibração automática da radiação influenciada pelos efeitos atmosféricos, portanto, consistindo em uma correção atmosférica da imagem com base no efeito conhecido como “*Scattering*” ou espalhamento, geralmente proporcionado pela composição atmosférica (CHAVEZ et al., 1996).

Como podemos observar na figura 31 as imagens são carregadas na interface do complemento, sendo necessário aplicar o método ‘*DOS 1 atmospheric correction*’. (CHAVEZ et al., 1996).

Figura 31: Conversão do ND em valores de refletância no SCP.



Fonte: Autor. (2020)

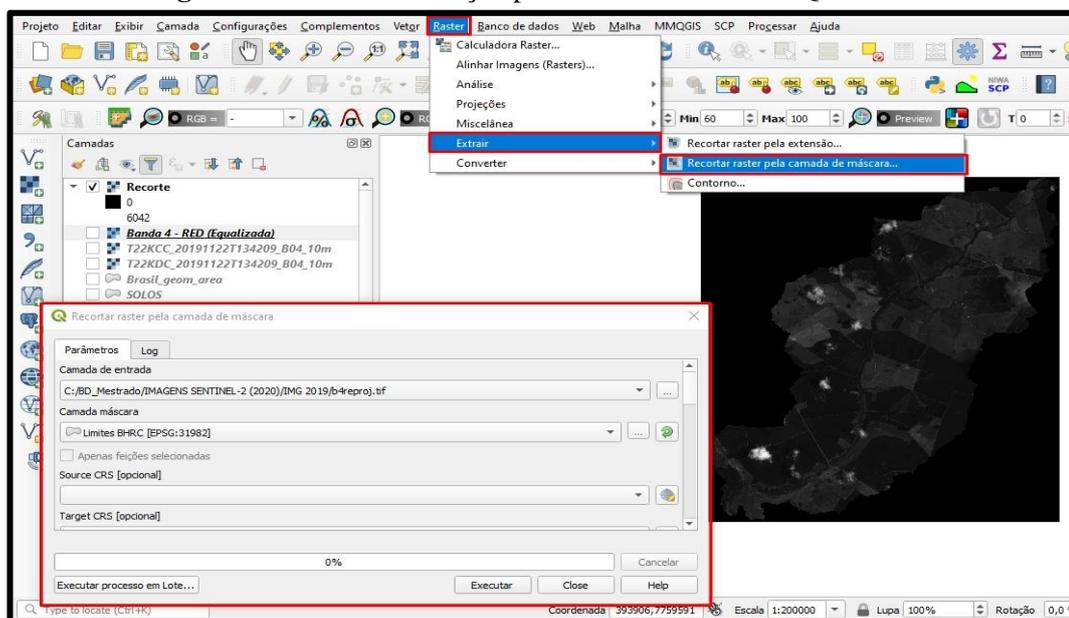
Segundo Chavez et al (1996) este processo de correção contribuí com o tratamento da imagem à medida que mantém as informações originais da imagem. Deste modo, a interferência atmosférica no processo de interação do alvo com a REM é absorvida da estimativa final para os Números Digitais (ND).

Extração de camada matricial

Na próxima etapa teremos o resultado dos processos executados, apresentado assim, a relação das 3 bandas unidas de cada ano.

Com a sequência de comando ‘Raster > Extrair > Recortar pela camada máscara’ inserindo a camada matricial que no caso são as imagens das bandas 8, 4 e 2, e determinando a camada máscara que é o limite da área de estudo, lembrando que o QGIS 3.6@ permite a execução deste processo em lotes com mais de uma imagem na seleção (Figura 32).

Figura 32: Janela de extração por camada máscara no QGIS 3.6@.



Fonte: Autor. (2020)

Realce radiométrico

O conhecimento da valoração dos ND é importante para possibilitar a obtenção de um pré-processamento da imagem adequado aos objetivos que se pretende alcançar na fase de processamento.

Uma das ferramentas mais utilizadas para realçar e obter-se informações mais específicas de imagens, são as técnicas de realce do contraste da imagem (equalização).

A equalização de histogramas realiza a edição da curva espectral de uma imagem de satélite ou radar, desta forma a curva é dimensionada ao ponto de atribuir visuais e diferenciações de tonalidades mais intensas a determinadas informações da imagem.

A sua execução pode ser realizada de duas formas nas propriedades da imagem, uma de forma manual na opção 'Histograma' nas propriedades e outra de forma automática pela configuração da imagem trabalhada. "O histograma é uma das formas mais comuns de se representar a distribuição dos NDs de uma imagem, e possivelmente a mais útil em processamento digital de imagens". (CRÓSTA, 1992, p. 23)

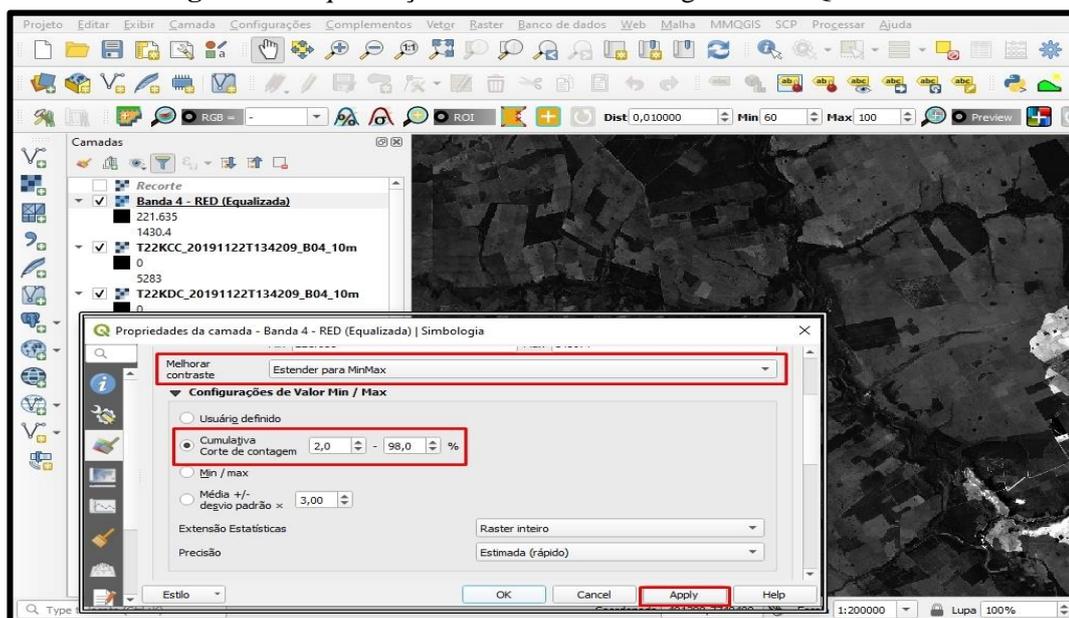
A técnica de equalização de histogramas é utilizada conforme o interesse e objetivos da pesquisa e do processamento digital aplicado em cada tipo de imagem ou composição. "As técnicas de realce de imagens modificam, através de funções matemáticas, os níveis de cinza ou os valores digitais de uma imagem, de modo a destacar certas informações espectrais e melhorar a qualidade visual da imagem, facilitando a sua interpretação" (LEITE; ROSA. 2012, p. 96).

Para realizar ajustes de contraste no QGIS 3.6® é preciso acessar as propriedades da camada clicando com o botão direito na camada matricial em questão e nas propriedades da camada acessar a opção 'Simbologia'.

Neste momento duas informações são importantes para configurar a equalização automática da curva de reflectância da imagem. A primeira é manter selecionada a opção 'Entender para max e min' no item 'Melhorar contraste' dos elementos de renderização, em seguida abrindo o menu 'Config de valores max/min' e selecionando a opção 'Cumulativa em 2,00 ou 3,00 pontos' e aplicar o contraste na imagem.

A figura 33 apresenta a interface de execução do contraste com destaque aos principais dados de configuração da imagem selecionada; e a figura 34 apresenta o resultado da técnica de equalização ou calibração dos histogramas da imagem, proporcionando um efetivo aumento de realce entre elementos da imagem.

Figura 33: Equalização automática de histogramas no QGIS 3.6.



Fonte: Autor. (2020)

Figura 34: Banda 4 equalizada/recortada (centro) e sem a aplicação de contraste (bordas).



Fonte: Autor. (2020)

Composição de bandas (Merge)

A composição de bandas possibilita o empilhamento de duas ou mais bandas do satélite para a realização de composições coloridas RGB, as composições podem integrar diferentes

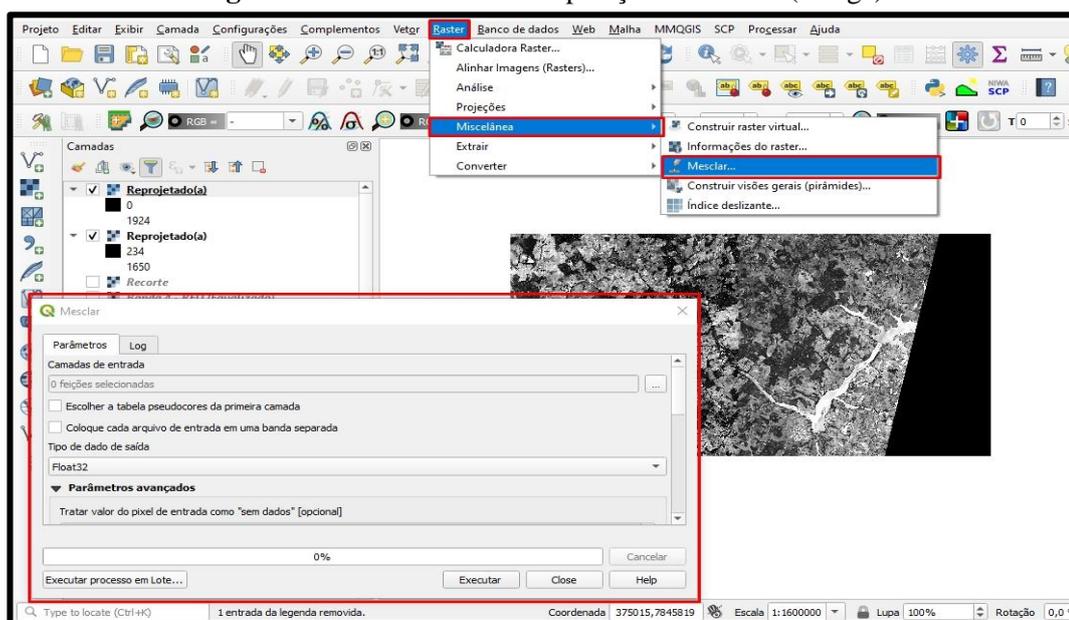
combinações entre as bandas e produzir imagens com destaques de coloração para atributos diferentes da superfície.

Existem diversas formas de realização do empilhamento de bandas, uma delas pode ser realizada pela já conhecida ferramenta de criação de *raster* virtual, selecionando as bandas necessárias, alocando cada uma em seu respectivo canal e convertendo e salvando o *raster* virtual como arquivo físico.

Porém, neste estudo optou-se por utilizar uma técnica conhecida como ‘*Merge*’, uma ferramenta que faz a mesclagem das bandas criando um novo dado matricial com uma camada para cada banda separada, possibilitando assim a manipulação das bandas nos canais RGB.

A ferramenta de composição ou empilhamento de bandas pode ser acessado no QGIS 3.6® por meio da sequência: ‘Raster > Miscelânea > Mesclar’. (Figura 35).

Figura 35: Ferramenta de composição de bandas (Merge).



Fonte: Autor. (2020).

A janela do algoritmo apresenta alguns parâmetros, assim, devem ser selecionadas e definidas as camadas que correspondem as bandas escolhidas para a criação da imagem RGB, no caso deste estudo, optou-se por utilizar as bandas na sequência R4 G8 B2, é importante também selecionar a opção que coloca cada arquivo em uma banda separada e definir o valor “sem dados” como 0.

Os detalhes e conceitos do processo de composição colorida RGB para mapeamento de usos da terra, serão apresentados e discutidos com mais destaque no item que corresponde a metodologia de processamento dos usos da terra.

4.4. Processamento dos usos e cobertura da terra (2018 e 2019).

A metodologia de obtenção dos dados de usos da terra na BHRC divide-se em duas etapas principais:

A primeira delas é a observação das características de ocupação das imagens de satélite, e baseada na identificação e definição previa das classes de usos gerais, esta ocorre executando uma técnica de classificação supervisionada com seleção de amostras e criação de classes de cobertura, entre as funções da classificação está o processo de caracterização espectral das curvas de reflectância de cada forma de uso e as correlações de interação e separabilidade destes elementos no espectro eletromagnético.

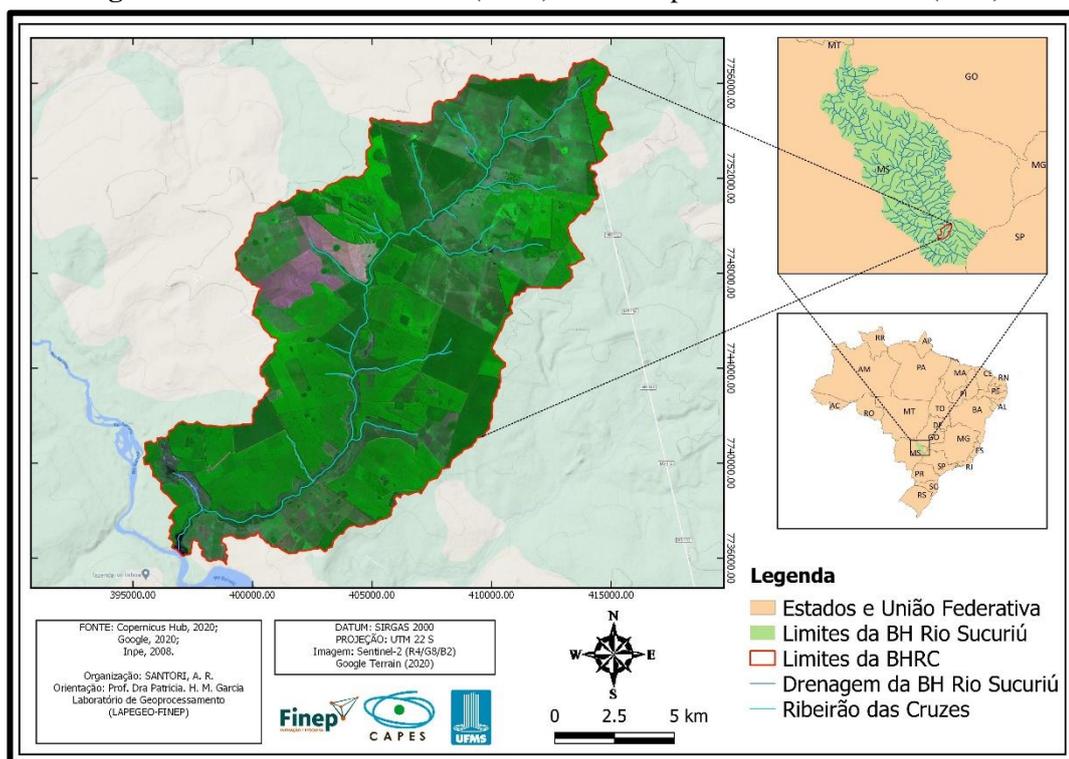
A segunda etapa ocorre com o objetivo de validação em campo das informações ambientais de cobertura da terra, observadas e processadas nas etapas de tratamento digital e geração da carta de usos da terra ao final do período úmido e início do período seco de 2018 e 2019.

De modo geral as técnicas de classificação processam o agrupamento das diferentes intensidades de resposta espectral de cada alvo superficial. “A classificação refere-se à interpretação de imagens de sensoriamento remoto auxiliada por um sistema de computador, e na sua maioria, baseia-se exclusivamente da detecção de assinaturas espectrais das classes de cobertura da terra” (ROSA, 2005)

Desta forma, o processamento das classes de usos da terra na BHRC orienta-se em reproduzir as metodologias e conceitos discutidos por diversos estudos recentes e voltados ao mapeamento temático de usos e cobertura, entre os quais repercutem as definições, as características e os objetivos de utilização da classificação supervisionada em SIG.

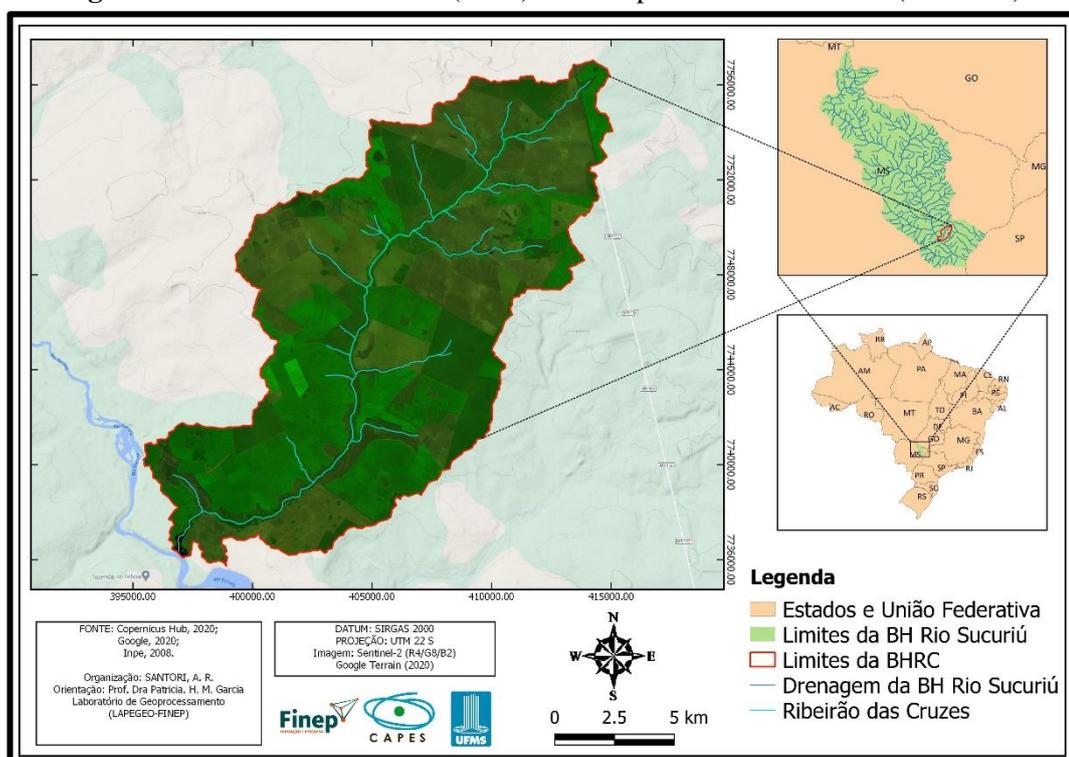
As figuras a seguir correspondem a parte avançada dos resultados obtidos no PDI, elas representam a combinação ou composição colorida RGB sem nenhum tipo de realce ou contraste aplicado, após as devidas manipulações e ajustes ela pode ser utilizada para identificar e estudar determinadas atividades e fenômenos na superfície.

Figura 36: Carta RGB falsa-cor (4/8/2) início do período seco de 2018 (abril).



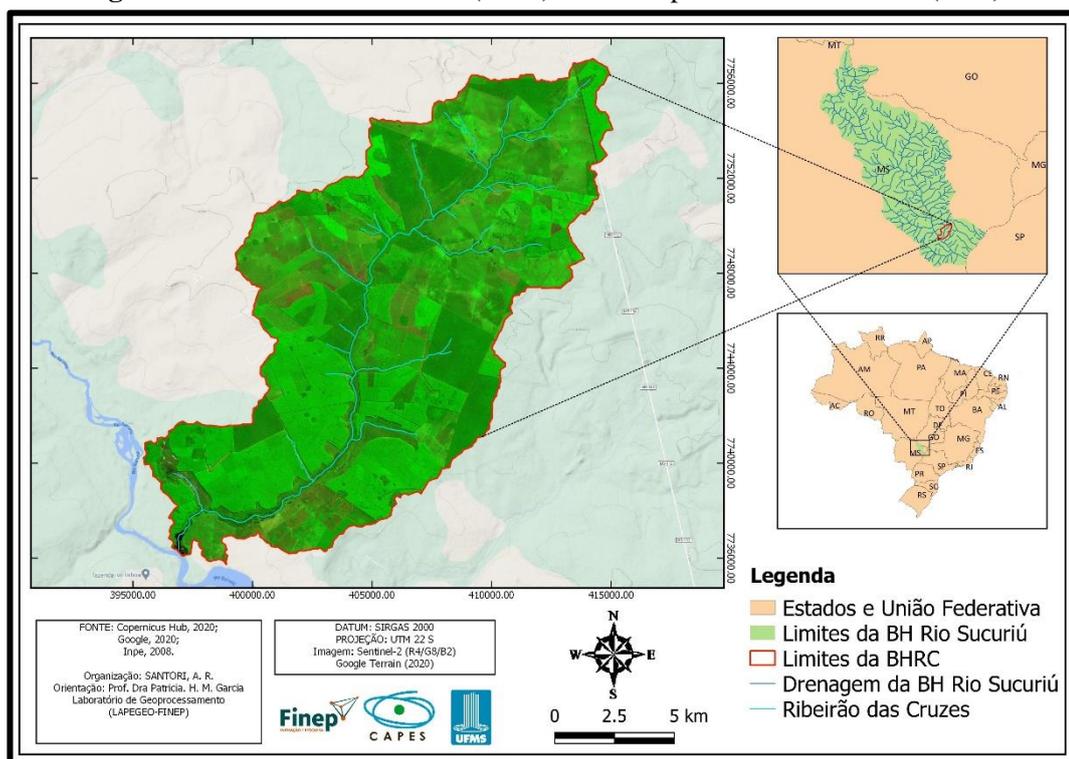
Fonte: Autor. (2020)

Figura 37: Carta RGB falsa-cor (4/8/2) final do período seco de 2018 (setembro).



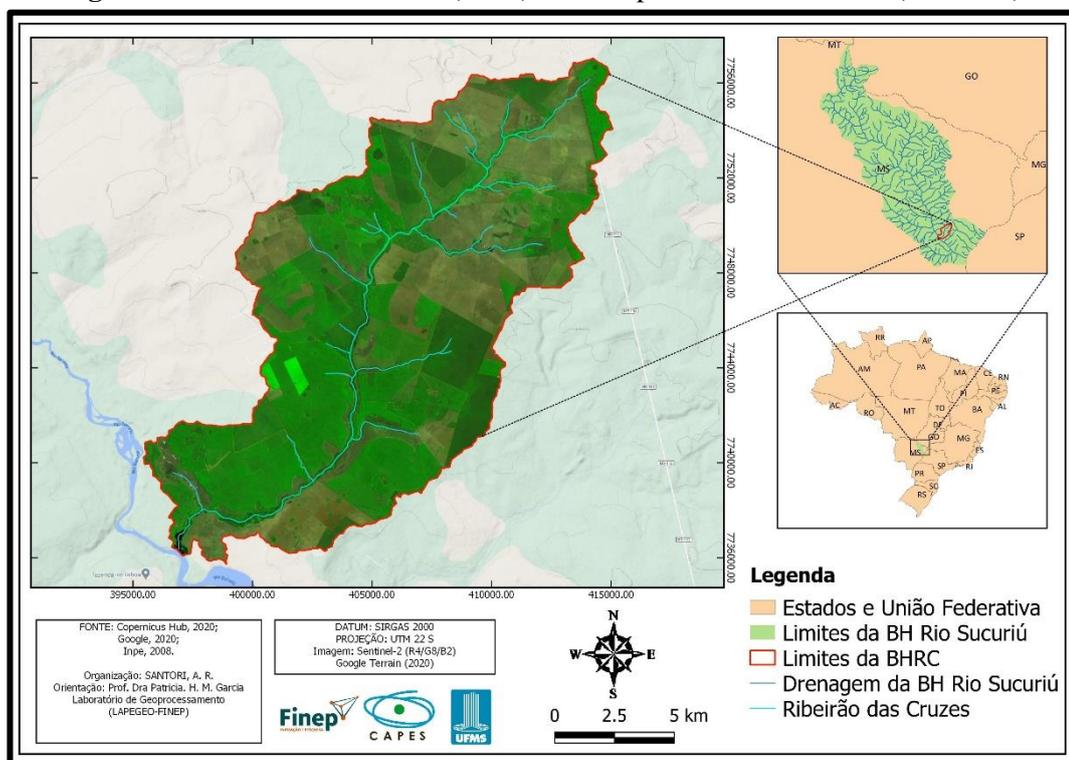
Fonte: Autor. (2020)

Figura 38: Carta RGB falsa-cor (4/8/2) início do período seco de 2019 (abril).



Fonte: Autor. (2020)

Figura 39: Carta RGB falsa-cor (4/8/2) final do período seco de 2019 (setembro).



Fonte: Autor. (2020)

4.4.1 Classificação Supervisionada no SCP.

No QGIS 3.6® uma das formas de realizar a técnica de classificação supervisionada é através da utilização do complemento conhecido como Semi-Automatic Classification Plugin (SCP), nele é possível realizar não apenas classificações de imagens como também vários outros tipos de processamentos e pré-processamento de imagens digitais.

O SCP é um complemento que possibilita a classificação pixel a pixel supervisionada de imagens orbitais, mediante a utilização de classificadores de padrões e características dos pixels.

Nesta ferramenta complementar podemos realizar etapas de pré-processamento do PDI, como a conversão radiométrica da imagem, e de pós-processamento das imagens como o índice de Kappa e álgebra de mapas. Uma das principais ferramentas utilizadas para a classificação de imagens terrestres é o ROIs (*Regions of Interest*), estas regiões ou áreas devem ser amostras homogêneas e pertencerem a determinadas classes.

Outra ferramenta interessante é oferecida pela visualização dos dados de assinaturas espectrais, o plugin salva as áreas de treinamento criadas pelo usuário em um arquivo formato *shapefile* (.shp) e gera um gráfico de assinaturas espectrais, que são calculadas automaticamente e podem ser visualizadas em um histograma.

O SCP foi desenvolvido por especialistas em geoprocessamento e usuários que criam algoritmos e contribuem para a melhoria dos SIG's de código aberto, ele pode ser baixado e instalado acessando aba 'Complementos' na barra de ferramentas do software ou na página do repositório oficial de complementos do QGIS®, após instalado o plugin pode ser acessado nesta mesma barra.

Existe atualmente um número interessante de tutoriais elaborados por empresas de geotecnologias e grupos de usuários de SIG que colaboram muito com o conhecimento e utilização deste complemento em específico.

Desta forma, baseando-se neste conjunto de tutoriais e metodologias oferecidas para o usuário do software livre QGIS® e pelo conjunto de informações ambientais detalhadas no banco de dados, optou-se por trabalhar de forma estrita o processo de classificação supervisionada dos usos na composição colorida Falsa-cor para o mês de abril de 2018 e maio de 2019 tendo como recorte a Bacia Hidrográfica do Ribeirão da Cruzes, Selvíria/MS.

O conhecimento prévio da área que baseia a escolha pelo treinamento visual oferecido pela técnica de classificação supervisionada, foi obtido a priori pelas consultas a bibliografia local e regional sistematizada por estudos anteriores, pela visualização e interpretação das

imagens de satélite em cor real e falsa-cor e com a validação das características em atividades de visita de campo. (CRÓSTA, 1992)

O SCP possibilita em sua interface reconhecimento e manipulação de alguns classificadores automáticos, ele ajuda a fornecer ferramentas extras para atividades de processamento e facilita a classificação de cobertura do solo, por meio de parâmetros espectrais específicos, de álgebra de mapas e de tipos de instrumentos de interpretação diversos (*Minimum distance, Maximum likelihood e Spectral Angle Mapping*).

4.4.2 Seleção de amostras.

O processo que consistiu na identificação e discriminação dos padrões ou das regiões de pixels com maior similaridade, de acordo com suas curvas espectrais, é conhecido como amostragem ou treinamento, esta etapa compõem a classificação de imagens que é a base para criação da carta temática de uso e cobertura da terra na BHRC.

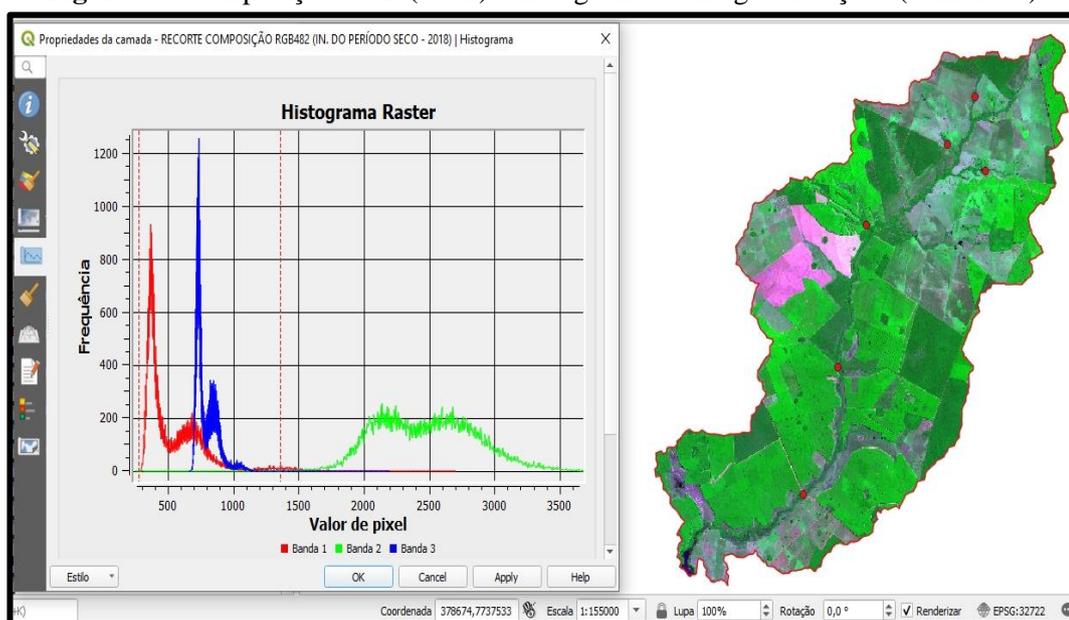
As amostras foram selecionadas de duas composições RGB em falsa-cor com as bandas 4, 8 e 2 do Sentinel-2B, e com um realce manual aplicado. Foi proposta a classificação da imagem com um realce radiométrico que respeitasse a diferença textural entre as formações vegetais mais importantes.

Nas composições utilizadas para os dois anos foi aplicado um realce simples e manipulado diretamente no histograma das assinaturas de cada banda utilizada, assim, o histograma com a assinatura espectral da imagem foi manipulado de forma a oferecer uma diferenciação de qualidade entre os alvos de superfície.

Para contemplar o contraste pretendido neste estudo, manipulamos os valores de mínimo e máximo do canal G (Verde), com isso, obtemos uma classificação em falsa-cor com contrastes maiores no verde.

Na figura 40 está exemplificado o realce manual aplicado, podemos observar que a imagem utilizada para o treinamento e para classificação é caracterizada por variações de tons de verde entre as classes gerais de usos, e variação de tons e também de textura, no que diz respeito a diversidade de espécies e estágio de desenvolvimento vegetal dentro das classes.

Figura 40: Composição RGB (4/8/2) e histograma da imagem realçada (abril/2018).



Fonte: Autor. (2020).

No histograma a banda 4 no canal do vermelho (R) apresentou maior frequência entre 300nm e 900nm sua assinatura espectral se caracteriza pelo baixa resposta da radiação no campo do vermelho visível (700nm) e aumento da resposta no campo do azul visível (400nm – 475nm); a banda 8 que corresponde ao infravermelho próximo e associada ao canal verde (G) teve sua maior resposta ou frequência entre 2.000nm e 3.000nm dentro de um padrão de resposta quase homogêneo; a banda 2 foi associada ao canal do azul (B), ela também corresponde ao campo do azul visível e possui assinatura espectral inversa ao canal do vermelho, com valores mais amplos e um pico de frequência entre 700nm e 750nm, ou seja, maior resposta no campo oposto do espectro de luz visível e maior absorção da luz verde visível e no seu próprio campo eletromagnético

O treinamento do sistema de classificação inicia-se com a criação de um arquivo textual onde as amostras são registradas e podem ser visualizadas e trabalhadas posteriormente.

Foram criados dois arquivos de treinamento cada um correspondendo a um ano. Nesta etapa ocorre todo o processo metodológico de amostragem minuciosa dos pixels que melhor representam cada classe, e da estruturação de um conjunto de amostras separadas em 5 classes gerais de usos da terra (silvicultura, pastagem, vegetação nativa, áreas úmidas e solo exposto).

A determinação das classes gerais ou macroclasses serve como referência para o treinamento e estas foram determinadas com o conhecimento prévio da área e com a observação dos padrões de ocupação e de assinatura espectral dos elementos presentes nas composições RGB.

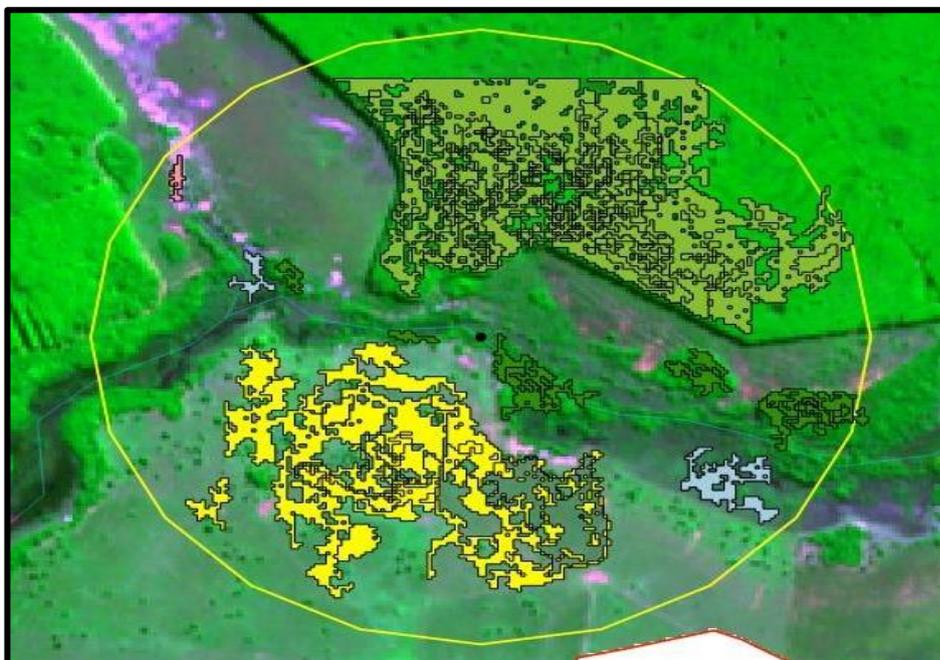
As classes de uso apontadas neste estudo são a silvicultura, a pastagem, a vegetação nativa, as áreas úmidas e corpos d'água e a áreas de solo exposto. A seleção de amostras na composição RGB para análise de vegetação foi organizada com a intenção de integrar e relacionar o processo de seleção com a etapa de posterior validação das classes *in loco*.

Para cada macroclasse foi atribuído um número identificador (MC_ID), e foram selecionadas amostras pela técnica de pontos. Na seleção de amostras por ponto o SIG cria regiões texturais homogêneas de pixels conforme a característica do pixel clicado pelo cursor. “A partir desse pacote de treinamento, o classificador define o diagrama de dispersão das classes em torno de urna média e suas distribuições de probabilidades, considerando a distribuição normal” (MOREIRA, M. A, 2003, p. 233).

As figuras 41 e 42 apresentam a etapa de treinamento, onde foi produzido o conjunto de amostras seguindo a metodologia de coleta proposta para este estudo SCP.

Na primeira imagem são apresentadas amostras coletadas para todas as cinco macroclasses definidas, um dos aspectos mais importantes deste treinamento é a diferença de cobertura de amostras de silvicultura e pastagem que possuem regiões mais amplas do que em relação a coberturas mais restritas como as áreas úmidas e mata de galeria.

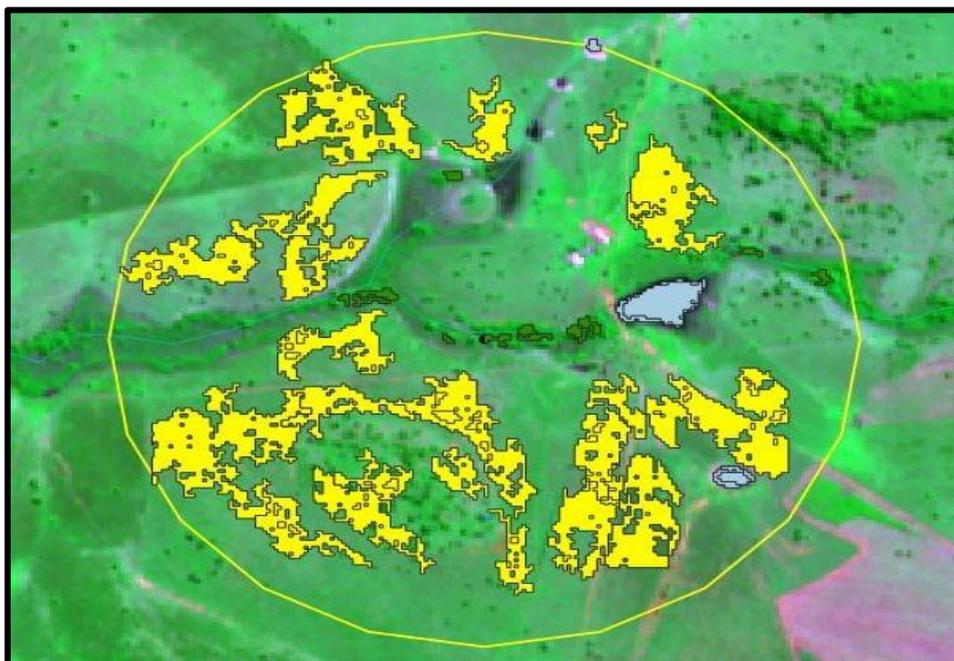
Figura 41: Treinamento do sistema de classificação pelo SCP na imagem de 2018 (ponto 7).



Fonte: Autor. (2020).

Na segunda, os usos e cobertura da terra são menos diversificados, com amplo predomínio de pastagens, assim, alguns buffers de determinados pontos possuem predomínio de determinados usos em relação a outros.

Figura 42: Treinamento do sistema de classificação pelo SCP na imagem de 2019 (ponto 3).



Fonte: Autor. (2020).

Em cada ponto amostral foram selecionadas entre 15 e 30 amostras de pixels ou conjunto de pixels para cada classe existente, e que tivesse boa representatividade na área de estudo dentro de um raio de 01 km estabelecido por buffers de distância fixa. (SANTORI; GOUVEIA; GUIMARÃES, 2017)

Desta forma, alguns pontos produziram amostras de apenas duas ou três macroclasses de usos, enquanto outros tiveram mais unidades de usos e diversidade na paisagem local.

No treinamento foram selecionadas apenas amostras dentro dos buffers amostrais gerados no entorno dos pontos de controle, esta metodologia foi definida para facilitar e restringir a interpretação dos alvos da imagem dentro de áreas similares e que apresentam variedade de alvos nas classes de usos e cobertura definidas.

A seleção ocorreu com 5 a 15 amostras pixels para cada classe dentro de cada buffer, tratando-se de elementos de imagem com mesmo padrão de textura e cor e tonalidade próximas.

Nas figuras também é possível observar a distribuição das amostras sobre as respectivas classes de ocupação e com a indicação das cores selecionadas para representação de cada classe conforme o Manual Técnico do Uso da Terra (IBGE, 2013).

Segundo o manual de usos da terra a prática da silvicultura corresponde a plantações temporárias com reflorestamento de eucaliptos e pinus de diversas espécies, tratam-se de atividades de manejo, trato e cultivo de espécies florestais para utilização da matéria prima para criação de subprodutos, os reflorestamentos de eucaliptos possuem ciclos curtos de 3 a 5 anos do plantio até seu corte.

A classe pastagem corresponde a atividades ligadas a criação de bovinos, com a definição e cerceamento de pastos cultivados ou naturais de forragens e gramíneas. Segundo o IBGE (2013) a atividade que ocorre nesta classe de uso é a principalmente a pecuária para criação de grandes populações de gado destinados ao corte ou a produção leiteira.

A classe de vegetação natural consiste no que foi constatado nas atividades de campo e na análise da bibliografia que caracteriza ambientalmente a região, existe a presença marcante de fisionomias vegetais ligadas ao bioma Cerrado, principalmente, em áreas de Savana arborizada e florestada. Entretanto, devido à proximidade da região com o estado de São Paulo e com a região sudeste, ainda constam na paisagem a presença de espécies vegetação Semi Decíduas de enclaves de Mata Atlântica em áreas de mata ciliar.

A classe área úmida é estritamente marcada por uma vegetação adaptada a transição entre água e solo, também conhecida como áreas de várzea apresentam solos poucos drenados e com vegetação e fauna típicas de brejos.

A última classe geral identificada são as áreas de solo exposto ou áreas descobertas, no caso tratam-se principalmente de áreas degradadas ou alteradas pela atividade humana, como estradas e pistas, desmatamentos, voçorocas e ravinas, assoreamentos e pisoteio de animais, ou áreas cobertas por rocha exposta.

Como explicam Paranhos Filho et al. (2016), o processo de treinamento enfatizando sua utilização na técnica de classificação automática supervisionada da imagem, onde o usuário indica as amostras que devem ser agrupadas. “Para uma classificação mais precisa deve-se primeiramente buscar áreas de treinamento em campo e posteriormente utiliza-las na classificação da imagem” (PARANHOS FILHO et al., 2016, p. 155).

Desta forma, a base do procedimento de construção da carta de usos e cobertura, tenta replicar a técnica de interpretação visual e treinamento de imagens, atrelado ao conhecimento prévio da área e, assim, reproduzir a utilização da bacia hidrográfica na classificação obtida. “As áreas de treinamento se prestam a informar ao sistema quais são as classes a serem

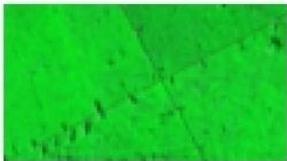
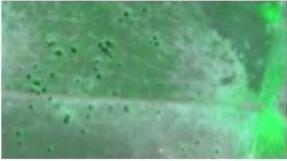
identificadas durante o processo de classificação automática supervisionada” (PARANHOS FILHO et al. 2016, p. 155).

Moreira (2003) também destaca que para que o sistema processe de forma completa a classificação ele precisa ser treinado. O treinamento consiste na aquisição de amostras de padrões de ocupação, onde o usuário indica ao sistema as amostras dos fenômenos presentes na imagem colorida natural ou falsa-cor, assim, se assume que as propriedades são conhecidas.

Desta forma, em cada um dos sete pontos indicados pelas coordenadas obtidas em campo, foi determinado um buffer abrangendo todo o entorno do ponto em até uma distância de 01 km, observando e registrando em ficha de campo e com fotografias, as formas de ocupação presentes.

Em gabinete, no processo de seleção destas amostras pela interpretação das imagens foi organizada uma chave de interpretação com o padrão geral e característico de cada tipo de classe determinada. (Figura 43).

Figura 43: Chave de interpretação das amostras.

TIPO DE AMOSTRA (RGB - 4/8/2)	CLASSE EM CAMPO	CLASSE GERAL
		SILVICULTURA (Eucaliptos)
		PASTAGEM
		VEGETAÇÃO NATIVA
		SOLO EXPOSTO / EM POUSIO
		ÁREAS ÚMIDAS

Org.: Autor. (2020). Adaptado de Leite e Rosa (2012)

Este recurso é muito válido e amplamente utilizado na construção metodológica de classificações supervisionadas ou não-supervisionada de imagens. A chave auxilia na seleção e definição das áreas de treinamento e processamento da segmentação da imagem. Essa atribuição é feita com base em observações no pixel em si e na sua vizinhança e com base numa série de regras (CRÓSTA, 1992, p. 11)

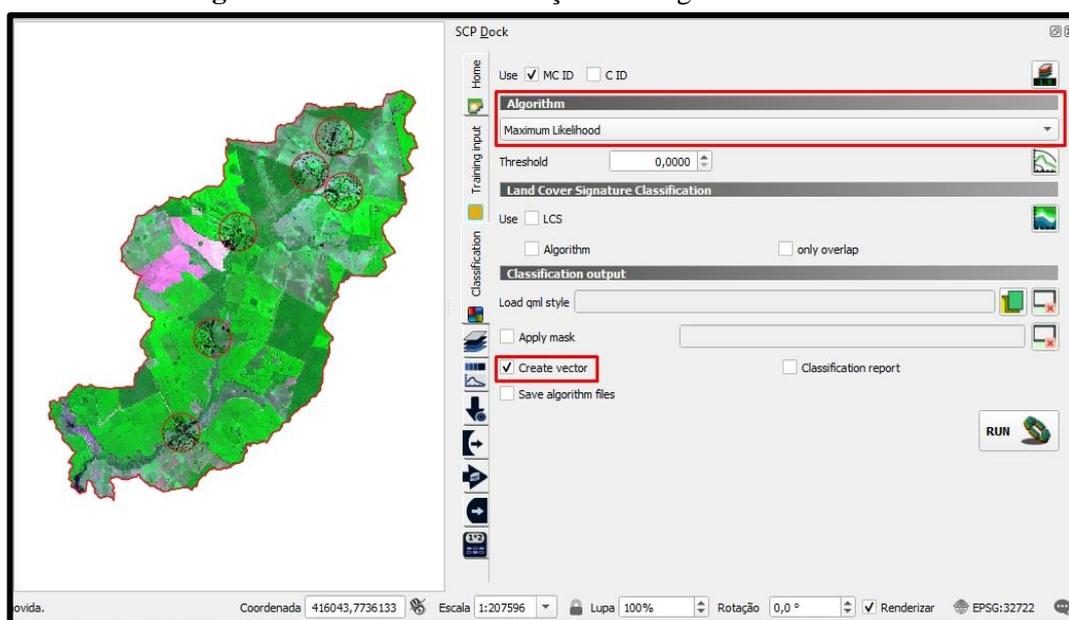
As áreas de treinamento são traçadas e limitadas pelos cursores de área ou ferramenta de aquisição de amostras, e quanto maior o número de amostras fieis a determinada classe, maior será a segurança na representação final deste mapeamento temático.

4.4.3 Assinaturas espectrais e resultados.

O classificador definido para este processamento, foi escolhido por ser um dos mais comumente utilizados nos mapeamentos temáticos de usos e cobertura, e em técnicas de classificação supervisionada utilizando o software QGIS, denominado de algoritmo de máxima verossimilhança ou 'MaxVer' (*Maximum Likelihood*), que determina o agrupamento das propriedades espaciais e espectrais em áreas com mesma textura.

Na janela de processo de definição dos parâmetros da classificação, também é preciso indicar nos algoritmos externos de classificação, a opção de criar um arquivo vetorial entre os resultados. Este arquivo é essencial para realizar as edições vetoriais e correção das confusões de classes que ocorrem na imagem. (Figura 44).

Figura 44: Janela de classificação de imagens do SCP Dock.



Fonte: Autor. (2020)

Os resultados são um arquivo vetorial e outro matricial de cada ano estudado, assim, pode-se realizar análises de acurácia e a edição e correção das confusões de pixels.

4.4.4 Matriz de confusão e edição dos resultados.

Neste estudo, para obter-se o melhor resultado na classificação, selecionou-se um número razoável de amostras de cada classe, respeitando sempre as características e os aspectos dos pixels determinados na chave de interpretação.

Na maioria dos casos, mesmo com um bom trabalho de treinamento nas amostras, ainda são presentes problemas como erros e confusões na definição da classe de determinado uso, este fato pode ocorrer mesmo realizando uma seletiva e rigorosa amostragem entre as amplas texturas que cada pixel assume na imagem combinada.

Como possibilidade de avaliação da classificação produzida foi utilizada a ferramenta de descrição do processo de correlação em matriz, assim, determinando a acurácia do resultado obtido na classificação, ou seja, da qualidade estética e estatística do resultado. Este procedimento gera um índice chamado matriz de confusão que relaciona os parâmetros apontados nas amostras e no classificador.

A matriz de confusão indica o grau de confiabilidade do resultado e quantifica os erros presentes na imagem. Para produzir a matriz de confusão basta acessar o menu SCP na barra de ferramentas ou seguir o comando: ‘SCP > Postprocessing > Accuracy’.

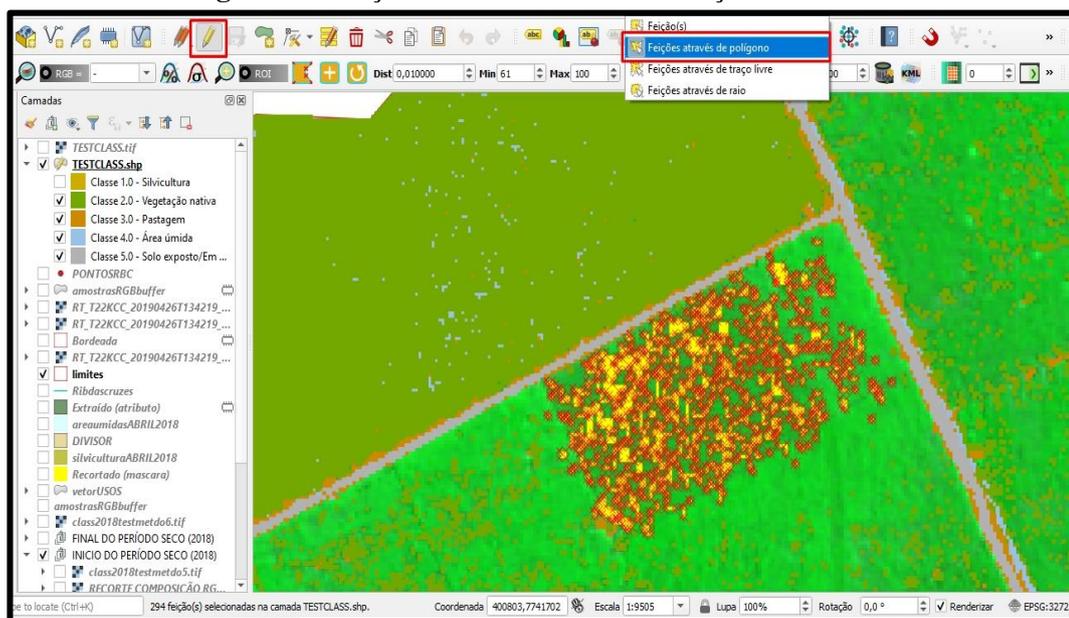
A correção da classificação destina-se a realizar os “ajustes finais” na qualidade visual e na representação do mapa temático.

Na figura 45 foi ilustrado o processo de correção com a edição da confusão e dos erros do processo de classificação. No exemplo, ocorrem confusões entre as texturas e assinaturas espectrais de pixels da classe de vegetação nativa e de silvicultura.

Neste caso específico, alguns conjuntos de pixels do dossel dos eucaliptos estão com respostas espectrais semelhantes às de formações de vegetação nativa em estágio secundário de sucessão. Os erros que não podem ser totalmente amenizados no treinamento das amostras podem ser reclassificados utilizando a ferramenta de edição vetorial.

Após ativar o modo de edição da camada vetorial de usos gerada pela classificação no SCP, é preciso selecionar as feições erradas com o uso da ferramenta de feições através de polígonos e determinar a área onde os pixels confusos estão distribuídos.

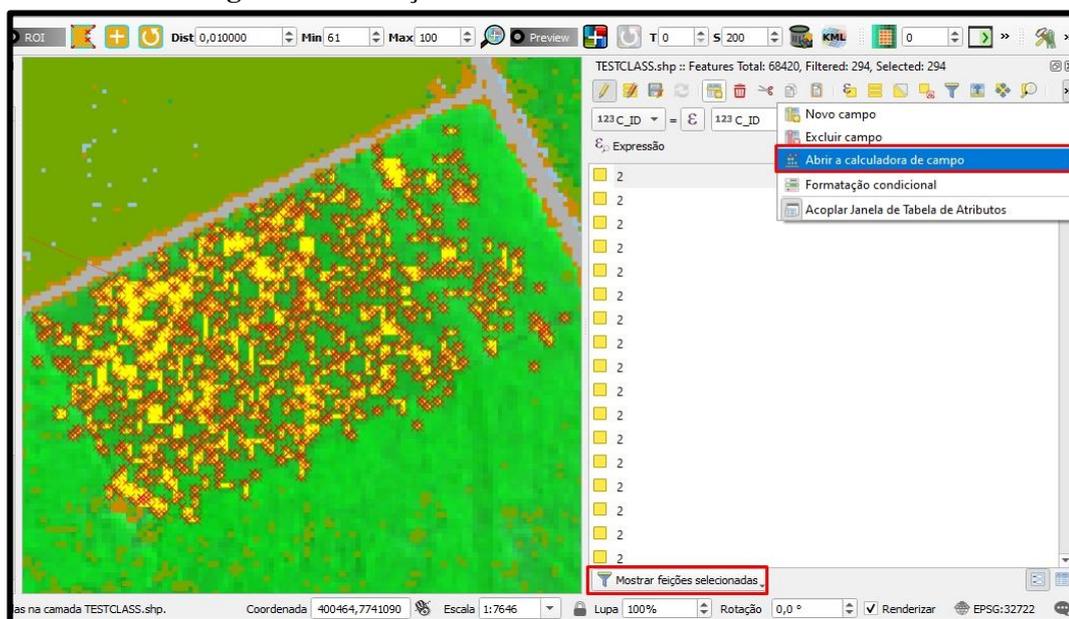
Figura 45: Edição da confusão na classificação dos vetores.



Fonte: Autor. (2020)

Na etapa seguinte é preciso acessar a tabela de atributos do vetor de usos da terra, e filtrar os atributos usando ‘Mostrar feições selecionadas’ e clicar no ícone da calculadora de campo. (Figura 46)

Figura 46: Correção das classes vetoriais de usos da terra.



Fonte: Autor. (2020)

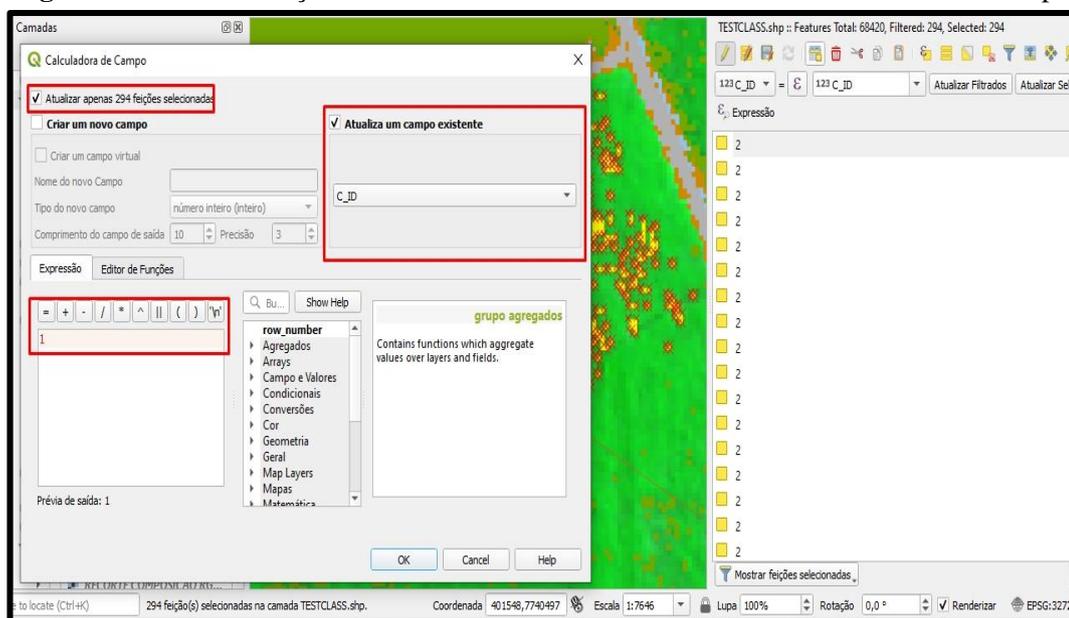
Por fim, na calculadora de campo pode ser realizada a reclassificação destes pixels obedecendo a característica predominante dos usos reais em que ocorreu o erro. Na calculadora de campo mantem-se selecionadas apenas as feições desejadas e em seguida habilitamos a

opção de atualizar um campo existente, o campo selecionado é o 'C_ID' que corresponde a identificação das classes gerais (1.0 a 5.0).

No campo 'Expressão', basta inserir o valor de identificação geral ou C_ID da classe que realmente ocupa aqueles pixels, no caso, transformando de vegetação nativa (2) para silvicultura (1).

Na figura 47 podemos identificar os critérios mais relevantes para o processamento de edição vetorial por atributos da tabela, a calculadora de campo permite atualizar campos já existentes e atualizar valores ou informações de determinadas classes.

Figura 47: Reclassificação das classes vetoriais de usos da terra na calculadora de campo.



Fonte: Autor. (2020)

Todas as etapas descritas no processo de classificação foram realizadas para a criação de dois mapas temáticos de usos e cobertura da terra na BHRC no intervalo de um ano, sendo que, ambos representam a ocupação da terra, as atividades agrícolas e o seu manejo no início do período seco de 2018 e de 2019. A última etapa da classificação é o cálculo aproximado de ocupação em área (km²) preenchida por cada classe no recorte da bacia, também realizado com funções matemáticas da calculadora de campo.

4.5. Aplicação e cálculo do NDVI.

Neste processamento são utilizados um conjunto de produtos Sentinel-2, com as duas bandas 4 (RED) e as duas bandas 8 (NIR) adquiridos nas datas dos dois anos dimensionados,

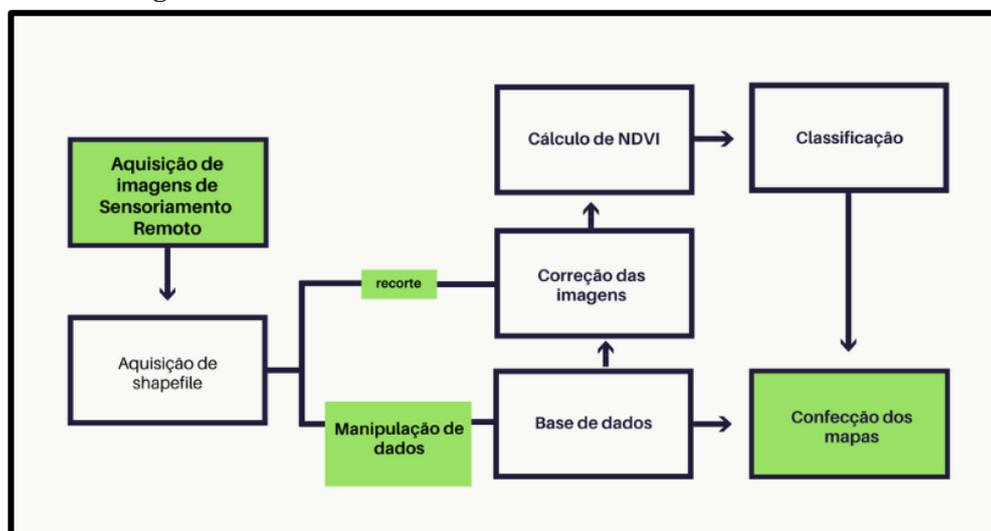
as imagens registram as características de cobertura da terra e o comportamento espectral e radiométrico dos diferentes alvos de superfície no momento determinado.

O processamento do NDVI em SIG baseia-se na aplicação de uma equação específica que calcula e normaliza a diferença de respostas espectrais registradas pelos sensores em faixas determinadas do campo eletromagnético.

A partir das imagens com seus valores e níveis de cinza convertidos em grandeza radiométrica de reflectância é possível quantificar e obter o cálculo de diferença entre os valores refletidos, e posteriormente normalizada pela soma destes valores. O NDVI determina alguns aspectos das formações vegetais, estas condições envolvem a avaliação da densidade de fitomassa foliar fotossinteticamente ativa em determinado recorte (MELO; SALLES; OLIVEIRA, 2011).

Na figura 48 são indicados passos simples do caminho metodológico de obtenção do NDVI, onde ressalta-se as etapas/processos de aquisição do conjunto de imagens. A manipulação e preparação destes produtos é realizado para realçar informações, a técnica de cálculo do índice se baseia em uma equação de bandas com resultados dentro de uma escala de valor que podem ser classificadas ou não (AQUINO; OLIVEIRA, 2012).

Figura 48: Processamento do cálculo do NDVI em ambiente SIG.



Fonte: Adaptado de Aquino e Oliveira (2012)

As etapas que antecedem o cálculo deste índice, devem condicionar e correlacionar os atributos das bandas espectrais utilizadas. Na metodologia de aplicação do NDVI, utilizamos a base do processo de leitura e imageamento terrestre, ou seja, a relação entre as distintas formas de interação da radiação medida nos alvos pelo espectro eletromagnético.

A figura 49 representa a equação apresentada por Markham e Barker (1987) que possibilita a conversão dos dados de registro de níveis de cinza da imagem em grandeza física de capacidade de absorção, transmissão ou reflexão, como é o caso aplicado ao NDVI. A conversão automática do ND em valores de reflectância foi realizada baseando-se nos parâmetros de transformação do próprio SIG.

Figura 49: Equação para conversão do ND em valores de reflectância.

$$L_{\lambda} = L_{\min\lambda} + \left(\frac{L_{\max\lambda} - L_{\min\lambda}}{QCAL_{\max\lambda}} \right) QCAL$$

Fonte: Markham e Barker (1987)

Sendo a simbologia correspondente:

L_{λ} = Radiância

$L_{\min\lambda}$ = Radiância espectral equivalente ao nível digital mínimo;

$L_{\max\lambda}$ = Radiância espectral equivalente ao nível digital máximo;

$QCAL_{\max\lambda}$ = Amplitude de variação dos níveis digitais;

$QCAL$ = Número digital

As bandas utilizadas já possuem seus valores convertidos nas etapas anteriores de pré-processamento. Desta forma, temos a relação de bandas e seus respectivos valores de reflectância espectral mínimo ($L_{\min\lambda}$) e máximo ($L_{\max\lambda}$). (Tabela 5)

Tabela 5: Bandas utilizadas e comprimentos de reflectância de superfície.

Banda	$L_{\min\lambda}^1$	$L_{\max\lambda}^1$	$L_{\min\lambda}^2$	$L_{\max\lambda}^2$
Banda 4 (04/2018)	0.0111	0.2189	0.0173	0.1197
Banda 4 (09/2018)	0.0126	0.2191	0.0219	0.1381
Banda 4 (04/2019)	0.0093	0.2194	0.0160	0.0838
Banda 4 (09/2019)	0.0569	0.2438	0.1622	0.3000
Banda 8 (04/2018)	0.0171	0.4806	0.1709	0.3234
Banda 8 (09/2018)	0.0145	0.3860	0.1545	0.2755

Banda 8 (04/2019)	0.0148	0.3593	0.0664	0.1580
Banda 8 (09/2019)	0.0577	0.3811	0.1725	0.2666

Fonte: Autor. (2020)

¹Sem realce.

²Realce de contagem cumulativa aplicado.

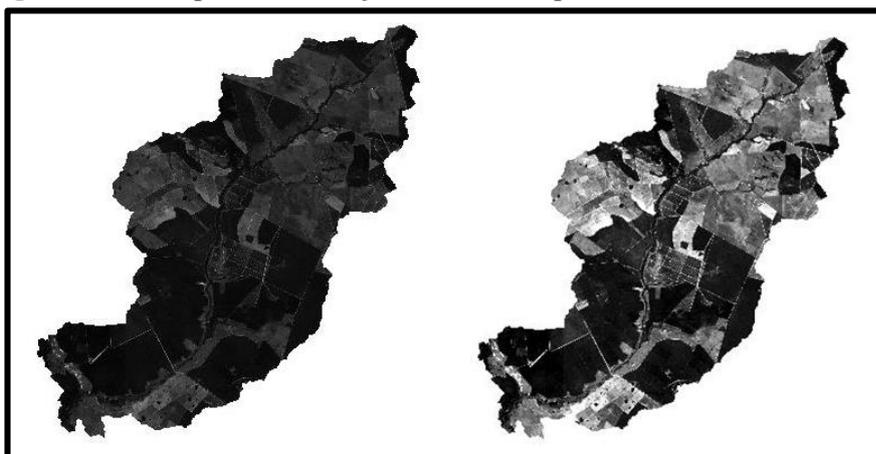
Nesta metodologia analisamos as bandas do vermelho e do infravermelho em duas formas de contraste aplicados nos valores da imagem. O primeiro é sem a adição de nenhuma equalização, mantendo a configuração de contraste em Min/Max. O segundo contraste aplicado é de corte de contagem cumulativa, realçando a diferença entre pixels mais claros e mais escuros nos tons de cinza.

Este realce integra o processamento digital das imagens para identificação e extração de informações que não estão totalmente aparentes nos registros, assim, determinadas diferenças entre alvos da superfície podem ser evidenciadas com maior precisão.

A figura 50 serve como exemplo para indicar as duas formas de análise do comportamento da radiância e reflectância das imagens trabalhadas.

Do lado esquerdo da imagem está a banda do vermelho visível em seu estado original fornecido pelo sensor, e do lado direito a experiência de aplicação do realce cumulativo que permite observar mis alvos, porém, como pode ser observado na tabela, esta manipulação da imagem restringe a amplitude e o intervalo real do arquivo *raster* manipulado.

Figura 50: Exemplo de diferença de contraste aplicado a banda 4 (abr./2019).



Fonte: Autor. (2020)

A partir destes conteúdos fica entendido o processo de análise e manipulação dos valores de energia refletida pelos componentes presentes em todo o conjunto de imagens. Neste estudo,

trabalhamos com informações do tipo matricial que registram um grande volume de dados em extensas áreas e recortes. Com isso, é possível encaminhar as etapas práticas de geração do índice de vegetação para cada uma das datas dos dois anos considerados.

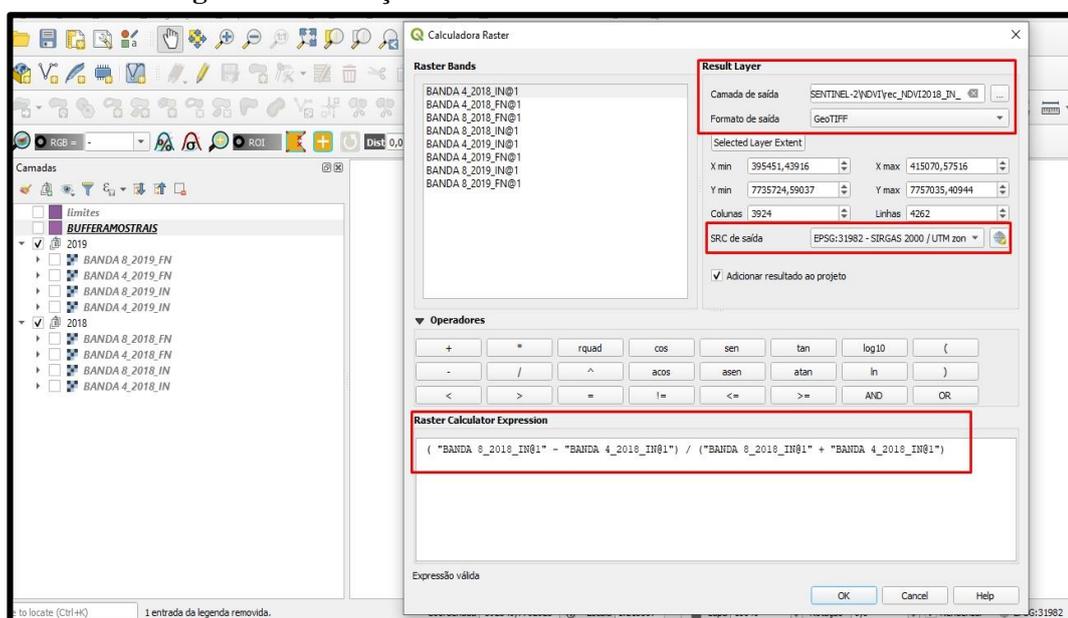
Os parâmetros e a fórmula de processamento do NDVI podem ser definidos na calculadora raster do QGIS 3.6®, entre os critérios que devem ser definidos estão os de resultados, ou seja, a camada de saída e o formato da camada (.geotiff), o mais importante parâmetro é a equação do NDVI que deve ser inserida no campo de expressões da calculadora.

Existe um conjunto interessante de estudos que consagram a qualidade e praticidade de processamento de índices radiométricos como o NDVI entre o leque de ferramentas com foco na extração de variáveis físicas das imagens.

Para a produção dos índices, optou-se pela utilização das bandas sem a aplicação de qualquer realce radiométrico, portanto, preservando os valores reais de máximo e mínimo de resposta para a componente de interesse (vegetação) em cada banda inserida na equação.

A figura 51 representa a aplicação do cálculo NDVI no ambiente de trabalho do QGIS, vale ressaltar que a ferramenta de calculadora *raster* pode ser utilizada para a operação de um amplo leque de índices radiométricos.

Figura 51: Execução do cálculo do NDVI na calculadora raster.



Fonte: Autor. (2020)

Segundo Shimabukuro & Ponzoni (2017), a radiação que interage nos dosséis e nas estruturas foliares das plantas e da vegetação em geral, indica e descreve padrões e aspectos biofísicos destes componentes.

Desta forma, Shimabukuro e Ponzoni (2017), baseados em Jensen (2009), explicam que a obtenção do NDVI pode ser aplicada basicamente seguindo os critérios estabelecidos na seguinte fórmula:

$$\text{NDVI} = \frac{(\text{Infravermelho Próximo} - \text{Vermelho Visível})}{(\text{Infravermelho Próximo} + \text{Vermelho Visível})}$$

Em ambiente SIG este processo é executado da forma representada na figura com o uso da calculadora *raster* aplicando: (banda 8 – banda 4) / (banda 8 + banda 4). Desta forma, os valores de reflectância das bandas do RED e do NIR serão calculados e o resultado da equação indicada os valores de diferença normalizada em uma escala (-1 a +1).

4.5.1 Aplicação da amostragem em buffers.

A forma de análise e detalhamento dos resultados, integrou a utilização da ferramenta de buffers, indicando a partir dos pontos de controle de campo um buffer circular com 1 km de raio.

A intenção do uso dos buffers é facilitar a análise pontual dos componentes sistêmicos mais importantes nos resultados deste estudo. Esta metodologia consistiu em um conjunto de atividades práticas realizadas em estudos anteriores de caracterização e análise ambiental. (SANTORI; GOUVEIA; GUIMARÃES, 2017)

Deste modo, os buffers cumprem a função de detalhar a análise dos componentes da BHRC em uma escala a nível quase pontual de observação. Assim, para cada ponto amostral deste estudo serão geradas análises amostrais do NDVI dentro de cada buffer, portanto, cada ponto terá suas características avaliadas com base na sazonalidade climática em um intervalo de 24 meses.

Os buffers foram criados a partir da posição das coordenadas de cada ponto e possuem 1 km de raio e aproximadamente 3 km² de área total. Nas ferramentas de geoprocessamento de arquivos vetoriais é possível realizar a criação dos buffers de distância fixa. Os buffers amostrais de cada ponto e para cada data serão organizados no processamento digital de imagens, com a extração das informações no entorno de cada ponto.

4.5.2 Reclassificação do resultado do NDVI.

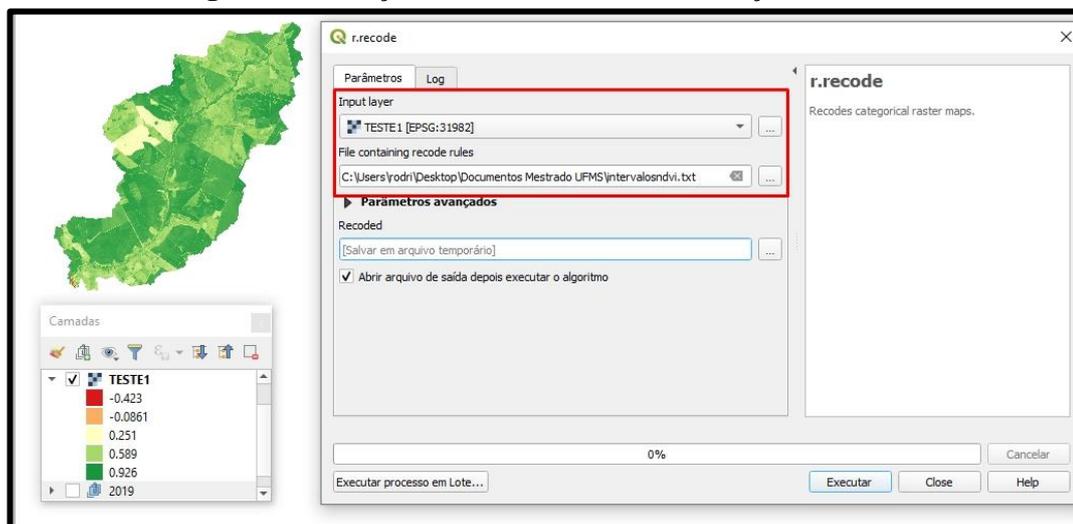
O agrupamento ou reclassificação dos atributos do arquivo *raster* com o resultado do NDVI, serve como facilitador na avaliação quantitativa dos resultados obtidos e deve auxiliar na sua sistematização em tabelas para todos os pontos e para toda área da BHRC nas datas analisadas.

No SIG este procedimento pode ser realizado a partir da criação e inserção de um arquivo textual (.txt) com a determinação dos intervalos de classes.

A reclassificação é realizada com a ferramenta ‘*recode*’, baseando-se em regras de interpolação e agrupando os valores em determinados classes de números inteiros.

A figura 52 apresenta a ferramenta de reclassificação de categorias do *raster*. Nos parâmetros de configuração inserimos o arquivo de entrada (*input layer*), ou seja, as cartas-imagem *raster* com o cálculo do NDVI. O segundo parâmetro é o documento de texto simples que deve ser editado pelo usuário, contendo as regras de intervalos atribuídos para os resultados do índice de vegetação.

Figura 52: Inserção dos intervalos e reclassificação do NDVI.



Fonte: Autor. (2020)

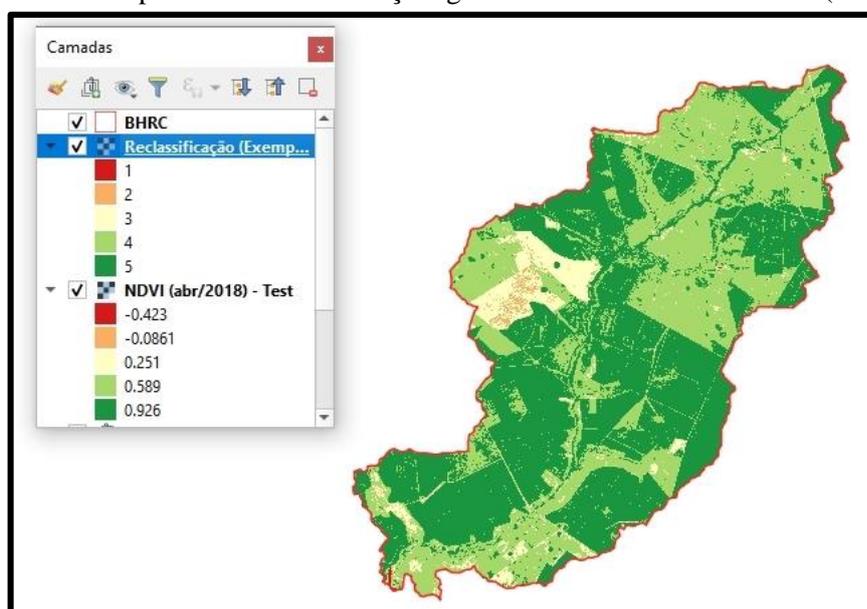
Esta reclassificação foi aplicada seguindo um critério que determinou intervalos de -0,5 para resultados abaixo de 0 no índice, e intervalos de 0,25 em resultados positivos, possibilitando assim o maior refinamento e detalhamento das classes nos valores de resultados positivos, considerando que o objetivo é analisar de maneira mais precisa a resposta e o comportamento da vegetação.

Desta forma, a divisão das classes seguiu o critério relacionado: -1 a -0,5 (Classe 0); -0,5 a 0 (Classe 1); 0 a 0,25 (Classe 2); 0,25 a 0,5 (Classe 3); 0,5 a 0,75 (Classe 4) e 0,75 a +1 (Classe 5).

A figura 53 retrata um exemplo de como as características de uso e cobertura da terra na área de estudo se correlacionam com os valores do índice de vegetação agrupados em intervalos pré-determinados.

Neste exemplo, podemos observar na imagem a legenda correspondente para as duas formas de representação dos resultados do NDVI, no caso, as classes variaram de 1 a 5 (ou -0,5 a +1).

Figura 53: Exemplo de reclassificação geral dos valores do NDVI (abr./2018).



Fonte: Autor. (2020)

4.5.3 Aquisição e análise de amostras de assinaturas para validação.

Os resultados brutos obtidos nas cartas-imagem do NDVI serão analisados seguindo dois critérios: o primeiro aborda a caracterização e avaliação geral de todo o recorte da BHRC; e o segundo associado a avaliação em pontos de levantamento de campo e nas relações e componentes que eles apresentam em seu entorno mais próximo (buffers). (RATANA; FERREIRA; HUETE, 2005)

O processo de análise pontual do comportamento da vegetação nas quatro datas estudadas ocorre pela extração ou recorte de cada carta-imagem NDVI, a partir da camada máscara de buffers criada na etapa anterior. Este procedimento é realizado com base nas

indicações e possibilidades discutidas por Shimabukuro, Novo e Ponzoni (1998) relacionadas a análises associadas ao estudo da dinâmica do Pantanal por índices e modelos paramétricos.

Finalizado este procedimento teremos quatro amostras que resultam na dinâmica, evolução e no comportamento do índice de vegetação no intervalo estipulado de dois anos, considerando o critério de sazonalidade determinado (início e final do período seco).

Neste conjunto de amostras serão detalhadas e sistematizadas algumas informações interessantes que são apresentadas nos resultados deste estudo. Uma das formas de avaliar e relacionar de modo sistêmico a interação dos componentes em determinado recorte, é a amostragem e identificação dos padrões que estes elementos apresentam no monitoramento.

Esse cruzamento para posterior amostragem e validação, ocorre com a correlação das bandas em um diagrama de dispersão. Novamente utilizando ferramentas de processamento digital oferecidas em SIG, é possível projetar a dispersão do comportamento espectral de componentes puros das imagens.

Para realizar esta amostragem, a metodologia sugere a realização de um empilhamento simples entre as bandas do RED e do NIR, de forma individual para cada data, ou uma composição RGB que contenha estas bandas também pode ser utilizada. (SHIMABUKURO; NOVO; PONZONI, 1998)

A avaliação espectral destes elementos começa com a inserção deste RGB na lista de imagem multibandas do complemento SCP (BadSet), em seguida deve-se verificar a ordem correta das bandas empilhadas (4/8/2) e a relação correta de comprimento de onda das imagens.

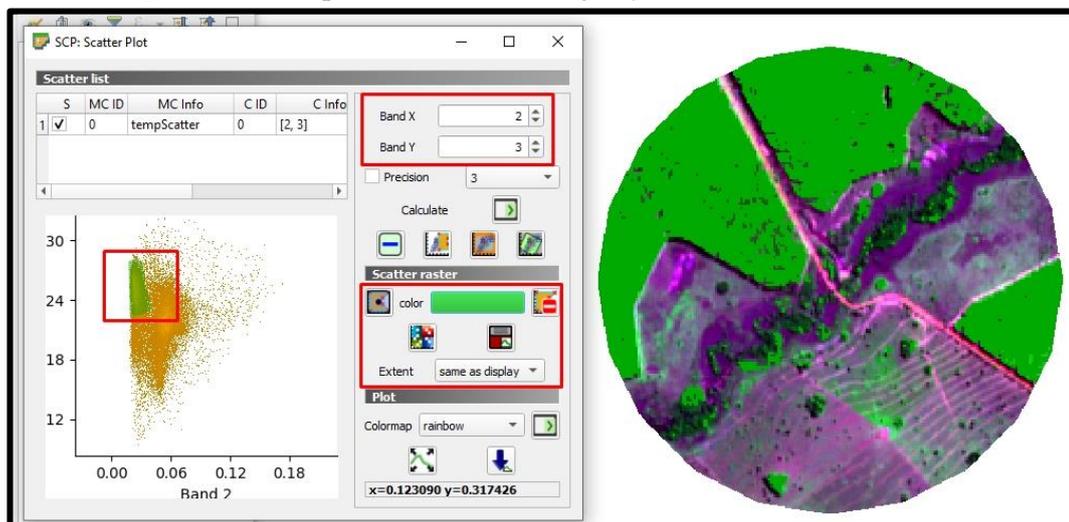
Após configuradas estas etapas é preciso iniciar a ferramenta “*Scatter Plot*”, responsável por realizar a seleção e amostragem dos componentes puros com base na avaliação dos vértices do diagrama de dispersão entre duas bandas distintas. (SHIMABUKURO; NOVO; PONZONI, 1998)

No diagrama de dispersão é plotado a distribuição das respostas espectrais dos alvos dentro do campo eletromagnético, o diagrama possui dois eixos (X e Y) e em cada um é inserido o comportamento de uma banda espectral. Neste estudo utilizamos as bandas do vermelho (x) e infravermelho próximo (Y) como base para plotagem da dispersão espectral.

Os diagramas e a amostragem detalhada dos componentes puros (vegetação, solo e água) identificados na área de modo geral e nos buffers amostrais, são discussões futuras com base na qualidade da interpretação e processamento de dados e deve colaborar futuramente com a validação dos resultados obtidos na análise ambiental da vegetação do local e de outras escalas.

Na figura 54 é possível visualizar preliminarmente um exemplo de amostragem de determinados componentes da imagem e do ambiente, que podem ser utilizados para comparação e validação dos próprios índices radiométricos.

Figura 54: Exemplo de amostras de vegetação fotossinteticamente ativa.



Fonte: Autor. (2020)

Os passos e técnicas apresentados nesta metodologia, caminham em conjunto para o alcance de avaliações importantes da transformação sistêmica da paisagem e seus recursos naturais, somado ao comportamento interrelacionado e dinâmico dos principais componentes ambientais analisados e monitorados integralmente nos resultados obtidos.

CAPITULO V

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo, o foco baseia-se na apresentação do conjunto de dados e informações identificadas, e a representação e descrição dos resultados, realizando no final a correlação dos componentes analisados e sua integração sistêmica no recorte espacial e temporal adotado.

O processo de execução e avaliação da metodologia integrada, e as ferramentas e produtos utilizados para a sistematização deste banco de dados geográficos primário produziu resultados divididos em três grupos.

O primeiro grupo de resultados obtidos está relacionado às informações associadas em diferentes bancos de dados, e que apresentam características ambientais e de elementos geográficos básicos.

O Segundo grupo está diretamente associado à atividade de processamento digital de imagens para identificação e reconhecimento de usos e cobertura da terra e seu posterior mapeamento temático.

O terceiro grupo envolve a discussão de toda relação de parâmetros obtidos pela manipulação dos dados radiométricos e na criação de índices (NDVI), representando o vigor e o padrão de desenvolvimento da vegetação em geral, correlacionada com outras variáveis como clima e solo.

5.1. Características geográficas/ambientais e mapas-base.

Cada dado gerenciado e tratado produziu variáveis de peso importante nas etapas de correlação do objetivo principal do estudo, avaliando o nível influência destes componentes no padrão e dinâmica da vegetação monitorada

Clima

O padrão climático na região onde a BHRC está situada é definido de forma geral como Tropical de Altitude, apresentando estações quentes e chuvosas e estações frias e secas de forma marcada ao longo do ano, a temperatura média é de 22°C a 24°C e precipitação média total anual em 1200 mm e 1.400 mm (FLUMIGNAN; FIETZ; COMUNELLO, 2015).

O fator geográfico intracontinental de localização do Mato Grosso do Sul no centro-oeste brasileiro é um dos condicionantes que determina a existência de um padrão com temperaturas serem superiores a 22°C no verão e com variações de precipitação mensal que podem ser entre 10mm até 150mm de chuva.

O comportamento pluviométrico é idêntico ao do clima tropical. As massas tropicais proporcionam a maior parte do regime pluviométrico na região leste do estado, e as épocas mais frias são marcadas por frentes polares do atlântico (FLUMIGNAN; FIETZ; COMUNELLO, 2015).

A precipitação foi escolhida como uma das principais variáveis deste estudo, pois este parâmetro do clima é um dos que mais apresenta tendências de variabilidade ao longo de um período considerado. Os valores de precipitação geralmente apresentam médias que podem ser registradas em estações meteorológicas e apresentam alta variabilidade espaço-temporal.

Estudos sobre a variabilidade climática e o regime pluviométrico no leste de Mato Grosso do Sul e em municípios próximos da área de estudo apontavam uma redução considerável das chuvas em valores médios de precipitação, sendo que a amplitude na média pluviométrica entre os meses de abril e setembro varia entre 40mm e 60mm (FLUMIGNAN; FIETZ; COMUNELLO, 2015).

As estações escolhidas foram consideradas por serem as mais próximas da área, deste modo, podem representar de forma geral o comportamento do clima em escala regional. A estação automática de Três Lagoas está a aproximadamente 56 km da área, enquanto a estação automática de Paranaíba está a aproximadamente 160 km em relação a BHRC.

A variável clima ficou estabelecida nos indicativos do período de estiagem na região, desta forma, no gráfico estão apontadas as datas aproximadas de início (vermelho) e final (verde) do período seco na área.

Estes indicativos orientaram a identificação e seleção das imagens de satélite produzidas com intervalos regulares pela plataforma Sentinel-2 ao longo dos anos de 2018 e 2019, sempre considerando o critério de ausência total de nuvens para eliminar interferências no processo de análise espectral das imagens.

O conjunto de figuras a seguir representa os critérios de sazonalidade determinados para os anos em análises, foram obtidos dados de pluviosidade média anual das estações automáticas do INMET na região leste do estado de Mato Grosso do Sul.

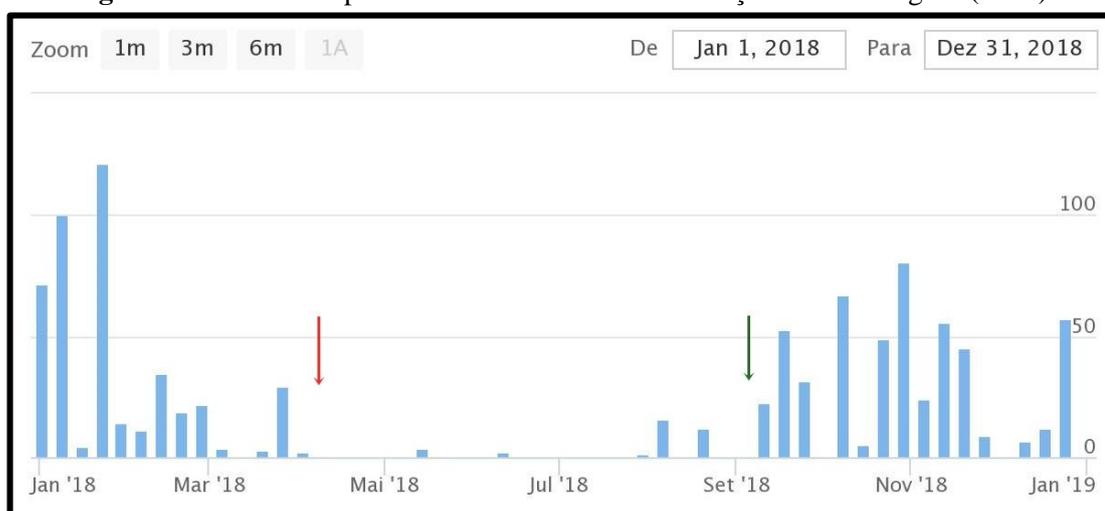
Neste primeiro dado já é possível compreender a concentração das altas taxas de pluviosidade entre os meses de janeiro/fevereiro e novembro/dezembro, marcando de modo característico a estação chuvosa na região.

O período seco está bem delimitado pela redução drástica das chuvas já em meados do mês de abril, este comportamento é estendido até meados de setembro com o retorno gradual das áreas de instabilidade no leste do estado.

A estiagem mais acentuada ocorre entre os meses de julho a setembro, este processo de adaptação climática é comum tanto nas fitofisionomias de Cerrado e de Mata Atlântica. Por exemplo, em faixas de Floresta Estacional Semi Decidual (perde parte das folhas) que possuem alterações fenológicas conforme a mudança de sazonalidade e disponibilidade hídrica, vale ressaltar que a severidade da seca pode produzir de 2 a 4 meses com menos de 10mm de precipitação média total ou mesmo sem qualquer chuva.

Nas figuras 55 e 56 estão registrados, de forma muito semelhante, o comportamento dos gráficos de pluviosidade da estação de Três Lagoas/MS e Paranaíba/MS para o ano de 2018.

Figura 55: Gráfico de pluviosidade média anual na estação de Três Lagoas (2018).



Fonte: INMET. (2018)

Figura 56: Gráfico de pluviosidade média anual na estação de Paranaíba (2018).



Fonte: INMET. (2018)

Nas mesmas estações analisadas anteriormente, mas agora para o ano de 2019, foi constatado a manutenção de tendência de redução da precipitação entre maio e setembro (Outono e Inverno), o maior volume de chuva foi registrado nos meses de janeiro/março e novamente em novembro/dezembro.

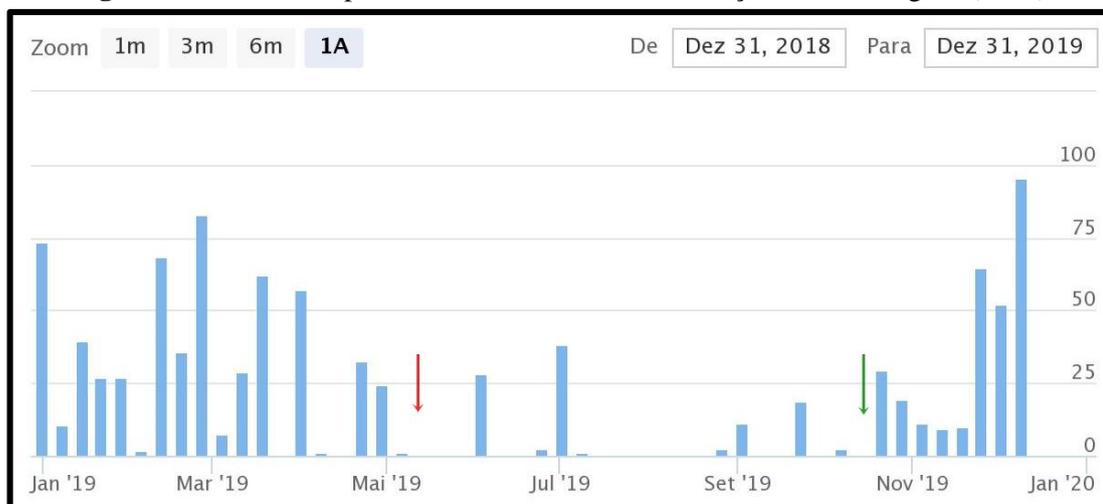
A principal mudança na variação sazonal do regime pluviométrico neste ano corresponde a maior incidência de eventos de chuva, sendo registrados 2 eventos acima de 25mm na estação de Três Lagoas e 1 evento próximo de 50mm em Paranaíba,

Uma das principais tendências observadas na análise ambiental do tempo atmosférico pelos produtos obtidos, é a mudança ou flutuação do período de estiagem na região, assim, é possível observar que no ano de 2018 o mês de março foi menos úmido do que em 2019 e as últimas chuvas foram registradas até a metade de abril, este fato condicionou o início da estiagem de forma antecipada na região.

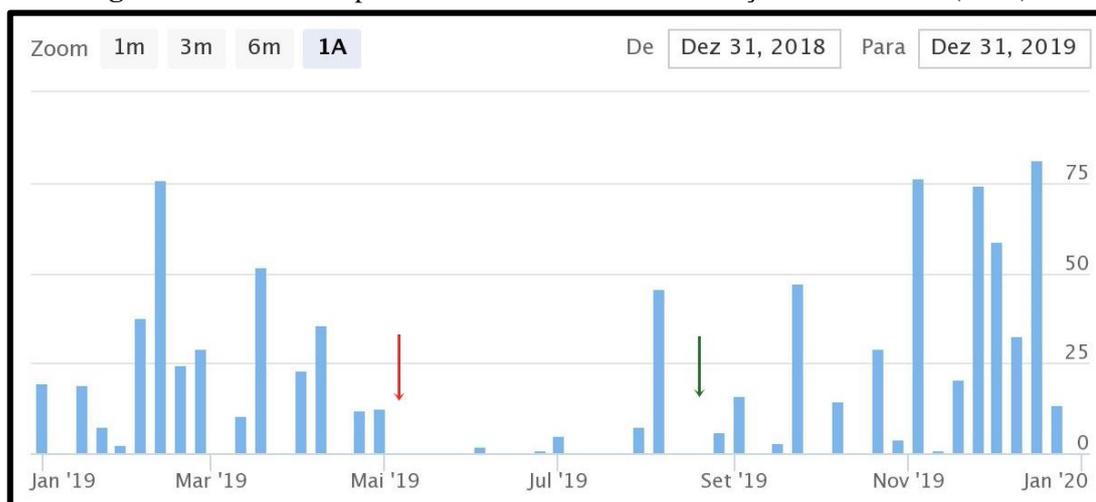
Esta tese se fortalece a medida que podemos notar também uma relativa melhor distribuição das chuvas no ano de 2019 do que em relação ao ano anterior, este fato pode ser notado através de duas tendências: a delimitação abrupta e restrita dos períodos úmidos em 2018; e a distribuição levemente mais uniforme de eventos de precipitação ocasionais em meses como julho, agosto e setembro de 2019, além disto, neste ano na estação de Três Lagoas as chuvas parecem apresentar uma tendência de prolongamento até o final do mês de outubro.

Os gráficos do comportamento pluviométrico das estações próximas a BHRC no ano de 2019 podem ser observados nas figuras 57 e 58.

Figura 57: Gráfico de pluviosidade média anual na estação de Três Lagoas (2019).



Fonte: INMET. (2019)

Figura 58: Gráfico de pluviosidade média anual na estação de Paranaíba (2019).

Fonte: INMET. (2019)

Deste modo, os dados pluviométricos e a dinâmica sazonal apresentadas contribuíram para a definição metodológica do critério de aquisição dos produtos utilizados para o processamento de algumas das correlações mais importantes dos resultados esperados.

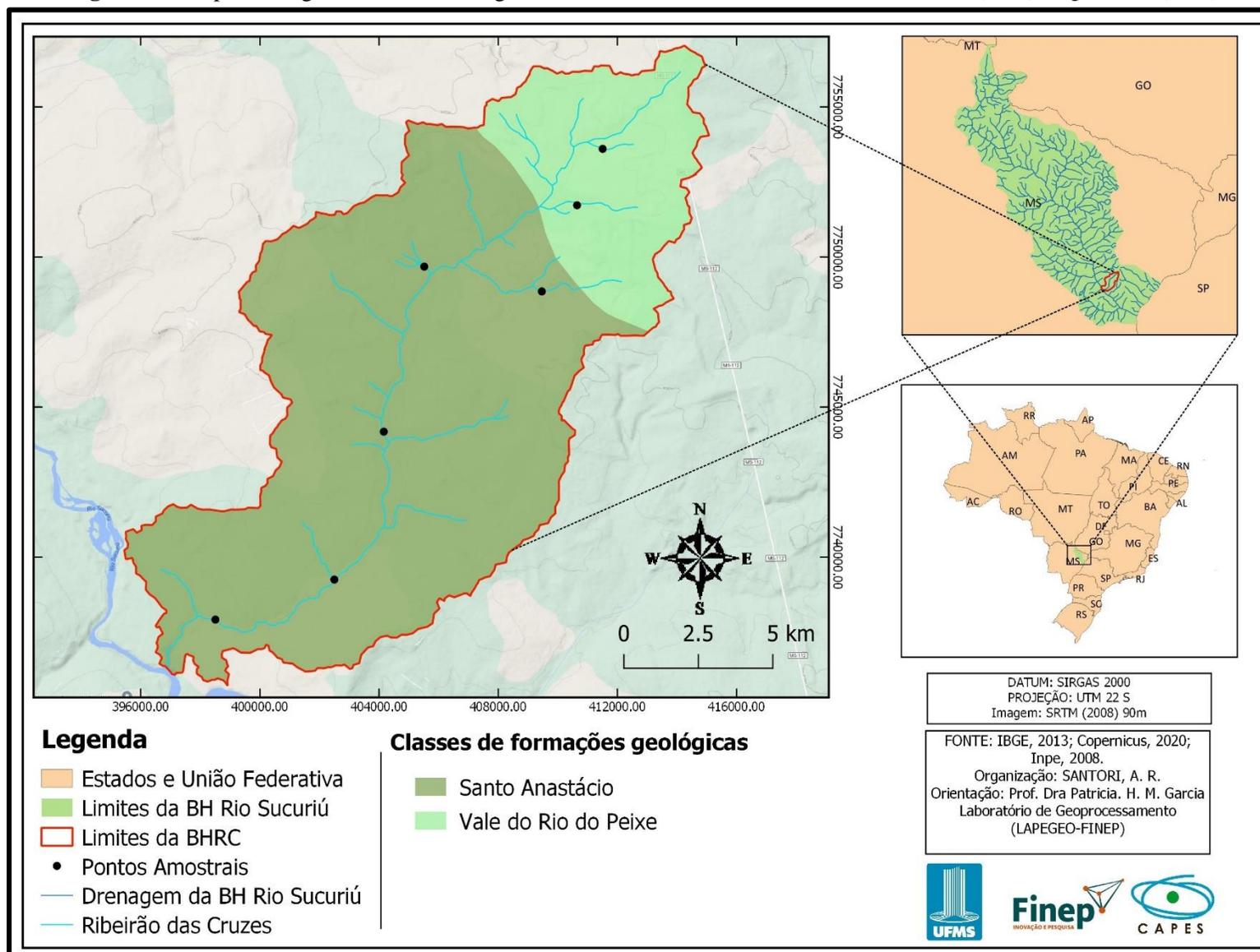
Geologia

O mapeamento geológico específico da área de estudo, apresenta sua conformação baseada na área da província lito-estrutural sedimentar do Paraná, que se estende por um pouco mais da metade do estado do Mato Grosso do Sul. Neste estudo foram encontradas as formações do período cretáceo, sendo elas, a formação Santo Anastácio (K2sa) do grupo Bauru e a Vale do Rio do Peixe (K2vp) do grupo Caiuá (LACERDA FILHO et al., 2006).

Segundo o levantamento e mapeamento geológico (CPRM, 2006), a Formação Santo Anastácio é composta por arenitos quartzosos finos a muito finos, apresenta seleção pobre e pouca presença de silte e argila em sua estrutura. A Formação Vale do Rio do Peixe é composta por arenitos finos a muito finos e argilitos arenosos de coloração marrom e alaranjada, apresenta boa seleção e a tendência e de conformação de camadas tabulares intercaladas com silte maciço.

A figura 59 apresenta o mapa base Geológico como um dos resultados obtidos na aquisição e identificação de dados geológicos em formato vetorial, o tratamento das informações espaciais deste componente ambiental foi realizado utilizando algumas das etapas de pré-processamento, aplicadas nos dados de base fornecidos pelo CPRM (2006).

Figura 59: Mapa Geológico da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Cruzes/MS. Fonte: CPRM. (2006). Org.: Autor. (2020)



Pedologia

Os dados relacionados a formações de solos típicos da região e presentes na área de estudo, foram levantados entre 1984 e 1985, no projeto de Macrozoneamento de Mato Grosso do Sul, que produziu cartas pedológicas de todo o estado em escala 1:250.000, estas informações foram inseridas no suporte ao licenciamento ambiental da plataforma SISLA.

Deste modo, a representação espacial deste recurso tem como base o arquivo em formato vetorial, com a presença de uma tabela de atributos relacionando um conjunto de informações gerais sobre alguns dos aspectos pedológicos de todo o estado.

Os dados de solos da região foram obtidos e sistematizados em um mapeamento publicado no ano de 1988, com toda a base geográfica obtida com folhas planimétricas em 1:250.000, atualizadas com imagens do satélite Landsat e validação de campo, foram encontradas quatro formações pedológicas

As duas primeiras são as predominantes em ocupação da BHRC, elas são variações que pertencem aos Latossolos, sendo especificamente o tipo Latossolo Vermelho Eutrófico (LVe) e Latossolo Vermelho Distrófico (LVd) (EMBRAPA, 2018).

Segundo Moreira (2003) este tipo de solo possui teores de óxido de ferro próximos a 20% quando são mais argilosos, e próximos a 8% quando a textura for média, além disto, este tipo de solo está conformado geralmente em áreas de relevo ondulado com baixos valores de declividade (inferiores a 8%).

A terceira variação encontrada com boa ocupação é da classe dos Argissolos, sendo no caso o Argissolo Vermelho classificado como PVe, este é um padrão de formação muito comum nas regiões de Cerrado. Apresentam condição eutrófica e textura média com altos teores de óxido de ferro e minerais e sem a presença de hidromorfismo (EMBRAPA, 2018).

Este tipo de solo ocorre em áreas de relevo suave ondulado até forte ondulado e está presente nos seus tipos álicos e distróficos, em variadas áreas da unidade de relevo da Bacia Sedimentar do Paraná (EMBRAPA, 2018).

A quarta variação apresenta uma faixa extremamente pequena no sul da BHRC, bem a jusante próxima da confluência com o Rio Sucuriú. A última formação encontrada foram os Planossolos Háplicos classificados pela simbologia SXa. Este tipo apresenta uma condição álica proeminente e moderada, com a presença de textura arenosa média e arenosa/argilosa proeminentemente distrófica ao longo de sua composição.

Este tipo é caracterizado com transição abrupta entre horizontes, sendo o superficial muito arenosos e de origem eluvial, e subsuperficial argiloso e compactado, ocorrem em áreas

de relevo plano e pouco ondulado na proximidade da calha de cursos d'água de grande porte (EMBRAPA, 2018).

A tabela 6 sistematiza de forma geral, as formações pedológicas presente na área da BHRC, e correlaciona a apresentação de suas ocupações em área e porcentagem, com o tipo predominante de uso da terra desenvolvido sobre estes solos.

A maior parte da vegetação nativa está condicionada sob áreas de latossolos vermelhos, que somados encobrem 86% da área, o que corresponde a 181,973 km². Em relação as classes de usos predominantes que estabelecidas nesses solos temos uma maior concentração de silvicultura, seguida de áreas destinadas as pastagens.

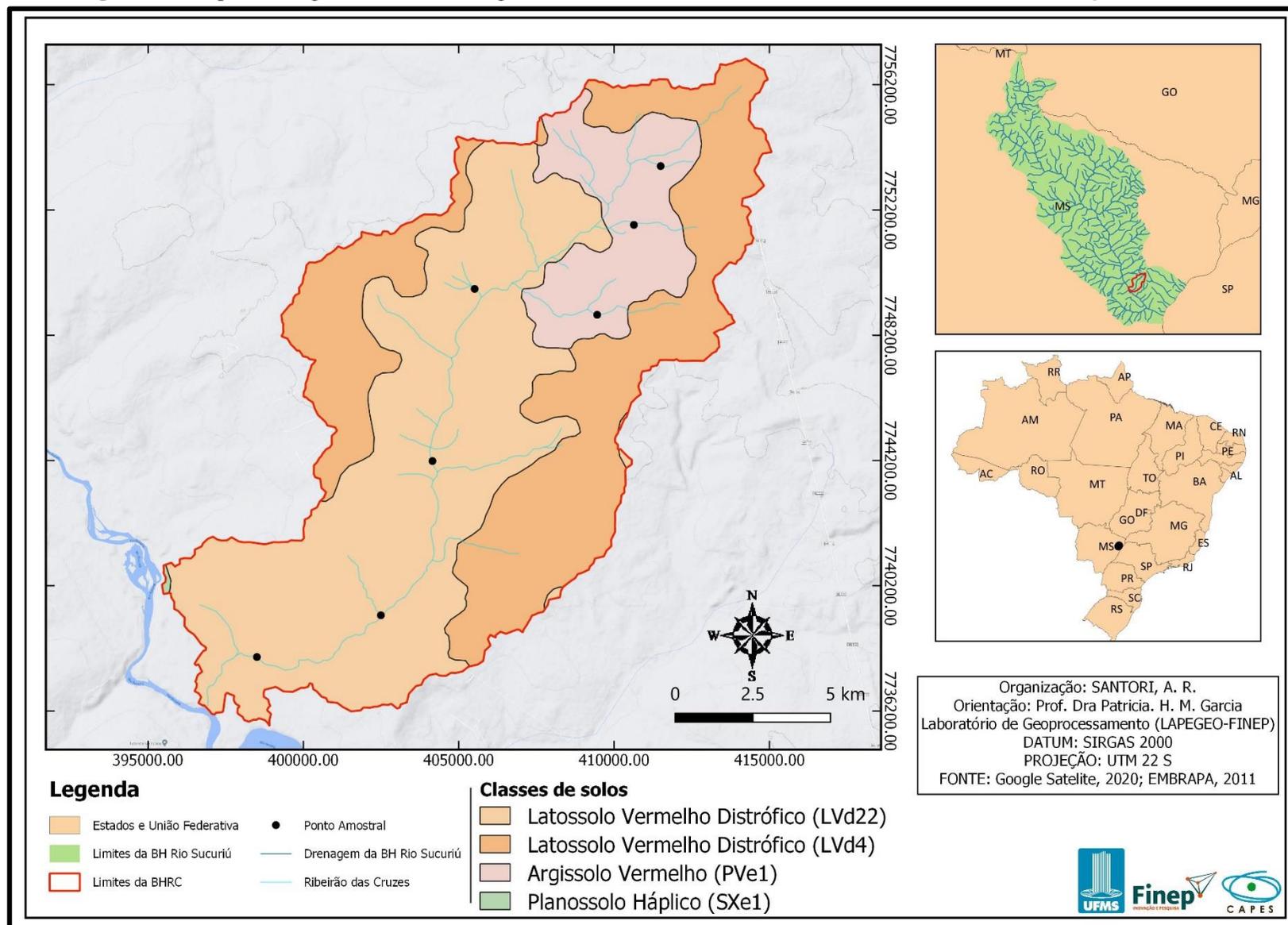
Tabela 6: Formações pedológicas encontradas na BHRC.

Solo	Característica	km²	%	Uso predominante
Latossolo Vermelho (LVd)	Arenosa média /Distrófico	105,705	50	Eucaliptos
Latossolo Vermelho (LVe)	Arenosa Média /Eutrófico	76,268	36	Pastagem
Argissolo Vermelho (PVe)	Arenosa média Eutrófico	27,289	13	Pastagem
Planossolo Háplico (SXa)	Arenosa média e argiloso Álico	0,745	1	Pastagem

Org.: Autor. (2020)

A figura 60 apresenta mais um mapa-base compondo o banco de dados ambientais gerais da BRHC, esta representação espacial dos recursos gerais relacionados ao solo, consta como mais um resultado do tratamento e gerenciamento dos dados de pedologia apresentados neste estudo e sistematizados na metodologia proposta.

Figura 60: Mapa Pedológico da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Cruzes/MS. Fonte: EMBRAPA (2011). Org.: Autor. (2020)



5.1.2 Parâmetros morfométricos de relevo (Hipsometria/Declividade).

Nesta etapa a intenção é determinar a configuração e ocorrência de determinados fenômenos na superfície do terreno que possam estar mais intrinsecamente ligados ao modelado do relevo, e mais diretamente às formações litológicas presentes na área estudada.

Desta forma, justificando a aplicação de processos de análise digital do relevo para a extração dos parâmetros morfométricos. As informações do terreno obtidas a partir da produção dos mapas de hipsometria e declividade, refletem as características do relevo na BHRC.

Os dados topográficos indicam representações interessantes dos padrões mais comuns e a rugosidade do terreno. A interpretação do relevo apresentou resultados importantes relacionados a percepção de sombreamento da vegetação e drenagem do solo.

Neste caso, a variação de amplitude do relevo no *raster* recortado foi definida entre a cota mínima de 275 metros e a máxima 456 metros, portanto, a amplitude altimétrica obtida na variação do relevo da área foi de 181 metros e com a altitude média definida em 360 metros.

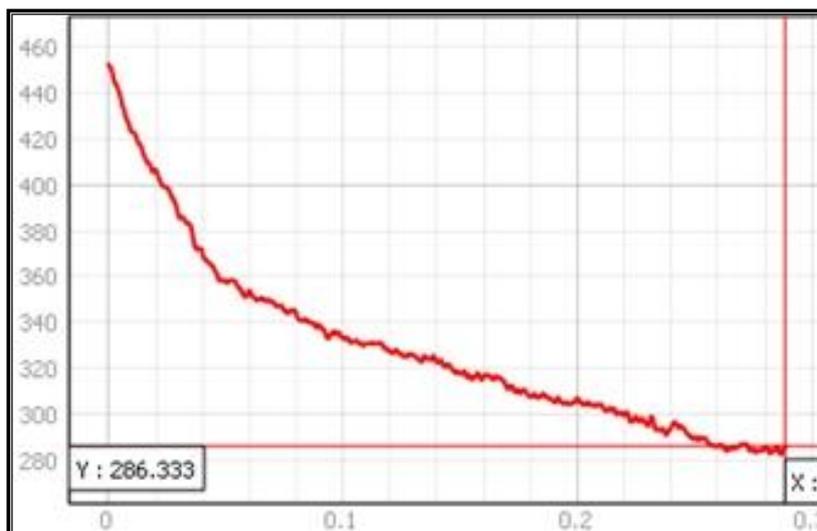
As formas de relevo da BHRC não apresentam grandes diferenças em relação a variação estrutural, portanto, não existem mudanças abruptas ao longo da amplitude altimétrica, sendo está mais restrita e diretamente relacionada com as formas das vertentes locais.

A maior cota foi registrada em áreas próximas aos divisores de água, as maiores altitudes foram registradas geograficamente ao norte e nordeste da bacia, apresentam-se com valores que variam entre 440 e 456 metros, obedecendo assim uma tendência comum de formação de pequenos anfiteatros nos relevos das formações da bacia hidrográfica do Rio Paraná.

As áreas mais rebaixadas e planas distribuíram-se preferencialmente próximas ao leito principal do Ribeirão das Cruzes, principalmente em seu baixo curso, e se concentraram em valores entre 275 e 315 metros.

Nesta etapa dos resultados também foi analisada a conformação do relevo ao longo de todo o canal principal, a partir de um perfil de elevação traçado da nascente mais a montante até o exutório do canal, a variação do perfil de elevação limitada ao canal principal foi de 286 metros a 452 metros (Figura 61).

Figura 61: Perfil de elevação do canal principal da BHRC.

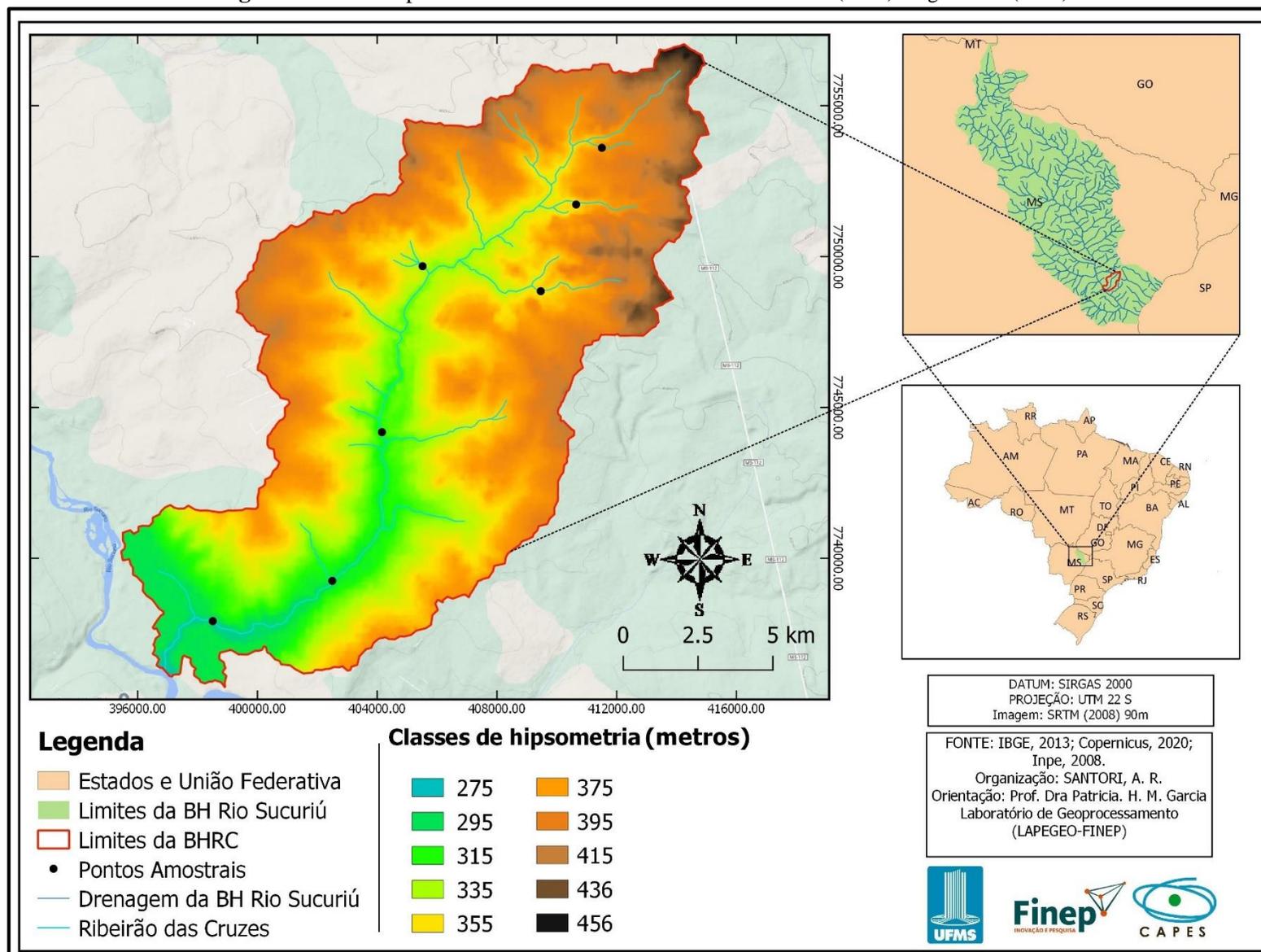


Fonte: INPE/TOPODATA. (2008)

Como pode ser observado nas informações e características da carta hipsométrica (Figura 62), as feições de relevo plano podem ser facilmente percebidas nos setores ao Sul da bacia hidrográfica, próximo ao interflúvio com o Rio Sucuriú, definindo esta porção como uma extensa da planície fluvial.

Em contrapartida as maiores cotas altimétricas cumpriam sua característica mais comum de estar associada a áreas com maior rugosidade do relevo e com associação direta aos interflúvios característicos das bacias hidrográficas sedimentares do sistema ambiental bacia hidrográfica do Rio Paraná

Figura 62: Carta hipsométrica do relevo na BHRC. Fonte: INPE. (2008). Org.: Autor (2020)



As classes de declividade seguem a estrutura, os critérios e as definições das características do relevo regional que foram identificados na área de estudo.

A classe Plano (0-3%) foi predominante e se distribui de forma mais concentra nas áreas de planícies fluviais, representando cerca de 55% da área total; a classe Suave-Ondulado (4-8%) foi tão predominante quanto a anterior, porém, levemente menor e distribuindo-se uniformemente em toda área, sua ocupação foi de 52% do recorte; a classe Ondulado (8-20%) teve presença bem inferior às demais, representando cerca de 3% da área da bacia e concentradas em pequenas faixas, principalmente no alto curso e em algumas faixas de margens mais dissecadas do canal principal; a classe Forte Ondulada (20-45%) foi ínfima com área inferior a 1%, sendo muito restrita a áreas de alteração da vertente pelo manejo agrícola.

As vertentes convexas da área apresentam colinas amplas e suave-onduladas geralmente pequenas, baixa densidade de canais nas áreas com maior amplitude caracterizadas por pontos de recarga dos canais complementares da rede de drenagem do Ribeirão da Cruzes.

As vertentes côncavas possuem a presença de colinas médias com baixa densidade de canais e baixas declividades. Os vales são mais inclinados nas áreas de divisores de água mais para o Norte da bacia hidrográfica, no geral são muito pouco dissecados e os topos são aplainados com declividades abaixo dos 20%.

Foram constatadas declividades superiores a 20%, mas que representam ínfimos 0,1% do total. Neste caso, em parte da declividade ocorreram faixas lineares em que as características dos declives parecem apontar para possíveis interferências causadas pelos dosséis mais densos de silvicultura, este fenômeno faz com que ocorra um sombreamento nas bordas dos plantios, que pode influenciar o registro da rugosidade do terreno pela radiação do radar.

Deve-se ressaltar o padrão identificado nas quadriculas SRTM do modelo de elevação utilizado, este consiste na presença de faixas lineares com representação na classe “Suave ondulado”, esta forma encontrada foge da dinâmica apresentada pela declividade na área geral da bacia, e possivelmente estão associadas a efeitos de sombreamento das bordas de dosséis de eucaliptos que confundem o sensor do radar.

A estruturação do relevo e a característica de existência de superfícies planas determinam o valor mínimo de declividade como 0%, enquanto a maior declividade obtida foi identificada em um ponto da área com valor de 34%.

A tabela 7 apresenta parte das características e dados obtidos no tratamento da declividade do terreno. A relação de classes foi analisada com base na medição de suas áreas de ocupação em km² e em porcentagem com a distribuição dos valores extraídos.

Tabela 7: Classes de declividade obtidas no relevo da BHRC.

Classes	Declividade	Área km ²	%
Plano	0 - 3	113,971	55
Suave ondulado	3 - 8	87,507	52
Ondulado	8 - 20	5,445	3
Forte ondulado	20 - 45	0,020	0

Org.: Autor. (2020)

De modo geral, as áreas com maior altitude estão mais restritas as cabeceiras de drenagem da BHRC, enquanto as maiores porcentagens de declividade (<20%) apresentam-se em faixas que parecem obedecer a áreas mais íngremes do leito regular do ribeirão e áreas do terreno que sofreram algum tipo de influência indireta ou manejo.

Um destaque para a forte presença de topos convexos de baixa a muito baixa dissecação e complementados pela baixa rugosidade do relevo, que indicam que a atuação fluvial ainda é pobre, e ainda restringe muito o escoamento e o grau de dissecação da bacia hidrográfica.

Os resultados relacionados a variável declividade apresentam detalhes do padrão predominantemente plano e suave da conformação geológica e geomorfológica em áreas do planalto marcada por vários períodos de deposição que conformam a bacia sedimentar do Paraná.

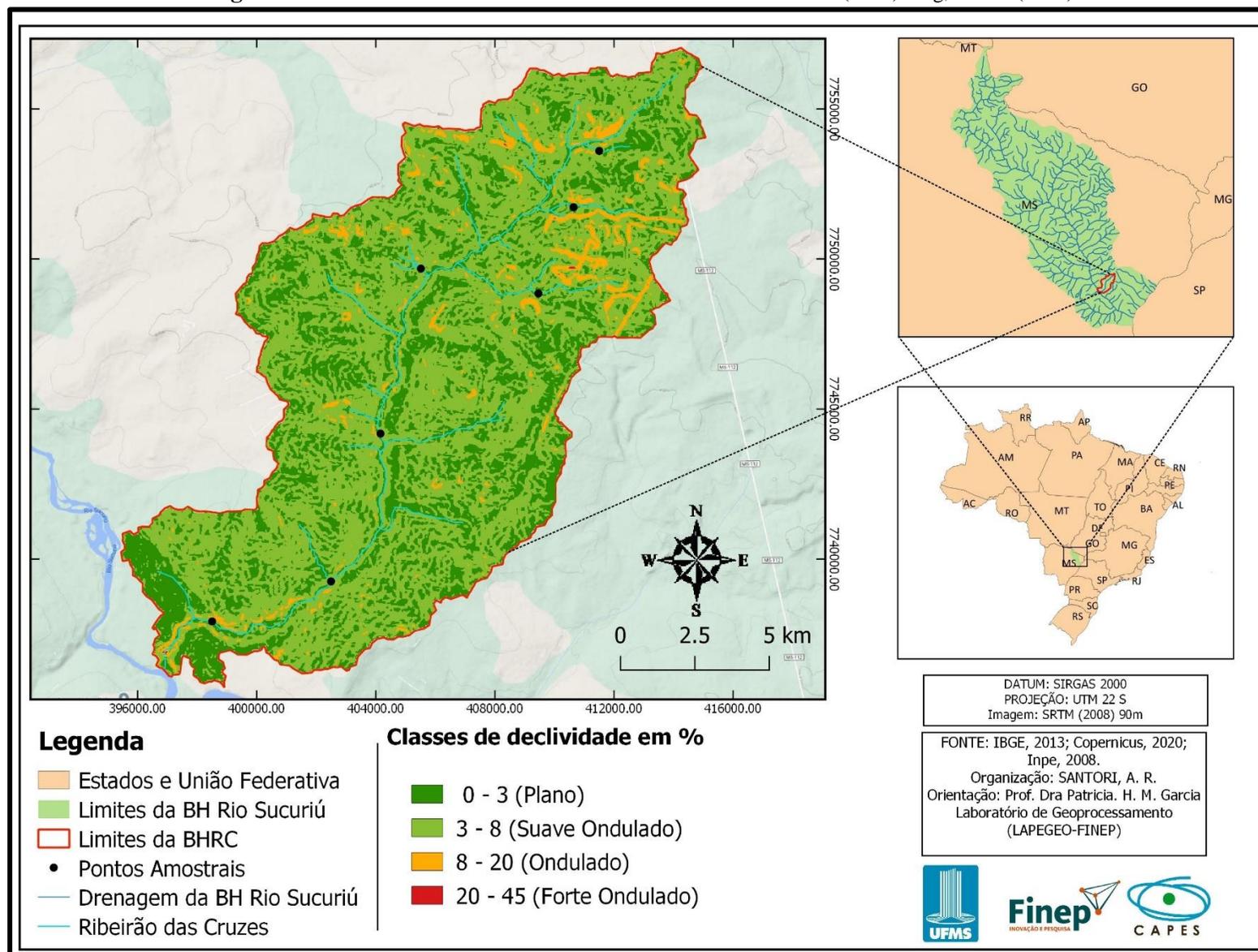
Correlacionando todos os parâmetros morfométricos obtidos no modelo digital de elevação, pode-se constatar que a Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Cruzes está totalmente constituída por padrões de relevos característicos de áreas de deposições sedimentares e planícies fluviais.

Os padrões de altitude associaram-se às características básicas das formas e da variação altimétrica que corresponde a morfoestrutura da bacia sedimentar do Paraná. A aquisição, identificação e análises dos parâmetros, apontou como resultado uma pouquíssima variação do relevo para as áreas que abrangem o baixo curso do Rio Sucuriú e próximas à calha principal do Rio Paraná.

Estes dados colaboram com a estruturação e alimentam o banco de dados geográfico ambiental da área e auxiliam a correlação sistêmica da característica dos parâmetros locais aos demais patamares da geossistema considerado.

Na figura 63 é possível observar a distribuição espacial das quatro classes de declividades.

Figura 63: Carta de declividade do relevo na BHRC. Fonte: INPE. (2008). Org.: Autor (2020)



5.2. Características de uso e cobertura da terra.

A discussão sobre os aspectos relativos à cobertura da terra e os processos e consequências que estão relacionados a cada uma destas formas de ocupação, deve ser pautado na visão sistêmica integrada entre a vegetação, o solo, o relevo e a principalmente à água.

Em relação ao resultado do comportamento e da dinâmica apresentada pelos tipos e classes de uso, podemos destacar em ambos produtos, o relativo equilíbrio entre os mosaicos e unidades com usos da terra agrícola destinados a silvicultura e as áreas mantidas para a criação e pastoreio do gado.

O incremento da silvicultura do ano de 2018 para o de 2019 foi o maior entre todas as classes, e esse fato tem relação direta com a diminuição das áreas com solo temporariamente exposto, ou seja, estas áreas que antes estavam sendo preparadas e manejadas para um novo plantio em abril de 2018, aproximadamente um ano depois estão novamente sendo utilizadas pela silvicultura para um novo ciclo de produção do eucalipto.

A vegetação nativa apresentou um comportamento praticamente estável, em relação a sua distribuição e qualidade no recorte temporal e espacial considerado. Assim como nas duas classes de usos da terra dominantes, a classe de vegetação nativa também obteve um leve incremento, porém, às custas da variação sucessional e da densidade de fragmentos menores próximos a App's e áreas úmidas (várzeas).

Estes produtos refletem as condições e os padrões de utilização da terra agrícola nas propriedades rurais da região, refletindo a atual densidade e distribuição das atividades produtivas no espaço rural da BHRC.

De forma geral, como já mencionado, nos produtos obtidos é notável a existência de um relativo equilíbrio entre as unidades de ocupações de pastagens e eucaliptos. A preferência de alocação do segundo é definida em mosaicos de talhões geométricos geralmente em áreas mais próximas da rede de drenagem, enquanto as pastagens são mais esparsas na área.

No caso também podem ser observadas fisionomias vegetais mais desenvolvidas biologicamente e espacialmente, com porte mais denso e elevada biodiversidade, que são atributos dos altos graus de proteção. Em contrapartida, ocorrem paisagens sem fisionomias vegetais representativas, como áreas desmatadas e solos expostos, que por sua vez determinam graus de proteção muito baixos, ou basicamente inexistentes.

O processo de validação da qualidade da classificação realizada é determinado pela criação da matriz de confusão, este procedimento serve como análise da eficácia da metodologia

de treinamento e do PDI aplicado nas composições de imagens trabalhadas, e também na qualidade e exatidão do classificador pixel a pixel de máxima verossimilhança (*Max-Ver*)

Na matriz de confusão pode ser constatada a qualidade do processo de classificação supervisionada oferecido pelas amostras obtidas. As colunas horizontal e vertical representam as classes de usos escolhidas, sendo: 1 (Silvicultura), 2 (Pastagem), 3 (Veg. nativa), 4 (Áreas úmidas) e 5 (Áreas descobertas/expostas/infra.).

A relação estatística da matriz de confusão ocorre entre as colunas e a distribuição dos pixels entre as classes. Desta forma, quanto menos pixels de uma classe estiverem confundidos e agrupados em outra classe, maior será a acurácia das amostras obtidas.

Para Landis e Koch (1977) na obtenção de concordâncias boas é recomendável que os valores de acurácia em cada um dos parâmetros estejam maiores que 80%, o índice da matriz de erro chamado de índice ‘*Overall accuracy*’ (Acurácia Global) indica a relação entre os pixels corretos com o número total de pixels obtidos para a classe, portanto, a exatidão global determina o quanto um valor, atributo ou classe é correto e isento de erros.

Este valor mínimo de 80% também deve ser atribuído na tabulação cruzada, neste caso na média do Índice Kappa (*Kappa Hat Classification*), o coeficiente Kappa quantifica e retrata o grau de concordância dos dados classificados, com o objetivo de obter boa confiabilidade quantitativa e avaliar a representatividade das amostras (ESPÍRITO-SANTO et al., 2005; ESPÍRITO-SANTO; SHIMABUKURO, 2005).

Além do ‘*Kappa hat classification*’ que determina a relação média de acurácia entre o resultado da classificação e as amostras, existem também dois outros indicadores que determinam a quantidade de confusões e a porcentagem de confiança do resultado.

Estudos que aplicam o SCP como ferramenta de classificação, descrevem que o índice de erro de omissão ou ‘*Producer’s accuracy*’ indica o nível confiabilidade na qualidade da classificação de determinada classe e o índice de erro de comissão ou ‘*User’s accuracy*’ aponta a probabilidade de cada conjunto de pixels selecionadas no treinamento representar com fidelidade a categoria coletada (PANTALEÃO; SCOFIELD, 2009).

A realização do treinamento com a aquisição de amostras ofereceu um conjunto interessante de amostras, e em quantidades diferentes para os dois anos mapeados no início do período seco de cada um, proporcionando uma maior amplitude de amostras para validação das classes e conseqüentemente uma maior oferta para erros e confusões deste amplo conjunto obtido.

Nas matrizes de confusão constituídas para as 5 classes obtidos nos anos de 2018 e 2019, a tendência observada apontou que as confusões de pixels mais agudas ocorrem entre as classes de silvicultura e vegetação nativa.

Estes erros ocorrem de forma concentrada em alguns setores do recorte e por não serem excessivos podem ser corrigidos e reclassificados na edição vetorial e na calculadora de campo, trabalhando diretamente com os atributos da classificação.

Neste caso, ocorreu uma confusão comum na maioria das atividades de classificação, que é a entre formações vegetais sadias (verdes) em desenvolvimento, ela ocorre devido a semelhança de resposta entre determinados pixels do dossel de duas classes diferentes pelo fato destas texturas serem semelhantes ou até iguais no seu comportamento espectral, além desta, também ocorreu uma similaridade grande entre determinados pixels de silvicultura e pastagem.

Esta condição ocorre por motivos semelhantes a confusão anterior, pois, as áreas de pastagens apresentaram uma variação muito grande na textura dos pixels que a compõem em toda a área da BHRC.

Também ocorrem confusão de pixels com texturas semelhantes não apenas com plantações de eucaliptos, mas também com a vegetação nativa e as áreas úmidas, pela presença de nascentes, árvores esparsas, pequenos pomares e fragmentos isolados em meio a pastagem.

Os quadros 2 e 3 correspondem a sistematização da acurácia obtida na matriz de confusão da classificação dos usos da terra na imagem do início do período seco do ano de 2018 e 2019 respectivamente.

No ano de 2018 as amostras adquiridas na metodologia de treinamento representaram uma mais selecionada quantidade de conjunto de pixels restritos aos alvos presentes nos buffers amostrais, o valor médio de acurácia e o índice de Kappa foram de 96% e as principais confusões ocorridas foram entre as respostas de alguns conjuntos de pixels de silvicultura e vegetação nativa.

Quadro 2: Matriz de confusão e acurácia global da classificação (abril/2018).

	Silvicultura	Veg. nativa	Pastagem	Áreas úmidas	Solo exposto
Silvicultura	1227	116	7	0	0
Veg. nativa	51	1653	2	0	0
Pastagem	7	18	1372	0	0
Áreas úmidas	0	1	0	189	0
Solo exposto	0	0	5	0	700
TOTAL	1285	1788	1386	189	703
	Acurácia Global	96%	Índice Kappa	0.96	

Fonte: Autor. (2020)

Na classificação realizada no ano de 2019 foi obtido um conjunto maior de amostras treinadas para todas as classes, esta diferença pode ser observada nos valores totais. Neste caso o valor médio de acurácia foi de 91% e o índice de Kappa de 90%, as principais confusões ocorridas foram entre as respostas de alguns conjuntos de pixels de silvicultura com vegetação nativa e determinadas texturas de pastagem com vegetação nativa.

As confusões ocorrem em um número maior devido ao aumento proporcional da quantidade de amostras treinadas pelo classificador, assim, explicando também a diminuição dos índices globais.

Quadro 3: Matriz de confusão e acurácia global da classificação (abril/2019).

	Silvicultura	Veg. nativa	Pastagem	Áreas úmidas	Solo exposto
Silvicultura	1572	252	19	1	0
Veg. nativa	109	4000	111	22	0
Pastagem	82	18	6723	0	16
Áreas úmidas	0	43	0	1326	0
Solo exposto	0	0	5	0	1133
TOTAL	1763	4313	6858	1349	1149
	Acurácia Global	91%	Índice Kappa	0.90	

Fonte: Autor. (2020)

Os outros índices escolhidos para validar a confiabilidade da classificação são os erros de comissão e omissão, estes variam conforme o resultado das análises de verossimilhança executadas pelo classificador, assim, quanto mais próximo de 100% mais confiável será a representação cartográfica da realidade presente na paisagem da área, podendo obter-se um resultado de classificação considerado ótimo.

As maiores porcentagens de confiabilidade e probabilidade obtidas foram nas amostras treinadas para as classes de áreas úmidas (4) e solo exposto/áreas descobertas (5) com valores acima de 99% nas duas classificações.

Seguindo a lógica de que quanto mais próximo de 100% melhor é a qualidade e a acurácia da classificação, podemos concluir que o resultado da classificação dos usos tanto para a imagem Sentinel-2B do início do período seco de 2018 como para o de 2019 é de nível bom, e totalmente válido para gerar os mapas temáticos de usos da terra na BHRC.

Nestas informações também se refletem a proporção dos erros ocorridos, e desta forma também fica perceptível a influência que a quantidade de erros contidos no treinamento exerce no resultado das classes, por exemplo, nos resultados da silvicultura nas imagens de 2018 e de 2019. (ver tabelas abaixo)

A tabela 8 apresenta os valores de acurácia dos erros de omissão (Producer's accuracy) e erros de comissão (User's accuracy) da classificação correspondente ao ano de 2018, as amostras selecionadas para as macroclasses de usos 3, 4 e 5 apresentaram alta confiabilidade.

Tabela 8: Valor de acurácia de erro de comissão e omissão (abril/2018).

Nome	Producer's accuracy	User's accuracy
Classe 1.0 (Silvicultura)	95.4%	90.8%
Classe 2.0 (Veg. Nativa)	92.4%	96.8%
Classe 3.0 (Pastagem)	98.9%	98%
Classe 4.0 (Áreas úmidas)	100%	99.4%
Classe 5.0 (Solo exposto)	99.5%	99.2%

Fonte: SCP. (2020) Org.: Autor. (2020)

A tabela 9 relaciona os valores de acurácia da classificação do ano de 2019, os erros de comissão e omissão em geral foram maiores que a classificação do ano anterior. Destaque para as amostras das classes 4 e 5, a qualidade deste resultado está principalmente atrelada as características restritas e específicas de espacialização e textura destes dois usos.

Tabela 9: Valor de acurácia de erro de comissão e omissão (abril/2019).

Nome	Producer's accuracy	User's accuracy
Classe 1.0 (Silvicultura)	90.1%	95.3%
Classe 2.0 (Veg. Nativa)	92.3%	93.5%
Classe 3.0 (Pastagem)	98.2%	91.3%
Classe 4.0 (Áreas úmidas)	99.9%	99.9%
Classe 5.0 (Solo exposto)	99.9%	99.9%

Fonte: SCP. (2020). Org.: Autor. (2020)

No contexto histórico regional de transformação da paisagem ocorreu um processo de mudança gradual de parte das atividades econômicas desenvolvidas no meio rural da região.

Deste modo, o cenário apresentado pelo mosaico das atividades classificadas reflete as informações temporais e espaciais daquele dado momento em que o imageamento foi realizado. Para constituir o cenário de desenvolvimento da bacia hidrográfica, foram produzidos dois mapas temáticos com as informações de usos e cobertura utilizando como base a composição RGB das datas de início do período seco em 2018 e 2019.

Com isto, as imagens de satélite formam a base de definição dos objetos e fenômenos que ocorrem em grande proporção na BHRC, a configuração da cobertura terrestre na escala da bacia hidrográfica está sempre associada a tipos de cobertura natural ou artificial efetivamente registradas pelos sensores remotos.

Com base nesse processamento foram obtidas duas classes de áreas de usos da terra, relacionadas com a atividade agrícola de silvicultura (eucaliptos) e pecuária extensiva (criação de gado) e uma classe de uso que é variante da pecuária e principalmente da agricultura, que são as áreas descobertas e o solo exposto por retirada da produção.

Na identificação das amostras de treinamento, também foi obtida uma classe de cobertura do solo consolidada com vegetação nativa, esta classificação claramente é generalizada, pois, a vegetação da área apresenta um conjunto complexo de variações com fitofisionomias predominantes do bioma Cerrado.

Na tabela 10 estão agrupadas as classes gerais de uso e cobertura da terra identificadas no treinamento das composições RGB dos dois anos analisados. A distribuição quantitativa de cada classe obedece às informações de áreas em km² calculadas na tabela de atributos dos dados vetoriais de uso e ocupação adquiridos na classificação.

Tabela 10: Classes de usos da terra obtidas na BHRC.

Classes de usos e cobertura	Ano	Área km²	%
Silvicultura	2018	85,629	40%
	2019	92,248	
Pecuária	2018	74,983	35%
	2019	76,253	
Vegetação nativa	2018	38,598	23%
	2019	39,534	
Áreas úmidas	2018	4,541	1%
	2019	1,958	
Áreas descobertas/Infraestruturas	2018	8,846	1%
	2019	3,917	

Org.: Autor. (2020).

A análise dos resultados obtidos no uso e cobertura da terra são determinadas pela quantidade e qualidade das classes obtidas na classificação das imagens dos anos analisados. O mapeamento dessa pequena série temporal de dados de usos da terra na BHRC é complementado com as cartas de uso e cobertura produzidas neste estudo, somadas a produtos mais recente obtidos em outros trabalhos, com enfoque nesta variável para o ano de 2020 (GUIMARÃES; SANTORI; MIRANDOLA-GARCIA, 2020).

Os resultados do processamento digital das imagens no processo de treinamento e segmentação descritos na metodologia apresentam dois mapas. Os mapas de usos e cobertura da terra dos anos de 2018 e 2019 servem para analisar o desenvolvimento da vegetação agrícola e as derivações e impactos em outros componentes que ocupam a BHRC.

A seguir são apresentadas a dupla de mapas de usos e ocupação da terra na bacia hidrográfica do Ribeirão das Cruzes/MS.

O mapa de uso e ocupação de 2018 foi processado com a técnica de treinamento por pontos, onde as amostras são selecionadas com distribuição restrita de pixels homogêneos determinados pelo próprio sistema, desta forma a seleção foi restrita a interpretação da imagem pelo programa.

Na carta de 2019 optou-se por testar outra forma de seleção de amostras, sendo agora a partir da técnica de regiões homogêneas, onde o usuário interpreta diretamente a imagem e a partir de sua percepção e conhecimento prévio determina manualmente com polígonos as amostras e suas respectivas áreas (pixels).

Vale ressaltar que os resultados de usos e cobertura da terra foram gerados apenas para as datas do mês de abril, optou-se por limitar as respostas a estas datas considerando a demanda de tempo para realizar os mapeamentos da pesquisa e a resposta mais interessante apresentada na leitura das imagens deste ponto do período.

As figuras 64 e 65 representam os resultados obtidos no processamento digital das imagens de satélite Sentinel-2 utilizando uma das várias possibilidades de composição falsa-cor, neste caso, associando bandas com respostas melhores no realce de vegetação.

Figura 64: Mapa de usos e cobertura da terra na BHRC (abr/2018). Org.: Autor (2020)

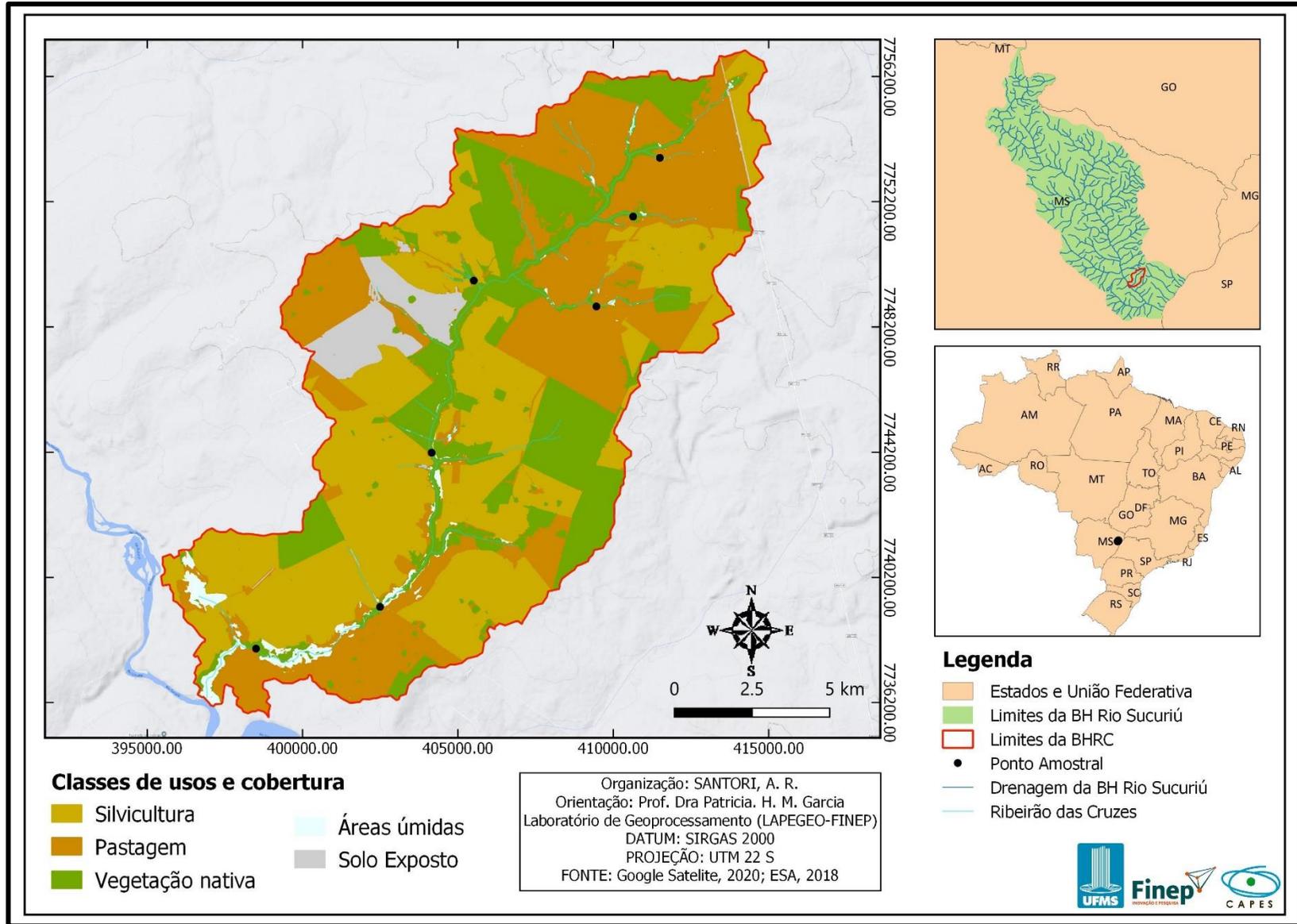
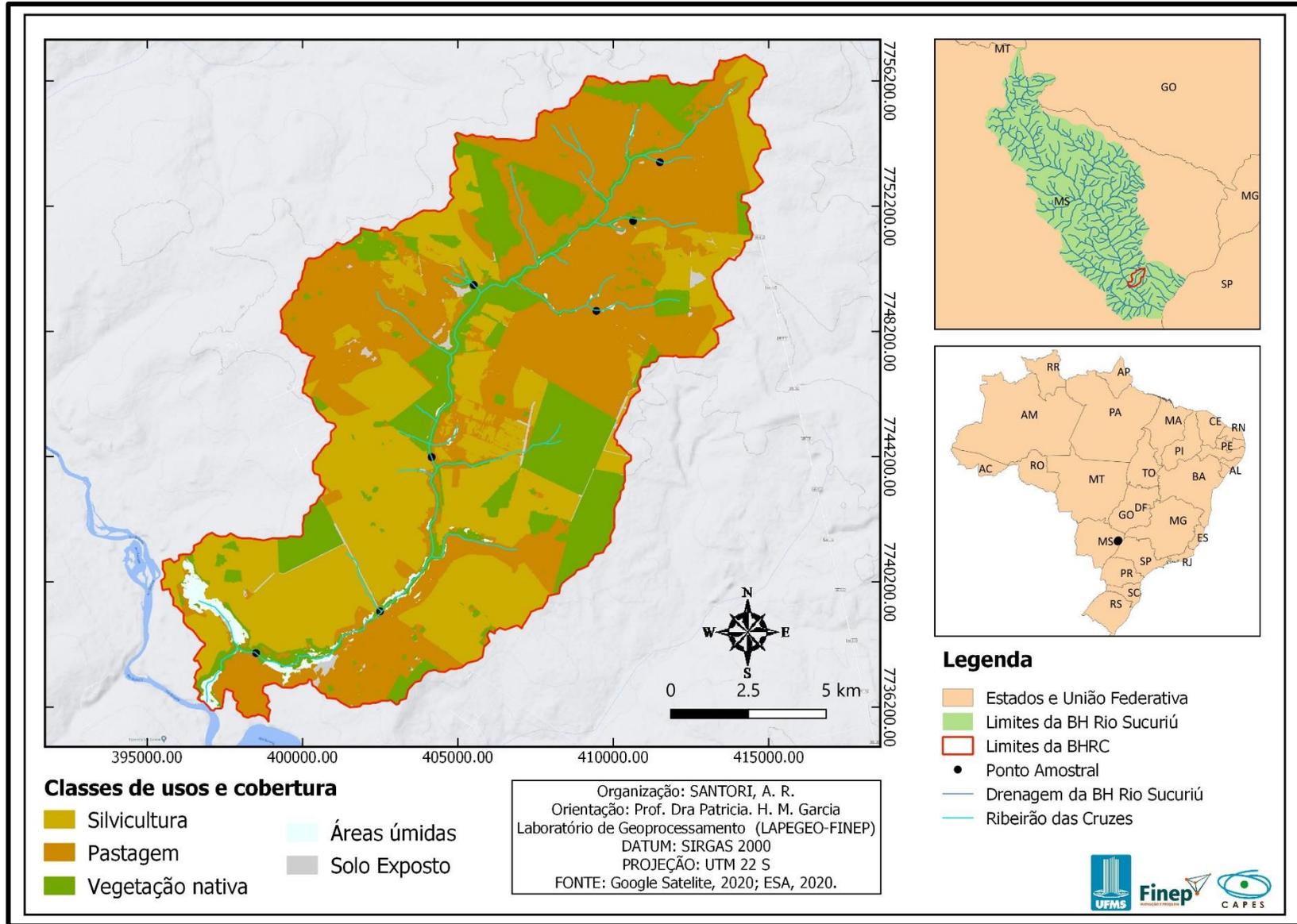


Figura 65: Mapa de usos e cobertura da terra na BHRC (abr/2019). Org.: Autor (2020)



O uso da terra neste estudo pode ser definido de forma simples pela relação e pelo conjunto de atividades que o homem processa no espaço com o objetivo de produzir e consumir (VASCONCELOS; NOVO, 2004).

A apresentação dos usos da terra neste estudo segue a sistematização onde a escala influência de forma direta a definição da variedade e do agrupamento das classes de utilização antrópica da terra agrícola a as formas de cobertura vegetal e suas variáveis.

Os resultados relacionados aos usos estão agrupados em nível de subclasses e unidades. As subclasses foram definidas de forma geral a partir das características regionais que podem ser observadas e delimitadas a partir de dados de S.R e dados complementares com a ajuda de levantamentos de campo. As unidades representam a diferença entre as variáveis de cada classe, como os diferentes tipos de vegetação nativa e estágios de desenvolvimento de plantios agrícolas.

No espaço rural o 'uso da terra' está muito relacionado a produção agrícola e agropecuária em diferentes escalas. Cada tipo de uso e cobertura identificado de forma geral e apresentado nestes resultados, tem características e variantes que os diferenciam e determinam sua qualidade de desenvolvimento e reprodução.

Cada resultado específico que aborda a caracterização das formas de uso e cobertura da terra classificado neste estudo, será descrito com maiores detalhes no próximo subitem dos resultados.

O processamento digital de imagens revelou os resultados esperados para a determinação das formas de usos da terra local. As transformações constante ocasionadas e repercutidas pela atividade humana e seu manejo padrão das atividades realizadas na superfície terrestre da área de estudo, estes dados merecem ser mais especificados e a componente uso e cobertura precisa ser descrita com um detalhamento maior apontando seus aspectos principais e a dinâmica de utilização destes recursos.

São apresentadas neste momento, as características de cada classe obtida no mapeamento temático da BHRC, optou-se por apresentar primeiro por ordem as classes com menor representatividade, e em último lugar a vegetação nativa e suas variáveis, pois, este recurso natural é tido como ferramenta para formalização da terceira parte dos resultados obtidos, visto que a vegetação é a variável central na composição de índices espectrais na proposta de análise ambiental articulada aos recursos do S.R.

5.2.1 Solo exposto, áreas descobertas e infraestruturas.

A retirada total da vegetação de uma determinada área é o principal fator de geração das áreas com solo exposto. A proteção da integridade solo está totalmente associada as práticas agrícolas e a forma de realização do manejo, onde a atividade produtiva deve conciliar o uso da terra consciente com o monitoramento e controle do desgaste e fragilidade inerente da superfície terrestre.

A exposição do recurso solo aos processos mais intensos de intemperismo e outros fatores climáticos afetam a integridade e a qualidade destes solos, alterando suas características elementares por meio de processos como compactação, erosão, perda de nutrientes, minerais e deficiência hídrica.

O conceito de solo exposto remete a locais desprovidos de vegetação, proporcionadas por algum dos tipos de impactos mencionados acima, ou com a ausência temporária de culturas agrícolas, neste caso, estas áreas são compreendidas como solo em pousio.

O solo em pousio é reconhecidamente uma técnica utilizada pelos produtores rurais de médio e grande porte que precisam aplicar intervalos entre a colheita e um novo plantio com o objetivo de recuperar o solo. Portanto, é chamado de “pousio”, este tempo entre o fim da retirada da vegetação da cultura agrícola já desenvolvida e inserção de um novo plantio de mudas da mesma ou de outra cultura.

O conjunto de elementos que representam algum tipo de uso destinado a infraestrutura local são definidos como: Pistas de pouso e decolagem de aeronaves de pequeno porte, estradas vicinais pavimentadas, estradas de serviço e acessos rurais não pavimentados, edifícios e pontes.

No recorte estudado, os resultados apresentados por esta classe de usos e cobertura foram marcados com o predomínio de áreas onde o eucalipto foi recém colhido. Neste processo de corte dos talhões de eucaliptos as condições de cobertura a nível de solo ficam desfavoráveis à proteção e apresentam-se com apenas algumas arvoretas arbóreas/arbustivas e matéria orgânica residual (galhos, troncos, folhas, cascas) geradas pela colheita.

Nas figuras 66 e 67 são apresentadas duas situações comuns relacionadas ao solo exposto ou áreas descobertas e infraestruturas (estradas) encontradas na atividade de validação dos resultados em campo realizados no ano de 2020.

A primeira figura foi registrada nos limites do buffer amostral do ponto 6, nas coordenadas geográficas (-20° 26'18'' e . -51° 56'09''). A fotografia indica as condições de exposição do solo em uma área recém colhida de eucaliptos.

Figura 66: Uso da terra na subclasse solo exposto na BHRC.



Fonte: Autor. (2020)

A segunda foi registrada no mesmo local, próximo ao ponto de controle 6 nas coordenadas geográficas (-20° 26'43'' e -51° 56'09''), apresenta um exemplo de uso classificado em solo exposto, porém, destinado a infraestrutura, neste caso, uma estrada rural não pavimentada com função de possibilitar a circulação nas áreas de produção agrícola e da BHRC.

Figura 67: Uso da terra na subclasse infraestrutura na BHRC.



Fonte: Autor. (2020)

5.2.2 Áreas úmidas e corpos d'água.

As áreas úmidas são subclasses de cobertura da terra e podem indicar massas e corpos d'água ou áreas de transição com presença de vegetação úmida específica, com forte influência da dinâmica fluvial e do comportamento da drenagem com as áreas mais próximas ocupadas em seu entorno.

Esta classe é uma forma de cobertura da terra que possui relação direta com a configuração da drenagem e dos recursos hídricos do local, assim, é considerado um fator de avaliação da resiliência da bacia hidrográfica, devido a dependência e múltiplas interações destas áreas com o padrão, e o desempenho do escoamento e da capacidade de armazenamento e disponibilidade hídrica do sistema ambiental.

O Ministério do Meio Ambiente toma como áreas úmidas, o conceito apresentado na Convenção sobre Áreas Úmidas de Importância Internacional realizada em 1971, e que definiu as diretrizes para o tratamento deste tipo de cobertura. Segundo esta definição são consideradas áreas úmidas: áreas alagáveis (pântanos, charcos, manguezais) e água natural ou artificial, permanente ou temporária, estagnada ou corrente, doce, salobra ou salgada.

Em uma conceituação mais profunda, autores como da Cunha, Piedade e Junk (2014) definem as áreas úmidas como um ecossistema de transição entre a água e o solo, suscetíveis a inundação permanente ou sazonal e que possuem relações ecológicas com comunidades de plantas e espécies de fauna adaptados e dependentes das características destes ambientes.

Segundo as características do sistema de classificação das áreas úmidas brasileiras existem duas formas desta classe em mapeamentos de usos e cobertura, estas podem ser formas naturais e antrópicas, na BHRC ambas podem ser observadas, tanto nos produtos de S.R como na atividade de campo.

Nos resultados ocorrem áreas úmidas naturais que correspondem ao canal de escoamento principal e corpos d'água e também locais com nível de água variável que consistem em faixas de áreas úmidas ripárias ao longo do ribeirão, e os antrópicos consistem basicamente no represamento de rios para criação de reservatórios e açudes.

A figura 68 Corresponde a parte da composição do ponto 4 foi obtida nas coordenadas geográficas (-20° 20'57" e -51° 54'04"') uma área com solo mais encharcado e presença de vegetação tipicamente riparia ou de várzea, destacando a presença de muitos indivíduos da espécie *Mauritia Flexuosa* (Buriti) indicadora de olhos d'água e relacionada a fitofisionomia de Buritizais no Bioma Cerrado

Figura 68: Uso da terra na subclasse áreas úmidas na BHRC.



Fonte: Autor. (2020)

A figura 69 apresenta um trecho do canal principal no ponto amostral 10, nas coordenadas (-20° 26'33'' e -51° 56'04''). Dificilmente a superfície da água pode ser imageada ou vista do alto em áreas com vegetação ciliar adensada, no entanto, nota-se pelo sombreamento na lâmina d'água o grau exposição das margens do canal neste ponto.

Figura 69: Uso da terra na subclasse corpos hídricos na BHRC.



Fonte: Autor. (2020)

5.2.3 Pastagens e atividade pecuária

Esta classe de uso é marcada por áreas antigas que foram desmatadas há muitas décadas para criação do gado. As áreas destinadas atividade pecuária são ocupadas pela vegetação forrageira.

Estas áreas podem ser de uma ampla variedade de espécies com diferentes padrões morfológicos, fisiológicos e edafoclimáticos, além disto, podem ser nativas ou não nativas. Para ambos os casos esta vegetação é utilizada na alimentação de gado bovino que é destinado ao corte para produção de carne ou na produção leiteira.

Segundo a definição do manual técnico de uso da terra do IBGE, a pastagem consiste em áreas destinadas ao pastoreio do gado para sua alimentação e conseqüente cria e recria, configurando assim a atividade pecuária. A criação de animais de médio e grande porte é realizada nessas áreas com uso de diferentes tecnologias, formas de manejo e estruturas de produção.

As diferenças nas formas e tipos de pastagens estão associadas as espécies e a sua utilização nas propriedades rurais da área de estudo, este tipo de uso pode apresentar um padrão de desenvolvimento rasteiro, baixo e disperso ou ereto em forma de touceiras. Esta característica das plantas pode influenciar na variação e qualidade das repostas dos resultados do comportamento espectral destas classes.

As pastagens introduzidas ou não naturais, geralmente consistem em espécies de grande e rápida produtividade adaptadas ao clima e as características do solo, como exemplo, podemos citar as famosas forrageiras da espécie *Brachiaria Brizantha* (Capim Brachiaria).

Este tipo de vegetação pode ser gramínea ou herbácea e tem uso amplo na pecuária extensiva, estas pastagens introduzidas podem ser de cultivos temporários ou permanentes, no caso das temporárias elas podem ser replantadas em ciclos de 1 ano e as permanentes são renovadas naturalmente com as condições climáticas e as estações do ano na área plantada.

Assim, em ambos os casos é crítica a atenção que deve ser dada aos procedimentos de manejo do pastejo e controle de pragas, também na aplicação consciente de fertilizantes e monitoramento e correção da qualidade da água e do solo, bem como o tratamento topográfico do terreno (curvas de nível).

No caso das forrageiras nativas, todas as principais características da vegetação estão associadas a morfologia do bioma e da dinâmica climática dos locais e regiões em que estas pastagens estão inseridas.

As plantas que compõem as pastagens nativas são elementos considerados básicos para a ocorrência do processo de sucessão ecológica, e a depender da fitofisionomia do bioma, os chamados pastos são a base para o predomínio espacial de um determinado grupo de plantas.

Nas figuras a seguir estão representados dois aspectos da atividade produtiva da pecuária de bovinos, as condições em ambas apresentam sinais visíveis da estiagem no vigor da vegetação nos meses ao longo deste ano, mas ainda é notável a característica da paisagem destas áreas abertas e amplas de circulação de animais em propriedades rurais de médio e pequeno porte na BHRC.

A figura 70 foi registrada no ponto 1 e apresenta uma área de pasto possivelmente cultivado com aspecto mais degradado pelo consumo e circulação do gado, esta imagem foi registrada em ($-20^{\circ} 18' 50''$ e $-51^{\circ} 50' 42''$), na figura é notável que a atividade pastoril causa impactos diretos em componentes do meio físico, expondo e compactando o solo e principalmente desencadeando processos erosivos em ravinamentos e voçorocas .

Figura 70: Uso da terra na classe de pastagens com forragens rasteiras na BHRC.



Fonte: Autor. (2020)

A figura 71 foi registrada com a certa distância do entorno dos pontos considerados, ela apresenta uma área tipicamente campestre, e exemplifica as características de um campo de pastagem natural com forrageiras em forma de touceiras ainda em desenvolvimento, esta imagem foi tomada nas coordenadas geográficas ($20^{\circ} 20' 21''$ e $51^{\circ} 51' 35''$) entre os pontos

2 e 3, localizada nas proximidades de um interflúvio entre dois canais secundários e em uma das áreas mais elevadas da bacia hidrográfica.

Figura 71: Uso da terra na classe de pastagens com forragens touceiras na BHRC.



Fonte: Autor. (2020)

Estudos como de Carvalho e Pitelli (1992) apresentam um interessante levantamento geral da qualidade das pastagens no município de Selvíria/MS. As pastagens naturais e introduzidas da região desenvolvem-se sobre o mesmo ambiente que primitivamente era composto basicamente por savana típica (Cerrado Restrito) e savana arborizada (Florestal).

As principais forrageiras introduzidas após a derrubada da maior parte da vegetação nativa são os capins *Panicum maximum* (Colonião) e *Brachiaria decubens* (Brachiaria).

5.2.4 Silvicultura.

Na classe que corresponde a atividade agrícola destinada ao setor florestal, ocorre o desenvolvimento de plantios homogêneos de espécies variadas de eucaliptos e pinos. A atividade de reflorestamento consiste na produção de grandes maciços com um padrão de plantio e de manejo que potencialize o desenvolvimento das plantas e a posterior colheita.

As áreas destinadas a esta atividade são em geral administradas por grandes industriais com foco na produção de papel e celulose para os mercados internos e externos. No caso da área de estudo os plantios de eucaliptos são de responsabilidade das empresas Suzano Papel e Celulose S/A e a Eldorado Brasil S/A.

Segundo dados da EMBRAPA, o reflorestamento com o uso de espécies de eucaliptos ocorre principalmente com *Eucalyptos Grandis*, *Eucalyptos Saligna*, *Corymbia Critiodora* e *Eucalyptus sp.*, entre muitos outros. Além disto, é importante destacar que no Brasil atualmente existem mais de 700 espécies de eucaliptos utilizados na produção primária florestal e no reflorestamento de variados portes e para os mais diversos fins.

A definição do manual técnico apresenta a silvicultura como atividade destinada ao povoamento, trato e cultivo de espécies arbóreas florestais, que são produzidas para fornecerem matéria-prima florestal para a indústria madeireira e mais especificamente a indústria de celulose e papel, estes cultivos ainda podem ser utilizados para fornecer proteção e embelezamento paisagístico.

Segundo IBGE (2013) a atividade de reflorestamento apresenta o padrão de ocupação com maciços homogêneos que variam apenas entre as espécies nativas ou exóticas de pinos ou eucaliptos, considerando-se reflorestamento todas as áreas povoadas com essências florestais, e sendo que a homogeneidade se refere a plantios puros com desenvolvimento monitorado e maximização da produtividade.

Por ser uma atividade em pleno processo de modernização é comum encontrar em estudos e relatórios técnicos, a discussão relacionada a avaliação da produtividade e a performance da classe de reflorestamentos, esta é feita por parâmetros que são acompanhados no monitoramento florestal em intervalos temporais nos primeiros anos do plantio, entres eles, o diâmetro e a altura média das arvores e a uniformidade e aproveitamento quantitativo das mudas em cada talhão plantado.

O processo de plantio dos eucaliptos da área de estudo obedece às medidas silviculturais de preparo do solo e tratos culturais, as espécies são plantadas em diferentes períodos conforme suas características de desenvolvimento, mas a época mais comum é no início do verão. A condução dos talhões geralmente é realizada por ciclos de 5 a 6 anos quando as plantas atingem a idade para o primeiro corte.

O primeiro ano de crescimento dos eucaliptos deve ser acompanhado com tratos culturais que impeçam o ataque de formigas, uma das principais pragas da atividade silvicultora.

Outro fator importante é o controle da competição da espécie plantada com outras espécies vegetais invasoras de médio e grande porte, o que explica em parte um dos principais comportamentos da monocultura de eucalipto, que é a quase ausência de diversidade florística no interior dos maciços plantados.

Existe uma gama muito grande de trabalhos recentes que avaliam e discutem o avanço e as transformações da indústria primária florestal e a consolidação econômica da silvicultura em substituição a outras culturas mais tradicionais como a própria pecuária.

A figura 72 ilustra as características externas de uma área com maciços de eucalipto registrada próximo ao ponto amostral 9 e nas coordenadas geográficas ($-20^{\circ} 25' 15''$ e $-51^{\circ} 55' 13''$). Em campo é possível perceber a variedade de plantio e manejo destas áreas, que são exploradas em novos plantios e novas colheitas sempre conforme a necessidade de utilização da matéria-prima e sua conversão em um subproduto.

Figura 72: Uso da terra na classe silvicultura e características externas.



Fonte: Autor. (2020)

A figura 73 representa as características internas de um talhão de reflorestamentos com espécies de eucaliptos, ela foi obtida fora dos pontos e próximo ao um extenso mosaico com plantios de eucalipto exatamente nas coordenadas geografias ($20^{\circ} 25' 11''$ e $51^{\circ} 55' 13''$) a inserção desta figura é interesse devido e demonstração empírica das formas de plantio e manejo destas áreas pelas industriais responsáveis.

Figura 73: Uso da terra na classe silvicultura e características internas.



Fonte: Autor. (2020)

5.2.5 Vegetação nativa.

O conceito de vegetação nativa entende esta classe como todo tipo e forma vegetal característica das condições morfoclimáticas e geográficas de determinado local, sendo que, a ocorrência, o comportamento e as relações desta vegetação estão amplamente condicionados a adaptação que elas processam em cada ambiente objetivando sua reprodução e sobrevivência.

Neste item dos resultados é contextualizada a distribuição destes tipos de vegetação, utilizando a metodologia de correlação de informações da caracterização da vegetação com os dados relacionados a definição dos critérios de sucessão ecológica e com o apoio das imagens registradas para identificação.

O suporte à definição dos domínios e das fitofisionomias existentes na área de estudo foi realizado com base em interessantes e importantes estudos (RIBEIRO; WALTER, 1998; ALMEIDA et al., 1998; AB'SABER, 2003; WALTER, 2006; KILNK; MACHADO., 2005) e artigos mais recente e inovadores utilizando o S.R na identificação e definição dos diferentes tipos de vegetação.

Segundo o manual técnico, a definição de vegetação natural ou nativa consiste em estruturas e formações de florestas ou campos com variações morfológicas espontâneas (herbáceas/arbustivas-arbóreas/gramíneo-lenhosas) que estão condicionadas a evolução

ecossistêmica e sucessão ecológica desenvolvidas em diferentes situações geográficas. (IBGE, 2013).

A localização e a extensão da área da BHRC são fatores básicos para entender a distribuição de diferentes padrões de cobertura vegetal nativa existentes. O local é muito próximo a áreas de contato entre as Savanas Arbustivo-Arbóreas de Cerrado e faixas de Floresta Estacional Semi Decidual da Mata Atlântica da região sudeste.

Pela identificação e análise dos dados de S.R e com a validação das informações nas observações e aquisição em campo, foi possível obter a definição geral das características de distribuição e desenvolvimento dos tipos predominantes de vegetação nativa.

Segundo informações baseadas em estudos do IBGE sobre os biomas brasileiros, na região leste do estado do Mato Grosso do Sul ocorre ampla afinidade ao predomínio das savanas associadas a conformação geológica regional da formação Santo Anastácio, estruturada em parte com solos arenosos e de baixa produtividade, estes que estão presentes em pelo menos 2/3 da extensão da BHRC.

Ao longo do trajeto entre os pontos, e nos pontos e arredores foram identificadas apenas variações de fitofisionômicas de Cerrado, a bacia hidrográfica como um todo possui fragmentos destes tipos de vegetação em tamanhos interessantes. Estas faixas de vegetação nativa consistem basicamente em fragmentos de reserva legal (RL) e cobertura de mata de galeria ou vegetação ciliar obrigatória em margens de cursos d'água importantes.

A compreensão da vegetação nos resultados desta análise ambiental deve acompanhar a base de dados que diz respeito a sua estrutura, funcionamento e função ecológica no ambiente sistêmico da bacia hidrográfica (FERREIRA; HUETE, 2004).

Na base conceitual deste estudo e na apresentação dos resultados, entende-se o Cerrado de duas formas, sendo elas, como domínio morfoclimático e fitogeográfico, representando um complexo Bioma terrestre, e no seu sentido florístico com a abordagem de suas fitofisionomias e tipos vegetacionais existentes.

Segundo as análises e levantamentos feitos por Ribeiro e Walter (1998) a complexidade do conceito de Cerrado como formação vegetal pode ser “simplificada” considerando a existência de três formas predominantes de cobertura vegetal, os campestres ou campos tropicais, as savanas tropicais e a floresta úmida estacional. Bourliere e Hadley (1983) descrevem as savanas brasileiras como áreas contínuas de vegetação tropical com estratos herbáceos predominantes e indivíduos esparsos de árvores de diferentes densidades, sujeitas e influenciadas pela alternância climática das estações.

Segundo Ab'Saber (1983) o domínio do Cerrado é naturalmente recoberto por savanas e matas de galeria em diversas composições florísticas principalmente na área nuclear deste domínio morfoclimático.

A composição da paisagem observável no Cerrado apresenta a distribuição mesclada entre fitofisionomias savânicas dispostas nos interflúvios e vertentes suaves preferencialmente nas formações variadas de latossolos em planaltos regionais, e as suas limitadas formações florestais se concentram em grande parte amarradas rigidamente ao leito aluvial e aos canais de drenagem de pequeno e médio porte (AB'SABER, 1983).

As áreas abertas tropicais do planalto central brasileiro ocupam mais de 20% do território nacional. Segundo ressalta Ab'Saber (1983), nos núcleos do bioma se instalam espaços contínuos associados a um ambiente subquente, quente e subúmido e úmido, com 5 a 6 meses secos no meio do ano, este conjunto de comunidades intertropicais tem como sua principal característica o poder de sobrevivência nos solos pobres dos cerrados restritos.

O Cerrado é o segundo maior bioma do país, se distribui por 12 estados brasileiros e cobre uma área de aproximadamente 2 milhões de quilômetros quadrados, e está inserido em algumas das mais importantes bacias hidrográficas do Brasil, entre estes estados está o de Mato Grosso do Sul que possui mais da metade de sua distribuição vegetal sendo originária deste bioma.

Este tipo de vegetação primitiva apresenta sua paisagem sob influência do clima tropical com a variação de sua biodiversidade condicionada a variação do clima, apresenta períodos bem demarcados de estiagem prolongada, além de solos ácidos, arenosos e bem drenados e morfologia marcante de suas plantas com folhas rígidas, coriáceas e pilosas, caule e troncos tortuosos e com cascas fendidas, densas e espinhentas.

Podemos utilizar a figura 74 para tomar como padrão, ilustrar didaticamente e compreender com mais facilidade, a distribuição das fitofisionomias existentes nas diferentes formações do domínio do Cerrado brasileiro.

Na imagem é possível compreender a hierarquia na distribuição do que é considerado como cerrado restrito de vegetação savânica (cerrado em sentido restrito) efetivamente; o cerrado mais amplo que abrange fisionomias de campos limpos, sujos e vegetação arbóreo-arbustiva de maior porte (Cerradão); e o Bioma Cerrado em todas as suas características que partem de formações abertas de savana-parque e palmeirais até florestas mais densas com matas de galeria e ciliares compreendendo assim a diversidade ecológica dos tipos de vegetação deste domínio.

Figura 74: Variação dos tipos e formas de vegetação do Bioma Cerrado.



Fonte: EMBRAPA. (2008)

Os tipos de fisionomias encontradas na área de estudo pertencem em sua grande maioria a Formação Savânica, além de faixas associadas a rede de drenagem com Formação Florestal. Os componentes classificados de forma geral como “vegetação nativa” foram separados em suas fisionomias para a análise quantitativa dos dados de ocupação e a melhor representação dos aspectos, e do comportamento desta variável central do estudo proposto.

A identificação e reconhecimento dos diferentes tipos de vegetação foi realizado com base na interpretação dos resultados da classificação e da sensibilidade e variação das respostas do índice de vegetação, que foram correlacionados com as informações e aspectos tomados em campo.

Para tanto é necessário conhecer e descrever os principais aspectos fisionômicos, estruturais, morfológicos e ecológicos destes resquícios de formações vegetais originárias do Cerrado.

Segundo as definições de Ribeiro e Walter (1998, p. 98) a Formação Florestal que compõem a estrutura florística dos cerrados tem forte relação com a linhas de drenagem e curso d’água fugindo essencialmente as características mais específicas da vegetação dos tipos comuns cerrados.

No caso das fisionomias de Mata Ciliar e Mata de Galeria a principal condição de seu desenvolvimento dar-se pelas dimensões dos cursos d’aguas que elas acompanham (MORTON et al., 2006). Para rios de maior porte no bioma é comum a presença de faixas delimitadas de mata ciliar, em contrapartida, os córregos e ribeirões de pequeno porte perenes ou não, geralmente possuem faixas contínuas de vegetação chamada de matas de galeria.

A Mata Ciliar diferencia-se da Mata de Galeria pela deciduidade pela composição florística, sendo que na Mata Ciliar há diferentes graus de caducifólia na estação seca enquanto que a Mata de Galeria é perenifólia. Floristicamente é similar à Mata Seca, diferenciando-se desta pela associação ao curso de água e pela

estrutura, que em geral é mais densa e mais alta (RIBEIRO; WALTER, 1998, p. 105).

Estas duas fitofisionomias da Formação Florestal apresentam vegetação riparia com diversidade de espécies arbóreas, formação de dossel e sub-bosque.

Para a região de estudo onde ocorrem faixas extensas de transição entre os domínios de Cerrado e Mata Atlântica este tipo de vegetação está muito associado com possíveis avanços das vegetações Semi-Deciduas úmidas dos domínios de Mata Atlântica sobre os cursos d'água de maiores dimensões nas bordas do Cerrado.

Estudos como o de Troppmair e Machado (1974) destacam as similaridades da vegetação florestal do Cerrado com o mesmo tipo de vegetação de outros biomas, sendo que, este aspecto pode ser mais evidente em áreas próximas a contatos entre os domínios, principalmente na bacia hidrográfica do Rio Paraná que apresenta uma variação intensa e ampla da presença de vegetação destes dois biomas.

As formações savânicas são a “vegetação oficial” do Cerrado brasileiro, este tipo de vegetação apresenta evoluções e adaptações marcantes nas suas estruturas de desenvolvimento e reprodução, fatores essenciais para sua sobrevivência em um ambiente sensível e alvo de intensas pressões antrópicas, como são as savanas do planalto central brasileiro.

Novamente segundo Ribeiro e Walter (1998) as savanas da América Tropical possuem fortíssima relação com elementos associados de clima e solo. No primeiro caso a influência dar-se pela limitação sazonal de água (período seco prolongado) ressaltando a influência temporal do clima na forma com que a vegetação savânica se desenvolve; no segundo caso a influência ocorre pela característica de formação dos solos na região de ocorrência do Cerrado.

Estas áreas possuem variações de solos de pouca a muito pouca fertilidade, elevada acidez e deficiência de minerais, além de serem marcados por diferenças de porosidade, profundidade e saturação hídrica.

Esta fitofisionomia possui vegetação de estrutura xeromórfica, típicas de climas semiáridos com 6 meses ou mais de período seco. As formações savânicas do Cerrado englobam quatro tipos fisionômicos de vegetação principais: cerrado sentido restrito (e seus subtipos), parque de cerrado (savana-parque), palmeiral e veredas (RIBEIRO; WALTER, 1998).

Estudos mais específicos sobre as savanas tropicais brasileiras destacam que apesar dos problemas relacionados as condições ambientais e de conservação, só o cerrado em sentido restrito já apresenta altos valores de biodiversidade florística e importância central na dinâmica de recarga em bacias hidrográficas, como as dos rios São Francisco e Paraná.

As fitofisionomias foram identificadas por meio de suas diferenciações estruturais e morfológicas mais perceptíveis, observadas nas imagens orbitais e nos dados de campo, e utilizando como base o manual de usos e caracterização das fitofisionomias do Cerrado (RIBEIRO; WALTER, 1998).

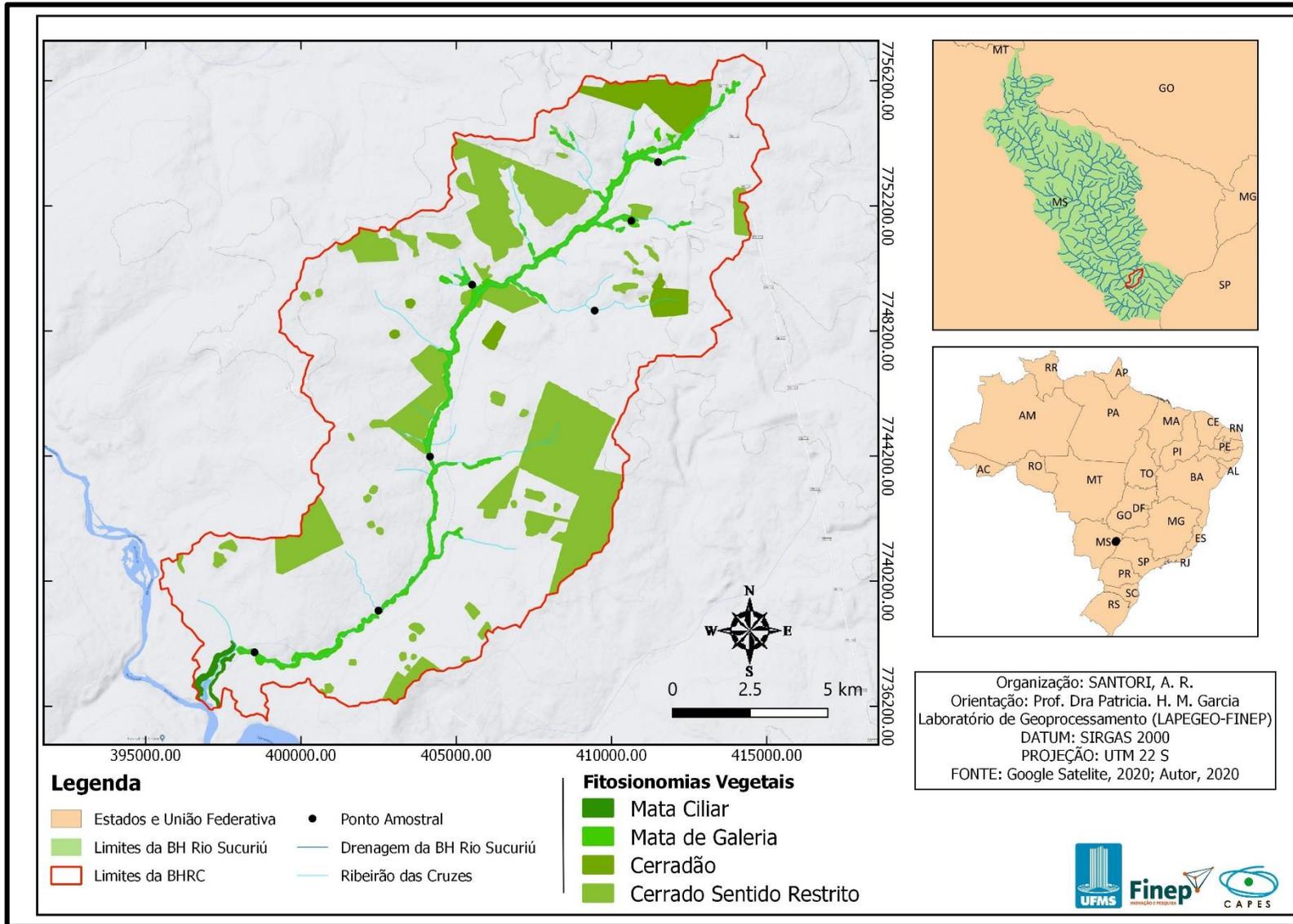
Para complementar os resultados desta variável foi proposta a tentativa de separar e delimitar de modo geral os quatro diferentes tipos de fitofisionomias de vegetação nativa encontradas na BHRC.

Nos resultados obtidos com a análise ambiental e interpretação visual foram encontradas três fitofisionomias de Formação Florestal, são elas, Mata Ciliar, Mata de Galeria e Cerradão:

A primeira está distribuído de forma restrita a jusante do curso d'água nas margens da área próxima ao interflúvio do Ribeirão das Cruzes com o Rio Sucuriú, neste local a extensão do canal passa 50 metros de largura, portanto, faz-se necessário a projeção de áreas com Mata Ciliar; a segunda está distribuído em praticamente toda extensão do ribeirão e desenvolve um dossel contínuo sobrepondo o canal principal e alguns canais secundários da BHRC; e a terceira foi identificado com a ajuda de imagens comparativas de outras áreas de Cerrado no país, pois, este tipo de vegetação é difícil de identificar com precisão já que mescla intensamente espécies savânicas de cerrado restrito e vegetação úmida, o que dá a essa vegetação um aspecto florestal denso.

A figura 75 apresenta a configuração e a distribuição dos polígonos de 'vegetação nativa', estas áreas foram reclassificadas com as diferentes fitofisionomias encontradas, e os aspectos desta vegetação remanescente considerando sua relação e importância no sistema ambiental analisado.

Figura 75: Distribuição dos fragmentos nas fitofisionomias vegetais identificadas. Org.: Autor. (2020)



A vegetação encontrada na Formação Savânica distribui-se nas variações de subtipos da fitofisionomia do cerrado sentido restrito (*Strictu Sensu*). Nas áreas ocupadas por este tipo de vegetação é possível encontrar variações de cerrado típico, cerrado denso e áreas de transição entre cerrado sentido restrito e cerradão.

A tabela 11 apresenta a relação de tipos de vegetação nativa ou fitofisionomias vegetais observadas na área de estudo.

Tabela 11: Formações e áreas de vegetação nativa encontradas na BHRC.

Classes	Pontos	Área Km ²	%
Mata de Galeria	1, 2, 4, 5, 6 e 7	4,530	11
Mata Ciliar	-	0,438	1
Cerradão	1 e 3	2,765	7
Cerrado sentido restrito	4 e 5	30,811	80

Fonte: Autor (2020).

As faixas e fragmentos de vegetação nativa na área de estudo estão majoritariamente associadas a manutenção de unidades de vegetação para cumprimento da lei Florestal 12.651/12, a exigência em áreas deste bioma varia conforme a região e será abordada a seguir.

O novo código Florestal foi aprovado em maio de 2012 trazendo algumas alterações, inovações e retrocessos, no que tange as leis de proteção ambiental, esta nova legislação substitui o antigo “Código Florestal” elaborado em 1965.

Um dos itens principais da legislação de preservação e recuperação de formações vegetais são a Área de Preservação Permanente (APP) e a Reserva Legal (RL). A legislação define que todo imóvel rural de determinado tamanho precisa manter uma parcela de sua área destinada a preservação de vegetação nativa e conservação da biodiversidade local

As áreas de fragmentos e corredores de vegetação nestas áreas variam de tamanho conforme a região e o Bioma em que o imóvel se localiza, no caso do Cerrado o percentual mínimo exigido é de 20% a título de RL, esta pode ser composta por faixas de App’s em seu cálculo final conforme o interesse do proprietário.

Com este “Novo Código Florestal” e o novo texto da lei florestal brasileira, os poderes legislativos e executivo brasileiros determinaram algumas novas adequações, formas e objetivos para o desenvolvimento sustentável no território nacional.

Segundo o texto estrito da lei, o Art. 1º-A destaca: “ Esta Lei estabelece normas gerais sobre a proteção da vegetação, áreas de Preservação Permanente e as áreas de Reserva Legal; a exploração florestal, o suprimento de matéria-prima florestal, o controle da origem dos produtos florestais e o controle e prevenção dos incêndios florestais, e prevê instrumentos econômicos e financeiros para o alcance de seus objetivos” (BRASIL, 2012).

Deste modo, estas áreas protegidas do recorte estudado podem manter alguma relativa qualidade no desenvolvimento da biodiversidade, possibilitando áreas passíveis de circulação e habitat para grupos de fauna e flora específicos do Cerrado.

A composição destas áreas geralmente deve seguir um tipo de manejo florestal primário, planejando a definição de sua distribuição em locais críticos e de interesse para recuperação e para manutenção da qualidade ambiental (BRASIL, 2012).

A utilização das áreas da classe de vegetação nativa é destinada restritamente para a conservação de recursos naturais, porém, em casos específicos podem ser propostos e analisados planos de manejo florestal para utilizar de forma seletiva determinados recursos naturais destas áreas.

Esta fitofisionomia de vegetação apresentou variação entre os seus tipos que encobrem áreas inundáveis (planas) e não-inundáveis, ela pode ser identificada pela sua característica marcante de transição abrupta entre outros tipos de vegetação vizinhas que neste caso podem ser florestais homogêneas (eucaliptos) ou não florestais (pastagem).

Na imagem também é possível observar composição do dossel com algumas palmeiras que geralmente servem como bioindicador de suporte na definição das áreas úmidas do bioma Cerrado.

Nesse sentido, Ribeiro e Walter (1998), discutem que palmeiras da espécie *Mauritia Flexuosa* (Buriti), que compõem um subtipo de vegetação da fitofisionomia dos Palmeirais ou das Veredas, podem ocorrer em áreas brejosas e nos fundos de vale, geralmente este tipo de vegetação está associado a Formação Savânica, porém, no caso de indivíduos mais dispersos e por serem palmeiras arbóreas podem ser associadas a formações florestais.

A figura 76 representa uma parcela da fitofisionomia comum de mata de galeria que forma corredores fechados e em sua maior parte contínuos, e que estão presentes ao longo de quase toda extensão do Ribeirão das Cruzes. Esta imagem foi registrada no ponto 4 e postasse nas coordenadas geográficas (20° 25'12'' e 51° 55'07''), diferente do ponto 6, neste local a mata de galeria forma um dossel que encobre praticamente todo o curso d'água.

Figura 76: Ocupação da classe vegetação nativa e fisionomia de Mata de Galeria.



Fonte: Autor. (2020)

A mata de galeria é um tipo de vegetação perenifólia que costumam possuir a presença de epífitas e trepadeiras, além de boa estratificação do dossel com sub-bosque herbáceo-arbustivo predominantemente fechado.

Já o Cerradão é uma formação florestal com estrato arbóreo-arbustivo predominante e com aspectos xeromórficos, além de possuir uma mescla de diversidade entre espécies florestais e savânicas.

Estas características de mistura de espécies entre duas formações define o comportamento desta fitofisionomia com espécies perenifólias associadas a áreas úmidas, inclusive presença rara de epífitas.

Este tipo de vegetação possui como uma das principais características a densidade de sua cobertura, que visto de um perfil horizontal a nível de solo, e possui níveis sempre superiores a 50% podendo chegar a 90% em fragmentos de estágio avançado de sucessão. As maiores espécies geralmente são arbóreas florestais caducifólias superiores a 10 metros.

A figura 77 apresenta um pequeno trecho do maior fragmento do subtipo de vegetação do ‘Cerradão’, visto a uma distância de aproximadamente 450 metros a partir do ponto amostral 4 mais especificamente nas coordenadas geográficas (-20° 18’44’’ e -51° 50’46’’). A composição fisionômica é indicada pelas setas na imagem, onde é possível observar em primeiro plano uma faixa de mata de galeria mantendo sua característica perenifólia e ao fundo a vegetação de Cerradão com espécies emergentes caducifólias.

Figura 77: Ocupação da classe vegetação nativa e fisionomia de cerrado.



Fonte: Autor. (2020)

Na área de estudo existem variações em diferentes intensidades de duas fitofisionomia de Cerrado *Strictu Sensu* (ou sentido restrito) da Formação Savânica, em fragmentos extensos ocorrem cerrados típicos e densos e em faixas de transição entre áreas úmidas e campos ocorrem cerrados ralos. Vale o destaque, que o cerrado em sentido restrito não se comporta especificamente como uma vegetação caducifólia, em determinadas condições de adaptação a vegetação pode apresentar verdor mesmo no auge da seca, mas essa condição varia entre as diferentes espécies que compõem o bioma.

Na correlação dos dados quantitativos optou-se por agrupar todos estes tipos fisionômicos apenas no termo “Cerrado sentido restrito”, pois a real identificação de cada fitofisionomia deve ser baseada em caracterizações de pontos mais amplos e em intervalos de monitoramento mais curtos.

As figuras a seguir representam parte da complexa composição e estrutura florística das áreas de ambiente savânico, podemos notar o aspecto da vegetação e sua dinâmica relacionada a estiagem típica do clima.

A figura 78 foi registrada no entorno do ponto 7 nas coordenadas geográficas ($-20^{\circ} 27'13''$ e $-51^{\circ} 58'23''$) e apresenta um tipo de cerrado mais ralo, com pequenos núcleos de vegetação gramíneo-lenhosa e algumas espécies arbustivas dispersas, além de uma vegetação herbácea mais ou menos uniforme e que permite a circulação interna e campo visual de maiores distâncias na composição da paisagem.

Figura 78: Ocupação da classe vegetação nativa e fisionomia de cerrado ralo.



Fonte: Autor. (2020)

A figura 79 demonstra um exemplo do tipo de vegetação conhecido como cerrado típico, com arvoretas rústicas e baixas, inclinadas, retorcidas e arbustos densos e espalhados. A área está localizada nas coordenadas geográficas (-20° 23'42'' e -51° 52'26'') e corresponde a um grande fragmento que é externo aos pontos e aos buffers analisados.

Figura 79: Ocupação da classe vegetação nativa e fisionomia de cerrado típico.



Fonte: Autor. (2020)

5.3. Análise ambiental dos dados espectrais

Neste item dos resultados são apresentados de forma objetiva todos os produtos obtidos no processo de avaliação da componente ambiental vegetação, ela sendo nativa ou não. Os produtos apresentados foram obtidos por meio da aplicação simples de equações de bandas utilizando as características marcantes da sazonalidade como variável de diferenciação das respostas obtidas.

5.3.1 Índice de Vegetação por Diferença Normalizada.

Os resultados relacionados ao comportamento radiométrico expõem as condições biofísicas da vegetação como um todo. Estas variáveis avaliam a cobertura vegetal natural e os usos agrícolas da terra em geral.

O NDVI forneceu dados sazonais e temporais com fiel consistência sobre as condições da vegetação, assim, colaborando com o monitoramento da atividade fotossintética e fenológica de plantas em cultivos comuns da região e da estrutura biofísica da vegetação nativa.

Os resultados obtidos na aplicação do NDVI nas quatro datas estudadas são avaliados por dois aspectos principais. O primeiro corresponde a sensibilidade da vegetação as mudanças na dinâmica hídrica e na disponibilidade de água no sistema ambiental, e também a sensibilidade das respostas e assinaturas espectrais dos alvos de vegetação nas faixas do espectro que compõem a equação NDVI. O segundo aspecto de avaliação deve considerar a composição, as características e a estrutura de cada formação vegetal presente na área, seja nativa ou introduzida e explorada economicamente.

As savanas são a vegetação nativa dominante e a pastagem e silvicultura são as vegetações introduzidas para exploração econômica. Nesse sentido, cada uma destas formações vegetais mais relevantes na área é analisada com base em suas transformações sofridas contrapondo os dados do período do ano de clima mais úmido e de clima mais seco.

O preceito utilizado para a discussão dos resultados envolvendo índices radiométricos de vegetação segue a lógica linear onde a partir do conhecimento das repostas e comportamento espectral dos componentes, é possível então avaliar e estimar as proporções de cada um deles (SHIMABUKURO et al., 1998).

Foram processados quatro cartas-índice de vegetação, sendo em duas em 2018 e duas em 2019 nos meses de abril e setembro. Para a apresentação geral do comportamento radiométrico da vegetação nas cartas gerais da bacia, optou-se por não aplicar a reclassificação dos valores obtidos, afim de preservar a já mencionada sensibilidade na variação das cores conforme o valor atribuído.

A amplitude do NDVI foi representada por um conjunto simples de cores adaptado pelo autor, a variação ocorreu utilizando tons de verde para valores mais próximos a +1 e cores entre o bege, o laranja e o vermelho para indicar cocientes mais próximos a 0 ou negativos próximos a -1.

Início do período seco (2018-2019)

No final do período úmido e início do período seco nas datas analisadas, o comportamento da vegetação apontou a manutenção do vigor dos indivíduos influenciados pela quantidade de água no ambiente, efeito causado pelas últimas precipitações significativas em volume pluviométrico entre os meses março e abril.

Os resultados apresentados neste intervalo de um ano entre abril de 2018 e abril de 2019 são analisados e discutidos com base nos dados brutos das cartas-índices e das informações da tabela apresentada, esta é realizada considerando as mudanças na paisagem e a evolução da composição dos usos e coberturas presentes na BHRC.

Observando as cartas índices a seguir é possível constatar a pequena área a oeste da bacia hidrográfica, marcada por valores de índice abaixo de 0,25. Com o desenvolvimento desta vegetação em um ano, observamos que suas respostas passaram a um nível do índice que se assemelhou com outros tipos de usos que mantiveram basicamente o mesmo valor neste recorte temporal, neste caso, a carta demonstra essa assimilação com a pastagem adjacente da área de silvicultura recém-plantada.

Outro destaque importante na avaliação da mudança ocorrida no período de abril a abril é a evolução da intensidade na resposta espectral de determinados fragmentos e os leves incrementos de biomassa vegetal em todas as formas de usos consideradas, além da marcante relação entre o vigor e o estresse vegetal no dossel de diferentes formas de vegetação.

A resposta e o comportamento espectral da vegetação fotossinteticamente ativa alterna-se conforme um conjunto de elementos que compõem a estrutura da vegetação e os fatores externos como sombreamento, declividade (relevo) e influência do solo. De forma geral, a variação das duas datas do mês de abril em ambos os anos foi mínima.

Analisando o comportamento registrado pelo NDVI, os valores obtidos em 0 e a baixo (valores negativos), restringem-se em corpos d'água distribuídos em açudes e represas em determinados pontos dos afluentes do Ribeirão das Cruzes.

A carta índice de vegetação obtida sob os padrões climáticos sazonais apresentados nesta data, registrou a maior amplitude do NDVI entre as demais datas; o menor valor registrado foi negativo (-0.42 e -0.38) provocado pela presença de massas de água, principalmente no exutório do canal principal na confluência com o Rio Sucuriú; e o maior valor positivo em ambos os anos (0.92) apresentou maior incidência em dosséis de eucaliptos em fase final de desenvolvimento e ao longo de toda a faixa central e adjacentes de mata de galeria que compõem parte da vegetação nativa na BHRC.

O índice entre 0.25 representa áreas com pouquíssima vegetação rala ou basicamente solo quase exposto ou totalmente descoberto. Ocorre principalmente e de forma linear em estradas rurais e de serviço agrícola, um dos indicativos interessantes desta faixa específica dos valores de NDVI é a sua possibilidade em indicar áreas com degradação ambiental da vegetação e surgimento de erosões lineares em pastagem e próximas aos canais de escoamento.

No caso do índice 0.5 estão distribuídas diferentes ocupações de campos com diferentes densidades. A sensibilidade do NDVI a mudanças nas características e condições da vegetação, pode ser observado com mais efetividade a partir da variação entre a intensidade da resposta das pastagens e outras formações campestres.

Esta sensibilidade também é perceptível em áreas de eucalipto recém-plantadas com usos de plantios com indivíduos arbóreos ainda jovens. A classe de valores de intensidade dos tons de verde na pastagem indica três fatores principais: diferença de espécies herbáceas, diferenças no desenvolvimento das espécies e na utilização do pasto pelo gado, e as diferenças de disponibilidade hídrica conforme a variação do relevo e de outros elementos ambientais.

Para os valores do índice próximos a 0.75 ocorrem maiores áreas na quantidade dos valores obtidos, as principais formas de uso e cobertura que integram esta faixa de valor, correspondem a formações intermediárias de vegetação nativas e introduzidas.

Basicamente, todas as principais formas de vegetação avaliadas neste estudo possuem áreas registradas nesta faixa de NDVI. Nas duas cartas de início do período seco, esta faixa de valor é a que mais apresenta heterogeneidade ao longo da composição da paisagem na BHRC, ela foi registrada principalmente em pastagens mais amplas a montante,

em fragmentos de vegetação nativa de Cerrado com desenvolvimento vegetal desigual e em áreas de eucaliptos mais jovens com média de 2 ano de idade do plantio.

Por fim, o último intervalo de valor que corresponde as repostas mais próximas a +1, representam padrões biofísicos de vegetação com altas taxas de fotossíntese e vigor vegetal. Observando a distribuição deste valor ao longo da paisagem da BHRC, podemos considerar sua presença em variados e vastos tipos de usos e coberturas.

As formações dispostas nesta faixa do NDVI são vegetações gramíneas campestres mais resilientes e vigorosas, incluindo a grande maioria dos talhões e áreas ocupadas por silvicultura, e praticamente todas as formas de vegetação nativas com desenvolvimento considerável de estratos arbóreos-arbustivos e formação de dossel e deciduidade marcada, principalmente formas de vegetação fragmentadas, porém, mais adensadas de mata de galeria e mata ciliar e algumas áreas de fitofisionomias savanicas.

A vegetação que no NDVI tem comportamento mais próximo ao valor máximo, geralmente atinge saturação total no índice, mesmo que a vegetação ainda não se encontre em estágio clímax de desenvolvimento e sucessão ecológica, ou seja, a partir de determinado ponto o dossel de uma vegetação fotossinteticamente ativa interage com a radiação efetivamente medida pelo sensor, mas não produz mais repostas sensíveis.

O fator climático exerce influência direta na composição dos valores obtidos nos índices espectrais de vegetação, a função do clima tem importância central e se tornou a principal variável de análise ambiental deste estudo.

Os resultados gerais para este período, devem ser entendidos pela estrutura da vegetação como um todo e sua capacidade de interação com fatores bióticos e abióticos. Deste modo, a resposta da vegetação no NDVI deve ser interpretada com base na sua capacidade e no seu papel chave no sistema ambiental terrestre, considerando sua capacidade de ciclagem de recursos, e os processos de troca de energia e matéria que também ocorre de forma distinta ao longo do tempo, do ciclo sazonal e dos estágios de desenvolvimento das plantas.

As figuras 80 e 81 retratam de forma contínua, portanto, não classificada, os resultados do NDVI para os meses de abril no recorte temporal considerado, utilizando a equação de bandas apresentada na metodologia deste estudo.

Figura 80: Mapa Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (Abr/2018). Org.: Autor. (2020)

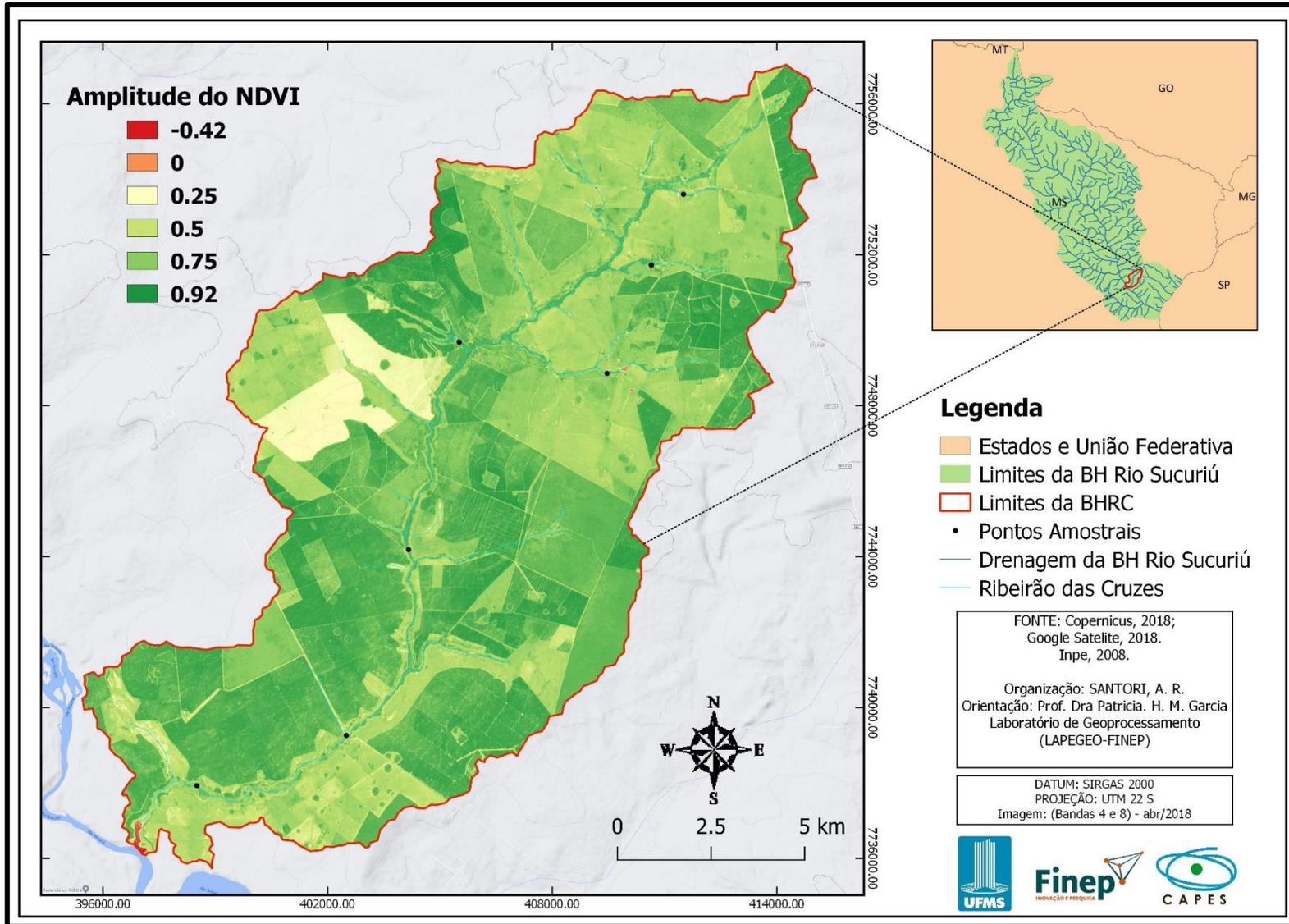
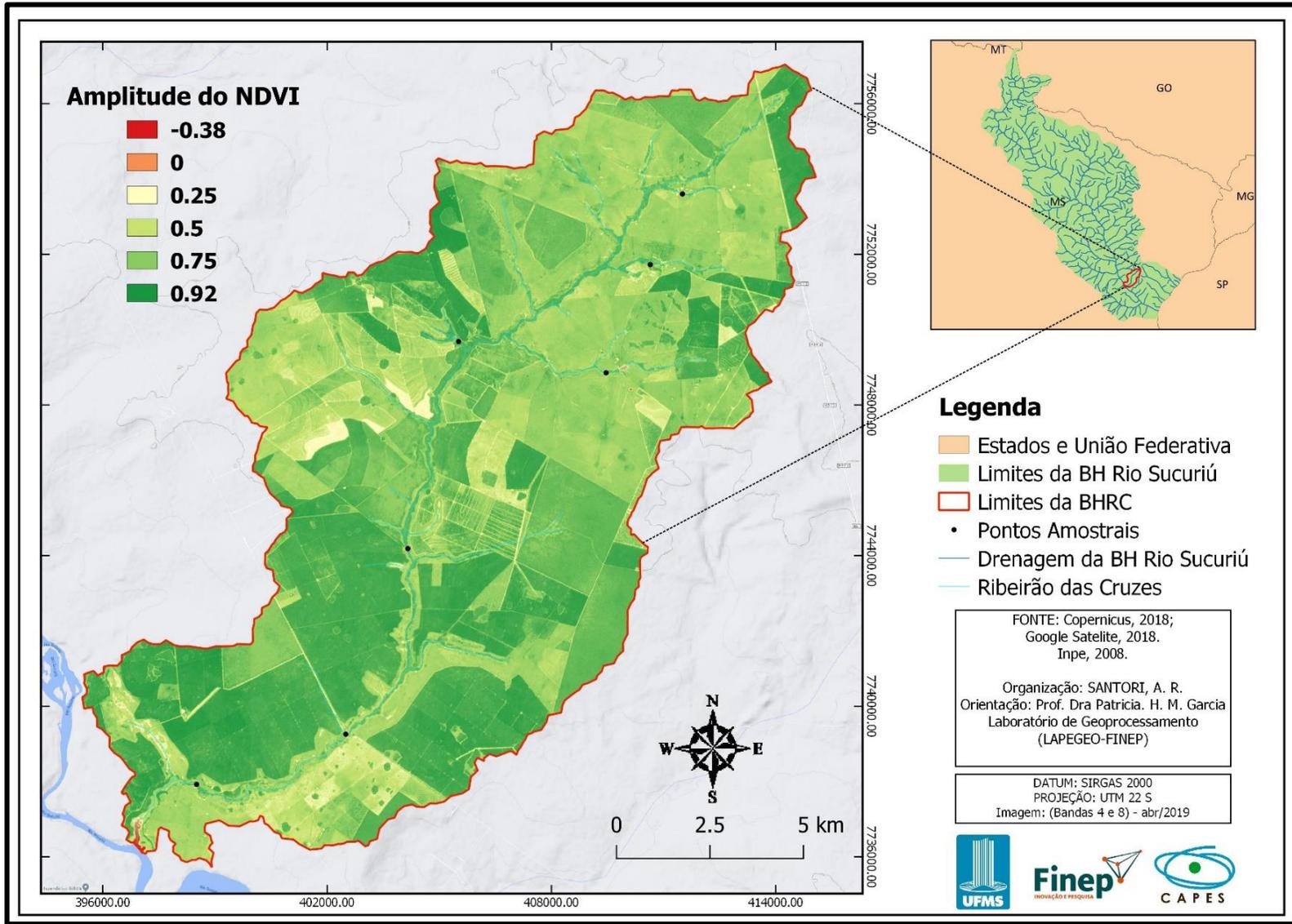


Figura 81: Mapa Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (abr/2019). Org.: Autor. (2020)



Final do período seco (2018-2019).

No final do período seco nas datas analisadas, o comportamento da vegetação apresentou altos índices de estresse hídrico devido à redução gradual das chuvas a partir de maio e o longo período de estiagem até meados de outubro.

O comparativo da evolução e mudança da vegetação em um ano (de setembro a setembro), serve também como base no dimensionamento temático da sazonalidade climática e do regime hídrico de uma bacia hidrográfica fortemente marcada pelo uso antrópico e por elementos ambientais típicos de relevo e vegetação.

Nota-se nas cartas-índices obtidas neste intervalo, que a vegetação antrópica pouco altera-se em questão de tamanho e espacialização, a principal transformação fica por conta da resposta deste tipo de vegetação (eucaliptos e pastagens) a um novo ciclo anual climático mais rígido possibilitando até ocorrência de incêndios florestais.

Assim, ocorreram intensas e amplas modificações no vigor e na produção de biomassa de grande parte das formações vegetais da área. As formas de usos que mais sentiram a redução da disponibilidade hídrica no sistema ambiental foram as que tem menos recursos adaptativos dentro das características fenológicas dos tipos de vegetação da área, neste caso, a vegetação campestre foi a mais atingida pela estiagem.

Os valores registrados no índice como 0 ou negativos, repetiu a mesma tendência de ocupação dos dados obtidos para os meses de abril. O comportamento deste conjunto de valores do NDVI novamente restringiu-se em corpos d'água distribuídos em determinados pontos dos afluentes do Ribeirão das Cruzes.

O índice entre 0.25 no final do período seco, passou a representar áreas que antes pertenciam ao valor logo acima (0.5), com presença de pastagens com aspectos e características diversas, além das já marcadas áreas com solo exposto.

A estiagem representou um aumento exponencial da ocupação deste índice na BHRC, esta faixa de valor do índice quando comparada a análise das datas anteriores, estava totalmente restrita a áreas sem vegetação (solo exposto) ou vegetação muito incipiente, portanto, houve um incremento de campos com vegetação herbácea em condição de senescência.

A variação entre a intensidade da resposta das pastagens influenciadas pela sazonalidade climática é muito clara, e isso demonstra a dificuldade que a atividade pecuária enfrenta em períodos longos de ausência de precipitação.

Para os valores do índice entre 0.5 é possível novamente reconhecer a redução da qualidade de desenvolvimento da vegetação, este valor passou a restringir a cobertura da terra com presença de algumas formações vegetais nativas de savanas influenciadas pela sazonalidade.

Algumas áreas próximas a vegetação ciliar e ao curso d'água, também registraram diminuição na atividade fotossintética e passaram a ser representadas por este valor, a mesma tendência de redução do vigor vegetal foi constatado nos plantios de eucaliptos no final de 2019, com reduções drásticas de biomassa e vigor dos dosséis deste tipo de uso.

E no caso da faixa de valores do NDVI entre 0.75 foi onde mais ficou marcado o processo de redução do vigor biofísico da vegetação. Estas áreas eram anteriormente representadas no início do período seco por fragmentos de vegetação nativa e agrícola densas e em processo de desenvolvimento dos indivíduos atrelados a alta disponibilidade de água no solo e no próprio sistema dos vegetais.

No final do período seco de 2018 as faixas de valores em 0.75 ou superiores tornaram-se mais raras e dispersas e ocorrendo principalmente em formas de manchas nos plantios de eucaliptos indicando diferenciações de vigor entre indivíduos de um mesmo dossel e também em faixas de mata de galeria.

Enquanto que no final do período seco de 2019 a estiagem foi ainda mais marcante e severa, condicionando a resposta qualitativa da vegetação a valores predominantemente abaixo de 0.75, as únicas áreas com registro de NDVI superior a 0,75 e próximos a 1 neste ano foram alguns pontos nas matas de galeria e alguns talhões de eucaliptos com plantio e manejo/tratamento recente da cultura.

Deste modo, não foi registrado para a data de setembro de 2019 nenhum tipo de resposta extremamente positiva, predominando as respostas entre 0.25 e 0.5 uma característica que variou conforme a estrutura e a capacidade ambiental de cada forma de uso e ocupação da terra presente na BHRC.

A seguir será possível analisar e comparar os resultados da estiagem na vegetação e nos usos da bacia hidrográfica do Ribeirão das Cruzes por meio das figuras 82 e 83. As imagens foram fiéis em demonstrar o comportamento temporal e sazonal da vegetação, que depende diretamente da relação sistêmica entre a energia fornecida pela chuva e o desenvolvimento de matéria em componentes como vegetação e solo, e a dinâmica dos próprios recursos hídricos na BHRC.

Figura 82: Mapa Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (set/2018). Org.: Autor. (2020)

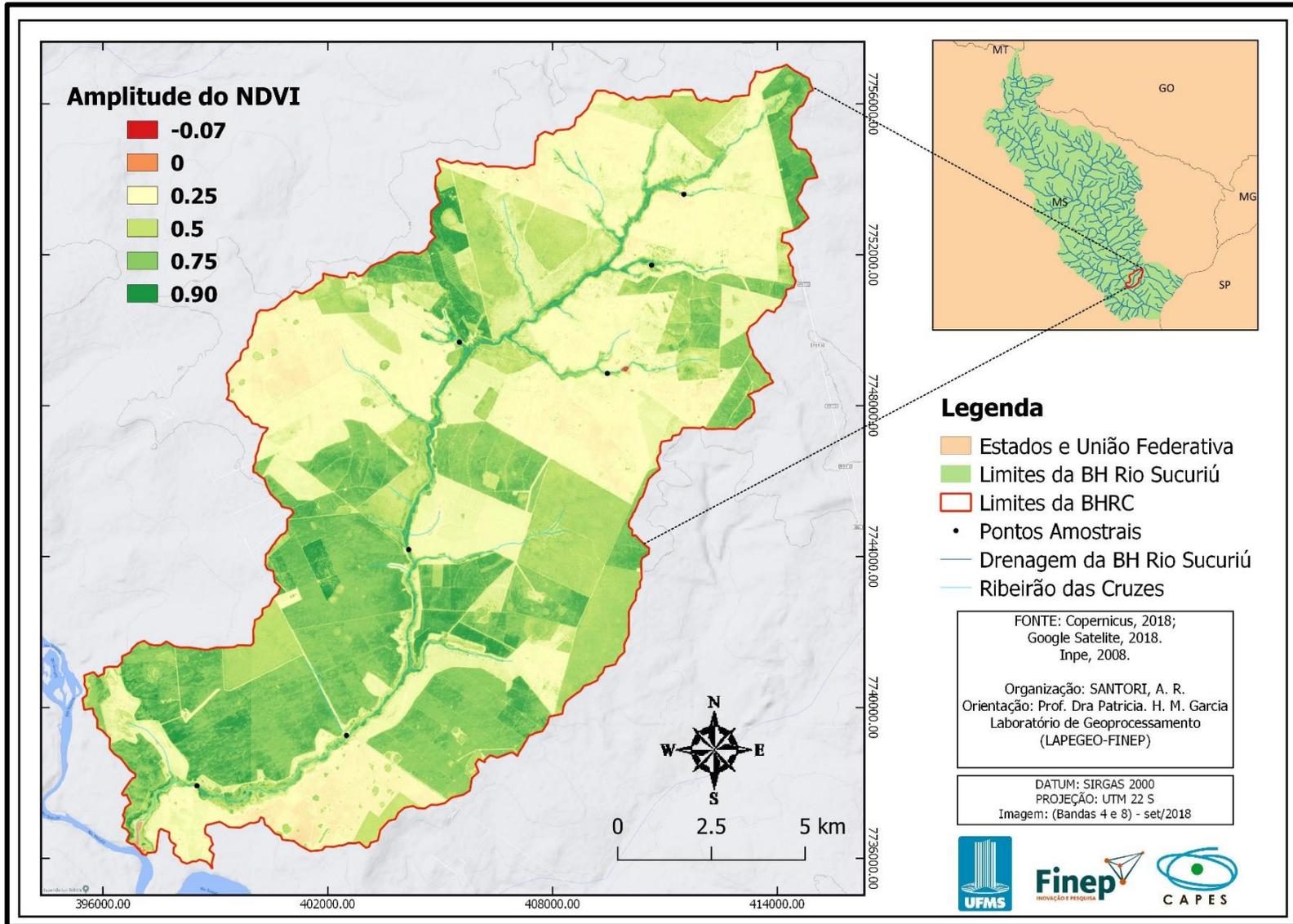
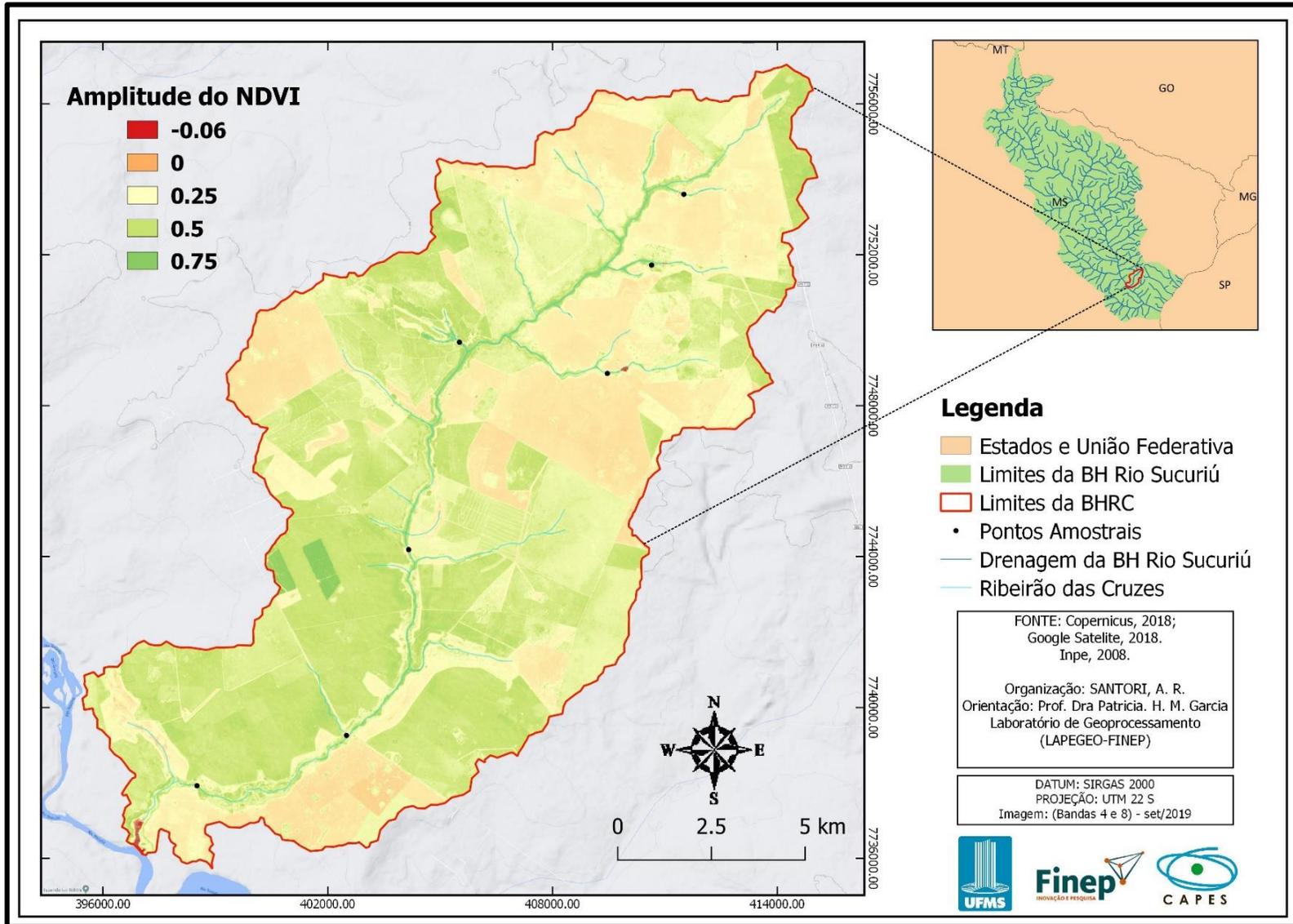


Figura 83: Mapa Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (Set/2019). Org.: Autor (2020)



Como foi relatado, os dados e as respostas do NDVI apresentada nos mapas está disposta de forma contínua, respeitando a variação e sensibilidade do índice conforme a resposta de cada pixel das imagens utilizadas.

O principal ponto positivo na utilização do NDVI para análise ambiental de componentes sistêmicos, aplica-se ao fato da alta sensibilidade do índice aplicado em imagens com 10 metros de resolução, apresentado considerável qualidade na diferenciação de culturas e formas de usos da terra, e contribuindo diretamente na validação comparativa do mapeamento temático de usos e cobertura da terra também proposto e apresentado neste estudo.

Com a realização da reclassificação dos valores do índice, estes foram agrupados em intervalos e divididos em 5 classes: Os valores em 0 ou negativos sempre foram incipientes na área de estudo (0%) em todas as datas; Os valores até 0.25 tiveram um incremento de 12% de abril para setembro de 2018 e de 33% no mesmo período do ano de 2019. A evolução do valor até 0.5 que possuía 6% nas datas iniciais dos dois anos foi a que obteve maior incremento de área e ocupação, com aumento de 33% para setembro de 2018 e 39% para setembro de 2019.

O processo de aumento em área das classes já mencionadas foi proporcionado, em contrapartida, pela redução do índice em valores de 0.75 que representavam a segunda maior presença tanto em abril de 2018 com iniciais 40%, como em abril de 2019 com 43% de representatividade, passando para valores em 27% (-13%) e 22% (-21%) respectivamente.

Por fim, tratamos os valores mais próximo ao resultado máximo de +1 do NDVI, ficando marcante nesta classe os efeitos drásticos da redução da disponibilidade hídrica na vegetação em todos os seus sentidos,

Nas datas iniciais pra 2018 esta classe representava predomínio de 53% e na mesma data em 2019 representava 50% dos resultados do NDVI, após o final do período seco em um caso ocorreu uma redução dos valores um pouco menos densa em 2018 caindo para 21% (-22%) e no outro caso de forma ainda mais marcante, com 2019 reduzindo praticamente toda a cobertura efetiva de valores entre 0.75 e 1, após longa e forte estiagem em setembro de 2019 esta classe caiu para 0% (-50%).

A tabela 12 apresenta a sistematização dividida em classes ou intervalos iguais de valores, sendo que, os valores negativos foram generalizados e os positivos foram divididos em grupos de dados com 0.25, representando os valores obtidos no índice de vegetação, as informações relacionadas indicam as formas de usos majoritariamente registradas em cada classe determinada, bem como o quantitativo aproximado de distribuição de área em km² e porcentagem.

Tabela 12: Quantitativo de ocupação e identificação dos usos do NDVI no início do período seco.

Data	Valor do Índice	Usos	Área km ²	%
Abril/2018	= ou < 0	Água.	0,154	0
Abril/2019	= ou < 0	Água.	0,102	0
Abril/2018	0,25	Solo exposto/Áreas descobertas.	1,519	1
Abril/2019	0,25	Solo exposto/Áreas descobertas.	0,644	0
Abril/2018	0,5	Pastagem.	13,321	6
Abril/2019	0,5	Pastagem.	12,099	6
Abril/2018	0,75	Pastagem/Veg. Nativa.	83,042	40
Abril/2019	0,75	Pastagem/Veg. Nativa.	91,298	43
Abril/2018	+1	Eucaliptos/Veg. Nativa.	111,980	53
Abril/2019	+1	Eucaliptos/Veg. Nativa.	105,959	50

Org: Autor. (2020)

Na tabela 13 é possível comparar estes dados quantitativos que ajudam na observação das mudanças anteriormente mencionadas. Os meses entre setembro e outubro marcam o auge final da estiagem na região e representam o alto processo de retração e senescência da vegetação, com a redução do vigor vegetal e diminuição da interação da REM com os alvos vegetais, em alguns casos, a resposta do solo passa a influenciar e comportar a mistura espectral de áreas teoricamente recobertas por algum tipo de cultura e a redução da atividade fotossintética da planta passa a ser sentida com mais intensidade nas regiões do verde e vermelho visível.

Tabela 13: Quantitativo de ocupação e identificação dos usos do NDVI no final do período seco.

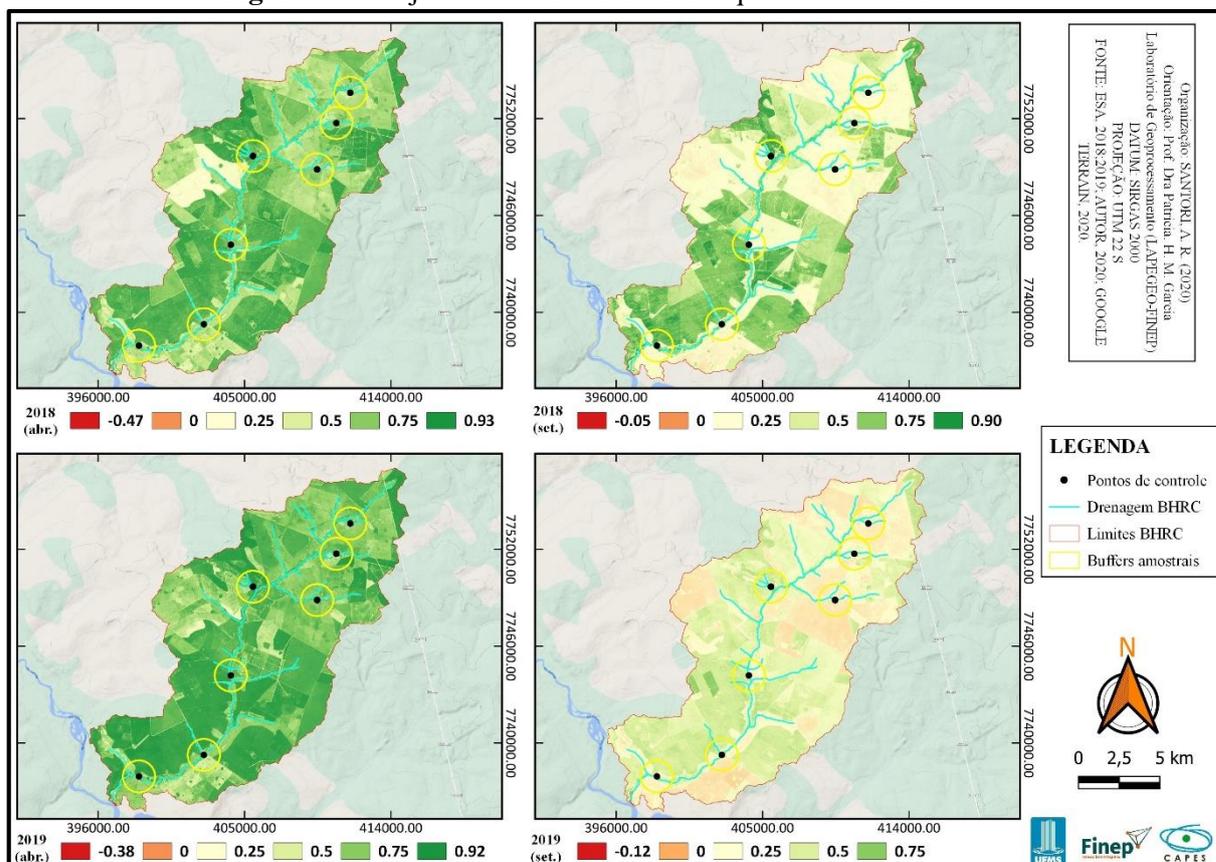
Data	Valor do Índice	Usos	Área km ²	%
Set/2018	= ou < 0	Água	0,035	0
Set/2019	= ou < 0	Água	0,144	0
Set/2018	0,25	Pastagem	26,613	13
Set/2019	0,25	Pastagem	68,515	33
Set/2018	0,5	Eucaliptos/Veg. Nativa.	82,517	39
Set/2019	0,5	Eucaliptos/Veg. Nativa.	95,535	45
Set/2018	0,75	Eucaliptos/Veg. Nativa.	56,798	27
Set/2019	0,75	Eucaliptos/Veg. Nativa.	45,895	22
Set/2018	+1	Eucaliptos	44,160	21
Set/2019	+1	Eucaliptos	0,134	0

Org.: Autor. (2020)

Os dados contínuos apresentados nas cartas-índices NDVI, e os dados agrupados e classificados dispostos nas tabelas podem ser correlacionados com as informações apresentadas no item correspondente ao clima.

A figura 84 serve como mapa-síntese apresentando os resultados desta relação de forma prática, direta e pontual. Optou-se por trabalhar de forma integrada os dados radiométricos e parâmetros biofísicos da vegetação seguindo o critério de amostragem com buffers de distância fixa anteriormente apresentado na metodologia deste estudo.

Figura 84: Conjunto das cartas NDVI nas quatro datas analisadas.



Fonte: Autor. (2020)

Os resultados relacionados ao NDVI, obtidos detalhadamente pelos pontos escolhidos e seus respectivos buffers amostrais, foram também discutidos com foco na detecção de processos sistêmicos, baseado na relação água-solo-vegetação. A análise multicritério do recurso é uma das contribuições que este trabalho apresentou na possibilidade de validar respostas em produtos temáticos de outras metodologias muito utilizados no processamento de dados.

Deste modo, as características estudadas e os parâmetros ambientais obtidos colaboram com a orientação das análises na observação do padrão de desenvolvimento regional-local das atividades humanas, também, pela forma com que determinadas variáveis apresentaram-se alternância ciclicamente, graças a mudanças na dinâmica dos principais recursos (tempo/água, solo, cobertura vegetal) discutidos ao longo desta análise ambiental na BHRC.

5.3.2 Amostragem e avaliação pontual dos componentes ambientais.

Os resultados gerais apresentam o valor do NDVI na totalidade da BHRC, com mínima em -0.41 (corpos d'água) e máxima de 0,92 (áreas de silvicultura e vegetação nativa). Uma das principais avaliações positivas quem podem ser feitas na utilização desta ferramenta, é a identificação das variações dentro das classes positivas do índice, refletindo-se nas variações fenológicas dos diversos tipos de vegetação.

Fatores como presença de água no solo, tipos de solos, densidade e padrão do plantio, formato do dossel e as formas de desgastes e impactos naturais ou ocasionados são critérios essenciais para dar lastro a uma análise ambiental da vegetação por meio de índices.

Os resultados obtidos precisam de uma análise pontual e com detalhes que variavam em uma escala mais local, pois indicam forte correlação da qualidade de resposta da vegetação com a presença de água no sistema, e com o estágio de desenvolvimento de determinadas formas de ocupação

No caso da Silvicultura a variação do NDVI ocorreu conforme características relacionadas a densidade do dossel, proximidade com curso d'água e tipos de espécies e estágio de crescimento (idade) do plantio dos eucaliptos, em todos os pontos com presença de Silvicultura este tipo de uso manteve sua resposta superior a 0.5.

Nas áreas com vegetação do tipo pastagem a tendência foi semelhante, porém a avaliação da resposta dos diferentes tipos de pastos plantados ou naturais se torna mais complexa, existem muitas condições que precisam ser consideradas na avaliação das formações de vegetação campestre, naturalmente menos densa e desenvolvida.

Ponto 1

O ponto 1 está localizado nas coordenadas geográficas de Lat. 20° 18' 49'' e Long. 51° 50' 43'' em uma altitude de 379 metros.

Este local apresentou as mais intensas derivações e impactos no seu equilíbrio e dinâmica natural, macante presença de atividades humanas que impactam em razoável valor

negativo a dinâmica mais pontual desta área. Neste ambiente ocorre forte presença antrópica e ocupação dos recursos naturais. Ocorre nas proximidades a presença de alguns galpões e estruturas de alvenaria dos moradores locais, existem também locais para criação de animais de pequeno porte (galináceos e outros tipos de aves e suínos).

Um fator marcante do local é o represamento a montante do ponto de controle, assim, formou-se um pequeno açude local. Entretanto, devido ao auge da estiagem que ocorria na data de campo o curso d'água estava seco, e o açude apenas com uma pequena lâmina d'água turva, outros tipos de impactos, como lixo e entulhos, também foram identificados na área.

O quadro 4 apresentado a seguir colabora para sintetizar os resultados das características relacionadas para a análise e levantamento em campo, são apresentados critérios mensurados com base na metodologia e na legislação utilizadas.

Quadro 4: Relação de dados de campo e características dos recursos (Ponto 1).

Indicadores gerais	
Uso predominante da terra	Pastagem
Presença de corpos d'água	Sim (Intermitente)
Impactos e derivações	Criações/Entulhos
Caracterização vegetal	
Fisionomias	(x) Solo Exposto (x) Campestre
Estrato lenhoso	(x) Aberto
Altura média das plantas	15 a 20 metros
DAP médio	45 cm
Produto lenhoso	(x) Pouco
Presença de Epífitas	(x) Raras
Presença de trepadeiras	(x) Lenhosas
Serapilheira	(x) Espessa (x) Descontínua
Sub-bosque	Ausente
Diversidade biológica	(x) Baixa

Org.: Autor. (2020)

A partir das figuras a seguir é indicado os critérios da metodologia apresentada para a aquisição de dados, onde também é apresentada a forma com que ocorreu o registro de imagens de cada ponto, orientado pela busca da maior abrangência e apresentação possível dos recursos na paisagem da BHRC.

A figura 85 foi registrada ao lado do ponto nas coordenadas de Lat. 20° 18' 49'' e Long. 50° 51' 52'' e a figura 86 na coordenada inicialmente apresentada, as fotografias apresentadas facilitam em grande medida a interpretação das condições locais no ponto e em seu entorno.

Figura 85: Registro do ponto de controle 1 de fora para dentro.



Fonte: Autor. (2020)

Figura 86: Registro do ponto de controle 1 de dentro para fora.



Fonte: Autor. (2020)

A figura 87 foi elaborada para retratar o cenário no entorno próximo ao ponto 1, o conjunto de imagens representam também o resultado proposto na metodologia de registros imagéticos utilizada para dar base nas discussões envolvendo a validação e a correlação das informações sobre o uso e cobertura da terra e o comportamento espectral da vegetação local.

Figura 87: Sequência de registros de parte da paisagem do entorno do ponto 1.



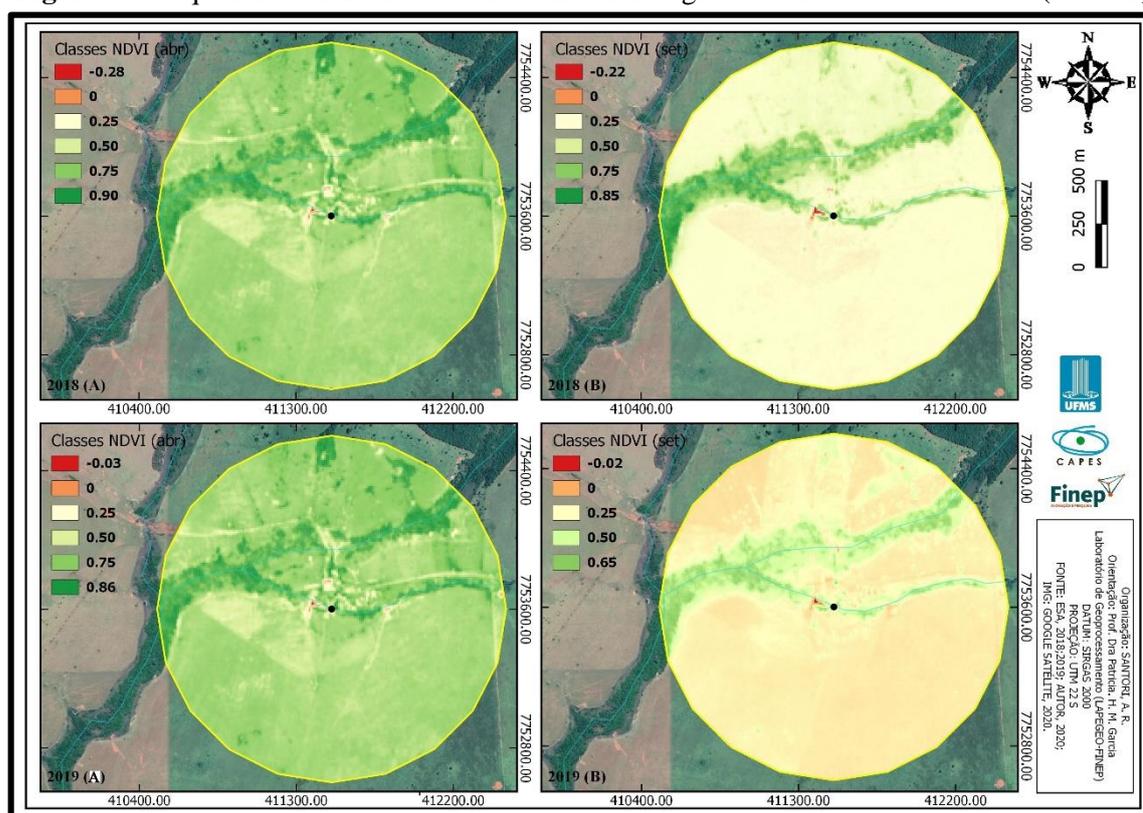
Fonte: Autor. (2020)

A seguir são apresentados os resultados detalhados do NDVI na análise pontual da vegetação nativa e demais usos e coberturas da terra dentro dos buffers amostrais determinados.

Nos meses de abril dos dois anos analisados ocorreu um comportamento praticamente semelhante. O uso predominante das pastagens e campos, manteve respostas do NDVI entre 0.50 e 0.75 no comparativo entre as duas datas 2018 (A) e 2019 (A), o detalhe do indicador nesta classe de usos ficou para a redução de algumas manchas de vegetação acima de 0.75.

Nos meses de setembro esse comportamento semelhante também foi perceptível, porém, com reduções mais intensas do vigor da pastagem de um ano em relação ao outro. Na data de setembro de 2018 ocorreu redução do vigor da pastagem predominando o valor de 0.25.

Este processo foi ainda mais acentuado na data de 2019 (B) determinando valores de NDVI quase próximos a 0 e indicando a forte sensibilidade da vegetação campestre a derivação prolongada da falta de chuvas. Observando a figura 88 podemos discutir e analisar os resultados do comportamento biofísico da vegetação.

Figura 88: Sequência de NDVI dos buffers amostrais registrados nas datas estudadas. (Ponto 1)

Org: Autor. (2020)

A tabela 14 apresenta as informações e a classificação relacionada as respostas do NDVI, em relação ao que foi delimitado pelo buffer amostral do ponto 1. Os principais detalhes atribuídos no comportamento nas condições vegetais da área, são a quantificação de cobertura de cada classe de valor do NDVI, correlacionado a cada classe de usos e cobertura da terra.

Tabela 14: Detalhamento dos valores NDVI registrados nos buffers amostrais (Ponto 1).

Ponto 1	Área (%)	Valor do Índice	Usos e/ou coberturas
Abr/2018	7	= ou < 0	Água.
Abr/2019	7	= ou < 0	Água
Set/2018	0	= ou < 0	Água/Pastagem
Set/2019	0	= ou < 0	Água/Pastagem
Abr/2018	13	0.25	Solo exposto
Abr/2019	13	0.25	Solo exposto
Set/2018	21	0.25	Pastagem
Set/2019	74	0.25	Pastagem
Abr/2018	20	0.50	Pastagem
Abr/2019	20	0.50	Pastagem
Set/2018	64	0.50	Pastagem/Áreas úmidas
Set/2019	18	0.50	Pastagem/Áreas úmidas
Abr/2018	27	0.75	Pastagem/Veg. nativa.

Abr/2019	27	0.75	Pastagem/Veg. nativa.
Set/2018	10	0.75	Veg. Nativa/Áreas úmidas
Set/2019	8	0.75	Veg. Nativa/Áreas úmidas
Abr/2018	33	1	Veg. nativa
Abr/2019	33	1	Veg. nativa
Set/2018	5	1	Veg. nativa
Set/2019	-	1	-

Org.: Autor. (2020)

Deste modo, o resultado principal deste ponto é a inversão da representatividade de usos, a pastagem passa a ter respostas semelhantes aos solos expostos, devido a marcante redução do vigor e desenvolvimento vegetal deste tipo de uso intensificado pela ausência de água disponível no solo. Outro ponto interessante identificado nos resultados está na amplitude dos valores max. e min. de NDVI que apontam uma estiagem levemente mais acentuada e marcante no ano de 2019.

Ponto 2

O ponto 2 está localizado nas coordenadas geográficas de Lat. 20° 19' 53'' e Long. 51° 51' 52'' em uma altitude média de 342 metros.

Este local apresenta maior diversidade de elementos e unidades de paisagem com a vegetação ciliar e áreas úmidas mais preservadas e usos da terra do entorno relacionados a criação de gado e produção de eucaliptos.

Nas proximidades do ponto de controle ocorrem pequenos núcleos de vegetação arbórea formando um pequeno bosque em meio a pastagem, de modo semelhante ao ponto anterior, nesta altura do curso d'água também temos a presença de dois açudes ou pequenos tanques para contenção da água do curso d'água natural, processo ligado diretamente a atividade pecuária para dessedentação das criações locais.

Este ponto também possui como característica um curso d'água estreito coberto por uma faixa de mata de galeria também relativamente estreita. Não foram observados grandes impactos ou derivações, exceto pela presença de moradias e outras estruturas dos produtores locais.

O quadro 5 apresenta os dados pontuais gerais do ambiente e informações específicas da vegetação para o ponto 2. De modo geral, apresentado algumas semelhanças e outras diferenças com a dinâmica e as condições observadas no local anterior, possivelmente os elementos mais dispares dos dois pontos até aqui apresentados seja nas características do curso d'água.

Quadro 5: Relação de dados de campo e das características dos recursos (Ponto 2).

Indicadores gerais	
Uso predominante da terra	Pastagem
Presença de corpos d'água	Sim (Perene)
Impactos e derivações	Criações/Erosões
Caracterização vegetal	
Fisionomias	(x) Florestal Aberta
Estrato lenhoso	(x) Fechado
Altura média das plantas	10 metros
DAP médio	20 cm
Produto lenhoso	(x) Médio
Presença de Epífitas	(x) Raras
Presença de trepadeiras	(x) Lenhosas
Serapilheira	(x) Espessa (x) Contínua
Sub-bosque	Baixo (Pouco estratificado)
Diversidade biológica	(x) Média

Org.: Autor. (2020)

Em seguida são apresentados os principais registros fotográficos do ponto, as figuras montam o cenário observado na atividade de campo. A pastagem mantém a condição predominante no conjunto de classes de usos que integram o entorno dos pontos de controle até o momento na BHRC. A seguir a figura 89 foi registrada ao lado do ponto, nas coordenadas Lat. 20° 19' 52'' e Long. 51° 51' 52'' e a figura 91 na coordenada inicialmente apresentada.

Figura 89: Registro do ponto de controle 2 de fora para dentro.

Fonte: Autor. (2020)

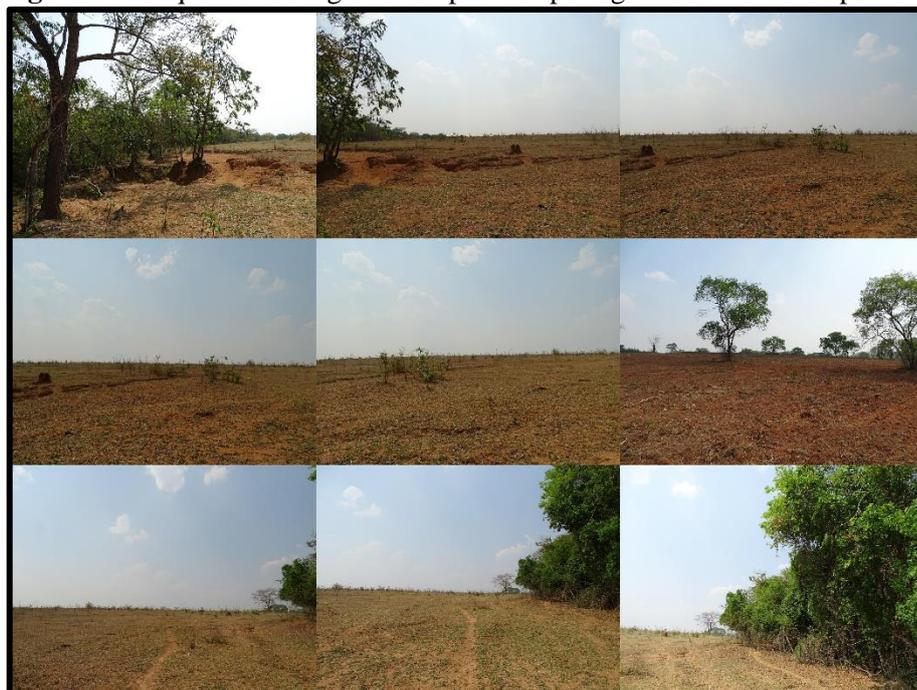
Figura 90: Registro do ponto de controle 2 de dentro para fora.



Fonte: Autor. (2020)

A figura 91 reproduz a paisagem de parte de cada uma das margens do ribeirão das Cruzes no local do ponto de controle, foram registradas fotos em 90° e 180° de ambos os lados já que a faixa de água e de mata permitia a passagem para verificação nas duas margens.

Figura 91: Sequência de registros de parte da paisagem do entorno do ponto 2.



Fonte: Autor. (2020)

Os resultados detalhados do índice de vegetação no buffer amostral do ponto de controle número 7 reforçam a dinâmica já apresentada anteriormente, a redução do vigor vegetal no período intra-anual em 2018 e 2019 foi imposta a todas as formas vegetais, mantendo-se com valores mais próximos a 1 somente em vegetações muito próximas ao curso d'água.

No local a amplitude no NDVI para as duas datas estudadas no ano de 2018 teve como valor mínimo o registro de -0.14 e 0, sendo o primeiro marcado pela presença de água em um açude próximo ao ponto, e valores máximos de 0.90 em formações de mata de galeria e eucaliptos mais desenvolvidos próximos de sua fase de corte e colheita.

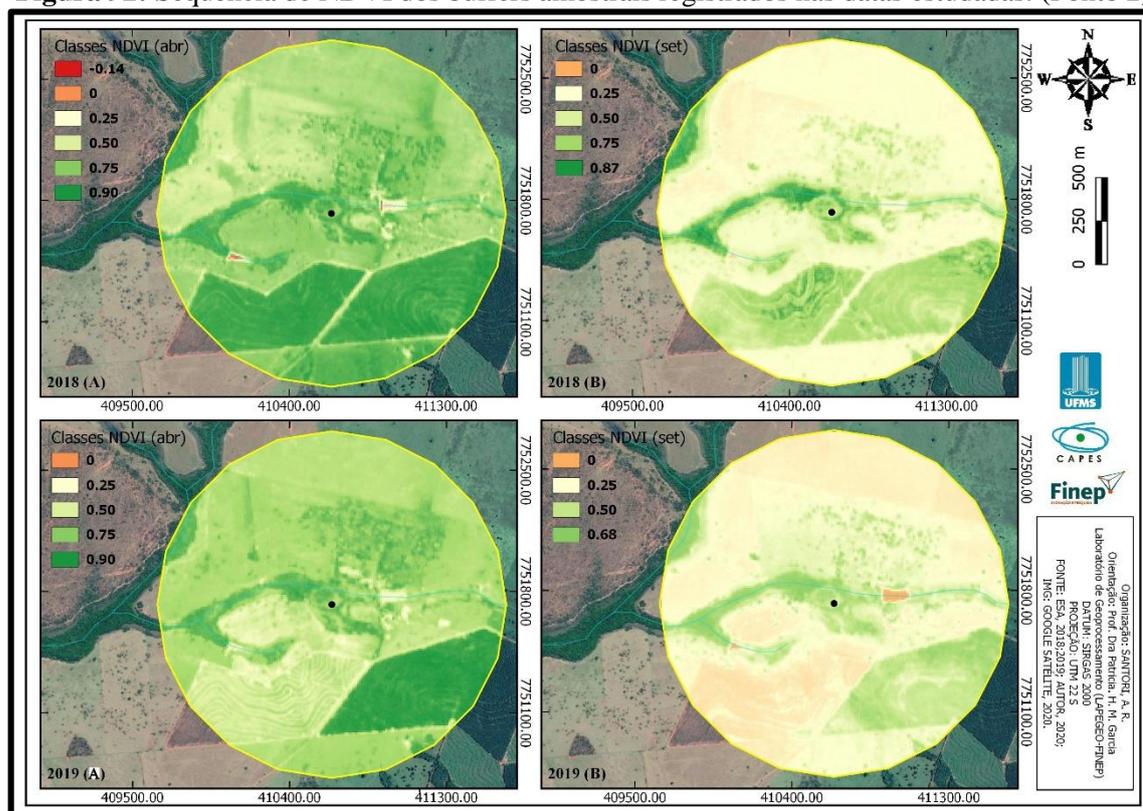
Para o ano de 2019 essa amplitude foi menor, a área com resposta negativa no NDVI ficou extremamente restrita a um par de pixels no meio do pequeno açude local registrando o valor de -0.0007, o valor máximo manteve-se no mês de abril com 0.90.

Já na análise comparativa interanual entre os dois meses de abril, inicialmente na primeira observação das cartas-índice é perceptível a redução de parte da cobertura de silvicultura, enquanto, o padrão de distribuição e organização das demais formas de usos e cobertura da terra se mantiveram normais e semelhantes no período de abril a abril.

Os meses de julho, agosto e setembro demonstram ter sido muito rudes em questões relacionadas a disponibilidade hídrica para as culturas locais. No mês de setembro a pastagem continuou com sua intensa redução de vigor em grande parte, mas não em toda a área de campos, pois, em ambas as cartas-índices deste mês é identificada a presença de biomassa e fotossíntese em áreas de pasto.

Outro fator notável é a forma com que o ciclo sem chuvas afetou de forma diferente um mesmo talhão de eucaliptos, este processo ou fenômeno poderá ser melhor apresentado e discutido em pontos de controle subsequentes.

A figura 92 revela a dinâmica sazonal da vegetação, solo e água de modo pontual, indicadores inferiores a 0, ou seja, negativos foram muito pouco destacados pela equação.

Figura 92: Sequência de NDVI dos buffers amostrais registrados nas datas estudadas. (Ponto 2)

Org: Autor. (2020)

A tabela 15 apresenta as informações e a classificação relacionadas as respostas do NDVI referente ao que foi delimitado pelo buffer amostral. Alguns fatores chamam a atenção no dimensionamento desses detalhes no local em questão, por exemplo, a presença de solo exposto e áreas descobertas correlacionadas com o manejo de eucaliptos recém-plantados, e a silvicultura já sendo significativa em determinadas faixas de valor do índice.

Tabela 15: Detalhamento dos valores NDVI registrados nos buffers amostrais (Ponto 2).

Ponto 2	Área (%)	Valor do Índice	Usos e/ou coberturas
Abr/2018	1	= ou < 0	Água.
Abr/2019	0	= ou < 0	Água
Set/2018	0	= ou < 0	Água/Pastagem
Set/2019	1	= ou < 0	Água/Pastagem
Abr/2018	0	0.25	Solo exposto/Pastagem.
Abr/2019	0	0.25	Solo exposto/Pastagem.
Set/2018	16	0.25	Solo exposto/Pastagem.
Set/2019	44	0.25	Solo exposto/Pastagem.
Abr/2018	1	0.50	Pastagem/Solo exposto
Abr/2019	9	0.50	Pastagem/ Solo exposto
Set/2018	55	0.50	Pastagem/Áreas úmidas

Set/2019	45	0.50	Pastagem/Áreas úmidas
Abr/2018	56	0.75	Pastagem/Veg. nativa.
Abr/2019	59	0.75	Pastagem/Veg. nativa.
Set/2018	22	0.75	Veg. nativa/Silvicultura
Set/2019	10	0.75	Veg. nativa/Silvicultura
Abr/2018	41	1	Veg. nativa/Silvicultura
Abr/2019	33	1	Veg. nativa/Silvicultura
Set/2018	7	1	Veg. nativa/Silvicultura
Set/2019	-	1	-

Org.: Autor. (2020)

Assim, o ambiente apresentado no local foi representativo no que se refere a dinâmica, o comportamento e o manejo da atividade silvicultora, além deste processo, ficou mais uma vez evidente a condição de manutenção ao longo de todo o ano da sensibilidade das respostas da vegetação de mata de galeria influenciadas diretamente pelo corpo d'água perene.

Ponto 3

O ponto 3 está localizado nas coordenadas geográficas de Lat. 20° 21' 22'' e Long. 51° 52' 03'' em uma altitude média de 341 metros.

Este é mais um ponto onde a pastagem assumiu a hegemonia dentro dos critérios analisados, os campos são absolutos em toda área amostral do buffer. Basicamente os usos e cobertura presentes no local foram a pastagem, a mata de galeria e algumas subclasses com áreas úmidas. A vegetação da mata de galeria se mostrou com certos níveis de degradação com núcleos vegetais esparsos e descontínuos.

Novamente a intermitência do curso d'água foi uma característica marcante na caracterização dos recursos presentes no ponto, a própria composição fisionômica e morfológica da vegetação nativa no local está intrinsecamente condicionada a essa variação da água superfície, apesar disto o solo no momento da atividade estava úmido. Aliado a este fator de intermitência, temos novamente a presença do represamento do curso d'água a montante.

O quadro 6 relaciona agora as informações pontuais gerais do ambiente e específicas da vegetação, descrevendo e sintetizando as principais condições dos recursos observados. apresentado algumas semelhanças com as características do primeiro ponto descrito, porém este local acabou apresentando uma degradação mais intensa dos recursos como a água com forte assoreamento do canal e da vegetação com ausência de um dossel fechado e continuo somado a presença e circulação de animais dentro do ambiente do curso d'água.

Quadro 6: Relação de dados de campo e das características dos recursos (Ponto 3).

Indicadores gerais	
Uso predominante da terra	Pastagem
Presença de corpos d'água	Sim (Intermitente)
Impactos e derivações	Criações/Erosões
Caracterização vegetal	
Fisionomias	(x) Florestal Aberta (x) Arbustiva Aberta
Estrato lenhoso	(x) Aberto
Altura média das plantas	15 a 20 metros
DAP médio	35 cm
Produto lenhoso	(x) Médio
Presença de Epífitas	(x) Raras
Presença de trepadeiras	(x) Lenhosas
Serapilheira	(x) Incipiente
Sub-bosque	Ausente
Diversidade biológica	(x) Baixa

Org.: Autor. (2020)

Na sequência a figura 93 representa elementos distantes 5 metros do ponto de controle nas coordenadas Lat. 20° 21' 23'' e Long. 51° 52' 0'', e a figura 94 na coordenada inicialmente apresentada. Em ambas as imagens do ponto podem ser observados a presença alguns de bancos de areia que dificultam a determinação do exato local de passagem do canal.

Figura 93: Registro do ponto de controle 3 de fora para dentro.

Fonte: Autor. (2020)

Figura 94: Registro do ponto de controle 3 de dentro para fora.



Fonte: Autor. (2020)

A figura 95 reproduz a paisagem de parte de cada uma das margens do ribeirão das Cruzes no local do ponto de controle, foram registradas fotos em 90° de ambos os lados, bem como fotos em detalhe de parte da vegetação ribeirinha, o que foi possível devido ao curso d'água estar seco e a vegetação muito esparsa e sem estratificação.

Figura 95: Sequência de registros de parte da paisagem do entorno do ponto 3.



Fonte: Autor. (2020)

Com base nas informações já expostas é possível analisar e discutir o comportamento dos recursos no ambiente em que está inserido o ponto de controle número 7. Analisando aspectos ambientais, determinados recursos como a pastagem e o curso d'água presumiram comportamentos semelhantes a área mais a montante que correspondem ao ponto 3.

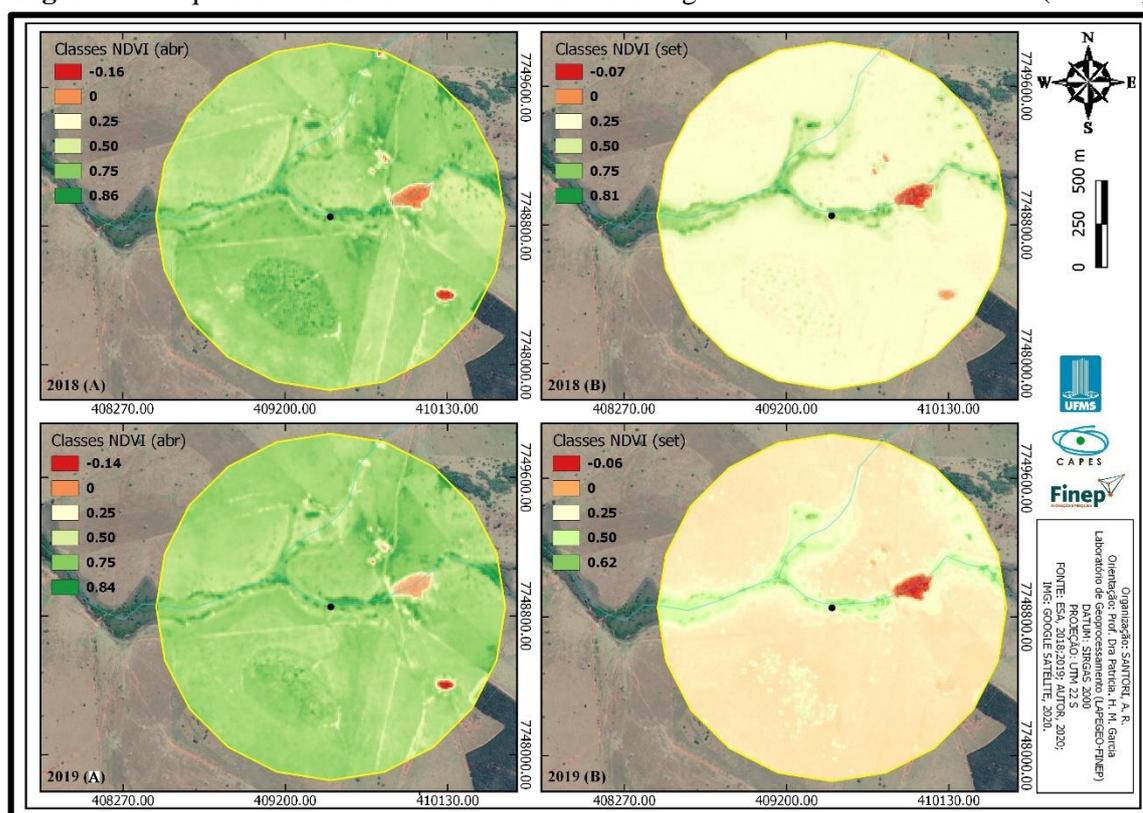
O comportamento intra-anual e interanual se manteve padrão com o mês de abril apresentando maiores respostas da vegetação verde fotossinteticamente ativa. O comportamento negativo do NDVI em massas d'água mostrou-se muito sensível e bem definido pela equação neste ponto para o mês de abril. O mês de setembro apresentou redução tanto de valores positivos da vegetação com padrões biofísicos ativos como nos valores negativos de água, que apesar de mostrarem-se mais realçados nas cartas-índices apresentaram menor valor na amplitude total.

No ano de 2018 os valores máximos de NDVI se concentraram em níveis próximos de 0.86, sendo este registrado principalmente na estreita faixa de mata de galeria da área e em algumas manchas de campos com maior umidade próximo e mais verdejantes. Nota-se que na carta do mês de setembro a repostas positiva máxima ainda ficou acima de 0.75 devido a manutenção da atividade fotossintética dos pequenos núcleos descontínuos de mata. Os valores negativos oscilaram entre -0.16 e -0.07 sendo estes registrados em um pequeno tanque em meio a pastagem e fora da rede de drenagem e em um açude de maior porte poucos metros a montante do ponto de controle.

Para o ano de 2019 essa amplitude foi levemente mais restrita em abril, sendo que, os valores máximos de NDVI registraram 0.84, o padrão de destruição destes valores novamente ficou muito restrito a pequenos fragmentos ou faixas estreitas de mata e de conjunto de indivíduos arbóreos esparsos em meio aos campos locais.

Em setembro do mesmo ano a redução de vigor vegetal mais intensa observada na área, nesse processo vastas áreas de campos foram associadas a valores próximos a 0 que corresponde basicamente a solo com exposição clara, os valores negativos mínimos foram de -0.14 e -0.06.

A figura 96 revela a dinâmica sazonal da vegetação, solo e água de modo pontual, com destaque para a carta-índice de setembro de 2019 com diferenciação muito marcante.

Figura 96: Sequência de NDVI dos buffers amostrais registrados nas datas estudadas. (Ponto 3)

Na tabela 16 a seguir estão organizadas as informações adquiridas com base nos dados do mapeamento gerado no NDVI para o local, assim, apresentam-se sistematizadas as respostas do índice referente ao que foi delimitado pelo buffer amostral do ponto 3. Os pontos que mais chamam atenção na tabela são a distribuição das áreas úmidas em pelo menos três classes de NDVI, assim como a ausência de formações vegetais e usos da terra na classe (1) nos meses de setembro.

Tabela 16: Detalhamento dos valores NDVI registrados nos buffers amostrais (Ponto 3).

Ponto 3	Área (%)	Valor do Índice	Usos e/ou coberturas
Abr/2018	1	= ou < 0	Água.
Abr/2019	1	= ou < 0	Água
Set/2018	3	= ou < 0	Água
Set/2019	3	= ou < 0	Água/Pastagem
Abr/2018	1	0.25	Solo exposto.
Abr/2019	1	0.25	Solo exposto.
Set/2018	80	0.25	Pastagem.
Set/2019	84	0.25	Pastagem/Áreas úmidas
Abr/2018	2	0.50	Pastagem
Abr/2019	1	0.50	Pastagem
Set/2018	10	0.50	Áreas úmidas/Veg. nativa

Set/2019	12	0.50	Áreas úmidas
Abr/2018	89	0.75	Pastagem/Áreas úmidas
Abr/2019	91	0.75	Pastagem/Áreas úmidas
Set/2018	7	0.75	Veg. nativa
Set/2019	1	0.75	Veg. nativa
Abr/2018	7	1	Veg. nativa
Abr/2019	6	1	Veg. nativa
Set/2018	-	1	-
Set/2019	-	1	-

Org.: Autor. (2020)

Concluindo a apresentação deste ponto, a principal análise dos resultados obtidos é o entendimento do alto grau de supressão e impactos do local, sendo este o ponto mais impactado pelos usos agrícolas e a atividade antrópica na BHRC. Ao final do período de seco, as supressões são mais latentes devido ao processo de intermitência do curso d'água potencializado na contenção do fluxo natural do ribeirão pelo grande açude metros acima, produzindo efeitos diretos no ponto avaliado, como, o assoreamento (bancos de areia) e a circulação mais frequente de animais que convertem este ponto em extensões da pastagem.

Ponto 4

O ponto 4 está localizado nas coordenadas geográficas de Lat. 20° 20' 58'' e Long. 51° 54' 04'' em uma altitude média de 320 metros.

Este ponto se difere totalmente dos anteriores detalhados até aqui, a vegetação de grande porte (arbóreo-arbustivo) foi predominante, criando um ambiente dinâmico e conservado. Este local possui é interessante, pois está localizado a jusante e próximo de um conjunto de três nascentes bem conservadas e com bons indicadores de umidade no local.

Outros fatores importantes também precisam ser considerados na caracterização e identificação geral deste local. Por exemplo, a total existência e cobertura de vegetação de médio e grande porte circundando toda a posição do ponto de controle, criando assim um ambiente com entorno menos acessível e menos suprimido por atividades que dependem em grande medida do recurso hídrico, como observado nos pontos anteriores.

Este fator é reforçado pelas características da mata de galeria a jusante do ponto, ou seja, inserida no canal principal do Ribeirão das Cruzes, esta vegetação apresenta uma faixa de extensão mais prolongada nas bordas do canal, inclusive interligada com fragmentos.

O quadro 7 fornece a base da caracterização e colabora para o entendimento e visão geral do local com informações pontuais, o destaque mais importante é na composição dos

critérios relacionados a vegetação que apresentaram aumento de determinados indicadores importantes na avaliação da qualidade ambiental.

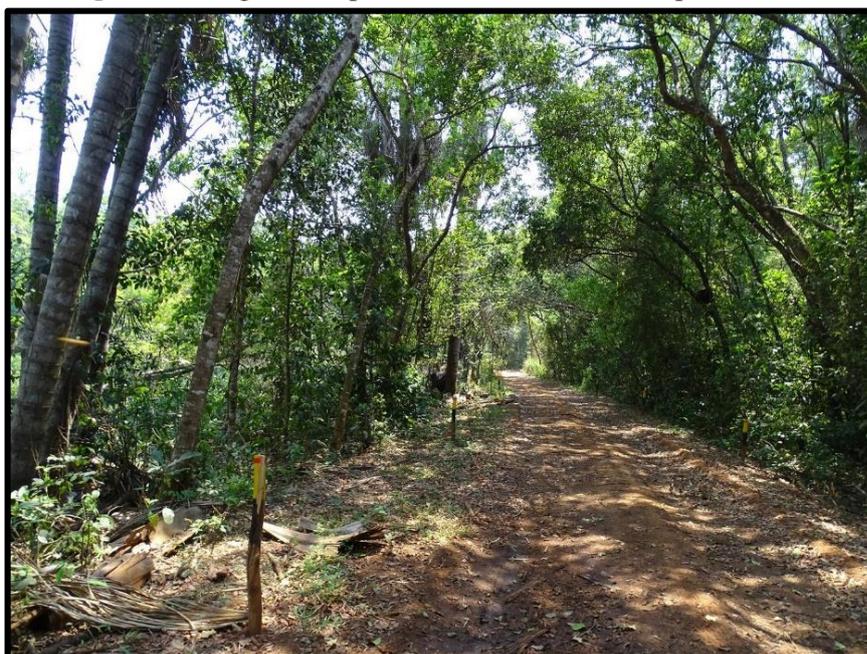
Quadro 7: Relação de dados de campo e das características dos recursos (Ponto 4).

Indicadores gerais	
Uso predominante da terra	Silvicultura
Presença de corpos d'água	Sim (Perene)
Impactos e derivações	Ponte/Estrada
Caracterização vegetal	
Fisionomias	(x) Florestal Aberta (x) Arbustiva Fechada
Estrato lenhoso	(x) Fechado
Altura média das plantas	20 metros
DAP médio	40 cm
Produto lenhoso	(x) Médio
Presença de Epífitas	(x) Raras
Presença de trepadeiras	(x) Lenhosas
Serapilheira	(x) Espessa
Sub-bosque	Médio (Estratificado)
Diversidade biológica	(x) Alta

Org.: Autor. (2020)

Na sequência a figura 97 representa todas as características encontradas no ponto de controle nas coordenadas Lat. 20° 20' 57'' e Long. 51° 54' 03''. A segunda foi registrada sobre uma pequena ponte exatamente nas coordenadas do ponto de controle, em ambas as figuras é possível constatar uma vegetação mais verdejante e adensada, além da nítida presença de água no canal. (Figura 98)

Figura 97: Registro do ponto de controle 4 de fora para dentro.



Fonte: Autor. (2020)

Figura 98: Registro do ponto de controle 4 de dentro para fora.



Fonte: Autor. (2020)

A figura 99 foi constituída das fotografias tomados no ponto em questão, utilizando a metodologia de registros a aproximadamente 180° a partir e de costas para o ponto. A amplitude ou o campo de visão deste ponto demonstrou-se muito mais restrito devido a densidade de cobertura vegetal e o porte do mesmo, além disto, este local apresenta um relevo

predominantemente plano, fator que limita ainda mais a observação e o registro na totalidade da área do buffer amostral.

Figura 99: Sequência de registros de parte da paisagem do entorno do ponto 4.



Fonte: Autor. (2020)

Os resultados do índice de vegetação atribuídos a este ponto demonstraram a capacidade de manutenção de água no sistema de plantas de grande porte, tais como as diferentes espécies de eucaliptos, e principal a característica de vigorosidade vegetal em dosséis fechados de vegetação nativa disposta em faixas maiores de mata de galeria.

O principal elemento de destaque dos resultados identificados no buffer amostral foi a ausência de respostas negativas no índice, portanto, não foi constada a presença de corpos ou massas d'água visíveis ou expostas na imagem. Outro importante fenômeno já demonstrado na apresentação de outros pontos e reforçado neste local, é a determinante influência que o curso d'água promove no vigor e no desenvolvimento da vegetação nativa diretamente posicionada ao longo destas áreas úmidas, ou seja, o processo natural de redução da disponibilidade hídrica é muito mais ativo e crítico nas áreas de interflúvios.

No ano de 2018 o comportamento apresentado manteve uma amplitude estável considerando as duas datas analisadas. O valor máximo positivo foi de 0.90 indicado principalmente em dosséis de eucaliptos em estágios mais avançados do plantio, esta condição também foi identificada na extensa faixa de mata de galeria com alto teor de biomassa. Os

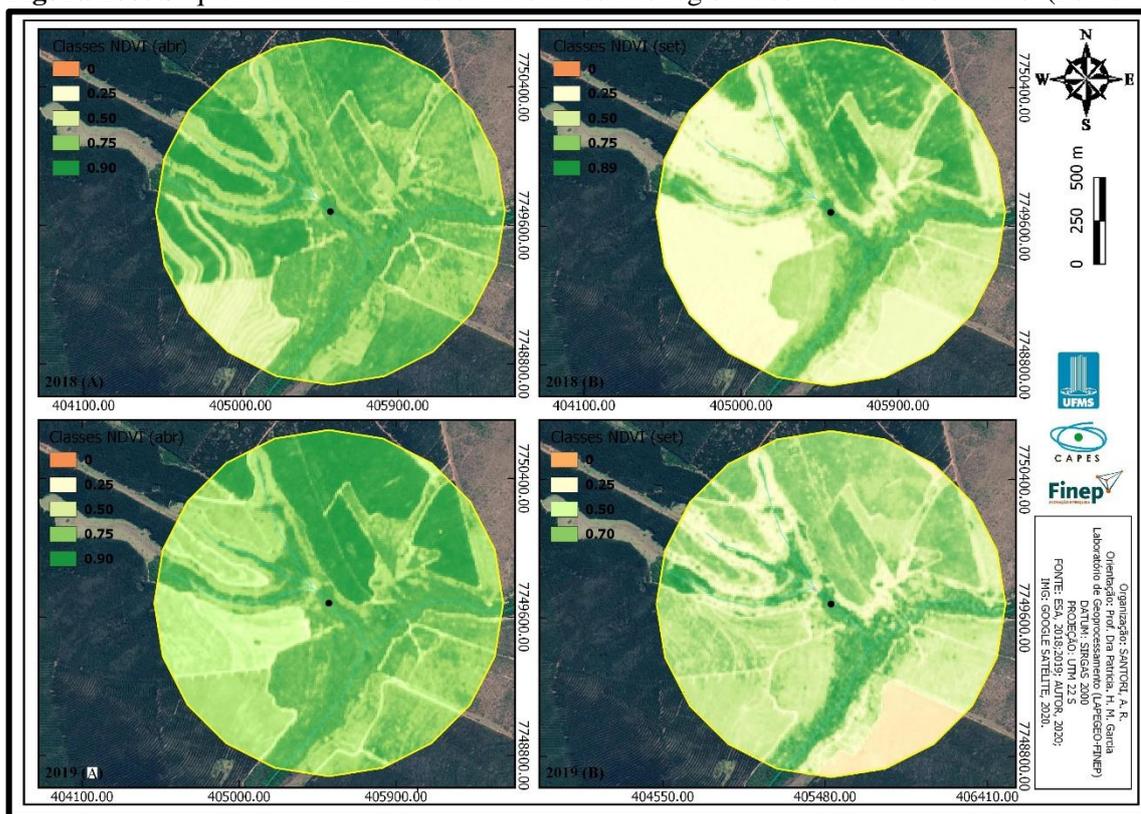
menores valores foram próximos a 0, porém, muito incipientes na área devido à grande cobertura vegetal disponível.

Enquanto no ano de 2019 o processo foi idêntico no mês de abril com os mesmos valores máximos positivos. No final da estiagem no mês de setembro de 2019, os plantios de eucaliptos que não tiveram corte perderam mais vigor e capacidade de fotossíntese.

Analisando a evolução e a dinâmica da vegetação entre os dois anos, ocorrem incrementos e retiradas de biomassa vegetal, no mês de abril de 2018 é notável uma área já cortada e recém-plantada, na data sequente do mesmo ano esta área é ampliada e parte dos talhões próximos a drenagem são removidos.

O processo de crescimento dos eucaliptos e da transformação do solo descoberto em silvicultura recém-plantada são marcantes e na carta de setembro de 2019 no canto inferior foi registrado o menor valor do NDVI, sendo este igual a 0. (Figura 100)

Figura 100: Sequência de NDVI dos buffers amostrais registrados nas datas estudadas. (Ponto 4)



Org: Autor. (2020)

Na sequência a tabela 17 apresentada os dados delimitados no buffer correspondente ao ponto amostral número 8, as informações organizadas refletem a dinâmica da resposta dos usos e coberturas classificados no local a partir do mapeamento temático apresentado. Neste ponto

a inserção da silvicultura foi determinante, este uso da terra e as subclasses que variam desta atividade (retirada e incremento da cobertura vegetal para processamento) foram indicadas em todas as classes do NDVI obtidas, o vigor vegetal e a especialização dos talhões de eucaliptos foram predominantes na definição da qualidade dos maiores valores obtidos no índice.

Tabela 17: Detalhamento dos valores NDVI registrados nos buffers amostrais (Ponto 4).

Ponto 4	Área (%)	Valor do Índice	Usos e/ou coberturas
Abr/2018	-	= ou < 0	-
Abr/2019	-	= ou < 0	-
Set/2018	0	= ou < 0	Área descoberta
Set/2019	0	= ou < 0	Área descoberta
Abr/2018	0	0.25	Área descoberta
Abr/2019	0	0.25	Área descoberta
Set/2018	5	0.25	Área descoberta
Set/2019	7	0.25	Área descoberta
Abr/2018	1	0.50	Veg. nativa
Abr/2019	5	0.50	Veg. nativa
Set/2018	42	0.50	Veg. nativa
Set/2019	49	0.50	Silvicultura/Veg. nativa
Abr/2018	26	0.75	Silvicultura/Veg. nativa
Abr/2019	33	0.75	Silvicultura/Veg. nativa
Set/2018	29	0.75	Silvicultura/Veg. nativa
Set/2019	44	0.75	Silvicultura/Veg. nativa
Abr/2018	73	1	Silvicultura/Veg. nativa
Abr/2019	62	1	Silvicultura/Veg. nativa
Set/2018	24	1	Silvicultura/Veg. nativa
Set/2019	-	1	-

Org.: Autor. (2020)

A conclusão dos resultados apresentados neste ponto demonstra a forte tendência de proteção que a cobertura vegetal agrega ao solo e aos recursos hídricos. A mata de galeria apresentou-se em seus padrões mais comuns encontrados nas regiões de Cerrado, sendo ela contínua, adensada e encobrindo todo o curso d'água.

O comportamento da vegetação nas datas do final do período seco fora diferente nos dois anos, sendo esse processo mais sentido em 2019 com diminuição da atividade fotossintética e biomassa da silvicultura e de parte da vegetação nativa em fragmentos mais afastados do curso d'água.

Ponto 5

O ponto 5 está localizado nas coordenadas geográficas de Lat. 20° 25' 13'' e Long. 51° 55' 08'' em uma altitude média de 306 metros.

Este local possui características muito próximas ao anterior, principalmente devido a relativa curta distância entre eles. O ponto é circundado com extensos talhões de eucaliptos em diferentes fases de plantio em seu entorno próximo, a forma e composição da vegetação especificamente no ponto de controle é formada por áreas de savanas mais abertas disposto exatamente na coordenada do ponto e pequenos núcleos ou faixas de vegetação arbórea florestal fechada.

Outra característica do local é a presença de resíduos e entulhos de construção e de canalização provavelmente estourada, dentro do canal principal do Ribeirão das Cruzes, possivelmente este material foi carregado de algum interflúvio e arrastado a jusante pelo curso d'água, este tipo de impacto costuma ser recorrente em áreas com forte antropização da terra e incremento de infraestruturas locais que dão suporte a essas atividades antrópicas.

O quadro 8 oferece os dados e informações obtidos na observação do ponto de controle 5 e seu entorno, cada critério retirado da ficha de campo colabora na visão geral do que pode ser encontrado no ambiente analisado, sempre ressaltando os atributos referentes a vegetação nativa o seu padrão, fornecido pelos indicadores de avaliação de desenvolvimento e sucessão úteis na definição da qualidade ambiental das formações encontradas.

Quadro 8: Relação de dados de campo e das características dos recursos (Ponto 5).

Indicadores gerais	
Uso predominante da terra	Silvicultura
Presença de corpos d'água	Sim (Perene)
Impactos e derivações	Ponte
Caracterização vegetal	
Fisionomias	(x) Florestal Aberta (x) Savânica
Estrato lenhoso	(x) Fechado
Altura média das plantas	10 metros
DAP médio	40 cm
Produto lenhoso	(x) Médio
Presença de Epífitas	(x) Raras
Presença de trepadeiras	(x) Ausentes
Serapilheira	(x) Incipiente
Sub-bosque	Baixo (Pouco estratificado)
Diversidade biológica	(x) Média

Org.: Autor. (2020)

As figuras a seguir detalham o ambiente encontrado próximo do ponto e no ponto, elas representam a condição de exposição que foi observada na atividade de campo. A figura 101 foi tomada a cerca de 10 metros do local exato nas coordenadas de Lat. 20° 25' 13'' Long. 51° 57' 07''. E no caso da figura 102 o registro foi realizado exatamente nas coordenadas respectivas ao ponto de controle.

Figura 101: Registro do ponto de controle 5 de fora para dentro.



Fonte: Autor. (2020)

Figura 102: Registro do ponto de controle 5 de dentro para fora.



Fonte: Autor. (2020)

A seguir o mosaico da figura 103 mais uma vez contribui para a montar o cenário dos elementos e recursos ambientais, presentes ao longo de boa parte do entorno do ponto e na área amostral do respectivo buffer. Uma estrada de terra corta a área e funciona como principal acesso e forma de impacto na dinâmica do ponto, este local ainda apresenta um dossel aberto e algumas pequenas clareiras no entorno do ponto.

Figura 103: Sequência de registros de parte da paisagem do entorno do ponto 5.



Fonte: Autor. (2020)

O comportamento do NDVI neste ponto foi mais intenso em plantios de silvicultura mais jovens e com menor porte e desenvolvimento, existindo deste modo um comportamento semelhante as formações vegetais de campos e pastagens que se demonstram altamente sensíveis em se tratando de consequências causadas pela escassez hídrica.

Os eucaliptos recém-plantados e menos desenvolvidos são afetados devido a sua ainda baixa produção de biomassa e capacidade de manutenção do vigor, as características das plantas jovens não são capazes de fornecer o suporte necessário para a conservação plena ou de pelo menos parte da fotossíntese.

Nas demais áreas plantadas de silvicultura que compõem a zona do buffer amostral o padrão de diminui de níveis próximos a 0.88 para as faixas de 0.50 e 0.75 que passam a ser predominantes, ainda assim algumas manchas do dossel parecem manter seu padrão biofísico com repostas ainda altas.

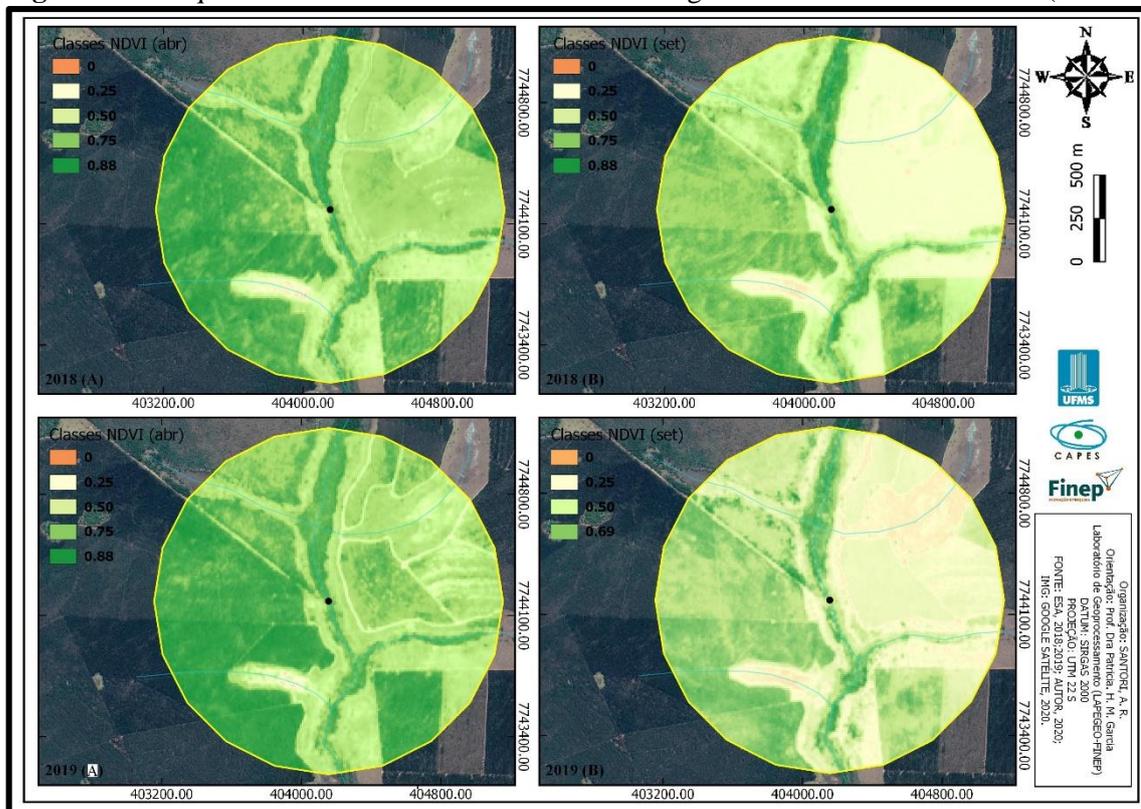
No ano de 2018 a amplitude entre as duas datas analisadas se manteve estável, sendo alterado somente a disposição das classes de usos da terra dentro das classes de valores do NDVI. O valor positivo máximo registrado foi de 0.88, e os valores mínimos ficaram próximos a 0, que como é característico ficou restrita a algumas áreas de solo exposto por erosões nas cabeceiras de pequenos tributários intermitentes próximos ao canal principal.

Enquanto no ano de 2019 o mês de abril mantém padrões parecidos com a mesma data do ano anterior, porém, destacando o desenvolvimento e crescimento dos talhões recém-plantados no ano anterior, o mês de setembro foi mais rigoroso e com amplitude menor apresentando a já conhecida tendência de redução dos níveis máximos de NDVI.

O valor máximo neste ano foi igual ao anterior, portanto, chegando ao valor positivo de 0.88, com grande resposta nos dosséis de eucalipto e de mata de galeria, e o valor mínimo representou mais intensidade em áreas de campos isolados perto de nascentes e em faixas de solo exposto com erosões laminares a lineares.

A figura 104 revela a dinâmica sazonal da vegetação, solo e água de modo pontual, indicadores inferiores a 0, ou seja, negativos foram muito pouco destacados pela equação.

Figura 104: Sequência de NDVI dos buffers amostrais registrados nas datas estudadas. (Ponto 5)



Org: Autor. (2020)

Na sequência são apresentados na tabela 18, os dados delimitados no buffer correspondente ao ponto amostral número 8, as informações organizadas refletem a dinâmica da resposta dos usos e coberturas classificados no local a partir do mapeamento temático apresentado.

Tabela 18: Detalhamento dos valores NDVI registrados nos buffers amostrais (Ponto 5).

Ponto 5	Área (%)	Valor do Índice	Usos e/ou coberturas
Abr/2018	0	= ou < 0	Solo exposto
Abr/2019	0	= ou < 0	Solo exposto
Set/2018	0	= ou < 0	Solo exposto/Pastagem
Set/2019	2	= ou < 0	Solo exposto/Pastagem
Abr/2018	1	0.25	Solo exposto
Abr/2019	1	0.25	Solo exposto
Set/2018	24	0.25	Solo exposto
Set/2019	29	0.25	Solo exposto
Abr/2018	20	0.50	Veg. nativa/Silvicultura
Abr/2019	26	0.50	Veg. nativa/Silvicultura
Set/2018	32	0.50	Veg. nativa/Silvicultura
Set/2019	39	0.50	Veg. nativa/Silvicultura
Abr/2018	36	0.75	Veg. nativa/Silvicultura
Abr/2019	32	0.75	Veg. nativa/Silvicultura
Set/2018	30	0.75	Veg. nativa/Silvicultura
Set/2019	30	0.75	Veg. nativa/Silvicultura
Abr/2018	43	1	Veg. nativa/Silvicultura
Abr/2019	49	1	Veg. nativa/Silvicultura
Set/2018	8	1	Veg. nativa/Silvicultura
Set/2019	-	1	-

Org.: Autor. (2020)

Como consideração final da apresentação dos resultados obtidos neste ponto novamente foi constatado as complicações no desenvolvimento vegetal propagados principalmente entre os meses de agosto e setembro de 2019 do qual é expressado pela efetiva redução de índices de vegetação mais próximos a +1, incluindo reduções de vigor e biomassa em áreas úmidas e vegetação baseada no curso d'água, esta geralmente mais “imune” ao chamado período seco intra-anual.

Ponto 6

O ponto 6 está localizado nas coordenadas geográficas de Lat. 20° 26' 33'' e Long. 51° 56' 04'' em uma altitude média de 284 metros.

O local apresentado neste ponto possui elementos integrados de todos os demais locais apresentados até aqui, as faixas de vegetação nativa que pertencem ao curso d'água estão mais suprimidas e apresentam-se em faixas estreitas com aberturas nas margens.

Ao lado do ponto direito do ponto e da margem do ribeirão estão localizadas grandes áreas de silvicultura, e do lado esquerdo da margem a ocupação é dividida entre pastagens e silvicultura. O tamanho do canal neste ponto foi o mais amplo e extenso de margem a margem registrado neste levantamento.

Outro aspecto interessante deste local é o processo de acúmulo de sedimentos provenientes dos interflúvios e muito possivelmente oriundos das atividades de plantio, manejo e corte dos eucaliptos, considerando que está atividade apesar de ser mais de porte arbóreo e denso, não oferece máxima integridade e proteção ao recurso solo, esse fenômeno foi constatado alguns metros a montante do ponto muito próximo ao curso d'água podendo afetar também a integridade e qualidade do curso d'água com assoreamentos.

O quadro 9 registra agora os critérios observados e anotados na análise e diagnóstico ambiental da vegetação e dos indicadores gerais do ambiente no ponto de controle 6 e seu entorno, os indicadores são preenchidos com base no conhecimento prévio da área obtido pela literatura no que tange a definição dos estágios de evolução e qualidade do ambiente.

Quadro 9: Relação de dados de campo e das características dos recursos (Ponto 6).

Indicadores gerais	
Uso predominante da terra	Pastagem
Presença de corpos d'água	Sim (Perene)
Impactos e derivações	Ponte/Estrada
Caracterização vegetal	
Fisionomias	(x) Arbustiva Aberta
Estrato lenhoso	(x) Aberto
Altura média das plantas	7 metros
DAP médio	30 cm
Produto lenhoso	(x) Médio
Presença de Epífitas	(x) Ausentes
Presença de trepadeiras	(x) Ausentes
Serapilheira	(x) Incipiente
Sub-bosque	Médio (Estratificado)
Diversidade biológica	(x) Média

Org.: Autor. (2020)

A seguir são apresentadas as figuras que compõem o cenário encontrado no ponto de controle número 10. A figura 105 foi registrada a cerca de 15 metros do ponto nas coordenadas

de Lat. 20° 26' 31'' e Long. 51° 56' 05''. E a figura 106 na sequencia foi registrada no ponto de controle em seu local exato e nas coordenadas já indicadas na apresentação inicial.

Figura 105: Registro do ponto de controle 6 de fora para dentro.



Fonte: Autor. (2020)

Figura 106: Registro do ponto de controle 6 de dentro para fora.



Fonte: Autor. (2020)

O próximo mosaico de fotografias monta o cenário do entorno onde o ponto 6 está inserido, os recursos presentes apresentaram uma diversidade mais interessante quando comparado aos primeiros pontos apresentados. (Figura 107)

O local possui uma ponte de serviço próxima e a jusante, também está disposto em um ambiente de “transição” entre as duas principais classes de usos identificadas neste estudo, a vegetação nativa encontrada esta fragmentada entre áreas arbustivas fechadas mais densas e com aspecto de Cerrado e núcleos descontínuos de vegetação florestal aberta margeando o curso d’água.

Figura 107: Sequência de registros de parte da paisagem do entorno do ponto 6.



Fonte: Autor. (2020)

A produção dos resultados nesta área foi interessante graças a possibilidade de fornecer em uma imagem amostral o maior detalhamento das cinco classes de usos e cobertura da terra possíveis de encontrarmos em toda a área da BHRC.

As áreas de uso agrícola da terra apresentaram a mesma dinâmica e comportamento visto neste estudo até aqui, com destaque para plantios de eucaliptos no seu estágio de desenvolvido considerado apto ao corte e processamento. Em cada data analisada o porte da silvicultura presente na área do buffer se manteve com bom desenvolvido, indicando que estes plantios possuíam idades mais avançadas (entre 3 e 4 anos) durante o período estudo.

No ano de 2018 a amplitude do NDVI foi a igual para as duas datas, as pastagens em uso pela pecuária e os campos isolados que ficam entre a mata de galeria e a silvicultura

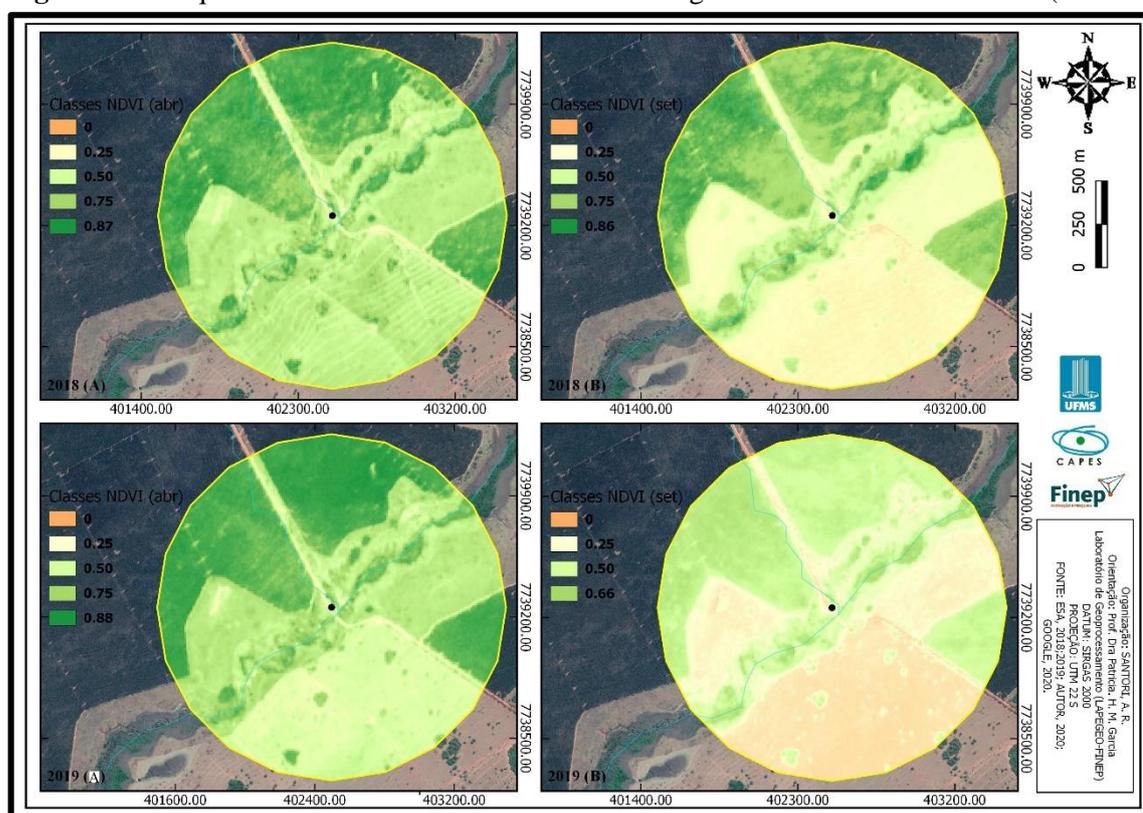
apresentaram redução de vigor e regrediram a 0.25 e 0. Importante notar que parte do dossel dos talhões próximos a estrada de serviço já apresentavam alguma tendência de redução do padrão biofísico, essa dinâmica também pode ser encontrada em outros plantios e sua ocorrência pode ser motivada pelo padrão de plantio dos eucaliptos, pelas diferenças no relevo e pela diferença de crescimento e desenvolvido de cada indivíduo arbóreo.

No ano de 2019 mais uma vez temos a representação fiel de que se tratou de um ano com período intra-anual de estiagem mais rígido, sendo que todas as classes de usos e cobertura tiveram redução na sua qualidade e resposta na equação.

O fenômeno anteriormente mencionado foi menos intenso neste ano, é perceptível que os dosséis de talhões que apresentavam menos densidade e homogeneidade no ano anterior mostraram mudança nessa dinâmica. Enquanto os menores valores ficaram próximos a 0, e muito bem delimitados em pastagens com maior utilização pela pecuária, a redução de vigor na vegetação de maior porte representou forte sensibilidade no mês de setembro e basicamente ficou inserida na classe de valor entre 0.50 e 0.66.

A figura 108 revela a dinâmica sazonal da vegetação, solo e água de modo pontual, indicadores inferiores a 0, ou seja, negativos foram muito pouco destacados pela equação.

Figura 108: Sequência de NDVI dos buffers amostrais registrados nas datas estudadas. (Ponto 6)



Org: Autor. (2020)

A seguir a tabela 19 relaciona os dados quantitativos de área total de cada faixa de valor do índice de vegetação e quantitativos de tipos e classes de coberturas presentes em cada faixa de valor NDVI mensurado para o buffer do ponto de controle.

Neste conjunto de informações ocorreu maior distribuição dos diferentes usos e cobertura entre as cinco classes ou níveis de valor do NDVI, a vegetação nativa manteve-se alocada nos mesmos valores em todas as datas analisadas, enquanto a vegetação de silvicultura perdeu intensidade de resposta da fotossíntese principalmente no final do período seco de 2019.

Tabela 19: Detalhamento dos valores NDVI registrados nos buffers amostrais (Ponto 6).

Ponto 6	Área (%)	Valor do Índice	Usos e/ou coberturas
Abr/2018	0	= ou < 0	Solo exposto
Abr/2019	0	= ou < 0	Solo exposto
Set/2018	0	= ou < 0	Solo exposto
Set/2019	0	= ou < 0	Solo exposto/Pastagem
Abr/2018	0	0.25	Solo exposto
Abr/2019	0	0.25	Solo exposto
Set/2018	21	0.25	Solo exposto/Pastagem
Set/2019	35	0.25	Solo exposto/Pastagem
Abr/2018	5	0.50	Pastagem
Abr/2019	25	0.50	Pastagem
Set/2018	35	0.50	Veg. nativa/Silvicultura
Set/2019	30	0.50	Veg. nativa/Silvicultura
Abr/2018	56	0.75	Veg. nativa/Silvicultura
Abr/2019	36	0.75	Pastagem/Silvicultura
Set/2018	17	0.75	Veg. nativa/Silvicultura
Set/2019	34	0.75	Veg. nativa/Silvicultura
Abr/2018	39	1	Veg. nativa/Silvicultura
Abr/2019	39	1	Veg. nativa/Silvicultura
Set/2018	27	1	Veg. nativa/Silvicultura
Set/2019	-	1	-

Org.: Autor. (2020)

Como consideração final da apresentação dos resultados obtidos neste ponto novamente foi constatado as complicações no desenvolvimento vegetal propagados principalmente entre os meses de agosto e setembro de 2019 do qual é expressado pela efetiva redução de índices de vegetação mais próximos a +1, incluindo reduções de vigor e biomassa em áreas úmidas e vegetação baseada no curso d'água, esta geralmente mais “imune” ao chamado período seco intra-anual.

Ponto 7

O ponto 7 está localizado nas coordenadas geográficas de Lat. 20° 27' 14'' e Long. 51° 58' 24'' em uma altitude média de 268 metros.

O último ponto de controle é o que está localizado mais jusante em relação aos outros pontos na BHRC, este local situa-se em uma área de relevo plano em sua maioria, e tem proximidade com o interflúvio entre o Ribeirão das Cruzes e o Rio Sucuriú.

Este ponto apresentou formas de vegetação nativa preservadas e mais densas em seu entorno próximo, sendo este e o ponto 4 os únicos a possuírem esta característica. A dinâmica da vegetação nativa próxima ao ponto é muito interessante pelo fato de apresentar de forma marcada as transições das formações mais básicas do bioma Cerrado, onde, a partir do fim da mata de galeria surgem formas de cerrado ralo.

Neste local existe uma dinâmica onde também é possível identificar maior heterogeneidade nas formas de usos e ocupação da terra dentro da área amostrada, existindo uma ocupação equilibrada entre a pastagem e a silvicultura, fenômeno somente visto até aqui neste buffer amostral.

O quadro 10 agora integra os dados do último ponto amostral apresentado neste tópico do estudo realizado, sistematizando novamente as informações gerais e específicas que deram suporte para a metodologia levantamento de dados na atividade de campo, por fim todos os critérios envolvidos neste quadro foram extremamente úteis, somado as fotografias e ao NDVI aplicado nos buffers na consumação da análise ambiental na BHRC.

Quadro 10: Relação de dados de campo e das características dos recursos (Ponto 7).

Indicadores gerais	
Uso predominante da terra	Pastagem
Presença de corpos d'água	Sim (Perene)
Impactos e derivações	Ponte/Estrada
Caracterização vegetal	
Fisionomias	(x) Savânica (x) Florestal Aberta
Estrato lenhoso	(x) Fechado
Altura média das plantas	10 metros
DAP médio	35 cm
Produto lenhoso	(x) Médio
Presença de Epífitas	(x) Raras
Presença de trepadeiras	(x) Lenhosas
Serapilheira	(x) Fina (x) Descontínua
Sub-bosque	Baixo (Pouco estratificado)
Diversidade biológica	(x) Média

Org.: Autor. (2020)

As figuras a seguir detalham o ambiente encontrado próximo do ponto e no ponto, elas representam a condição de exposição que foi observada na atividade de campo. A figura 109 foi tomada a cerca de 60 metros do local exato nas coordenadas de Lat. 20° 27' 14'' Long. 51° 58' 24''. E no caso da figura 110 o registro foi realizado exatamente nas coordenadas respectivas ao ponto de controle.

Figura 109: Registro do ponto de controle 7 de fora para dentro.



Fonte: Autor. (2020)

Figura 110: Registro do ponto de controle 7 de dentro para fora.



Fonte: Autor. (2020)

O mosaico de fotografias da figura 111 monta o cenário do entorno onde o ponto 6 está inserido, os recursos presentes apresentaram uma diversidade mais interessante quando comparado aos primeiros pontos apresentados.

O local possui uma ponte de serviço próxima e a jusante, também está disposto em um ambiente de “transição” entre as duas principais classes de usos identificadas neste estudo, a vegetação nativa encontrada está fragmentada entre áreas arbustivas fechadas mais densas e com aspecto de Cerrado e núcleos descontínuos de vegetação florestal aberta margeando o curso d’água.

Figura 111: Sequência de registros de parte da paisagem do entorno do ponto 7.



Fonte: Autor. (2020)

A síntese dos resultados apresentados pelo buffer amostral do ponto de controle 7 novamente confirmam toda a tendência de comportamento das formações vegetais dentro de um recorte temporal e baseado na dinâmica sazonal.

Os valores mais altos na resposta do NDVI são registrados nos dosséis amplos de silvicultura ou em mais restritos de mata de galeria, os valores positivos intermediários são registrados preferencialmente em pastos com densidades de vegetação quase homogêneas, e os valores próximos a 0 e negativos estão sempre restritos a solos expostos e corpos d’água.

No ano de 2018 ocorreu um fenômeno oposto aos registrados nos locais discutidos até aqui, o valor positivo máximo não foi registrado no mês de abril comumente mais úmido e com maiores taxas de fotossíntese, e sim em setembro em um pequeno núcleo de vegetação denso

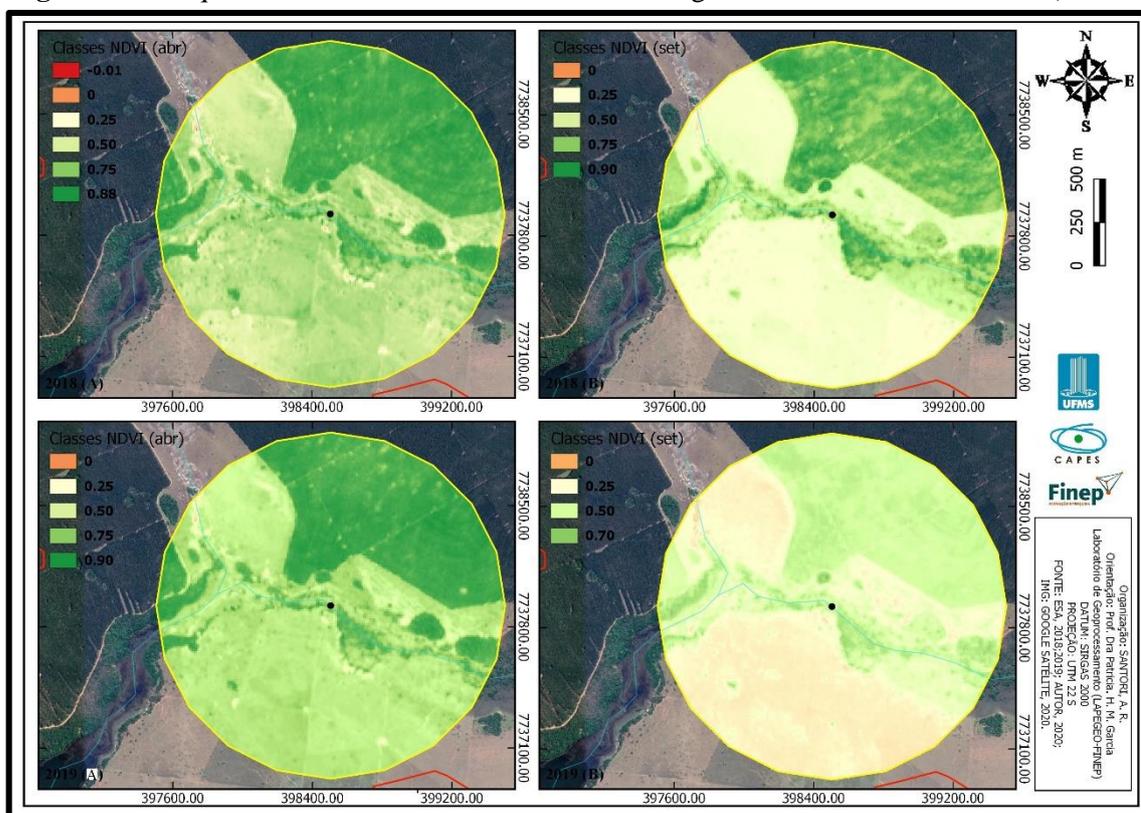
muito próximo ao ponto de controle analisado. O valor positivo máximo foi de 0.90 no local já mencionado e o valor mínimo negativo foi de -0.01 senso este quase incipiente.

No ano de 2019 a tendência comum observada no estudo voltou ao seu normal, sendo o mês de abril responsável pelos maiores valores e densidades de área de respostas positivas no buffer e registrando nesta época o valor máximo positivo de 0.90. Os valores mínimos de resposta ficaram próximos a 0 devido a redução do vigor em formações campestres de pequeno porte e densidade.

Na comparação entre os meses dos dois anos estudados é notável que em abril praticamente não ocorreu alteração no comportamento apresentado por todos os elementos constante no buffer, assim, fornecendo duas imagens-índices quase idênticas. Entre os meses de setembro, as reduções de vigor são claras e mais uma vez é indicado que a estiagem nos últimos meses do período seco de 2019 foi mais intensa, provocando maior derivação de qualidade e vigor em todas as formações vegetais do local.

A figura 112 revela a dinâmica sazonal da vegetação, solo e água de modo pontual, e com base na evolução do NDVI nas quatro datas analisadas neste estudo.

Figura 112: Sequência de NDVI dos buffers amostrais registrados nas datas estudadas. (Ponto7)



Org: Autor. (2020)

A tabela 20 representa o detalhamento dos dados produzidos na aplicação do NDVI para o buffer amostral do ponto 7, estando claro que as informações são detalhadas a partir das cartas-índices produzidas em cada data discutida neste estudo.

Tabela 20: Detalhamento dos valores NDVI registrados nos buffers amostrais (Ponto 7).

Ponto 7	Área (%)	Valor do Índice	Usos e/ou coberturas
Abr/2018	0	= ou < 0	Solo exposto
Abr/2019	0	= ou < 0	Solo exposto
Set/2018	0	= ou < 0	Solo exposto
Set/2019	0	= ou < 0	Solo exposto/Pastagem
Abr/2018	0	0.25	Solo exposto
Abr/2019	0	0.25	Solo exposto
Set/2018	2	0.25	Pastagem
Set/2019	37	0.25	Solo exposto/Pastagem
Abr/2018	8	0.50	Pastagem
Abr/2019	3	0.50	Pastagem
Set/2018	50	0.50	Pastagem/Veg. nativa
Set/2019	43	0.50	Silvicultura/Veg. nativa
Abr/2018	54	0.75	Pastagem/Veg. nativa
Abr/2019	59	0.75	Pastagem/Veg. nativa
Set/2018	16	0.75	Silvicultura/Veg. nativa
Set/2019	20	0.75	Silvicultura/Veg. nativa
Abr/2018	38	1	Silvicultura/Veg. nativa
Abr/2019	38	1	Silvicultura/Veg. nativa
Set/2018	32	1	Silvicultura/Veg. nativa
Set/2019	-	1	-

Org.: Autor. (2020)

Considerando a integração de todos os dados e resultados apresentados pelo NDVI, ficou claro uma variação muito latente na ocupação dos principais usos ao longo da amplitude e das classes consideradas na interpretação e apresentação do índice. As respostas espectrais produzidas na leitura do sensor MSI dos satélites Sentinel-2 (ESA, 2018), demonstraram grande confiabilidade e capacidade de relação da interação entre a energia e o alvo, a resolução de 10 metros foi muito eficaz na viabilização de leituras mais sensíveis da vegetação.

Restou claro, o entendimento de que todo tipo ou formação vegetal identificada condicionou-se em relação ao processo comum de escassez hídrica de formas diferentes.

As maiores respostas (>0.75) obtidas nos dois anos, destacam a presença de vegetação nativa e formas de usos agrícolas muito adaptadas e atuantes na troca de energia com o ambiente, todo esse processo de resposta da vegetação a fatores e eventos externos, ocorre com maior ou menor intensidade ao longo de cada ano transcorrido, possivelmente, condicionada a fatores e derivações causadas pelo atual estado de conservação da paisagem regional.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos nesta pesquisa, rondam especialmente o aprimoramento de técnicas disponíveis para a análise e planejamento ambiental. Tendo como recorte uma unidade hidrográfica com elementos sistemicamente integrados e dinâmicos. A modelagem do comportamento de processos físicos do ambiente mostrou-se efetiva qualitativamente, em especial, pelo uso das geotecnologias

Somamos a possibilidade de gerenciar e produzir diferentes tipos de informações ambientais deste recorte, e, também, colaborar na complementação do banco de dados ambiental da bacia hidrográfica do Ribeirão das Cruzes/MS, como uma área amostral da bacia hidrográfica do Rio Sucuriú (especialmente seu baixo curso), e como uma componente local da complexidade encontrada nas paisagens ao longo da bacia do Rio Paraná.

A bacia hidrográfica do Ribeirão das Cruzes foi um laboratório valioso na construção e disseminação das análises ambientais propostas. Cada aspecto identificado nos principais componentes gerais, tais como relevo, solo e clima, representam fielmente o contexto de conservação dos recursos naturais e a reprodução da dinâmica da paisagem regional.

A parte componente representada pela BHRC indicou forte relação de alguns de seus elementos com o contexto ambiental regional, principalmente, o encontrado no baixo curso da área drenada do Rio Sucuriú. A condição de elementos como clima, relevo e solo, está ligada ainda mais intrinsecamente com a composição estrutural das potencialidades paisagísticas no ambiente de Cerrado no leste de Mato Grosso do Sul.

Verificou-se a possibilidade e facilidade para inclusão de variáveis geoambientais relacionadas ao tempo atmosférico e aos usos da terra, em especial a vegetação nativa. As quais, devem ser precedidas por muitos cuidados, para determinar processos ambientais que podem potencializar ou limitar o comportamento integrado dos recursos naturais da parte componente considerada.

A conservação sistêmica em recortes de planejamento ambiental, pode ser entendida quando relacionamos a dinâmica das partes sob o olhar holístico. Ainda mais importante é o olhar analítico direcionado para o comportamento de um determinado recorte e elemento com a intenção de entendê-lo também a partir de seus eventos e influências externos.

Fica clara a influência das derivações produzidas pelo desenvolvimento humano, a partir de práticas em diferentes condições e seus respectivos manejos, sejam fenômenos socioeconômicos ou processos socioespaciais, que historicamente transformam o comportamento auto regulável do sistema ambiental.

Neste estudo o foco manteve-se na difusão e constatação técnica do potencial oferecido pelas geotecnologias, e a revisão e considerações teóricas sobre os fenômenos da natureza, seguindo especialmente sua relação interligada por padrões sistêmicos. Portanto, buscou-se entregar alguns apontamentos relacionados as implicações da qualidade e integridade de um ou outro recurso natural (elemento) sob a influência da dinâmica de outro.

Sendo assim, as relações e paralelos mais determinantes identificados neste trabalho, estão relacionados ao grau de variabilidade do recurso vegetal a fatores e eventos externos.

Todas as etapas aqui desencadeadas para a obtenção de dados e informações do recorte estudado e dos componentes nele presentes, foram planejadas para partir da análise e diagnóstico da situação registrada nos critérios inicialmente estabelecidos na metodologia

A metodologia aborda neste estudo, processos práticos e técnicos de coleta, armazenamento, manipulação, análise, amostragem e representação de informações espaciais com forte caráter geográfico. Este conjunto tornou-se viável para a análise ambiental de elementos conectados, que apresentam sua dinâmica de comportamento integrada.

Na metodologia atribuída especificamente nos passos deste trabalho, restou claro a intenção de explorar em caráter integrado algumas técnicas consagradas e utilizadas para definir características do ambiente, tal como os usos e cobertura da terra, sendo esta uma variável basilar desta análise.

A adoção de recursos das geotecnologias foi central e efetiva neste trabalho, proporcionando diferentes níveis de abordagens e de interpretações dos processos de atuação, que modificam a paisagem regional e local de forma cíclica e recorrente.

A construção sistematizada de uma linha de passos e aplicação de parâmetros do sensoriamento remoto e técnicas do geoprocessamento em ambiente SIG, se mostraram muito eficazes no acompanhamento dos elementos ambientais sistêmicos suas mudanças mais visíveis no desenrolar de suas condições naturais.

A estimativa das variáveis biofísicas como o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) mostrou-se razoável, porém não definitivo, em relação a diferenciação de classes destes alvos, sendo necessário um conhecimento prévio dos mesmos e de seu comportamento.

Estas variáveis servem para expor o aspecto geral e determinar características do recorte, além de possibilitar uma caracterização ambiental prévia da área, e assim, estruturar os resultados de uma forma clara e direta.

Inicialmente, a análise do relevo foi determinante para constituição do modelado do terreno, a partir de um conjunto básico de variáveis morfométricas, foi identificando o

predomínio das formas planas e suavemente onduladas ao longo de toda a extensão da bacia hidrográfica, marcando de forma contundente a relação entre o tempo geológico e a conformação geomorfológica das áreas sedimentares no leste do estado.

A difusão da técnica de classificação supervisionada mostrou-se eficaz e apresentou produtos bem qualificados dentro dos parâmetros de acurácia global e índice de Kappa,

Como destacado, o treinamento supervisionado das composições coloridas nas imagens de satélite só foi possível devido ao conhecimento prévio das atividades estabelecidas na BHRC. As amostras foram adquiridas a partir do modo de seleção por pixels de mesma cor, textura e tonalidade, que também mostrou-se interessante quando testada comparativamente entre dois anos e na mesma época interanual.

De modo geral, os usos identificados apresentaram cinco principais classes, a cobertura campestre natural ou introduzida pelas atividades agrícolas de pastagem para pecuária, também com áreas manejadas de talhões de eucaliptos que formam mais da metade da cobertura da bacia, também aparecem formações vegetais nativas, estas generalizadas em matas de galeria e savanas florestadas e as áreas consideradas úmidas, completam os usos os pontos de solo exposto e infraestruturas.

No que tange a vegetação nativa, principal recurso ambiental discutido aqui, identificou-se efetivas relações de comportamento integrado entre determinadas formas (fisionomia), desta cobertura e fatores externos de *input* e *output*.

Por exemplo, constatou-se que algumas determinadas espécies em determinados pontos da vegetação ciliar, conseguem manter seu vigor/densidade e sua atividade fotossintética em praticamente todo ciclo sazonal ao longo das “fases” seca e úmida.

O regime hídrico dos canais da área também é um processo considerado, pois, acompanhamos áreas de canais intermitentes e perenes na BHRC e isso mostrou relação importante com a densidade de vegetação em relação a número de indivíduos e área ocupada.

O solo da área é outra variável ambiental que apontou para integração da dinâmica sistêmica da região de Selvíria e Três Lagoas e de parte da região leste do estado. Os latossolos encontrados no Cerrado podem ser vistos com facilidade e predomínio nas áreas sedimentares do bioma, além da de ser uma condição comum das áreas da bacia hidrográfica do Rio Paraná, e que, ainda condiciona as formações geológicas areníticas da formação Santo Anastácio a predominante

Considerando os aspectos morfológicos e bióticos da vegetação regional, a interpretação do comportamento deste recurso, pode sim, ser correlacionado com as características pedológicas gerais de solos com seleção pobre, profundos e bem drenados.

Por fim, ainda em relação a discussão dos resultados, o NDVI mostrou-se mais qualificado na diferenciação da vegetação nativa, principalmente em períodos menos úmidos. A dinâmica sensível da vegetação campestre ficou claríssima em relação a ausência de chuva por períodos mais longos com grande ressecamento nos solos dos interflúvios.

Constatou-se que as características da vegetação nativa, principalmente a mata de galeria e o cerrado típico (*stricto sensu*), seguem em sua maioria a padrões de adaptação comuns ao seu respectivo domínio morfoclimático (Cerrado), em relação a Silvicultura as respostas obtidas reforçam o vigor produtivo e o potencial de proteção dessa monocultura de porte arbóreo.

As considerações que ficam, reforçam a busca e necessidade de uma visão geral sobre o território, que reforce os subsídios teóricos e técnicos, as políticas com enfoque sustentável e ecológico, e sugere também uma discussão sobre a reunião e gerenciamento de dados do ambiente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB'SÁBER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. Ateliê editorial, 2003.

AB'SÁBER, A. N. O domínio dos cerrados: introdução ao conhecimento. *Revista do Serviço Público*, vol. 111, p. 41-55. 1983

ALMEIDA, S. P et al. Cerrado: espécies vegetais úteis. **Planaltina: Embrapa-CPAC**, v. 464, 1998.

ALLEN, K. Comparing Sensors and Systems for NDVI Mapping 2019. Disponível em: <<https://www.integraldrones.com.au/comparing-ndvi-mapping-systems/>>. Acesso em: março/2020.

AQUINO, C. M; OLIVEIRA, J. G. B. Estudo da dinâmica do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) no núcleo de São Raimundo Nonato-PI. **GEOUSP Espaço e Tempo (Online)**, v. 16, n. 2, p. 157-168, 2012.

BARET, F; GUYOT, G. Potentials and limits of vegetation indices for LAI and APAR assessment. **Remote sensing of environment**, v. 35, n. 2-3, p. 161-173, 1991.

BERTALANFFY, L. von. *General system theory: foundations, development, applications*. New York: G. Braziller, 1968.

BERTRAND, G. Paisagem e Geografia Física Global: esboço metodológico. **Caderno de Ciências da Terra**. São Paulo: Instituto de Geografia, USP, 1971.

BOURLIÈRE, F; HADLEY, M. **Present-day savannas: an overview**. In: Ecosystems of the world – tropical savannas (D.W. Goodall, ed.). Elsevier, Amsterdam, 1-17p. 1983

BORATTO, I. M.; GOMIDE, R. L. Aplicação dos índices de vegetação NDVI, SAVI e IAF na caracterização da cobertura vegetativa da região Norte de Minas Gerais. In: **Embrapa Milho e Sorgo-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 16., 2013, Foz do Iguaçu. Anais... São José dos Campos: INPE, 2013. p. 7345-7352., 2013.

BORSATO, F; MARTONI, A. M. Estudo da fisiografia das bacias hidrográficas urbanas no Município de Maringá, Estado do Paraná. **Acta Scientiarum. Human and Social Sciences**, v. 26, n. 2, p. 273-285, 2004.

BOTELHO, R. G. M.; SILVA, A. S. Bacia Hidrográfica e Qualidade Ambiental. In: Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil. 1.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004. p.153-157.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção de vegetação nativa. Coletânea de Legislação e Jurisprudência, Brasília, DF, 25 de maio de 2012. Disponível em: <[BRASIL. Resolução nº 1, de 31 de janeiro de 1994. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Brasília. 02/02/1994. p. 07.567-07.568, 1994. Disponível em: < <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=142>> Acesso em: agosto/2020.](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato20112014/2012/lei/112651.htm#:~:text=1%C2%BA%20(VETADO).-,%20Art.,n%C2%BA%20571%2C%20de%202012)>”. Acesso em: agosto/2020.</p>
</div>
<div data-bbox=)

BRAZ, A. M. et al. Análise Multitemporal com Utilização das Geotecnologias Na Bacia Hidrográfica Do Córrego Taboca, Município De Três Lagoas/ MS 2009 E 2013. In: **Congresso Nacional de Meio Ambiente de Poços de Caldas, 2014, Poços de Caldas - MG**. Anais Congresso Nacional de Meio Ambiente de Poços de Caldas. Poços de Caldas - MG, 2014. v. 6.

BRAZ, A. M. **Geotecnologias aplicadas na análise das implicações entre o uso, cobertura e manejo da terra e a qualidade das águas superficiais: bacias hidrográficas dos córregos Lajeado Amarelo e Ribeirãozinho, Três Lagoas/MS. 2017. 286 f.** 2017. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campus de Três Lagoas.

CARLSON, T. N.; RIPLEY, D. A. On the relation between NDVI, fractional vegetation cover, and leaf area index. **Remote sensing of Environment**, v. 62, n. 3, p. 241-252, 1997.

CARVALHO, S. L.; PITELLI, R. A. Comportamento e análise fitossociológica das principais espécies de plantas daninhas de pastagens da região de Selviria, MS. **Planta Daninha**, v. 10, n. 1/2, p. 25-32, 1992.

CÂMARA, G.; ORTIZ, M. J. Sistemas de informação geográfica para aplicações ambientais e cadastrais: uma visão geral. In: **Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola**. sn, 1998. p. 59-82.

CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. Introdução à Ciência da Geoinformação. São José dos Campos: INPE, 2001.

CÂMARA, G. et al. Análise Espacial e Geoprocessamento. Cap. 1. **Análise espacial e dados geográficos. Brasília: EMBRAPA, 2001.**

CHAVEZ, P S. et al. Image-based atmospheric corrections-revisited and improved. **Photogrammetric engineering and remote sensing**, v. 62, n. 9, p. 1025-1035, 1996.

CHRISTOFOLETTI, A. A teoria dos sistemas. **Boletim de Geografia Teorética, Rio Claro**, v. 1, n. 2, p. 43-60, 1971.

_____. **Análise de sistemas em geografia: introdução.** Editora Hucitec, Editora da Universidade de São Paulo, 1979.

_____. A Análise da Densidade de Drenagem e suas Implicações Geomorfológicas. *Geografia*, v.4, n.8, 1979, p. 23-41.

_____. **Geomorfologia.** 1980. 188p.

_____. A. Modelagem de Sistemas Ambientais. São Paulo: Editora Edgar Blucher Ltda, 1999.

CRÓSTA, A. P. Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto. Campinas: IG/UNICAMP, ISBN 85-853- 690-27, 1992.

CRÓSTA, A. P; SOUZA FILHO, C. R. de. Sensoriamento remoto. **Anuário Fator Gis**, v. 97, p. 10-21, 1997.

DA CUNHA, C. N; PIEDADE, M. T. F; JUNK, W. J. (Ed.). **Classificação e delineamento das áreas úmidas brasileiras e de seus macrohabitats.** EdUFMT, 2014. EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1999.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília, SPI/ CNPS, 1999. 412 p.

ESPÍRITO-SANTO, F. Del Bon; SHIMABUKURO, Y. E. Validação do mapeamento de uma área de floresta tropical com o uso imagens de videografia aérea e dados de levantamento de campo. **Revista Árvore**, v. 29, n. 2, p. 227-239, 2005.

ESPÍRITO-SANTO, F. Del Bon et al. Análise da composição florística e fitossociológica da floresta nacional do Tapajós com o apoio geográfico de imagens de satélites. **Acta Amazonica**, v. 35, n. 2, p. 155-173, 2005.

ESQUERDO, J. C. D. M. **Utilização de perfis multitemporais do NDVI/AVHRR no acompanhamento da safra de soja no oeste do Paraná.** Campinas, SP: [s.n.], 2007. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola), Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade de Campinas, Campinas. 2007. 136p.

ESA, European Space Agency. Guia de usuário do Satélite Sentinel-2 MSI. 2018 Disponível em: < <https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/user-guides/sentinel-2-msi/resolutions/spatial>. > Acesso em: janeiro/2020

FERNANDES, M. R.; SILVA, J. C. Programa estadual de manejo de sub-bacias hidrográficas: fundamentos e estratégias. **Belo Horizonte: EMATER-MG**, 1994.

FERNANDES, A. L. V. **As Transformações da Paisagem nas Bacias Hidrográficas Influenciadas pelo Complexo Celulósico: Três Lagoas e Selvíria, MS**. Dissertação (Mestrado em Geografia) PPGeo – Programa de Pós-Graduação em Geografia - Universidade Federal do Mato Grosso do Sul. Três Lagoas/MS, 2013.

FERREIRA, L. G.; HUETE, A. R. Assessing the seasonal dynamics of the Brazilian Cerrado vegetation through the use of spectral vegetation indices. **International Journal of Remote Sensing**, v. 25, n. 10, p. 1837-1860, 2004.

FERREIRA, C.C. Uso de Imagens de Sensoriamento Remoto para Mapeamento do Uso e Ocupação da Terra da Bacia Hidrográfica do Alto Sucuriú- MS-BR. II Simpósio Internacional da Cartografia na Geografia. São Paulo. 2010.

FIGUEIREDO, D. Conceitos básicos de sensoriamento remoto. Conab. 2005. Disponível em:<http://www.conab.gov.br/conabweb/download/SIGABRASIL/manuais/conceitos_sm.pdf .>. Acesso em: março/2020.

FREITAS, É. J. de. Caracterização do potencial bioindicador de bromélias epífitas Tillandsia spp. em áreas urbanizadas do município de Céu Azul, PR. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2018.

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em sensoriamento remoto**. Oficina de textos, 2007.

FLUMIGNAN, D.L.; FIETZ, C.R.; COMUNELLO, E. **O clima na região do Bolsão de Mato Grosso do Sul**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2015. p. 42, 2015.

GOLDENFUM, J. A. Pequenas bacias hidrográficas: Conceitos básicos. **Hidrologia aplicada à gestão de pequenas Bacias Hidrográficas**. Porto Alegre: ABRH, p. 3-14, 2001.

GUIMARAES, J. C. S.; SANTORI, A. R.; MIRANDOLA-GARCIA, P. H. Geotecnologias Aplicadas ao Uso e Cobertura da Terra na Bacia Hidrográfica Ribeirão Das Cruzes (BHRC)-Três Lagoas/MS. In: XVI FÓRUM AMBIENTAL DA ALTA PAULISTA, 2020. ANAIS DO FÓRUM AMBIENTAL DA ALTA PAULISTA. Tupã: ANAP, 2020. v. 16.

HAMADA, E; GONÇALVES, R. R. do V; Introdução ao Geoprocessamento: princípios básicos e aplicação. Jaguariúna-SP. Embrapa Meio Ambiente. Dez. 2007.

HOLBEN, B. N.; SHIMABUKURO, Y. E. Linear mixing model applied to coarse spatial resolution data from multispectral satellite sensors. **Remote Sensing**, v. 14, n. 11, p. 2231-2240, 1993.

IMASUL, Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul. RIMA da PCH Areado – MS. Campo Grade, 2010.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). Banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia. Gráficos pluviométricos das estações automáticas. Disponível em: < <https://portal.inmet.gov.br/servicos/esta%C3%A7%C3%B5es-autom%C3%A1ticas> >. Acesso em: janeiro/2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Manual Técnico de Uso da Terra. 3ª ed. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Rio de Janeiro. IBGE, 2013. 1-171 p. (Manuais Técnicos em Geociências).

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Mapa Geomorfológico do Brasil.2019

IZIPPATO, F. J. et al. Geotecnologias Aplicadas na Análise Multitemporal no Substema Bacia Hidrográfica do Córrego Dom Tomaz no Município de Três Lagoas/MS (1985 Á 2011). Fórum Ambiental da Alta Paulista, v. 07, p. 287-304, 2011.

JENSEN, J. R.; EPIPHANIO, J. C. N. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. São José dos Campos: Parêntese Editora, 2009.

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. A conservação do Cerrado brasileiro. **Megadiversidade**, v. 1, n. 1, p. 147-155, 2005.

LACERDA FILHO, J. V. Geologia e recursos minerais do Estado de Mato Grosso do Sul: texto explicativo dos mapas geológico e de recursos minerais do estado de Mato Grosso do sul - 1:1000.000. Cuiabá: CPRM, 2004. 235 p. Programa Geologia do Brasil – PGB

LANDIS, J. R; KOCH, G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. **biometrics**, p. 159-174, 1977.

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

LIESENBERG, V.; PONZONI, F. J.; GALVÃO, L. S. Análise da dinâmica sazonal e separabilidade espectral de algumas fitofisionomias do cerrado com índices de vegetação dos sensores MODIS/TERRA e AQUA. **Revista Árvore**, v. 31, n. 2, p. 295-305, 2007.

LILLESAND, T. M.; KIEFER, R. W.; CHIPMAN, J. Remote sensing and image processing. 1987

MARKHAM, B. L.; BARKER, J. L. Thematic Mapper bandpass solar exoatmospheric irradiances. **International Journal of remote sensing**, v. 8, n. 3, p. 517-523, 1987.

MATSUSHITA, B et al. Sensitivity of the enhanced vegetation index (EVI) and normalized difference vegetation index (NDVI) to topographic effects: a case study in high-density cypress forest. **Sensors**, v. 7, n. 11, p. 2636-2651, 2007

MEDEIROS, J. S de. **Banco de dados geográficos e redes neurais artificiais: tecnologias de apoio à gestão do território. Tese de Doutorado**. Tese (Doutorado em Geografia Física). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo. 1999, 236 p.

MELO, E. T.; SALES, M. C. L.; OLIVEIRA, J. G. B. Aplicação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) para análise da degradação ambiental da microbacia hidrográfica do Riacho dos Cavalos, Crateús-CE. **Raega-O Espaço Geográfico em Análise**, v. 23, 2011.

MIRANDOLA-GARCIA, P. H. Discussão teórica dos métodos e técnicas para estudos em bacias hidrográficas. *Ciência Geográfica*, Bauru, 20, n. 1, p. 44-57, jan/dez. 2016.

MIRANDOLA-GARCIA, P. H. **Análise geo-ambiental multitemporal para fins de planejamento ambiental: um exemplo aplicado à bacia hidrográfica do Rio Cabaçal, Mato Grosso, Brasil**. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2006.

MOTOMIYA, A V. de A. et al. Mapeamento do índice de vegetação da diferença normalizada em lavoura de algodão. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, n. 1, p. 112-118, 2012.

MONTEIRO, C. A. de F. **Geossistemas: a história de uma procura**. São Paulo: Contexto, 2000.

MORTON, Douglas C. et al. Cropland expansion changes deforestation dynamics in the southern Brazilian Amazon. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 103, n. 39, p. 14637-14641, 2006.

MOREIRA, M.A. Fundamentos de Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação. 2ª ed. Viçosa, UFV, 2003

MUNOZ, V. A. **Análise geomorfológica de dados SRTM aplicada ao estudo das relações solo-relevo**. 2009. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos/SP. 2009.

NOVO, E. M. L. M.; PONZONI, F. J. Introdução ao sensoriamento remoto. **Instituto Nacional**, 2001.

PANTALEÃO, E; SCOFIELD, G. B. Comparação entre medidas de acurácia de classificação para imagens do satélite ALOS. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, v. 14, p. 7039-7046. 2009.

PARANHOS FILHO, A.C.; LASTORIA, G.; TORRES, T.G. Sensoriamento remoto ambiental aplicado: introdução às geotecnologias. Campo Grande: Ed. UFMS. 198p. 2016

PAIVA, R. G. et al. A Utilização de Dados SRTM para Análises Ambientais: Elaboração de Mapas de Relevo do Município de Maringá–Paraná–Brasil. 2009.

PORTO, M. F. A.; PORTO, R. La L. Gestão de bacias hidrográficas. **Estudos avançados**, v. 22, n. 63, p. 43-60, 2008.

PONZONI, F. J.; DISPERATI, A. A. Aplicação do modelo SAIL no estudo e reflectância de dosséis de mudas de *Eucalyptus sp.* e de *Aspidosperma sp.* **Floresta**, v. 21, n. 1/2, 1991.

PONZONI, F. J.; REZENDE, A. C. P. Caracterização espectral de estágios sucessionais de vegetação secundária arbórea em Altamira (PA), através de dados orbitais. **Revista Árvore**, v. 28, n. 4, p. 535-545, 2004.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E.; KUPLICH, T. M. Sensoriamento Remoto da Vegetação. 2. ed. atualizada e ampliada. São Paulo: Oficina de Textos, 2012. 176p.

PONZONI, F. J. et al. Local illumination influence on vegetation indices and plant area index (PAI) relationships. **Remote Sensing**, v. 6, n. 7, p. 6266–6282, 2014.

QGIS DEVELOPMENT TEAM et al. QGIS geographic information system. **Open source geospatial Foundation project**, 2016.

RATANA, P; HUETE, A. R.; FERREIRA, L. Analysis of Cerrado physiognomies and conversion in the MODIS seasonal–temporal domain. **Earth Interactions**, v. 9, n. 3, p. 1-22, 2005.

RIBEIRO, J. F; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma Cerrado. **Embrapa Cerrados-Capítulo em livro científico (ALICE)**, 1998.

RECKZIEGEL, E. W.; ROBAINA, LE de S. Estudo de parâmetros morfométricos do relevo e da rede de drenagem da área situada entre os rios Jaguarí e Ibicuí no município de São Vicente do Sul–RS. **SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA**, v. 6, p. 2006, 2006.

ROUSE, J. W. Monitoring the vernal advancement and retrogradation (green wave effect) of natural vegetation. 1974.

ROSA, R; BRITO, J. L. S. Introdução ao geoprocessamento. Uberlândia/MG. Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia. 1996.

ROSA, R. Geotecnologia na Geografia Aplicada. Revista do Departamento de Geografia, n16. 2005. P. 81-90.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia ambiente e planejamento**. São Paulo: Contexto, 1991.
_____. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais antropizados. **Revista do departamento de geografia**, v. 8, p. 63-74, 1994.

_____. **Ecogeografia do Brasil: subsídios para planejamento ambiental**. Oficina de textos, 2006.

SANO, E. E. et al. Mapeamento semidetalhado do uso da terra do Bioma Cerrado. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 43, n. 1, p. 153-156, 2008.

SANTOS, C. V. B.; BAPTISTA, G. M de M.; DE MOURA, M. S. B. Sazonalidade do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) a partir de dados do sensor OLI em área de Caatinga e pastagem. In: **Embrapa Semiárido-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 18., 2017, Santos. *Anais...* Santos: Inpe, 2017., 2017.

SANTORI, A. R.; GOUVEIA, J. M. C.; GUIMARÃES, R. B. Caracterização e diagnóstico ambiental de pontos amostrais no interior e nas bordas do Parque Estadual do Morro do Diabo, Teodoro Sampaio-SP. **Caminhos de Geografia**, v. 18, n. 64, p. 169-184, 2017.

SILVA, R. A. **Geotecnologias aplicadas às alterações ambientais em áreas de preservação permanente (APP's) da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Campo Triste/Três Lagoas-MS (2006-2016)**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, UFMS, Três Lagoas, 2018

SOTCHAVA, V. O estudo do Geossistema: método em questão. **São Paulo: IGEO-USP**, 1977

SHIMABUKURO, Y. E.; NOVO, E. M. L. M.; PONZONI, F. J. Índice de vegetação e modelo linear de mistura espectral no monitoramento da região do Pantanal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, n. 13, p. 1729-1737, 1998.

SHIMABUKURO, Y. E.; PONZONI, F. J. **Mistura Espectral: modelo linear e aplicações**. Oficina de Textos, 2017.

SHIMABUKURO, Y. E.; SMITH, J. The least-squares mixing models to generate fraction images derived from remote sensing multispectral data. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote sensing**, v. 29, n. 1, p. 16-20, 1991.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4 ed. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, 2004, 943 p.

TOPODATA. Banco de dados geomorfométricos do Brasil. Departamento de Processamento de Imagens. (INPE). 2008 Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/topodata/>. Acesso em: 03/08/2019.

TRICART, J. Ecodinâmica. FIBGE- SUPREN, Rio de Janeiro, 1977.

TROPMAIR, H.; MACHADO, M. L. A. Variação da estrutura da mata galeria na bacia do Rio Corumbataí (SP) em relação a água do solo, do tipo de margem e do traçado do rio. **Embrapa Meio Ambiente-Fôlder/Folheto/Cartilha (INFOTECA-E)**, 1974.

VASCONCELOS, C. H; NOVO, E. M. L. de M. Mapeamento do uso e cobertura da terra a partir da segmentação e classificação de imagens-fração solo, sombra e vegetação derivadas do modelo linear de mistura aplicado a dados do sensor TM/Landsat5, na região do reservatório de Tucuruí-PA. **Acta Amazônica**, v. 34, n. 3, p. 487-493, 2004.

VALE, C. C. Teoria geral do sistema: histórico e correlações com a Geografia e com o estudo da paisagem. **Revista Entre-Lugar**. UFGD. Dourados, MS: ano 3, n. 6, jul./dez., p 85-108.

VALERIANO, M. de M. Modelo digital de variáveis morfológicas com dados SRTM para o território nacional: o projeto TOPODATA. In: **XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. São José dos Campos: INPE, 2005. p. 1-8.

VALERIANO, M. de M. TOPODATA: **Guia para utilização de dados geomorfológicos locais**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 2008.

VILAÇA, M. F. et al. Bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão: O estudo de caso do ribeirão conquista no município de Itaguara/MG. **Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada**, v. 13, 2009.

VITTE, A. C.; GUERRA, A. J. T. **Reflexões sobre a geografia física no Brasil**. Bertrand Brasil, 1994.

WALTER, B. M. T. **Fitofisionomias do Bioma Cerrado: síntese terminológica e relações florísticas**, 2006. 389 f. Tese (Doutorado em Ecologia) Universidade de Brasília-UNB, Brasília, 2006.