

**UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E
MUCURI - UFVJM**

SAMUEL FERREIRA DA FONSECA

**GEOPROCESSAMENTO APLICADO À IDENTIFICAÇÃO, ANÁLISE
ESPACIAL E TEMPORAL DE USOS DA TERRA EM ÁREAS
ADJACENTES ÀS TURFEIRAS DA SERRA DO ESPINHAÇO
MERIDIONAL**

**DIAMANTINA - MG
2016**

SAMUEL FERREIRA DA FONSECA

**GEOPROCESSAMENTO APLICADO À IDENTIFICAÇÃO, ANÁLISE
ESPACIAL E TEMPORAL DE USOS DA TERRA EM ÁREAS
ADJACENTES ÀS TURFEIRAS DA SERRA DO ESPINHAÇO
MERIDIONAL**

**Dissertação apresentada à Universidade Federal
dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como parte
das exigências do Programa de Pós-Graduação
em Produção Vegetal, área de concentração em
Produção Vegetal, para a obtenção do título de
Mestre.**

**Orientador: Dr. Alexandre Christófaro Silva
Coorientador: Dr. Juliano Alves de Senna**

**DIAMANTINA - MG
2016**

Ficha Catalográfica - Sistema de Bibliotecas/UFVJM
Bibliotecária: Jullyele Hubner Costa CRB-6/2972

F676g Fonseca, Samuel Ferreira da.
2016 Geoprocessamento aplicado à identificação, análise espacial e temporal de usos da terra em áreas adjacentes às turfeiras da Serra do Espinhaço Meridional / Samuel Ferreira da Fonseca. – Diamantina : UFVJM, 2016.
124 p. : il.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Christófaros Silva
Coorientador: Prof. Dr. Juliano Alves de Senna

Dissertação (mestrado) –Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, 2016.

1. Pedoambiente. 2. Geoprocessamento. 3. Reservatório de água. 4. Sequestro de carbono. I. Silva, Alexandre Christófaros. II. Senna, Juliano Alves de. III. Título.

CDD 631.4

Elaborada com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Samuel Ferreira da Fonseca

**GEOPROCESSAMENTO APLICADO À IDENTIFICAÇÃO, ANÁLISE ESPACIAL E
TEMPORAL DE USOS DA TERRA EM ÁREAS ADJACENTES ÀS TURFEIRAS DA
SERRA DO ESPINHAÇO MERIDIONAL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

Aprovada em ____/____/____

Prof. Dr. Alexandre Christófaró Silva - UFVJM
Presidente

Prof. Dr. Juliano Alves de Senna - UFVJM
Membro

Prof. Dr. Hernando Baggio Filho - UFVJM
Membro

Prof. Dr. Enilson de Barros Silva - UFVJM
Membro

**DIAMANTINA - MG
2016**

DEDICO

Ao Senhor Jesus Cristo, que subiu o monte calvário como réu, entregou sua própria vida por minha pessoa. Além disso, me ensinou como amar a Deus e ao próximo sem reservas.

À minha amada esposa, Samanta Fonseca, que tem sido mais que uma esposa, amiga, companheira, enfim um presente que Deus me deu.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por sua maravilhosa Graça, seu amor, sua sabedoria e benignidade, enfim por proporcionar a minha existência e me socorrer nas horas de angústia.

Aos meus Pais, Manoel Pereira e Marilene Fonseca, pelo amor incondicional, sabedoria sem limites e conselhos que nortearam minha vida.

À minha esposa, Samanta Fonseca, pela paciência infinita, amor, cuidado, afeto e atenção.

À minha tia Marisa por todo o apoio necessário a minha família.

Aos meus irmãos, Helô, Alessandra, Alexandre, Gesiel, Cristiane, Lúcia e Ana Paula, que sempre estiveram, de uma forma ou de outra, ajudando - me.

À Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM) pela imensa contribuição em minha carreira acadêmica.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento do Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsa de estudo.

Às secretárias da Pró-reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação (PRPPG/UFVJM).

À Coordenação do Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal (PPGPV) pela excelente gestão e elevada competência.

Ao professor Dr. Alexandre Christófaros Silva, pela orientação e paciência ilimitada durante a realização desta pesquisa.

Ao professor Dr. Juliano Alves de Senna, pelas importantes orientações, que elevaram a qualidade deste trabalho.

Ao professor Dr. Hernando Baggio Filho e professor Dr. Enilson de Barros Silva (UFVJM), pelas sugestões que melhoraram substancialmente esta pesquisa.

Ao Romel (Instituto Casa da Glória), por disponibilizar as fotografias USAF-AST 10.

Ao Aroldo Luiz e Dr. Lúcio Mauro (Laboratório de Cartografia e Geodésia/UFVJM) pela aquisição e concessão das imagens RapidEye da SdEM (via convênio MMA).

Aos amigos da pós-graduação em Produção Vegetal, Eudes Neiva e Ivana Pires (Física do solo), pela imensa colaboração nas atividades práticas.

Ao João Paulo Carneiro pelo auxílio constante na disciplina de Estatística.

Aos companheiros da equipe Pedologia Uidemar Moraes, Maurício Barbosa, Rafael Vilela, Amanda Guimarães, João Victor e Mateus Borges pela contribuição em minha formação.

Aos amigos, Danniella Carvalho, Gustavo Mendonça, Thiago Martins pelo companheirismo no tempo do SAAE.

Aos irmãos da Igreja Assembleia de Deus em Diamantina, pela excelente recepção e afeto.

RESUMO

FONSECA, S. F. **Geoprocessamento aplicado à identificação, análise espacial e temporal de usos da terra em áreas adjacentes às turfeiras da Serra do Espinhaço Meridional.** 2016. 124p. (Dissertação - Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2016.

Turfeiras são produto da lenta decomposição de vegetais em ambientes saturados com água. São ecossistemas particulares por acumularem grandes volumes de água e matéria orgânica e atuam como registros cronológicos de mudanças climáticas e ambientais. O objetivo deste trabalho foi: cartografar áreas adjacentes à turfeiras da Serra do Espinhaço Meridional – SdEM cronologicamente (1964 – 2014), para identificar e quantificar atividades antrópicas nos últimos 50 anos, por meio de técnicas do geoprocessamento. Foram utilizadas fotografias aéreas de 1964 (1:60.000), e de 1979 (1:25.000). Também foram utilizadas imagens orbitais, dos satélites Landsat TM/5 dos anos 1984, 1995 e 2005, Landsat OLI/8 de 2014 e RapdEye de 2011. As cartas topográficas do IBGE (1:100.000) formaram a base cartográfica. Todos os dados foram processados nas seguintes plataformas: Google earth™ pro, ArcGIS™ 9.3., ENVI™ 4.5 e Quantum GIS® 2.10. O geoprocessamento ocorreu suportado pelas seguintes técnicas: georreferenciamento, mosaicagem, classificação supervisionada (MaxVer) e vetorização. Os dados gerados foram utilizados para identificação dos tipos de atividades do uso da terra, como pastagem, eucalipto e outras culturas. A atividade agrícola mais intensa nas áreas adjacentes às turfeiras foi o cultivo de eucalipto, que não era cultivado em 1964, mas em 2014 ocupou 341,37 ha (2,07%). Outras culturas (milho, café e morango), que não eram cultivadas nas adjacências das turfeiras em 1964, passaram a ocupar 312,46 ha (1,90%) em 2014. A área ocupada com pastagens passou de 378,57 ha em 1964 para 1.176,40 ha em 2014, o que corresponde a um avanço de 2,30 para 7,14% da área adjacente total. As áreas adjacentes às turfeiras não eram utilizadas de forma sistemática até 1995. O avanço das atividades antrópicas nas áreas adjacentes às turfeiras nas últimas décadas foi substancial. A decadência da mineração de diamante na região de Diamantina coincide com a intensificação do uso da terra. Este cenário sinaliza a necessidade de criação de mecanismos legais para proteção desses ecossistemas. Além disso, é necessário estabelecer diretrizes para o planejamento da ocupação das áreas no entorno das turfeiras da SdEM.

Palavras-chave: Pedoambiente, geoprocessamento, reservatório de água, sequestro de carbono

ABSTRACT

FONSECA, S. F. **Geoprocessing applied to identification, spatial and temporal analysis of land use in peat bogs neighboring áreas of the Southern Espinhaço**. 2016. 124p. (Master - Master in Plant Production) Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM, Diamantina, 2016.

Peat bogs are outcome of slow plant decomposition in environments saturated by water. They are particular ecosystems that accumulate large amounts of water and organic matter and act as chronological records of climatic and environmental changes. This study aims to map peat bogs adjacent áreas of the Southern Espinhaço - SdE chronologically (1964 - 2014), to identify and quantify anthropic activities over the past 50 years, through geoprocessing techniques. Aerial photographs from 1964 were used (1: 60,000) and 1979 (1: 25,000). Space-based images were also used Satellite Landsat TM/5 years 1984, 1995 and 2005, Landsat OLI/8 RapidEye 2014 and 2011. IBGE topographic maps (1:100,000) made up the cartographic base. All data were processed on platforms: Google earth™ pro, ArcGIS™ 9.3, 4.5 and ENVI™ Quantum GIS® 2.10. Geoprocessing was supported by these techniques: georeferencing, mosaicing, supervised classification (MaxVer) and vectorization. Data generated were used to identify types of land use activities such as grazing, eucalyptus and other crops. The most intense agricultural activity in adjacent áreas to peat bogs was eucalyptus cultivation, which was not cultivated in 1964, but in 2014, it held 341.37 ha (2.07%). Other crops (corn, coffee and strawberry), which were not cultivated in peat lands vicinity in 1964, came to occupy 312.46 ha (1.90%) in 2014. The área occupied by pastures increased from 378.57 ha in 1964 to 1176.40 ha in 2014, which corresponds to an advance of 2.30 to 7.14% of the total adjacent área. Adjacent áreas to peat bogs were not used systematically until 1995. Human activities advance in adjacent áreas to peat bogs in recent decades has been extensive. Diamond mining decay in Diamantina region coincides with the intensification of land use. This scenario shows the necessity to establish legal mechanisms to protect these ecosystems. Moreover, it is necessary to establish guidelines for planning o áreas occupation surrounding the Southern Espinhaço peat bogs.

Keywords: Pedo-environment, geoprocessing, water reservoirs, carbon sequestration.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Material de turfeiras da SdEM -----	25
Figura 2. Esquema representativo da formação de turfeiras -----	29
Figura 3. Turfeira na estrada de Conselheiro Mata, após o Acanalado Batatal -----	31
Figura 4. Mapa de localização da Serra do Espinhaço Meridional – SdEM -----	40
Figura 5. Mapa de localização dos municípios e turfeiras na Serra do Espinhaço Meridional – SdEM -----	41
Figura 6. População dos municípios inseridos na SdEM -----	42
Figura 7. Índice de desenvolvimento humano médio - IDHM dos municípios inseridos na SdEM -----	42
Figura 8. Maciço rochoso de Quartizito da Formação Galho do Miguel no Acanalado Batatal - -----	44
Figura 9. Geologia Simplificada da área de estudo -----	45
Figura 10. Mapa hipsométrico da área de estudo -----	47
Figura 11. Mapa pedológico da área de estudo -----	49
Figura 12. Presença de Capões na turfeira localizada em Datas/MG (SdEM) -----	51
Figura 13. Mapa das fitofisionomias vegetais e uso da terra na SdEM (2009) -----	52
Figura 14. Precipitação e temperatura da cidade de Diamantina -----	53
Figura 15. Pontos estratégicos para georreferenciamento -----	57
Figura 16. Fluxograma referente aos aplicativos utilizados nas rotinas computacionais ---	58
Figura 17. Esquema representativo da análise por meio de fotointerpretação sem estereoscopia -----	61
Figura 18. Chave de interpretação com imagens RapidEye (5R3G2B, de 20/09/2011) ----	64
Figura 19. Exemplo de área cultivada em 1979, identificada por meio de fotointerpretação sem estereoscopia -----	68
Figura 20. Exemplo de mapa sem e com pós-processamento -----	69
Figura 21. Aquisição de verdade de campo (São João da Chapada e Acanalado Batatal) --	70
Figura 22. Buffer da turfeira Pau de Fruta -----	72
Figura 23. Prancha com ilustração dos diversos resultados obtidos nos anos investigados (turfeira na APE Pau de Fruta) -----	73
Figura 24. Detalhes do uso e ocupação da terra na área da turfeira Pau de Fruta -----	74
Figura 25. Buffer da turfeira São João da Chapada -----	77
Figura 26. Detalhes do uso da terra na área da turfeira São João da Chapada -----	77

Figura 27. Prancha com ilustração dos diversos resultados obtidos nos anos investigados (turfeira em São João da Chapada) -----	78
Figura 28. Buffer das turfeiras inseridas em Datas/MG -----	81
Figura 29. Detalhes do uso e ocupação da terra nas turfeiras em Datas/MG -----	81
Figura 30. Prancha com ilustração dos diversos resultados obtidos nos anos investigados (turfeiras em Datas) -----	82
Figura 31. Detalhes do uso e ocupação da terra na área da Turfeira Datas - I -----	83
Figura 32. Detalhes do uso da terra na área da Turfeira Datas- II -----	84
Figura 33. Detalhes do uso da terra na área da Turfeira Datas- III -----	84
Figura 34. Variedades de uso da terra nas Turfeiras em Datas/MG -----	85
Figura 35. Buffer da turfeira Limítrofe ao Campus JK da UFVJM -----	88
Figura 36. Prancha com ilustração dos diversos resultados obtidos nos anos investigados (turfeira limítrofe ao Campus JK da UFVJM) -----	89
Figura 37. Detalhes do uso da terra na área da Turfeira Limítrofe ao Campus JK da UFVJM - -----	90
Figura 38. Quantificação da área ocupada com pastagens -----	90
Figura 39. Buffer da turfeira em Conselheiro Mata -----	93
Figura 40. Prancha com ilustração dos diversos resultados obtidos nos anos investigados (turfeira em Conselheiro Mata) -----	94
Figura 41. Detalhes do uso da terra na área da Turfeira em Conselheiro Mata -----	95
Figura 42. Buffer da turfeira no Acanalado Batatal -----	98
Figura 43. Sinais de queimadas na área da turfeira do Acanalado Batatal -----	99
Figura 44. Buffer na turfeira na Estrada de acesso a Conselheiro Mata -----	100
Figura 45. Prancha com ilustração dos diversos resultados obtidos nos anos investigados (turfeira no acesso a Conselheiro Mata) -----	101
Figura 46. Detalhes do uso da terra na área da turfeira na estrada de acesso a Conselheiro Mata -----	102
Figura 47. Turfeira preservada na área visitada e presença de sitiantes em seu entorno ---	102
Figura 48. Buffer da turfeira em Gouveia/MG -----	106
Figura 49. Prancha com ilustração dos diversos resultados obtidos nos anos investigados (turfeira em Gouveia/MG) -----	107
Figura 50. Detalhes do uso e ocupação da terra na turfeira localizada em Gouveia/MG -	108

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Classificação das turfas pelo grau de decomposição, segundo von Post -----	29
Tabela 2. Informações das fotografias aéreas utilizadas (1964) -----	54
Tabela 3. Informações das fotografias aéreas utilizadas (1979) -----	54
Tabela 4. Informações sobre as imagens de sensores orbitais utilizadas -----	55
Tabela 5. Chaves de interpretação das fotografias aéreas USAF-AST 10 (1:60.000) -----	62
Tabela 6. Chaves de interpretação das fotografias aéreas Acervo CPRM (1:25.000) -----	63
Tabela 7. Matriz de confusão de 2014 – Área adjacente à APE Pau de Fruta -----	68
Tabela 8. Informações quantitativas sobre as turfeiras da SdEM -----	71
Tabela 9. Matrizes de confusão, turfeira APE Pau de Fruta -----	75
Tabela 10. Erros de comissão e omissão turfeira APE Pau de Fruta -----	76
Tabela 11. Matrizes de confusão, turfeira São João da Chapada -----	79
Tabela 12. Erros de comissão e omissão, turfeira em São João da Chapada -----	80
Tabela 13. Uso e ocupação da terra nas áreas adjacentes às turfeiras em Datas/MG -----	83
Tabela 14. Matrizes de confusão, turfeiras em Datas/MG -----	86
Tabela 15. Erros de comissão e omissão, turfeiras em Datas/MG -----	87
Tabela 16. Matrizes de confusão, turfeira limítrofe ao Campus JK -----	91
Tabela 17. Erros de comissão e omissão, turfeira limítrofe ao Campus JK -----	92
Tabela 18. Matrizes de confusão, turfeira em Conselheiro Mata -----	96
Tabela 19. Erros de comissão e omissão turfeira em Conselheiro Mata -----	97
Tabela 20. Uso e ocupação da terra nas áreas adjacentes à turfeira localizada na estrada de Conselheiro Mata -----	102
Tabela 21. Matrizes de confusão, turfeira na estrada de Conselheiro Mata -----	104
Tabela 22. Erros de comissão e omissão, turfeira na estrada de Conselheiro Mata -----	105
Tabela 23. Uso e ocupação da terra nas áreas adjacentes à turfeira em Gouveia/MG -----	106
Tabela 24. Matrizes de confusão, turfeira em Gouveia/MG -----	109
Tabela 25. Erros de comissão e omissão, turfeira em Gouveia/MG -----	110
Tabela 26. Quadro comparativo em relação ao uso da terra nas áreas adjacentes às turfeiras - -----	111
Tabela 27. Relação de uso da terra nas áreas adjacentes às turfeiras -----	112

Sumário

	Pag.
1 INTRODUÇÃO.....	19
OBJETIVOS.....	20
2 HIPÓTESE.....	23
3 REFERENCIAL TEÓRICO	25
3.1. TURFEIRAS	25
3.2 TURFEIRAS COMO RESERVATÓRIOS DE ÁGUA	29
3.3 TURFEIRAS COMO RESERVATÓRIOS DE CARBONO.....	31
3.4 TURFEIRAS COMO TESTEMUNHOS DE MUDANÇAS AMBIENTAIS	32
3.5 OUTRAS RELAÇÕES AMBIENTAIS E ENERGÉTICAS DAS TURFEIRAS.....	33
3.6 O GEOPROCESSAMENTO E AS TURFEIRAS	34
3.6.1 <i>Conceitos e definições.....</i>	34
3.6.2 <i>Aplicações ambientais do Geoprocessamento em turfeiras.....</i>	36
3.7 JUSTIFICATIVAS	37
4 MATERIAL E MÉTODOS	39
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDOS	39
4.1.1 <i>Localização</i>	39
4.1.2 <i>Municípios e demografia.....</i>	39
4.2 FISIOGRAFIA	43
4.2.1 <i>Geologia.....</i>	43
4.2.2 <i>Geomorfologia.....</i>	46
4.2.3 <i>Pedologia</i>	48
4.2.4 <i>Hidrografia.....</i>	50
4.2.5 <i>Vegetação</i>	50
4.2.6 <i>Clima.....</i>	53
4.3 ELABORAÇÃO DE BANCO DE DADOS	53
4.3.1 TRABALHOS DE LABORATÓRIO	56
4.3.2 <i>Seleção de áreas de influência - Buffer</i>	57
4.4 PROCEDIMENTOS (TÉCNICAS E MÉTODOS).....	58
4.4.1 <i>Pré-processamento</i>	58
4.4.2 <i>Processamento.....</i>	60

4.4.3	<i>Pós-processamento</i>	65
4.5	<i>TRABALHOS DE CAMPO (VALIDAÇÃO DE DADOS)</i>	69
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	71
5.1	TURFEIRA PAU DE FRUTA	71
5.2	TURFEIRA DE SÃO JOÃO DA CHAPADA	76
5.3	TURFEIRAS DE DATAS	80
5.4	TURFEIRA CAMPUS JK	87
5.5	TURFEIRA CONSELHEIRO MATA	92
5.6	TURFEIRA BATATAL	97
5.7	TURFEIRA ESTRADA DE CONSELHEIRO MATA	99
5.8	TURFEIRA GOUVEIA	105
6	ANÁLISE DOS RESULTADOS, ESTRATÉGIAS DE PRESERVAÇÃO E APONTAMENTOS PARA ESTUDOS FUTUROS	111
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	115
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	117

1 INTRODUÇÃO

As turfeiras são ecossistemas, formados por Organossolos. Estes materiais correspondem à solos oriundos de áreas propícias ao acúmulo de matéria orgânica no solo (MOS), e de baixa atividade biológica para a maioria dos organismos envolvidos na decomposição vegetal (CAMPOS, 2014). As características sápricas, hêmicas ou fíbricas resultam de diferentes taxas de decomposição da (MOS) em ambientes que aceleram ou retardam a subsidência. Isto é, o abaixamento do nível da superfície do solo causada pela retração do material (EBELING *et al.*, 2013). Na Serra do Espinhaço Meridional – SdEM, as turfeiras ocorrem, preferencialmente, em depressões, que acumulam material hidromórfico, nas superfícies de aplainamento, onde existem rochas mais susceptíveis ao intemperismo, confinadas entre quartzitos (CAMPOS, 2014).

Definidas por Silva *et al.*, (2013a) como “produto da decomposição de vegetais, que se desenvolvem e se acumulam em corpos d’água ou em ambientes saturados, sendo o estágio inicial da sequência de carbonificação”. As turfeiras se constituem ecossistemas particulares que merecem atenção especial. Por constituírem reservatórios de água e de carbono, uma vez que apresentam altos teores de matéria orgânica e elevada porosidade (SILVA *et al.*, 2013a), a preocupação com a preservação destes ecossistemas é, sobretudo, um imperativo na atualidade. Pois, o aumento pela demanda por alimentos e por apropriação de novas áreas produtivas tem aumentado, negligenciando cada vez mais as áreas destinadas à preservação.

Além dos fatores já mencionados, Mendes e Dias (2002) destacam ainda a importância que as turfeiras possuem em relação a estudos paleoambientais. Esses ambientes possibilitam a preservação de informações cronológicas úteis (principalmente aquelas oriundas da deposição de metais pesados, de pólenes ou fitólitos). Além disso, esses ecossistemas preservam, de maneira bastante expressiva, os corpos neles depositados. Mendes e Dias (2002) mencionam a descoberta de cerca de 600 corpos, no norte da Europa (Inglaterra) conservados a aproximadamente 2.000 anos, o que eleva sua importância arqueológica.

Horák-Terra *et al.*, (2014, 2015) e Schellekens *et al.*, (2014) mencionam que os pedoambientes das turfeiras, preservam registros de mudanças ambientais pretéritas como pólenes, fitólitos, componentes orgânicos, isótopos de carbono e componentes geoquímicos, dentre outros.

Trabalhos que envolvem geoprocessamento na identificação de turfeiras têm sido realizados com diversas finalidades, dentre elas: reconhecimento e mapeamento desses ecossistemas, preservação ambiental, análise dos avanços de cultivos sobre áreas ao entorno das mesmas e quantificação de seus estoques de carbono e de água.

A crescente preocupação com falta de água potável, aumento expressivo do efeito estufa, bem como a preservação de paisagens esteticamente agradáveis tem se constituído uma constante entre as mais variadas nações ao redor do mundo (SANTOS *et al.*, 2015). Exemplo disto são os conflitos que se desencadeiam em torno de questões inerentes ao uso da água, dentre estes destaca o Projeto Grande Anatólia - PGA, entre os rios Tigre e Eufrates, cujo embate se desenvolve entre a Turquia, Iraque e Síria (FONSECA *et al.*, 2013a). Dessa forma a importância dos recursos hídricos tem sido destacada por vários meios de informação, desde aqueles meramente informativos aos mais direcionados ao ambiente técnico e científico (FONSECA *et al.*, 2013a; SANTOS *et al.*, 2015).

Os processos de dessalinização de águas salobras (oceânicas ou continentais) são imprescindíveis em países de regiões áridas do planeta. No entanto, estes processos são dispendiosos e depende de tecnologias avançadas, o que normalmente é praticado por países ricos (*e.g.*, Israel). O custo destes processos muitas vezes inviabiliza (LIMA, 2003) sua aplicação em locais menos desenvolvidos. Desse modo, preservar os recursos hídricos é a melhor opção na busca do equilíbrio entre as atividades antrópicas e o meio ambiente.

Dadas as características das turfeiras, destacadas como ambientes de elevada importância ambiental, sua preservação pode ser uma iniciativa que responderá positivamente em relação aos recursos hídricos (SILVA *et al.*, 2013a) mantendo ou elevando a oferta de água no semi-árido mineiro.

OBJETIVOS

Objetivo Geral:

Cartografar cronologicamente (1964 – 2014) áreas de turfeiras da Serra do Espinhaço Meridional – SdEM e seu entorno, para identificar e quantificar a ocupação por atividades antrópicas nos últimos 50 anos, por meio de técnicas de geoprocessamento.

Objetivos Específicos:

- a) Identificar a evolução das áreas cultivadas no entorno das turfeiras no período de 50 anos,
- b) Quantificar a antropização das turfeiras e áreas adjacentes entre 1964 e 2014,
- c) Gerar mapas de uso e ocupação da terra em áreas adjacentes à turfeiras da SdEM e,
- d) Analisar cronologicamente os avanços da ocupação antrópica nos últimos 50 anos.

2 HIPÓTESE

As áreas adjacentes às turfeiras da SdEM tem sido impactadas por atividades antrópicas nos últimos 50 anos. A cartografia é fundamental para o reconhecimento destas áreas de elevada importância ambiental. Estes produtos oferecem potencial para elaboração de diretrizes que regulamentem a preservação destes ecossistemas.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

A pesquisa bibliográfica foi realizada em todo tipo de material científico. Foram analisados todos os materiais (artigos de periódicos, dissertações, teses, boletins e relatórios técnicos, resumos e artigos de eventos) com temas correlatos aos objetivos propostos. A escolha de trabalhos foi guiada principalmente por dois tipos de abordagem: (i) utilização de técnicas de geoprocessamento para estudos de áreas úmidas, e (ii) classificação de imagens orbitais e aéreas (fotografias monocromáticas) direcionado à estudos ambientais. Os trabalhos de base ou fundamentais para esta dissertação foram na ordem de importância os seguintes: Squeo *et al.*, (2006), Varas, (2011), Silva (2012), Borges (2012), Silva *et al.*, (2009a,b), Silva *et al.*, (2013a,b), Horák-Terra *et al.*, (2014; 2015), Franchi *et al.*, (2003), Oliveira e Lima (2008), e Krankina *et al.*, (2008).

3.1. Turfeiras

Turfeiras são corpos e/ou entidades superficiais (ou subsuperficiais), portadoras de materiais denominados de turfa. Estes materiais (turfa) correspondem à matéria orgânica e mineral, oriundo da decomposição da vegetação. Podem ser encontrados nas áreas alagadiças, como várzeas de rios ou lagos (FRANCHI *et al.*, 2003).

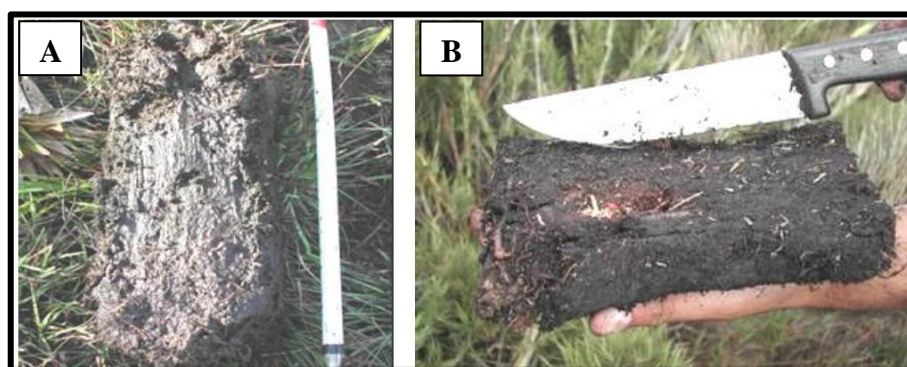


Figura 1: Material de turfeiras da SdEM. **A:** Material sáprico (apresentando elevado grau de decomposição), coletado em uma turfeira no Pico do Itambé. **B:** Material fábriico (baixo grau de decomposição), coletado na Turfeira da APE – Pau de Fruta. Adaptado de Silva (2012).

A turfa é definida como qualquer material de origem vegetal acumulado em áreas subaquáticas (OLIVEIRA, 2002). Para os dois autores supracitados, o uso deste material é

consagrado como fonte energética. Além disso, a turfa pode ser aproveitada na agricultura como biofertilizante, e aplicada *in natura* no solo. (Figura 1). Porém, em face de sua importância ambiental, as turfeiras devem ser preservadas.

As turfeiras são áreas úmidas reconhecidas como unidades de relevo específicas, localizadas em depressões topográficas locais, estando ou não conectadas à rede hidrográfica. São locais onde há depósitos de turfas (OLIVEIRA e LIMA, 2008). Esses autores realizaram uma análise geomorfológica em turfeiras, no Planalto do Parque Estadual da Serra do Tabuleiro (Santa Catarina), destacando a relevância dos critérios abióticos para planejamento de áreas protegidas.

De forma bastante generalizada, pode-se afirmar que a ocorrência de turfeiras e de sedimentos turfosos ao redor do mundo é um fenômeno mais associado aos climas temperados e frios que outros tipos climáticos (GUERREIRO *et al.*, 2012; HORÁK, 2009). Ressalta-se que as grandes reservas mundiais de turfa podem ser encontradas principalmente no Hemisfério Norte (LUZ e PAROLIN, 2014). Segundo estes autores somente uma taxa aproximada de 5% de todas as turfeiras encontra-se no Hemisfério Sul. A América do Norte contém 43,5% da área total das turfeiras conhecidas, a Ásia possui 28% e a Europa 24% (LUZ e PAROLIN, 2014).

Para Campos *et al.* (2011), as turfeiras são formadas por processos pedogenéticos sucessivos. Ou seja, os restos vegetais se acumulam sucessivamente sob condições de baixa atividade de ação de microorganismos durante a decomposição.

As turfeiras são formadas em áreas rebaixadas em relação a paisagem local. Segundo Soares (2011) *apud* Brady (1989) a formação das turfeiras está relacionada com uma sucessão vegetal primária. O material orgânico se deposita nas depressões, causando o empilhamento de varias camadas. Com o passar dos anos, a constituição dessas várias camadas é modificada devido: a) variação do material vegetal que se adapta ao ambiente local, e b) dinâmica da decomposição do material orgânico. Além disso, a influência do clima e da variação do lençol freático é elementar na formação das turfeiras, pois podem alterar substancialmente o material vegetal ali depositado (SOARES, 2011). O processo de formação espacial das turfeiras pode ser observado na ilustração seguinte (Figura 2).

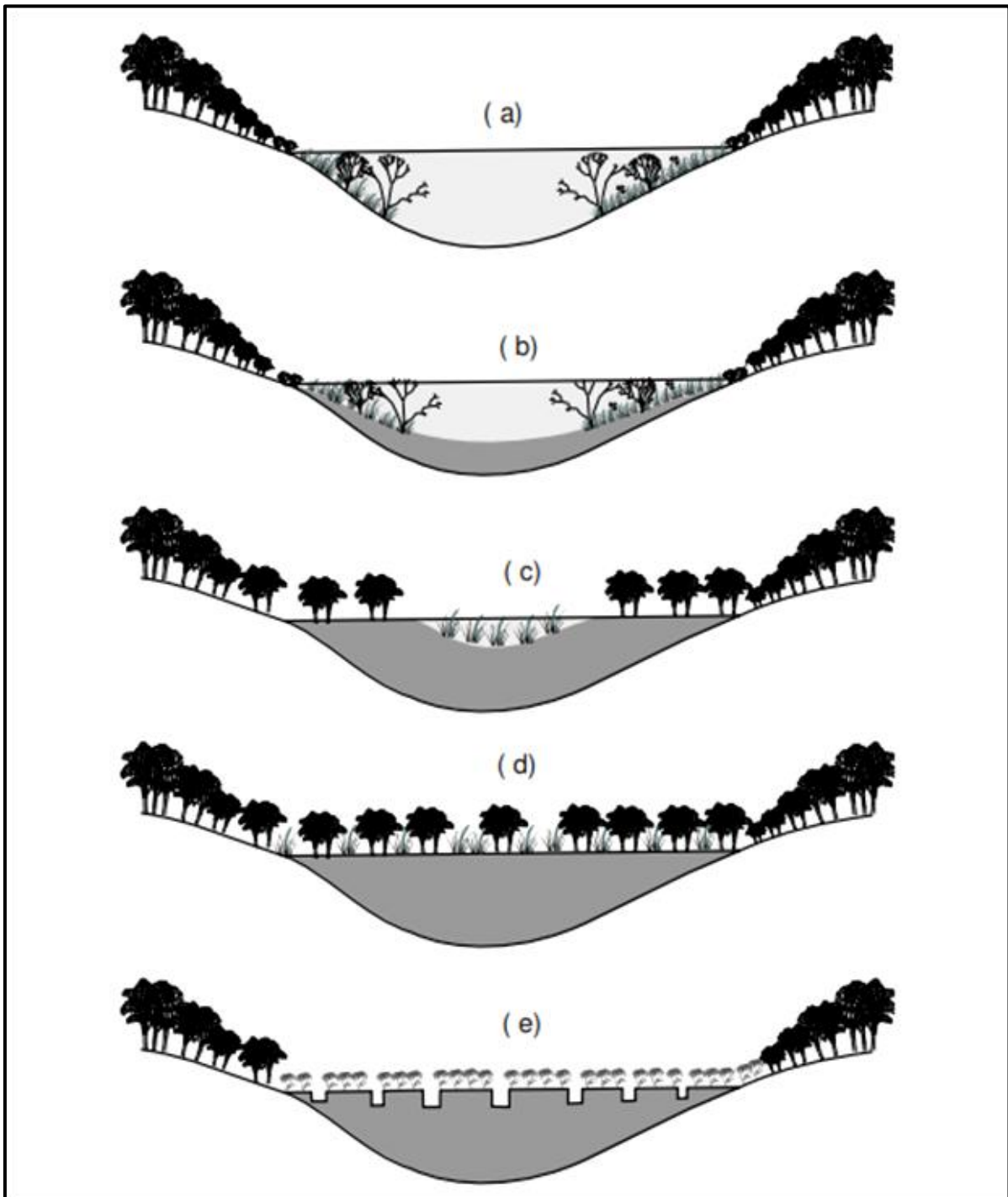


Figura 2: Esquema representativo da formação de turfeiras. Processos - (a) - Aparecimento de vegetação nas bordas; (b e c) – Colonização e acúmulo de resíduos; (d) – Sucessão vegetal, espécies arbóreas e (e) Drenagem para fins agrícolas. Adaptado de Soares (2011 apud Brady 1989).

Devido as suas características, as turfeiras podem ser classificadas em Mineralotróficas, Ombrotróficas e Mesotróficas ou Transicionais. Desse modo as turfeiras podem ser:

a) **Mineralotróficas:** Estão condicionadas, em grande parte, por um contato maior com o substrato basal inorgânico, sendo a água que circula por meio dela classificada em dois tipos: solígena, (se a água é de corrente), e topógena, (se a água é de surgência).

b) **Ombrotróficas:** Também chamadas de turfeira de cobertor, surgem a partir da acumulação de matéria orgânica que, ao se acumular verticalmente, diminui a influência da rocha basal, recebendo todo o suporte hídrico e químico. Quando se desenvolvem diretamente sobre o substrato rochoso, são denominadas turfeiras de cobertor.

c) **Mesotróficas** ou **Transicionais:** Apresentam características das Mineralotróficas e Ombrotróficas e estão em posição intermediária entre as duas citadas anteriormente (MITSCH e GOSSELINK, 1993; PONTEVEDRA-POMBAL, 2002).

Mediante as características físicas dos materiais orgânicos encontrados nas turfeiras, esses podem ser classificados em Fíbricos, Hêmicos ou Sápricos (Tabela 1) de acordo com o estágio de decomposição (STANEK e SILC, 1977, citados por PEREIRA *et al.*, 2005).

1) - **Fíbrico** – material formado por fibras vegetais facilmente identificáveis. Possui uma porcentagem de fibras esfregadas maior ou igual a 40% e índice de pirofosfato maior ou igual a 5. Se o volume de fibras esfregadas (FE) for maior ou igual a 75%, o índice de pirofosfato não se aplica. Na escala de von Post a classificação pode variar de 1 até 4.

2) - **Hêmico** – nesta classe o material orgânico está em estágio intermediário de decomposição, de forma que não satisfaça os critérios para ser classificado como fíbrico ou sáprico. Apresenta porcentagem de fibras esfregadas variando de 17 a 40%. Na escala de von Post, é classificado como 5 ou 6.

3) - **Sáprico** – nesta classe o material orgânico apresenta-se em estágio avançado de decomposição. Normalmente, possui menor teor de fibras, maior densidade e menor capacidade de retenção de água. O teor de fibras esfregadas é menor que 17% e o índice de pirofosfato menor ou igual a 3. Na escala de von Post, recebe a classificação maior que 7. Apresenta cores pelo pirofosfato de sódio com valor menor que 7, com exceção das cores 5/1, 6/1, 6/2, 7/1, 7/2 ou 7/3.

Tabela 1. Classificação das turfas pelo grau de decomposição, segundo von Post.

Graus de humidade	Característica	Cor da água que flui entre os dedos	Fração da turfa que flui entre os dedos	Permanece na mão		CLASSE
				Forma	Estrutura vegetal	
H1	Sem decomposição	Incolor	Não passam sólidos entre os dedos	Não tem aspecto gelatinoso	Estrutura vegetal nitidamente reconhecível	FÍBRICO
H2	Muito pouco decomposta	Ligeiramente castanha				
H3	Muito fracamente decomposta	Castanha fraca				
H4	Fracamente decomposta	Muito castanha				
H5	Decomposta	Líquido escuro	Passa pouco	Apresenta aspecto gelatinoso	Ainda pouco reconhecíveis os vegetais	HÊMICO
H6	Bem decomposta		Passa 1/3 do volume			
H7	Fortemente decomposta		Passa metade	Ficam na mão resíduos de fibras e raízes		
H8	Muito fortemente decomposta		Passam 3/5 do volume			
H9	Quase totalmente decomposta	Material flui integralmente entre os dedos	Passa quase tudo	Sobra muito pouco na mão	SÁPRICO	
H10	Completamente decomposta					

Fonte: Adaptado de Stanek e Silc (1977), citados por Pereira *et al.*, (2005)

Nos últimos vinte e cinco anos a turfa tem sido muito estudada, especialmente nos países: Canadá (VAN GEEL e PARKER, 2003), Estados Unidos (SMITH *et al.*, 2008), asiáticos (NAWI *et al.*, 2008) e europeus (BESTER *et al.*, 2011). Estes trabalhos estudam os materiais turfosos como alternativa tecnológica. Ou seja, a turfa é estudada como adsorvedor natural de baixo custo, e aplicada ao tratamento de águas e efluentes contaminados por metais pesados e outras substâncias tóxicas. No Brasil, esse material tem a sua aplicação como combustível fóssil ou relacionado com a agricultura. Esta aplicação é devida ao elevado teor de carbono (PETRONI *et al.*, 2000). A seguir serão apresentadas algumas das várias utilidades das turfeiras.

3.2 Turfeiras como reservatórios de água

A dinâmica hídrica em turfeiras de altitude é influenciada diretamente pelo equilíbrio existente entre as forças mátricas (potencial de retenção de água nos poros do solo) e de

capilaridade. Essas forças atuam em sentido inverso à força da gravidade (CAMPOS *et al.*, 2012). Segundo estes autores, é o equilíbrio entre as forças mencionadas que faz do ambiente de turfeira um sistema altamente eficiente na manutenção de água em seus poros. Este fator permite que as turfeiras se formem mesmo em lugares com baixos índices pluviométricos.

Em condições naturais, as turfeiras apresentam um comportamento tipo esponja. Esse comportamento confere a propriedade de se expandirem e se encolherem, de acordo com as condições climáticas. Isso permite que esse pedoambiente mantenha o lençol freático relativamente próximo à superfície durante vários meses do ano, evitando maiores oscilações dele e controlando o fluxo de água para os mananciais (INGRAM, 1983 apud CAMPOS, 2009). Mesmo em períodos de estiagem acentuada, quando o nível do lençol freático pode sofrer maiores variações, as camadas mais superficiais do solo não ficam completamente secas, devido ao movimento ascendente de água gerado por capilaridade (PRICE, 1997; CAMPOS *et al.*, 2012).

As turfeiras contribuem de forma significativa para o regime hídrico regional, na Serra do Espinhaço. Na SdEM, em particular, a maioria dos cursos de água são estáveis em decorrência das turfeiras, que acumulam água em períodos chuvosos e redistribuem gradativamente durante os outros meses do ano (CAMPOS *et al.*, 2012; SILVA *et al.*, 2013a). Dessa forma esses pedoambientes devem ser preservados para que haja maior disponibilidade de recursos hídricos para consumo, em suas várias possibilidades, pelos habitantes da SdEM.

A ilustração seguinte (Figura 3) apresenta uma turfeira com retenção de água, muito comum, e a vegetação apresenta-se mais vigorosa. Atenção para o fato de que a área desta turfeira está cercada (com arame farpado), e por isto está mais preservada que nos locais correlatos. Na área dessa turfeira (situada na estrada de acesso a Conselheiro Mata), não há pastagens, desse modo, não há problemas com pisoteio de gado. Uma vez que a preservação da água fundamental, a conservação adequada e o manejo sustentável dos ecossistemas das turfeiras são de importância elementar (BISPO *et al.*, 2015).



Figura 3: Turfeira na estrada de acesso Conselheiro Mata, após o Acanalado Batatal. Nessa turfeira, que se encontra cercada, há maior quantidade de água no canal principal. A coloração escura da água sinaliza a forte presença de material orgânico em suspensão. A seta indica que a água que fica retida nesses pedoambientes devido a sua morfologia. A fotografia foi adquirida no trabalho de campo realizado em 19/10/2015.

3.3 Turfeiras como reservatórios de carbono

Os solos turfosos ocupam uma área de, aproximadamente, 420 milhões de ha no mundo e estima-se que, nessa área, considerando uma profundidade média de 2 m, estejam armazenados 455 bilhões de toneladas de carbono. Em período pós-glacial, o acúmulo de carbono em turfeiras se deu a uma taxa de 90 a 96 x 10⁶ t ano⁻¹ (GORHAM, 1991). Do total de ambientes sequestradores de carbono, cerca de 33% se localizam na Finlândia e na antiga União Soviética e outros 33% no Canadá e Alaska (GORHAM, 1991). Dessa forma, em se tratando de carbono sequestrado em ambiente de turfeira, de 65 a 70% da reserva total estão na região boreal. Já a região marítima da Europa armazena em torno de 9 a 12% do carbono total (GORHAM, 1991).

Estudos realizados por Martinelli *et al.*, (2009) chegaram a estimativa de que o estoque de carbono nos solos do planeta corresponda a ordem de 1,6 trilhões de toneladas, e estão distribuídos em torno de 10 bilhões de hectares. Analisando em conjunto os dados de

Gorham (1991) e Martinelli *et al.*, (2009), obtém-se que as turfeiras representam 4,2 % dos solos do Planeta e estocam 28,4 % de carbono encontrado em solos.

As turfeiras são sensíveis às alterações climáticas e vulneráveis a perturbações antrópicas. São também, extremamente frágeis por depender do regime hídrico local. Portanto o desenvolvimento de estudos orientados à elaboração de métodos eficientes de manejo e conservação destes ecossistemas é fundamental (SQUEO *et al.*, 2006).

Um modelo matemático para estimar a acidez potencial em Organossolos foi elaborado por Silva *et al.*, (2008). Estes autores concluíram que o carbono (C) orgânico foi o atributo químico que mais influenciou a acidez potencial dos Organossolos da SdEM.

Silva *et al.*, (2009a, 2013b), destacam a importância das turfeiras enquanto pedoambientes que atuam no sequestro de carbono da atmosfera. Para Silva *et al.*, (2009b), as turfeiras são áreas especiais para realização de estudos direcionados à compreensão da dinâmica da matéria orgânica. Além disso, possibilita analisar a evolução e transformação paisagística, alterações climáticas e poluição atmosférica nas escalas local, regional e global (SILVA *et al.*, 2009b).

As turfeiras são reservas de carbono importantes. Estes pedoambientes são importantes retentores de água (SILVA *et al.*, 2013a; CAMPOS *et al.*, 2012). A preservação (ecológica) das áreas e da paisagem das turfeiras, ainda é um grande desafio. Ou seja, a compreensão de sua relevância econômica e social é necessária.

Silva *et al.*, (2013b), avaliaram a contribuição da vegetação de Campo Limpo Úmido (CLU) e de Floresta Estacional Semidecidual (FESI) para o acúmulo de (MOS), por meio da avaliação da fitomassa e da composição lignocelulósica e isotópica da vegetação e da (MOS) em turfeiras da SdEM. Os autores observaram os que o crescimento vertical e a taxa de acúmulo de carbono foram mais elevados na região da FESI e menores na região do CLU.

3.4 Turfeiras como testemunhos de mudanças ambientais

As turfeiras detém elevado significado ambiental. Preservam informações cronológicas úteis (polens, fitólito, etc.), acumulam carbono e água, e possibilitam que os corpos (de animais e vegetais) depositados em seus domínios permaneçam bem preservados por muitos anos (SILVA *et al.*, 2013a). Além disso, esses ecossistemas podem ser considerados como testemunhos para pesquisa no âmbito de mudanças ambientais.

Guerreiro *et al.*, (2012) apresentaram a importância paleoambiental dos ambientes das turfeiras realizando a datação de sedimentos turfosos holocênicos na bacia hidrográfica do rio Tibagi, Estado do Paraná.

Trabalhos envolvendo datações radiocarbônicas e reconstruções paleoambientais foram realizados nas turfeiras da SdEM (CAMPOS *et al.*, 2010; HORÁK-TERRA *et al.*, 2014, 2015; SCHELLEKENS *et al.*, 2014; BISPO *et al.*, 2015). Estes trabalhos evidenciam a necessidade de manter preservados os pedoambientes turfosos da SdEM. De outro modo, a partir da degeneração das turfeiras perder-se-á fonte de material que favorece os estudos paleoambientais.

Por meio de datações radiocarbônicas e composição isotópica, foi detectado que a Turfeira Pau de Fruta (localizada na SdEM) teve sua formação iniciada por volta de 20 mil anos antes do presente (CAMPOS *et al.*, 2010).

Schellekens *et al.*, (2014), analisaram queimadas pretéritas ocorridas no Holoceno na Turfeira Pau de Fruta, inserida na SdEM. Estes autores avaliaram mudanças na composição de espécies de plantas nesta turfeira e a ocorrência de incêndios na mesma, que apontam para vários períodos secos e úmidos durante o Holoceno. Bispo *et al.*, (2015), por meio de datações radiocarbônicas, concluíram que as turfeiras das cabeceiras do Rio Araçuaí começaram a se formar no início do Holoceno, ou seja, há cerca de 11 mil anos.

Utilizando registros geoquímicos e palinológicos das turfeiras da SdEM, foram identificadas mudanças climáticas do Holoceno por Horák-Terra *et al.*, (2015). Estes autores concluíram que as turfeiras da SdEM contêm registros consistentes de mudanças climáticas Holocênicas. Confirmaram que a abordagem multi-*proxy* (vários indicadores ambientais) oferece boas oportunidades para uma reconstrução detalhada dos paleoambientes.

Horák-Terra *et al.*, (2014), ressaltam que o conhecimento restrito sobre as turfeiras tem contribuído para a má conservação destes ecossistemas, conseqüentemente, redução das suas funções ecológicas.

3.5 Outras relações ambientais e energéticas das turfeiras

A turfa é um material que possui ampla utilidade. Pode ser utilizada como combustível fóssil e, ao mesmo tempo como inibidora de atividades de metais pesados como Manganês (Mn), Boro (B), Zinco (Zn), Cobre (Cu), Chumbo (Pb), entre outros. Vários trabalhos já foram realizados apresentando a utilização da turfa, destacando-se o de Lamim *et*

al., (2001), que abordaram a adsorção competitiva dos metais Cu e Zn por sítios ativos de turfeiras litorâneas. Santos e Rodella (2007) avaliaram a eficiência da mostarda na remoção de Zn, Cu, Mn, Pb e B de um solo contaminado e o efeito da adição de materiais orgânicos (turfas) na redução da disponibilidade de metais pesados e Boro para essa planta. Carvalho (2008) destacou a turfa como combustível fóssil.

Análise da bioatividade das substâncias húmicas alcalino solúveis, os ácidos húmicos (AH) e fúlvicos (AF), isolados de turfeiras da SdEM foi realizada por Silva *et al.*, 2011. Este trabalho concluiu que os AH foram mais bioativos (maior indução de raízes laterais com menor dose) enquanto a maioria dos AF não promoveu o crescimento radicular em tomateiro.

Bispo *et al.*, (2015) caracterizaram morfológica, física e químicamente as turfeiras da cabeceira do córrego Cachoeira dos Borges e do Rio Preto (Bacia hidrográfica do Rio Araçuaí), sendo a primeira fora e a segunda dentro dos limites do Parque Estadual do Rio Preto (SdEM). Os resultados assinalaram melhor conservação da turfeira situada dentro da unidade de conservação. Isso aponta para a necessária preservação das turfeiras, tendo em vista o potencial destes pedoambientes na retenção de água e carbono, para realização de estudos paleoambientais e fonte de material com utilidades múltiplas.

3.6 O Geoprocessamento e as turfeiras

3.6.1 Conceitos e definições

As técnicas de geoprocessamento, os Sistemas de Informações Georreferenciadas (SIG) e o Sensoriamento Remoto (SR) estão inseridos no universo das Geotecnologias (ROSA, 2005). O termo Geotecnologias corresponde ao conjunto de tecnologias como: sistema de posicionamento global (GPS), sistema de informações geográficas (SIG), geoprocessamento, sensoriamento remoto (SR), entre outras. Este conjunto de ferramentas possibilita a análise espacial consistente (ROSA, 2005; FLORENZANO, 2005; FONSECA *et al.*, 2014).

Para Fonseca *et al.*, (2013b), geoprocessamento corresponde a técnica que utiliza ferramentas matemáticas e computacionais cuja finalidade é representar o espaço geográfico e seus diversos contextos. Essa técnica representa uma janela de oportunidades, a qual é empregada desde o enfoque do *Geomarketing* aos estudos ambientais em suas múltiplas

finalidades (FONSECA *et al.*, 2014). Geoprocessamento é ainda conhecido como procedimento técnico, ou um conjunto de tecnologias que possibilita a manipulação, a análise, a simulação e a modelagem, pela visualização de informações geográficas (FITZ, 2010).

Suñer (2009) destaca que SIG é um sistema composto por hardware, software e procedimentos para facilitar a coleta, gestão, manipulação, análise, modelagem, representação e saída de dados espacialmente referenciados, os quais visam resolver problemas complexos de planejamento e gestão. Embora esta definição não inclua o *peopleware*, o mesmo pode ser visto implicitamente na mesma. Porém, a realização dos procedimentos elencados por Suñer (2009) não se dá virtualmente sem que alguém que possua conhecimento prévio, e realize uma tarefa usando o microcomputador e seja capaz de alterar substancialmente a representação gráfica dos dados espaciais, manipulados por meio do *software*. Portanto, os componentes de um SIG compreendem: *hardware* (computador, impressora, dentre outros), *software* (programa computacional), *dataware* (dados) e *peopleware* (usuário do SIG), sem os quais a análise espacial é impossibilitada (ROSA, 2009).

Sensoriamento Remoto se refere a “Tecnologia que permite obter imagens, (e outros tipos de dados) da superfície terrestre, por meio da captação e registro da energia refletida ou emitida pela superfície” (FLORENZANO, 2011). Para a autora, os avanços nessa área se devem aos esforços na área das Geociências, Matemática, Física, Química, Biologia e Computação. A interação entre a energia eletromagnética (REM) e o alvo imageado, implica em vários fenômenos: absorção, transmissão, reflexão, emissão e espalhamento. O tipo de interação da REM depende das características físico-químicas do alvo (PONZONI *et al.* 2012). Para Florenzano (2011), esta interação é possibilitada pela existência de sensores remotos, que por sua vez, são os equipamentos que captam e registram a energia refletida ou emitida pela superfície terrestre.

São utilizados dois tipos de sensores, os ativos como o sistema de radar, (“Radio Detection and Ranging” ou detecção e localização por ondas de rádio) os quais possuem energia própria e, os passivos que dependem da energia oriunda do sol ou de qualquer outra fonte para realizar sua função. Dependendo do sensor, poderá ser utilizada a energia refletida pela própria superfície terrestre (FLORENZANO, 2011).

Fitz (2010) considera as ferramentas (*e.g. softwares/aplicativos*, aparelho GPS, etc.) que foram desenvolvidas para tratamento da informação geográfica como: consistentes, precisas e rápidas. Este autor destaca o Sistema GPS (Sistema de Posicionamento Global), o qual permite a obtenção das coordenadas geográficas de qualquer localidade em campo.

Cabe salientar a existência de outros sistemas de posicionamento por satélite. Em destaque estão: o GLONASS (*Global Navigation Satellite System*), que pertence ao governo russo e, o GALILEO, sob domínio Europeu (FITZ, 2010). Sendo assim, cada ferramenta contextualizada em geotecnologia, possui valor singular e, na prática são utilizadas em conjunto.

3.6.2 Aplicações ambientais do Geoprocessamento em turfeiras

O uso das técnicas de geoprocessamento para avaliação da ocupação antrópica nas turfeiras ainda é bastante incipiente (pelo menos no Brasil). No entanto, a potencialidade destas técnicas poderá auxiliar no monitoramento consistente e eficaz, devido a possibilidade de atualização constante dos produtos cartográficos. Assim, o mapeamento das áreas do entorno das turfeiras por meio de técnicas de geoprocessamento é requerido. Esta ação auxiliará na identificação e monitoramento de áreas potenciais para preservação ambiental. Trabalhos nesse sentido (*e.g.* Squeo *et al.*, 2006, Varas, 2011, Silva *et al.*, 2013a) são realizados em diversos países e também no Brasil, mas em pequena escala. Isto é, de modo reduzido se comparado a outras técnicas de estudos ambientais.

Sheng *et al.*, (2004), realizaram um inventário de áreas com turfeiras em uma planície no oeste da Sibéria utilizando SIG. Estes autores estimaram o estoque de carbono, por meio da análise de dados coletados em trabalhos de campo em 10.000 (dez mil) turfeiras. Tais estudos merecem destaque em função de sua relevância elementar na compreensão de áreas que são responsáveis pela perenidade dos rios regionais e locais.

Análise de assinatura espectral de turfeiras (com imagens Landsat 5/7 TM/ETM+, usando todas as bandas) da região de São Petersburgo (Rússia) foi realizado por Krankina *et al.*, (2008). Estes autores apresentaram a utilização consistente de dados de sensoriamento remoto para melhor compreensão das áreas de turfeiras, utilizando dados do sensor MODIS, embarcado na plataforma Terra. Concluíram que a banda 4 TM (0.76 - 0.90 μm), apresenta maior valor de refletância, para o substrato herbáceo seco, encontrado em turfeiras da região de São Petersburgo.

Varas (2011) realizou o cadastro de turfeiras no Chile apontando o manejo sustentável destes ecossistemas. Este autor utilizou técnica de Processamento Digital de Imagens, produziu informações georreferenciadas e realizou classificação supervisionada

(Máxima Verossimilhança) para identificação de turfeiras. Além disso, gerou um banco de dados geoespacial sobre a ocorrência de turfeiras da 10ª região do Chile.

Para mapeamento de áreas úmidas utilizando geoprocessamento, Borges (2012) utilizou fotografias aéreas do Projeto USAF de 1966 e imagens orbitais da série RapidEye de 2009, vislumbrando análise espaço-temporal dos avanços da ocupação antrópica em Áreas de Preservação Permanente - APP na bacia do Rio Uberabinha.

Silva *et al.*, (2013a), usaram técnicas de geoprocessamento para identificação de turfeiras na SdEM. Os autores utilizaram recursos como: imagens orbitais da série Landsat TM, o *software* Google Earth™ e a plataforma dos aplicativos ArcGIS™ e Envi™, e confirmaram a relevância das mencionadas técnicas em estudos do ecossistema das turfeiras.

Técnicas de geoprocessamento foram empregadas para análise da relação geomorfológica, hidrológica e gênese das turfeiras na SdEM (CAMPOS, 2014). A partir da geração automática da rede de drenagem, o autor sobrepôs imagens orbitais da série Landsat 7 (ETM+) com propósito de analisar a relação entre morfoestratigrafia, hidrologia e o comportamento espacial das turfeiras.

3.7 Justificativas

A contribuição do geoprocessamento para estudo da dinâmica das atividades antrópicas, em áreas adjacentes às turfeiras da SdEM, ao longo dos anos é de grande importância. Do mesmo modo, possibilita cartografar cronologicamente estes pedoambientes e suas adjacências com eficácia. Além de cartografar, permite analisar em escala temporal as turfeiras e atualizar constantemente os produtos cartográficos gerados, contribuindo assim para o monitoramento destes importantes pedoambientes, enquanto ecossistemas responsáveis pelo equilíbrio no regime hidrológico regional, como sequestradores de carbono e como marcos de mudanças ambientais pretéritas.

Silva *et al.*, (2013a) mapearam 1.180.000 hectares da porção norte da SdEM e identificaram 14.288 hectares de turfeiras, sendo 10.726 ha na Bacia do Rio São Francisco, 3.389 ha na Bacia do Rio Jequitinhonha e 172 ha na Bacia do Rio Doce. Estas turfeiras armazenam 142.138.262 metros cúbicos de água, o que daria para abastecer a cidade de São Paulo (consumo de 5,65 m³ per capita⁻¹ mês⁻¹) em 2009 (11.037.693 hb) por 2 meses e 10 dias. O estoque total de matéria orgânica nestas turfeiras chega a 4.488.577 toneladas, o que equivale a 2.693.196 toneladas de carbono.

Muitas destas turfeiras se situam fora de unidades de conservação, sofrem intensa pressão antrópica (pastoreio, fogo, agricultura, dentre outras) e estão se degradando rapidamente (BISPO, 2013 e BISPO *et al.*, 2015). Uma análise espacial e temporal, por meio do geoprocessamento, possibilita identificar a dinâmica destes pedoambientes frente ao avanço de atividades antrópicas *in situ* e no entorno (CÂMARA *et al.*, 2001; FITZ, 2010; FONSECA, 2013; FONSECA *et al.*, 2014).

A utilização do geoprocessamento, a análise comparativa de fotografias aéreas do Projeto USAF (*United States Air Force*), obtidas em vôos realizados entre 1964 e 1966 (1:60.000) e da EMBRAFOTO, de 1979 (1:25.000), além de imagens de satélite de 1984, 1995, 2005 e 2014 possibilita acompanhar o uso e ocupação das turfeiras e de suas áreas adjacentes. Desse modo, estudos que dê em privilégio à compreensão das turfeiras enquanto ecossistemas de elevada importância devem ser realizados.

Esta proposta de pesquisa é relevante devido a necessidade inerente de preservação das turfeiras da SdEM. As formas de uso e ocupação da terra nas áreas destes ecossistemas podem ter alterado as características originais das turfeiras, condição que poderá ser amenizada por meio da preservação destes ecossistemas. As turfeiras da área de estudo possuem relação direta com a quantidade e qualidade da água das bacias hidrográficas dos rios: São Francisco, Doce e Jequitinhonha (SILVA *et al.*, 2009a).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Caracterização da área de estudos

4.1.1 Localização

A cadeia do Espinhaço em sua totalidade abrange desde a região central de Minas Gerais até o interior da Bahia e está situada nas áreas do cinturão orogênico do Atlântico (ROSS, 2009). A Serra do Espinhaço Meridional - SdEM está inserida nas mesorregiões mineiras, Vale do Jequitinhonha e Norte de Minas (Figura 4).

Silva (2012) estudou uma área de 1.180.109 ha da porção norte da SdEM, em Minas Gerais. Nestas áreas, cujos aspectos geomorfológicos condicionam a formação de turfeiras, a maioria dos córregos e rios possuem suas cabeceiras localizadas em ambientes turfosos.

4.1.2 Municípios e demografia

A SdEM abrange os seguintes municípios: Santana do Riacho, Congonhas do Norte, Diamantina, Gouveia, Presidente Kubitschek, Santana do Pirapama, Morro do Pilar, Gouveia, Serro, Datas, Alvorada de Minas, Monjolos, Augusto Lima, Couto de Magalhães, Santo Hipólito, São Gonçalo do Rio Preto, Buenópolis, Bocaiúva e Olhos D'água (Figura 4). A população estimada destes municípios soma 280.600 habitantes (IBGE, 2015). Essa população, em sua maioria depende direta ou indiretamente das águas que se tornam disponíveis por intermédio da retenção que ocorre nas turfeiras. Este é um dentre muitos fatores que definem esses pedoambientes como essenciais à sobrevivência humana e também da fauna e flora regional.

O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) médio dos municípios inseridos na SdEM equivale a 0,633 para o ano de 2010. Este valor é inferior tanto ao IDH médio do Estado de Minas Gerais (0,731) quanto ao do Brasil (0,744), para o mesmo ano (PNUD, 2015). As figuras 6 e 7 apresentam a população estimada em 2015 e os valores de IDH dos municípios inseridos na SdEM, respectivamente

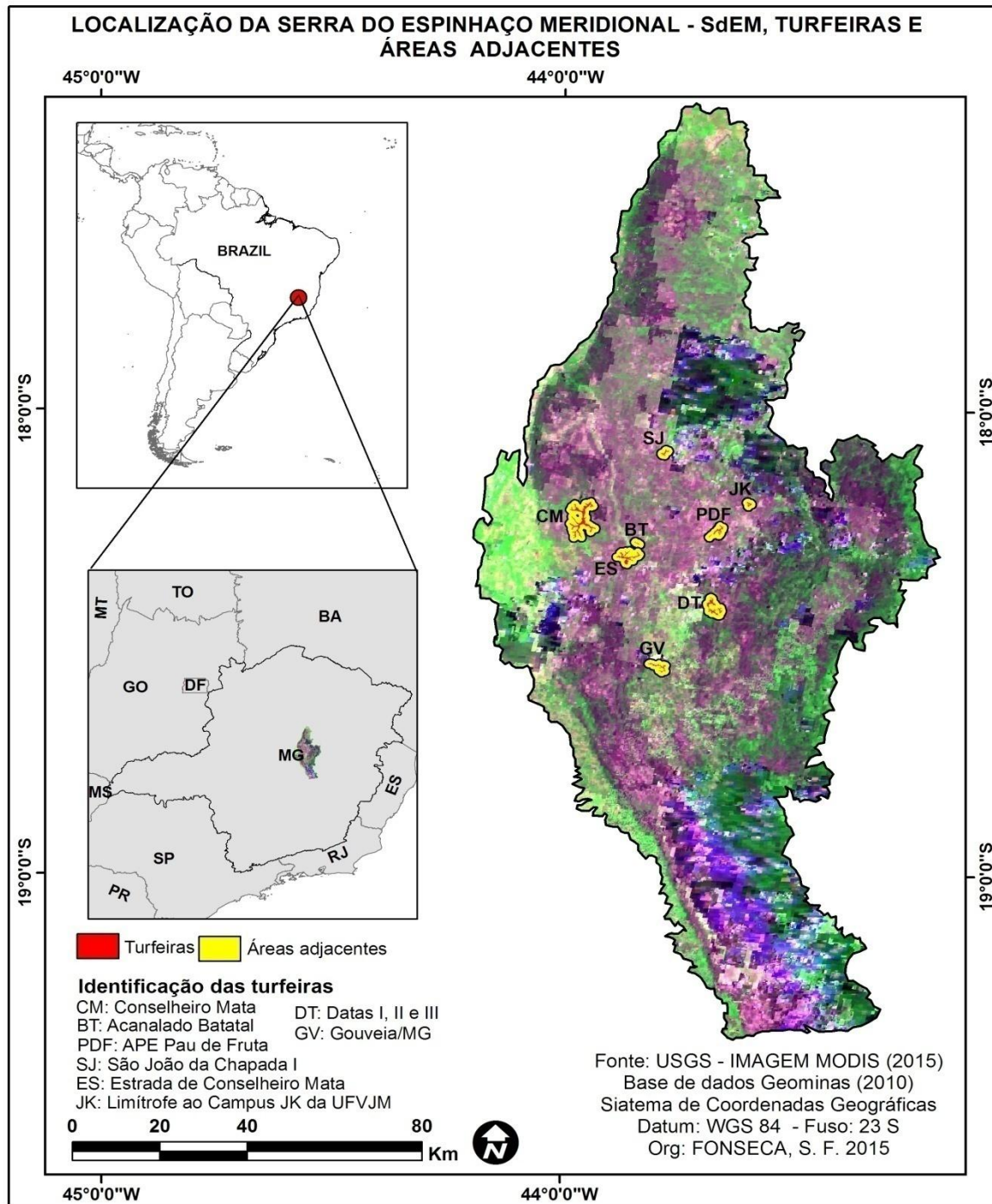


Figura 4: Mapa de localização da Serra do Espinhaço Meridional – SdEM. A figura destaca a América do Sul, Brasil e em Minas Gerais. Localização das turfeiras e áreas adjacentes estudadas. O limite da SdEM utilizado por Silva (2012). As áreas adjacentes em relação às turfeiras foram calculadas a partir de um Buffer de 1.000 m das bordas das mesmas. **Fonte:** USGS - United States Geological Survey, Imagem MODIS, 2015.

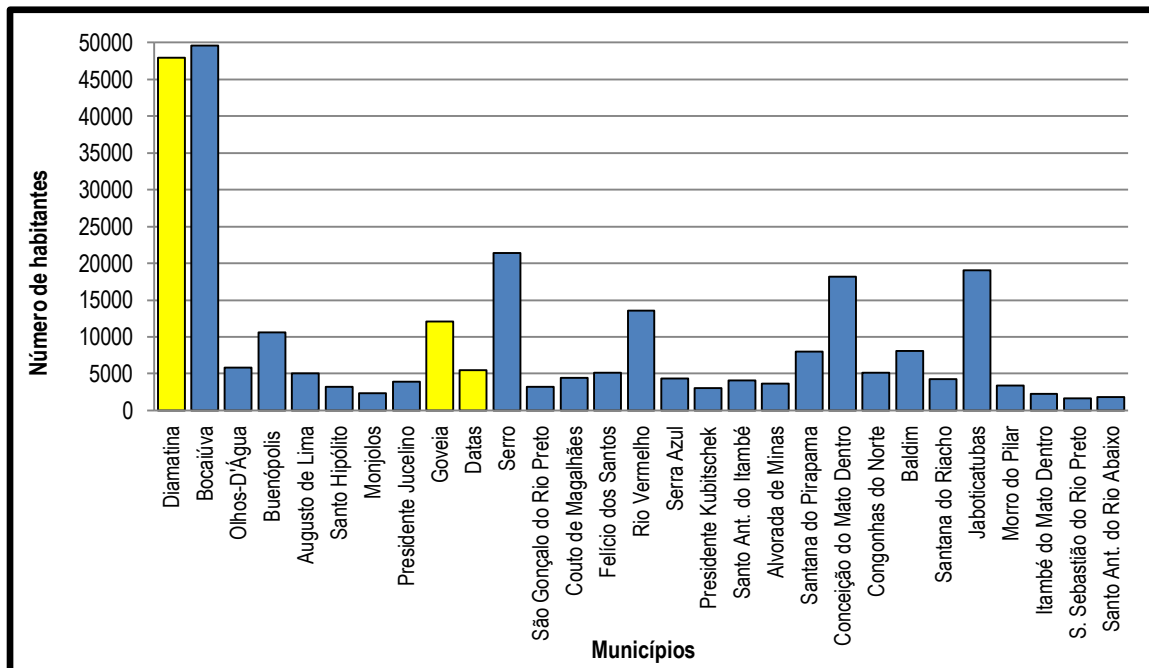


Figura 6: População dos municípios inseridos na SdEM. Os municípios que a área de estudo abrange estão destacados neste gráfico (em amarelo). Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, (2015).

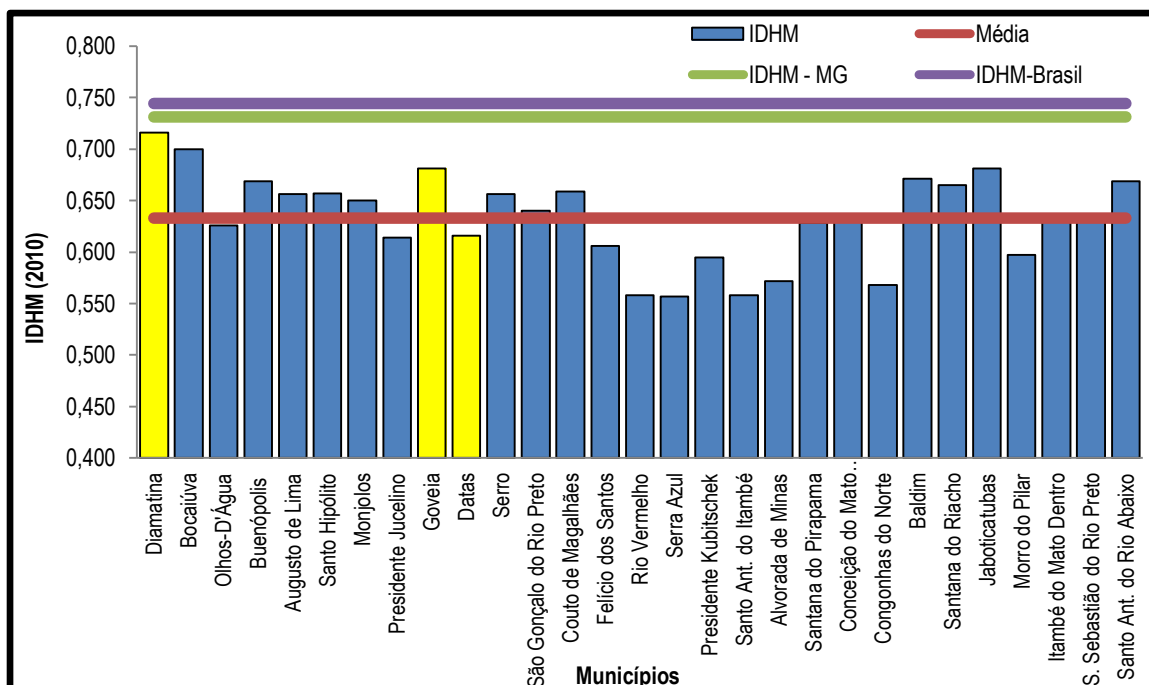


Figura 7: Índice de desenvolvimento humano médio - IDHM dos municípios inseridos na SdEM. Os municípios que a área de estudo abrange estão destacados neste gráfico (em amarelo). Fonte: PNUD Brasil (2015).

4.2 Fisiografia

4.2.1 Geologia

Segundo Almeida-Abreu (1995) a SdEM apresenta uma faixa orogênica que limita o sudeste do Cráton São Francisco. Essa porção de terras altas abrange desde a região do Quadrilátero Ferrífero até Olhos d'Água e está edificada sob rochas do Supergrupo Espinhaço, destacando-se notadamente rochas quartzíticas e, subordinadamente, rochas filíticas, conglomeráticas e vulcânicas ácidas e básicas.

Almeida-Abreu (1995) subdivide o Supergrupo Espinhaço nas unidades: Grupo Guinda e Grupo Conselheiro Mata. Segundo Silva (2012) a nomenclatura Grupo Guinda corresponde ao antigo Grupo Diamantina, cujo termo foi alterado por Knauer (1990).

Para Silva e Knauer (2011) os Grupos Costa Sena e Guinda constituem duas das unidades estratigráficas fundamentais que afloram ao longo da Serra do Espinhaço, principalmente na região de Diamantina/MG. O primeiro foi definido englobando duas formações paleoproterozóicas: Barão do Guaicuí (constituída por xistos) e Bandeirinha (abrangendo quartzitos e metarruditos). O Grupo Guinda, formado por quartzitos, metarruditos e filitos, é subdividido nas formações São João da Chapada e Sopa-Brumadinho e compõe a base do Supergrupo Espinhaço (SILVA e KNAUER, 2011).

O Grupo Conselheiro Mata é uma unidade constituída por alternâncias cíclicas de sedimentos arenosos e também síltico-argilosos, caracterizando episódios transgressivos e regressivos de um antigo ambiente marinho (DUSSIN *et al.*, 1990). Junto com o Grupo Guinda, constitui uma das principais unidades geológicas da Serra do Espinhaço Meridional (ALMEIDA-ABREU, 1995).

De acordo com Silva *et al.*, (2013a) a Formação Sopa Brumadinho ocupa uma de área de 273.978,71 ha da SdEM e juntamente com a Formação Galho do Miguel formam mais de 50% do embasamento rochoso de todas as turfeiras mapeadas na SdEM.

A Formação Galho do Miguel, se destaca por ser a mais extensa da SdEM. Essa Formação está inserida no Grupo Guinda, o qual pertence ao Supergrupo Espinhaço (ALMEIDA-ABREU, 1995). A figura 8 apresenta um afloramento de Quartzito da Formação Galho do Miguel em Batatal (Acanalado Batatal), no município de Diamantina/MG.



Figura 8: Maciço rochoso de Quartzito da Formação Galho do Miguel no Acanalado Batatal. No primeiro plano se observa a Depressão Interplanaltica, no segundo, ocorrência de alvéolos. Fotografia adquirida em 19/10/2015. Nesta data havia sinais de queimadas neste pedoambiente.

A turfeira inserida no Distrito de Conselheiro Mata, está assentada sobre Coberturas Detrito-lateríticas, Formação Rio Pardo Grande e Formação Córrego Pereira. Além disso, nesta área ocorrem também Soleiras e Diques máficos. Nestas soleiras a vegetação apresenta maior vigor.

A turfeira Gouveia, situa-se sobre o Complexo homônimo, cuja litologia abrange Granitos e Gnaisses. A maioria das turfeiras estudadas (Datas I, II e III, Pau de Fruta, Batatal, Limítrofe ao Campus JK e São João da Chapada) e mais de 40 % da área adjacente à turfeira situada na rodovia MG 220, estão inseridas sobre as formações Sopa-Brumadinho e Galho do Miguel.

A Turfeira situada na estrada de acesso à Conselheiro Mata, está sobreposta à cinco Formações distintas: Galho do Miguel, Córrego Bandeira, Santa Rita, Córrego dos Borges e Córrego Pereira. Este mesmo pedoambiente é denominado por Silva (2012), de turfeira Mendes (devido a proximidade com o povoado homônimo), e por Campos (2014) como turfeira da Serra da Doida (devido a localização da mesma, próximo a Serra da Doida). A seguir é apresentado um esboço geológico da área estudada (Figura 9).

4.2.2 Geomorfologia

Do ponto de vista geomorfológico a Serra do Espinhaço compreende uma área que poderia ser também chamada de Planalto do Espinhaço (SAADI, 1995). De acordo com Saadi (1995) essa área apresenta um Planalto meridional e outro setentrional, os quais possuem características litoestruturais e morfológicas diferenciadas. Segundo Campos (2014) a porção centro/sul da SdEM, próximo ao município de Gouveia o relevo torna-se marcado por formas colinares e suaves, associado a rochas menos resistentes ao intemperismo químico, as quais integram o complexo Gouveia e o Grupo Costa-Sena.

As áreas de ocorrência de turfeiras apresentam características distintas de outras paisagens, pois, geralmente se encontram em depressões, que apresentam material hidromórfico, cujas rochas apresentam maior susceptibilidade ao intemperismo e estão confinadas entre quartzitos altamente resistentes (CAMPOS, 2014).

As turfeiras estudadas neste trabalho estão situadas em três patamares altimétricos:

(1) Planalto de Diamantina (> 1300 m): nesta região situada em cotas topográficas superiores a 1.300 m, estão localizadas as turfeiras: (i) APE Pau de Fruta (PDF), (ii) Limítrofe ao Campus JK (JK), (iii) São João da Chapada (SJC), e as turfeiras de (iv) Datas (DT).

(2) Transição Planalto-Depressão (1120-1.210 m): Na superfície intermediária, entre 1.120 e 1.210 m, dois destes ecossistemas são encontrados: turfeira no Acanalado Batatal e na Estrada de acesso à Conselheiro Mata. A figura 10 destaca a distribuição espacial das turfeiras no mapa hipsométrico.

(3) Depressões de Conselheiro Mata e Gouveia (1000-1070 m): Nas Depressões (Gouveia e Conselheiro Mata), as turfeiras situam-se sobre uma área rebaixada, entre 1.000 e 1.070 m. Essas turfeiras recebem a nomenclatura dos respectivos locais de origem.

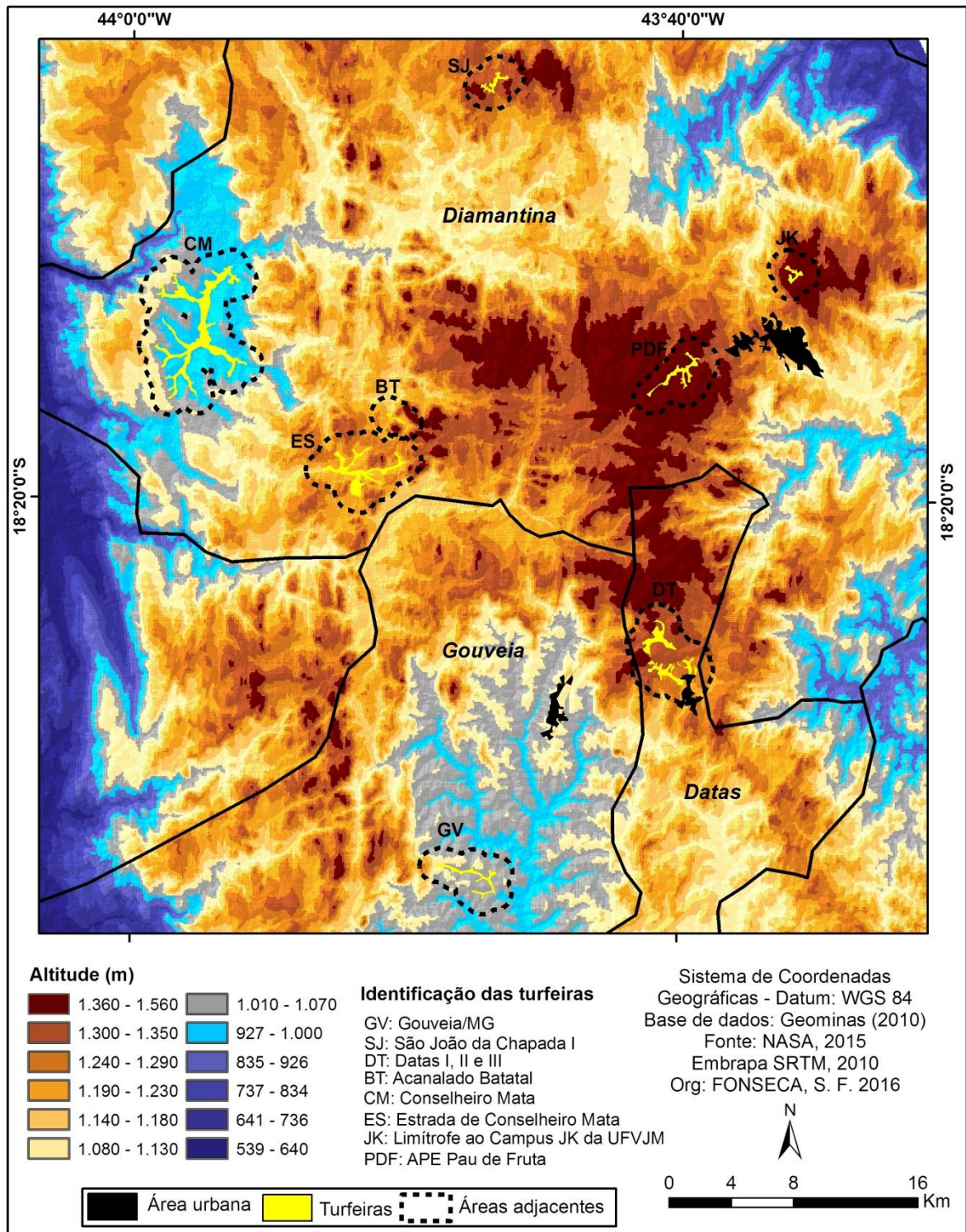


Figura 10: Mapa hipsométrico da área de estudo. As turfeiras estudadas neste trabalho estão divididas entre o Planalto de Diamantina (cotas superiores a 1.320m) e as Depressões de Gouveia e de Conselheiro Mata.

4.2.3 Pedologia

Os solos encontrados na SdEM em maior abundância são os Neossolos Litólicos. Estes são solos rasos e se desenvolvem associados às rochas quartzíticas. No interior e nas bordas da SdEM, principalmente em área moldada sobre o embasamento granítico-gnaíssico, xistos, filitos e rochas metabásicas, rochas mais susceptíveis ao intemperismo, são desenvolvidos os Latossolos e Cambissolos, que por sua vez são solos mais espessos (SILVA *et al.*, 2013b).

Em menor escala são encontrados, os Nitossolos e os Argissolos, os quais são oriundos de rochas gnáissicas, filíticas e básicas e configuram-se como importantes áreas de recarga dos aquíferos. Os Neossolos Flúvicos, também presentes na SdEM, caracterizam-se por camadas intercaladas de areia grossa e areia fina e se associam às regiões de terraços (SILVA *et al.*, 2005). Originados de sedimentos fluviais quaternários os Gleissolos, mais precisamente na região central e leste da SdEM, ocupam, em grande proporção, áreas de preservação permanente por meio do fator localização, isto é, encontram-se ao longo dos mananciais superficiais (SILVA *et al.*, 2013b).

Na área de estudo são encontrados: Afloramento rochoso (AR); Cambissolo Háplico tb Distrófico típico (CXbd); Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico típico (LVAd); Neossolo Litólico Distrófico típico (RLd) e Neossolo Quartzarênico Órtico típico (RQo). Estas classes de solo estão expostas na figura 11.

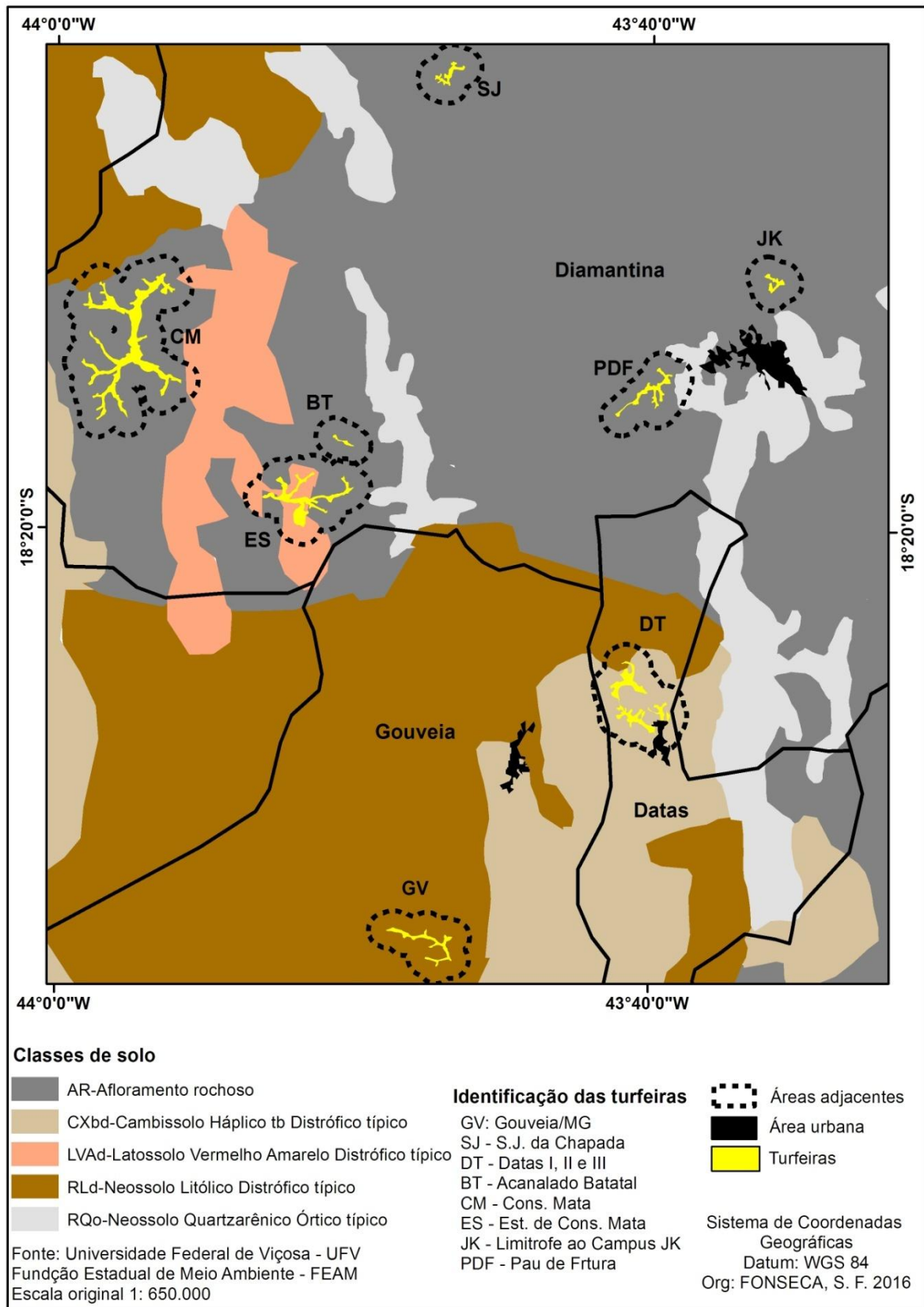


Figura 11: Mapa pedológico da área de estudo. Nota-se que 6 (seis) destes pedoambientes situam-se sobre áreas com constantes afloramentos rochosos.

4.2.4 Hidrografia

O cenário hidrográfico da SdEM é composto por três bacias hidrográficas importantes. Estas bacias são abastecidas por cursos d'água oriundos da SdEM: Bacia do Rio São Francisco, do Rio Doce e do Rio Jequitinhonha (FELIPPE *et al.*, 2012). Essas importantes bacias hidrográficas abastecem uma porção significativa do Brasil, especificamente os estados do Espírito Santo, Minas Gerais, Bahia, Pernambuco, Sergipe e Alagoas, os quatro últimos por meio do Rio São Francisco, que recebe forte influência do Rio Jequitaiá.

Nas depressões das superfícies aplainadas da SdEM estão as cabeceiras dos cursos d'água, constituídas por turfeiras, responsáveis pela retenção das águas pluviais (SILVA *et al.*, 2013a). O conhecido efeito esponja das turfeiras possibilita que as águas fiquem armazenadas nestes pedoambientes, sendo liberadas gradativamente no decorrer do ano (SILVA *et al.*, 2009a; HORÁK, 2009; CAMPOS *et al.*, 2012; SILVA *et al.*, 2013a).

O Planalto de Diamantina se constitui o teto orográfico regional. Além disso, assume a função de irradiador das drenagens dos rios São Francisco, Doce, Jequitinhonha e Araçuaí (SAADI, 1995). O interflúvio das bacias de leste e oeste acompanha, aproximadamente, o submeridiano central da SdEM.

4.2.5 Vegetação

A vegetação nativa da SdEM é representada pela presença de espécies endêmicas, as quais estão condicionadas às variações climáticas e geomorfológicas. A área pesquisada insere-se nos domínios do Cerrado. Segundo Viana e Lombardi (2007) na área estudada, entre altitudes aproximadas de 900 e 1.350 m, a composição da paisagem é dominada pela presença dos Campos rupestres. Esta fitofisionomia possui forte associação com a presença de quartzitos (rochas características da SdEM). São encontrados, dentre as fitofisionomias na região, matas de galeria (junto aos cursos hídricos), capões de mata (nas turfeiras, entremeados à fitofisionomia Campo Limpo Úmido), campos rupestres, campos limpos e cerrado (VIANA e LOMBARDI, 2007). Todas as fitofisionomias estão inseridas no Bioma Cerrado (RIBEIRO e WALTER, 1998).

As Fitofisionomias principais das turfeiras são: Campo Limpo Úmido, caracterizado por herbáceas e gramíneas; campo rupestre, que apresenta espécies da família *Xyridaceae*,

Eriocaulaceae, *Cyperaceae*, *Gentianaceae*, *Lentibulariaceae*, *Bromaliaceae* e *Poaceae*. Além dessas duas fitofisionomias ocorrem ainda, Florestas Estacionais Semidecíduais, as quais são responsáveis pela ocorrência de capões nas turfeiras (HORAK, 2009).

Nas turfeiras é comum a ocorrência de espécimes das famílias *Xyridaceae*, *Eriocaulaceae*, *Cyperaceae*, *Gentianaceae*, *Lentibulariaceae*, *Bromeliaceae* e *Poaceae* (CAMPOS *et al.*, 2012). Não são raros os capões em ambientes das turfeiras, formados por espécies da Floresta Estacional Semidecidual (Figuras 12). Estes capões podem confundir o intérprete no momento da fotointerpretação, pois dependendo da escala de análise, sua resposta espectral se confunde com sombra de nuvens. A figura 13 apresenta um mapa de cobertura vegetal e usos da terra na SdEM. Este mapa foi elaborado pelo Instituto Estadual de Florestas - IEF e pela Universidade Federal de Lavras – UFLA, em 2009. Tal mapa foi utilizado como referência no auxílio à classificação realizada neste trabalho.



Figura 12: Presença de Capões na Turfeira localizada em Datas/MG (SdEM). As setas indicam os capões. Ao fundo se observa presença de monocultura de eucalipto. Esta turfeira está situada sobre o limite entre as Formações: Sopa-Brumadinho e Galho do Miguel. Fotografia adquirida em 12/10/2015.

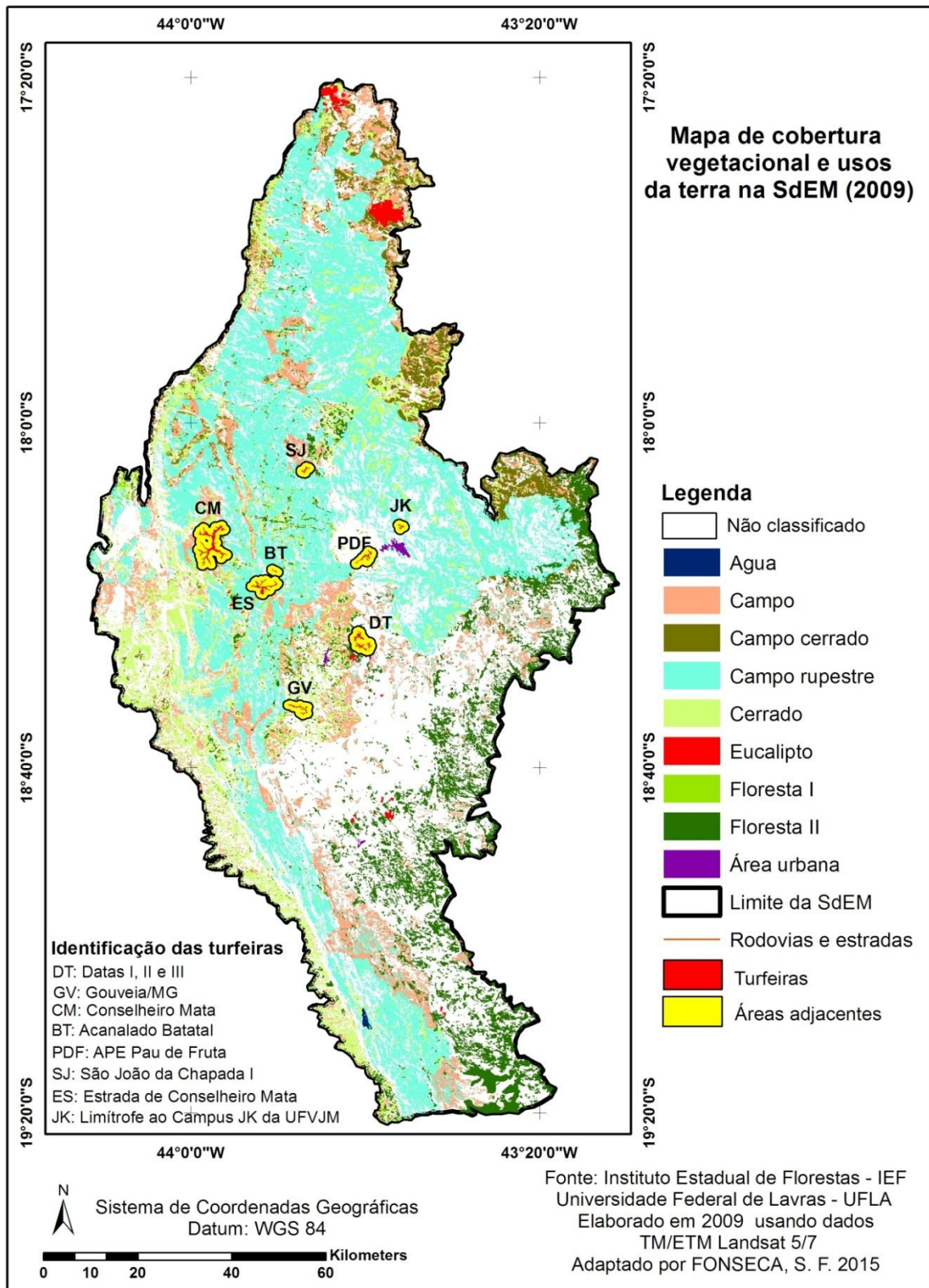


Figura 13: Mapa das fitofisionomias vegetais e uso da terra na SdEM (2009). Floresta I corresponde à Floresta Estacional Decidual Montana e Floresta II a Floresta Estacional Semidecidual Montana.

Fonte: Instituto Estadual de Florestas – IEF e Universidade Federal de Lavras - UFLA, 2009.

4.2.6 Clima

A SdEM possui características climáticas profundamente influenciadas pela altitude, tendo em vista a presença da Serra do Espinhaço (CAMPOS *et al.*, 2014). As médias históricas de temperaturas anuais da SdEM atingem 18,96 °C, valor que varia entre a médias de 16,09 °C, no mês mais frio (julho) e médias de 21,27 °C para o mês de janeiro, mês mais quente (CAMPOS *et al.*, 2012). Segundo a classificação de Köppen o clima da SdEM é caracterizado como Cwb, ou seja, mesotérmico. A distribuição sazonal das chuvas se dá principalmente entre os meses de outubro e março. Em contrapartida os meses de junho a agosto são geralmente os mais secos (SILVA *et al.*, 2005; SILVA *et al.*, 2009a).

A precipitação média anual do município de Diamantina (no qual está inserida a maioria das áreas adjacentes estudadas neste trabalho) é 1.404 mm (VIEIRA *et al.*, 2010). A precipitação e temperatura média mensal de Diamantina podem ser visualizadas na figura 14.

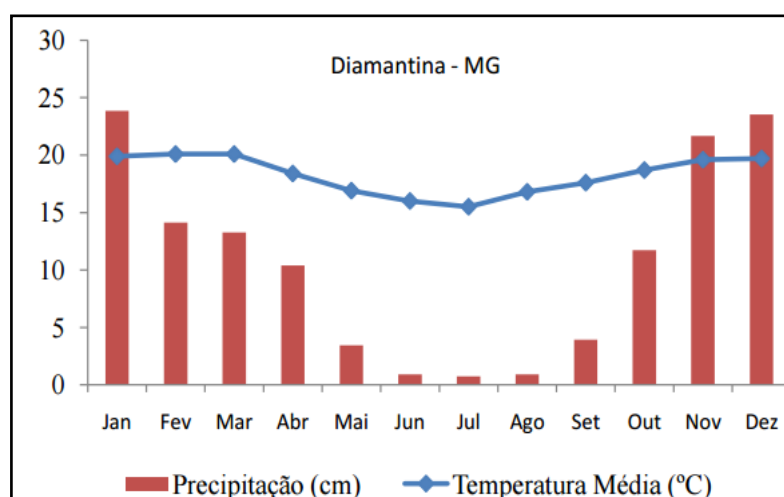


Figura 14: Precipitação e temperatura da cidade de Diamantina. Gráfico gerado a partir de dados disponível no Banco de Dados do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, entre 1964 e 2011. Adaptado de Monteiro, 2012.

4.3 Elaboração de Banco de dados

Estudou-se um período de 50 anos. Portanto, trata-se de uma análise espacial e temporal. Foram utilizadas fotografias aéreas do Projeto United States Air Force - USAF. Estas fotografias foram adquiridas na Biblioteca Professor Reinhard Pflug – Instituto Casa da

Glória – IGC/UFMG, em Diamantina/MG. Elas abrangem áreas inseridas na folha Diamantina e Presidente Kubitschek, ambos na SdEM (Tabelas 2 e 3).

Tabela 2: Informações das fotografias aéreas utilizadas (1964).

Execução: USAF	Projeto		Tipo de Filme	
	AF 63-32 (vôo AST - 10)		Pancromático em Preto e Branco	
	Ano	Meses	Câmara	Altura do vôo (m)
	1964 a 1966	Julho - Setembro	Fairchild KC 1B	9.144
	Escala das Fotografias		Identificação	
	1: 60.000		CPRM - Folha 2423	Linhas 58C a 62A

Fonte: USAF – United States Air force (Força Aérea dos Estados Unidos). Levantamento aerofotogramétrico, fruto do convênio Brasil – Estados Unidos. As fotografias utilizadas neste trabalho foram cedidas gentilmente pelo Instituto Casa da Glória, acervo da Biblioteca Professor Reinhard Pflug.

Tabela 3: Informações das fotografias aéreas utilizadas (1979).

Execução: EMBRAFOTO	Projeto		Tipo de Filme	
	Serra do Espinhaço		Pancromático em Preto e Branco	
	Ano	Meses	Câmara	Altura do vôo (m)
	1979	Julho - Outubro	Wild RC 10	3.790
	Escala das Fotografias		Identificação	
	1: 25.000		CPRM - Folha 2423	Faixas 7 a 13

Fonte: EMBRAFOTO - Empresa Brasileira de Fotografias Aéreas Ltda. As fotografias estão disponíveis no sítio da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais-CPRM (sítio <http://acervo.cprm.gov.br/>).

As fotografias aéreas, utilizadas no presente trabalho foram captadas nos meses de junho, julho, agosto e setembro, entre os anos de 1964-1966 e 1979. Somente duas fotos, de todo o conjunto, foram tiradas no mês de maio. Todas foram captadas com um sensor pancromático.

Foram adquiridas imagens de satélite dos anos de 1984, 1995 e 2005, as quais são captadas pelo sensor TM (*Thematic Mapper*), embarcado ao satélite Landsat 5, ambas no site do *United States Geological Survey* (USGS). Para o ano de 2014, utilizou-se imagens da série Landsat 8, captadas pelo sensor (OLI – *Operational Land Imager*), adquiridas no site do USGS.

Os satélites da série Landsat estão entre os primeiros a disponibilizar informações da superfície terrestre. O primeiro da série foi lançado em 1972 (Landsat 1). Após este, os demais, dos quais se destacam: Landsat 4 e 6, que não chegaram a adquirir imagens e Landsat 7 ETM plus, que saiu de órbita em 2003 (MENESES, 2012; FONSECA, 2013).

O satélite Landsat 5 foi lançado em 1984, possui a maior quantidade de dados disponíveis em escala temporal (JENSEN, 2009; FONSECA, 2013). Este possui um sensor (TM) que gera imagens multiespectrais, por meio de sete canais: Azul (0,45 – 0,52 μm); Verde (0,52 – 0,60 μm); Vermelho (0,63 – 0,69 μm); Infravermelho próximo (0,76 – 0,90 μm); Infravermelho médio (1,55 – 1,75 μm); Infravermelho termal (10,40 – 12,50 μm), e Infravermelho distante (2,08 – 2,35 μm). A resolução temporal do satélite Landsat 5 é de 16 dias e o horário local de passagem do mesmo, 10 hs da manhã (JENSEN, 2009; ROSA, 2009; FLORENZANO, 2011).

Além dos já citados, a série Landsat possui ainda o satélite Landsat 8, que entrou em operação em 2013. Este gera imagens em 11 canais (bandas espectrais). Além disso, avançou no sentido de resolução radiométrica, passou de 8 ($2^8 = 256$) para 16 bits ($2^{16} = 65.536$). Isto é, a capacidade de discretizar um alvo, variava em termos de valores digitais, entre 0 e 255 (preto absoluto até o branco), com a nova resolução radiométrica esse mesmo valor se ampliou para o intervalo entre 0 e 65.535 tons distintos. Tais avanços geraram melhorias na análise espacial. Igualmente, permitiram melhor detalhamento na identificação do uso da terra nas áreas adjacentes às turfeiras.

Em termos espectrais, os produtos captados por meio do Landsat 8 apresentam um canal para aerossóis (0,43 – 0,45 μm), e dois canais destinados para a captura de dados na faixa termal (infravermelho termal, 10,60 – 11,19 μm e 10,50 – 12,51 μm), bandas 10 e 11, respectivamente (GAROFALO *et al.*, 2015). Informações elementares a respeito das imagens utilizadas neste trabalho estão expressas na tabela 4.

Tabela 4. Informações sobre as imagens de sensores orbitais utilizadas

Satélite	Ano da Imagem	Sensor	Órbita	Pontos	Dia/Mês
Landsat 5	1984	TM	218	72 e 73	09/08
Landsat 5	1995	TM	218	72 e 73	09/09
Landsat 5	2005	TM	218	72 e 73	18/07
Landsat 8	2014	OLI	218	72 e 73	15/10

Fonte: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, 2014. TM – Mapeador Temático; OLI – Imageador Operacional da Terra.

Foram utilizadas imagens do sensor RapidEye Earth Imaging System (REIS) embarcado na constelação de cinco satélites da missão RapidEye, a qual foi lançada em 2008. O sensor RapidEye capta imagens da superfície terrestre nos seguintes canais: Azul (0,44 – 0,

51 μm); Verde (0,52 – 0,59 μm); Vermelho (0,63 – 0,685 μm); Red-Edge (0,690 – 0,730 μm) e Infravermelho próximo (0,760 – 0,850 μm). Segundo Borges (2012) o canal Red-Edge possui ampla aplicação para averiguar a saúde da vegetação. O uso destas imagens no neste trabalho foi de caráter ilustrativo, visou apresentar a localização das áreas de ocorrência das turfeiras estudadas.

As imagens do sensor RapidEye foram capturados no período entre 24/04 e 27/09 de 2011, por volta das +/-11hs (horário local). Neste trabalho utilizou-se composição colorida (RGB) obtida pelo registro de três bandas (532) do sensor. Os dados do sensor foram obtidos por intermédio do convênio entre o Ministério do Meio Ambiente (MMA) e o Núcleo de Geociências (NuGeo-UFVJM) firmado em Outubro de 2015.

4.3.1 *Trabalhos de laboratório*

Foi elaborado um mosaico com as fotografias aéreas visando adequação para as fases posteriores (classificação e fotointerpretação). Realizou-se o georreferenciamento destas fotografias para identificação das atividades antrópicas no entorno das turfeiras.

A base cartográfica usada corresponde às cartas topográficas editadas pela Divisão de Serviço Geográfico – DSG, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, de 1977 (escala 1/100.000). A partir desta base cartográfica, executou-se o registro das imagens e fotografias aéreas de interesse. Em face da baixa qualidade das fotografias digitais que foram usadas, não foi possível realizar o procedimento de ortorretificação. Desta forma foi usada uma porção de 60% de cada fotografia, esta área é denominada de área útil.

Realizou-se mosaicagem a com fotografias aéreas do Projeto USAF/AST 10 (1964). Como método de reamostragem no georreferenciamento das fotografias foi utilizado interpolação por convolução cúbica (MENESES e ALMEIDA, 2012). Apropriou-se de polinômio de primeira ordem para georreferenciamento das mesmas, produzindo um RMS (Erro médio quadrático) inferior à 1,5 pixel. O registro das imagens foi possibilitado pela aquisição dos pontos de controle e o mapa base foi a Imagem Landsat TM/5 (2006) já georreferenciada, que é distribuída pelo INPE. Para executar este procedimento foi necessário priorizar áreas estratégicas, dentre elas: encontro de estradas, embocadura de pequenas drenagens e outras feições de fácil visualização na imagem (Figura 15).

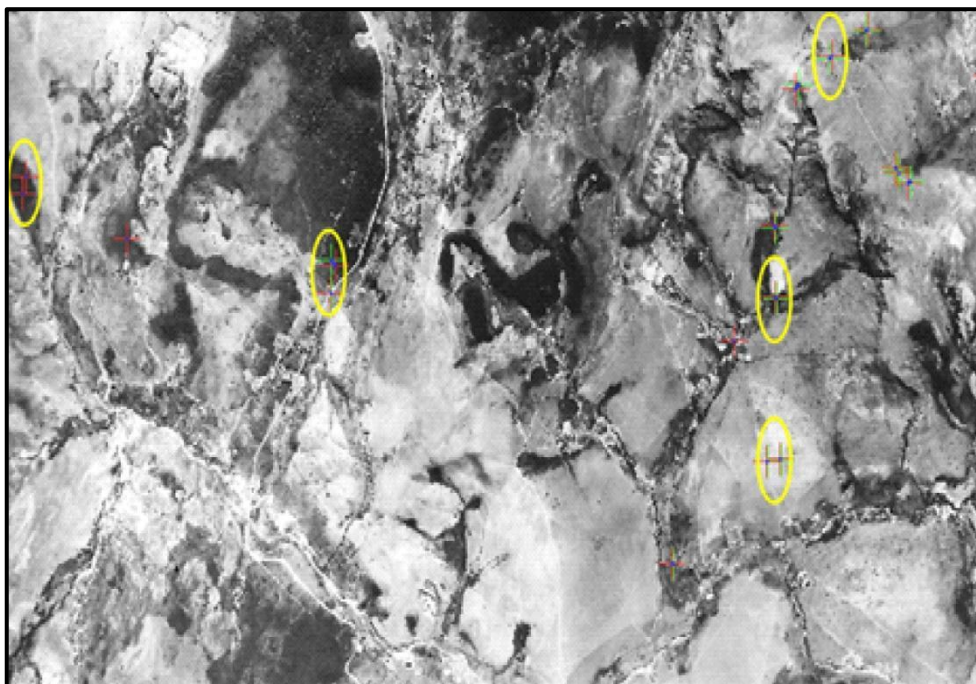


Figura 15. Pontos estratégicos para georreferenciamento. Os círculos amarelos mostram áreas prioritárias para georreferenciamento devido à facilidade de visualização (encontro de estradas, embocadura de córregos etc.).

4.3.2 Seleção de áreas de influência - Buffer

Nesta etapa do processamento foi utilizada técnica de geoprocessamento denominada por Louzada *et al.*, (2012), de Operação Buffer. Este procedimento foi útil para delimitação das áreas adjacentes à 10 (dez) turfeiras estudadas no presente trabalho. A operação de Buffer corresponde a uma análise de proximidade que consiste em gerar subdivisões geográficas bidimensionais na forma de faixas, cujos limites externos possuem uma distância fixa (SILVA, 2003; LOUZADA *et al.*, 2012).

Segundo Mascarenhas *et al.*, (2009) larguras fixas para nascentes estabelecidos como APP pela legislação ambiental vigente, variam de acordo com a largura do canal principal. Na SdEM as turfeiras correspondem à nascentes e a maioria dos canais são inferiores a 10 m de largura. Desta forma é necessário estabelecer um buffer com um raio amplificado de modo que atenda as necessidades que a fragilidade deste ecossistema requer.

As turfeiras investigadas neste trabalho foram anteriormente delimitadas (SILVA, 2012) por técnica de geoprocessamento. Como este trabalho objetiva analisar as áreas no entorno das turfeiras, as quais exercem influências sobre estes pedoambientes, adotou-se um

Buffer com raio de 1.000 m para cada turfeira. Essa delimitação parte do contorno estabelecido anteriormente para cada turfeira da SdEM.

4.4 Procedimentos (técnicas e métodos)

O processamento de dados realizado neste trabalho corresponde às etapas: pré-processamento, sin-processamento e pós-processamento, que foi realizado nas imagens orbitais adquiridas pelos satélites Landsat TM/5 (1984/95/2005) e OLI/8 (2014). Os procedimentos necessários na condução deste trabalho foram realizados usando os seguintes aplicativos Google Earth™, ENVI™ 4.5, ArcGIS™ 9.3 e Quantum GIS 2.10. As rotinas computacionais e os aplicativos utilizados são apresentados na figura 16.

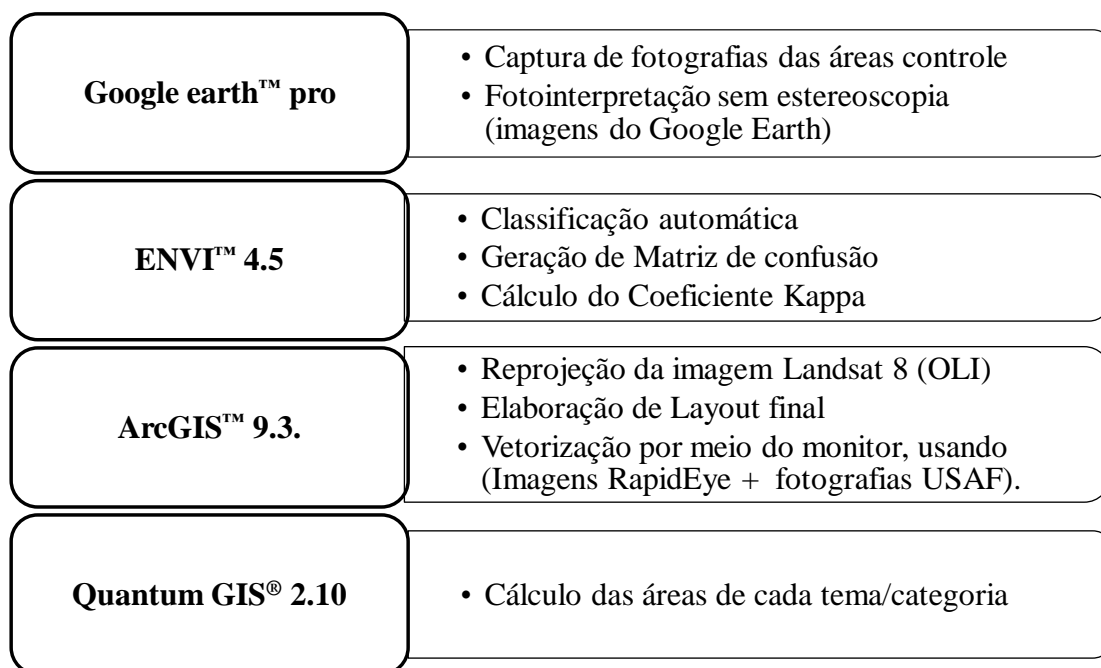


Figura 16: Fluxograma referente aos aplicativos utilizados nas rotinas computacionais

4.4.1 Pré-processamento

A etapa denominada de pré-processamento, corresponde aos procedimentos de correção atmosféricas nas imagens de satélites e georreferenciamento nas fotografias aéreas, como discriminado a seguir:

a) Correção Atmosférica

Para extração das informações atmosféricas contidas no dado. O objetivo é aumentar os contrastes entre os alvos para melhorar a discriminação entre os objetos imageados.

As imagens de reflectância de superfície, adquiridas no sítio do USGS já estão corrigidas quanto às interferências atmosféricas pelo método 6S (*Second Simulation of a Satellite Signal in the Solar Spectrum*) proposto por Vermote et al., (1997), portanto sua aquisição é vantajosa. O método 6S é um modelo de transferência radiativa, cuja principal vantagem consiste no fato de considerar o processo de absorção da radiação eletromagnética, o que implica em valores de reflectância de superfície mais confiáveis (MASEK *et al.*, 2006; PONZONI *et al.*, 2012; ALMEIDA *et al.*, 2015).

Na elaboração estes produtos, a USGS utiliza o software denominado *Landsat Ecosystem Disturbance Adaptive Processing System* (LEDAPS). Este aplicativo executa o roteiro de correção atmosférica *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS) para dados nível-1 Landsat 4-5 Thematic Mapper (TM) e Landsat 7 Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+). (MASEK *et al.*, 2006; ALMEIDA *et al.*, 2015). O software LEDAPS processa o modelo 6s a partir da inserção de dados como vapor d'água, altura geopotencial, espessura óptica de aerossóis, elevação digital, juntamente com os dados do satélite Landsat originais para gerar: a) reflectância de superfície, b) reflectância no topo da atmosfera (ToA), além de outros produtos (MASEK *et al.*, 2006; ALMEIDA *et al.*, 2015).

b) Georreferenciamento

Georreferenciamento possibilita georreferenciar a imagem ou fotografia aérea a um sistema de coordenadas padronizado (ROSA, 2009). Quanto ao georreferenciamento, estas imagens são distribuídas usando o datum WGS 23N. Desta forma, foi suficiente o procedimento de reprojeção, utilizando o aplicativo ArcGIS™9.3. Após reprojeção as imagens assumem o Datum WGS 1984. Deste modo, possibilitam a sobreposição adequada entre imagens orbitais e fotografias aéreas utilizadas neste trabalho.

c) Fusão (Mosaicagem)

Após mosaicagem foi aplicada técnica de Realce de Imagens por meio da geração de composição colorida RGB, (R – Vermelho; G – Verde e B – Azul, bandas 345 Landsat TM/5 e 456 OLI/8). Essa técnica se restringe às imagens de satélites, pois as fotografias aéreas possuem apenas uma banda espectral (ROSA, 2005; 2009).

4.4.2 Processamento

Padrões espaciais (tonalidade, cor, formato, textura, rugosidade) foram identificados com uso de técnicas de fotointerpretação sem estereoscopia nas fotografias aéreas dos anos de 1964 (1:60.000) e 1979 (1:25.000).

Este procedimento se constitui um recurso auxiliar apropriado para análise espacial (MOREIRA *et al.*, 2004). Neste trabalho foi realizada fotointerpretação sem estereoscopia, usando Google earth™ pro e ArcGIS™. Estes aplicativos foram úteis na elaboração de chaves de interpretação (por meio de análise visual) e confirmação de áreas controle, que subsidiaram a classificação supervisionada.

Nas fotografias foram identificadas as áreas úmidas por meio das chaves de interpretação, que foram validadas por trabalhos de campo. Utilizou-se técnica de mosaico com os pontos 72 e 73, da órbita 218, para cada banda espectral das imagens da série Landsat.

(a) Fotointerpretação

A partir nas campanhas de campo foi possível analisar as classes de ocupação da terra em áreas cujas visitas não foram possibilitadas. O exemplo a seguir apresenta de modo resumido a análise por fotointerpretação proposta neste trabalho. O exemplo corresponde à turfeira localizada em Conselheiro Mata (Figura 17).

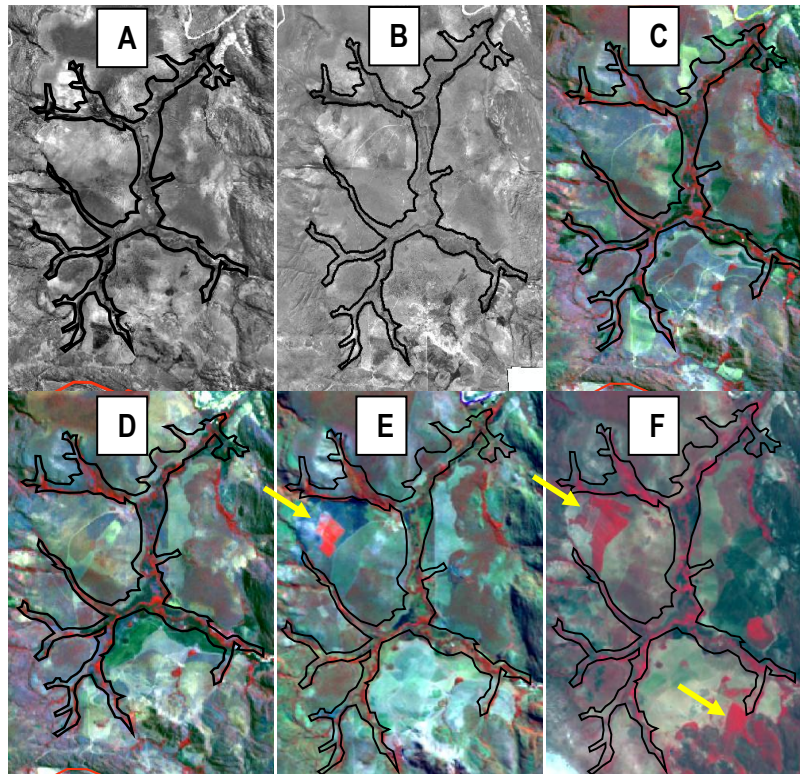


Figura 17: Esquema representativo da análise por meio de fotointerpretação sem estereoscopia. As setas amarelas indicam presença de plantios de eucalipto a partir de 2005. A - Fotografias aéreas USAF (1964); B Fotografias aéreas CPRM (1979); C - Landsat TM 5 (1984); D - Landsat TM 5 (1995); E - Landsat TM 5 (2005), e F – Landsat/OLI 8 (2014).


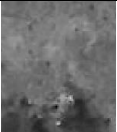
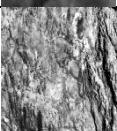
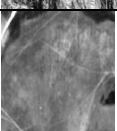
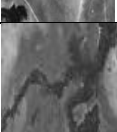
(b) Chave de Interpretação

As chaves de interpretação foram validadas por meio dos trabalhos de campo, que possibilitaram maior entendimento a respeito das feições geográficas de cada imagem (Tabelas 5 e 6). Uma vez que as chaves de interpretações são específicas para cada situação (ROSA, 2009), foram elaboradas chaves distintas para cada conjunto de dados analisados (fotografias aéreas de 1964 e 79). Além destas, foi criada uma chave de interpretação do mosaico RapidEye.

A figura 18 refere-se às chaves de interpretação elaboradas em imagens do sensor RapidEye (2011). Estas chaves são ilustrativas e foram construídas por meio da composição falsa cor de imagens RapidEye (5R3G2B). Essa composição foi idealizada com propósito de destacar a vegetação e outras coberturas da terra que ocorre nas turfeiras e adjacências. Ademais, os produtos gerados por meio do sensor RapidEye possibilitam visualizar o vigor da



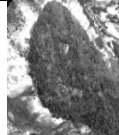
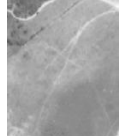
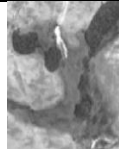
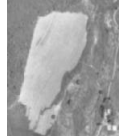
vegetação. Este fator é positivo para este trabalho, pois, objetiva identificar ocupações antrópicas no entorno das turfeiras, principalmente plantações (café, morango, milho e eucalipto).

Tabela 5: Chaves de interpretação das fotografias aéreas USAF-AST 10 (1:60.000). Estas chaves foram elaboradas a partir de áreas conhecidas, por meio de trabalhos de campo, análise visual no Google Earth™ e sobreposição de pontos coletados com GPS.

Categoria		Chave de interpretação (Fotografias USAF - AST 10) - 1964					
		Textura	Cor	Tamanho	Formato	Limite	Obs.
	FESI	rugosa	preta	pequeno	irregular	abrupto	ocorre nas turfeiras
	CLU	lisa	cinza	variável	irregular	gradual	fitofisionomia do entorno das turfeiras
	CR	rugosa	cinza claro	grande	irregular	gradual	ocorre em afloramentos rochosos
	PS	média	cinza + claro que CLU	variável	geométrico	abrupto	presença de trilhas de gado
	TF	média	cinza e preta	variável	irregular	gradual e abrupto	turfeira em Conselheiro Mata

FESI - Floresta Estacional Semidecidual (Capão); CLU - Campo Limpo Úmido; CR - Campo Rupestre; PS - Pastagens; TF - Turfeira.

Tabela 6: Chaves de interpretação das fotografias aéreas Acervo CPRM (1:25.000). Estas chaves foram elaboradas a partir de áreas conhecidas, por meio de trabalhos de campo, análise visual no Google Earth™ e sobreposição de pontos coletados com GPS.

Categoria		Chave de interpretação (Fotografias do Acervo CPRM) - 1979					
		Textura	Cor	Tamanho	Formato	Limite	Obs.
	FESI	rugosa	preta	pequeno	irregular	abrupto	ocorre nas turfeiras
	CLU	lisa	cinza	variável	irregular	gradual	fitofisionomia do entorno das turfeiras
	CR	rugosa	cinza muito claro	grande	irregular	gradual	ocorre em afloramentos rochosos
	PS	muito lisa	cinza claro	variável	geométrico	abrupto	presença de trilhos
	TF	média	cinza	variável	irregular	gradual	turfeira Datas III
	CV	lisa	clara	pequeno	Geométrico + pequenas deformações	abrupto	próximo a Datas/MG

FESI - Floresta Estacional Semidecidual (Capão); CLU - Campo Limpo Úmido; CR - Campo Rupestre; PS - Pastagens; TF - Turfeira; CV - Cultivos.

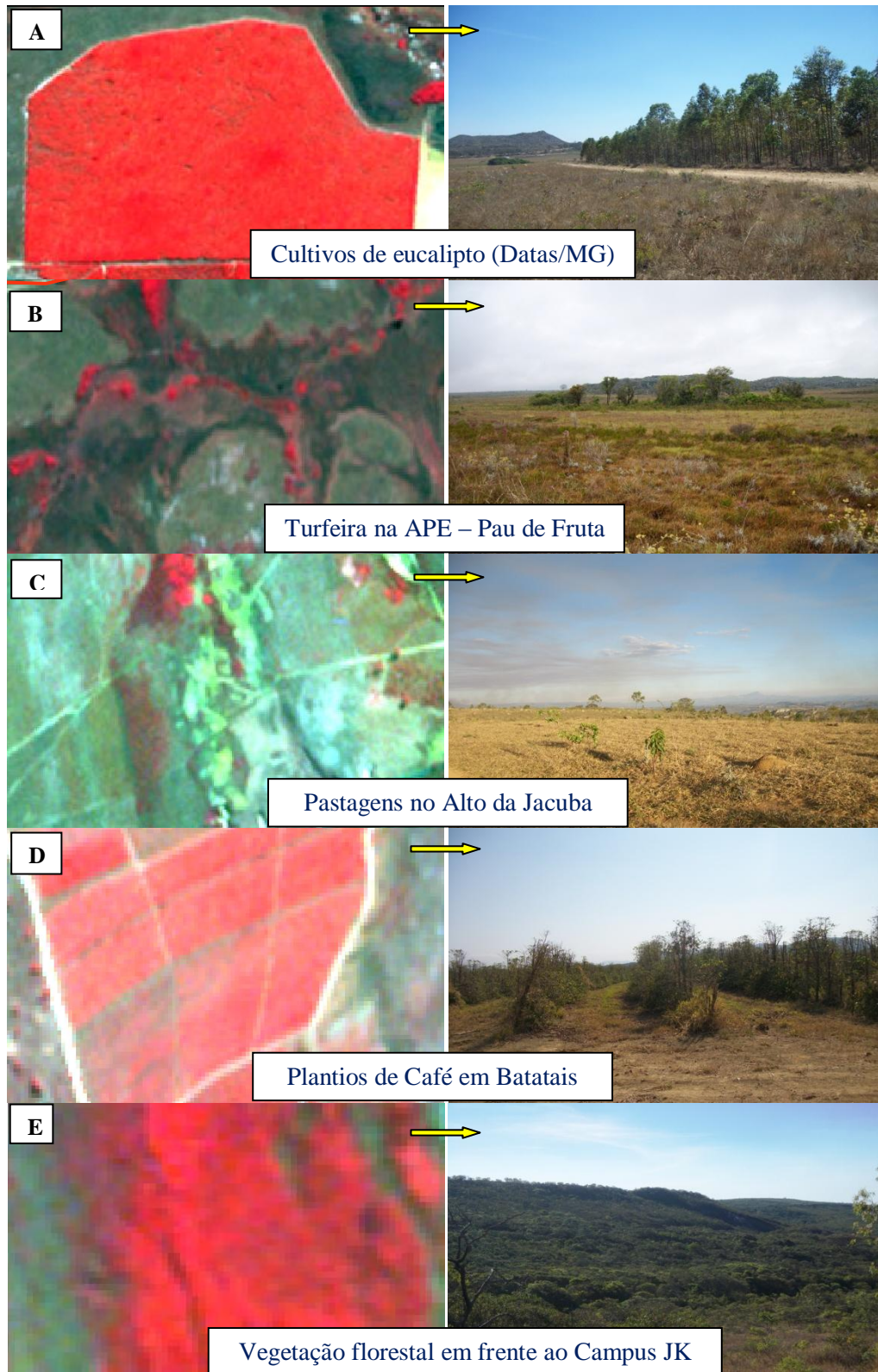


Figura 18: Chave de interpretação com imagens RapidEye (5R3G2B, de 20/09/2011). **A** - Plantios de eucalipto: textura lisa, formato geométrico, tonalidade vermelho médio, presença de carregadores, limite abrupto; **B** – Turfeira: formato irregular, textura média, tonalidade verde escuro, limite abrupto; **C** – Pastagens: textura lisa, formato geométrico, com presença de trilhos de gado, coloração clara, limite suave; **D** - Cultivos de café: formato geométrico, textura média, cor magenta, tonalidade média, presença de carregadores; **E** - Vegetação natural (Florestal): textura rugosa, cor vermelho escuro, formato irregular.

(c) Classificação não-Supervisionada – ISODATA

Para os dados referentes aos anos de 1964 e 1979 foi realizada fotointerpretação à vista desarmada e aplicado o classificador Isodata, com 4 classes, 15 interações, valor mínimo de 50 pixels (por classe) e probabilidade erro a 5%. O Isodata possibilita uma classificação não supervisionada de imagens ou fotografias aéreas e foi aplicado usando a plataforma do aplicativo ENVI™ 4.5. A lógica que é utilizada em classificações não supervisionada é denominada análise de agrupamento ou *Cluster* (ROSA, 2009).

(d) Classificação Supervisionada – MaxVer

A classificação supervisionada utilizando o algoritmo MaxVer (Máxima verossimilhança) é realizada por intermédio do ENVI™ 4.5. O algoritmo MaxVer contém procedimentos estatísticos cuja finalidade é aproximar ao máximo o mapa digital da realidade. Esse classificador é o mais utilizado devido sua simplicidade (MENESES e SANO, 2012).

Para Rosa, (2009) o algoritmo estatístico Maxver realiza classificação pixel a pixel. Portanto, parte do princípio de que os valores dos pixels possuem distribuição gaussiana de probabilidade para todas as classes amostradas. Classificação supervisionada, por meio do algoritmo Maxver foi utilizada para elaboração de mapas temáticos, referente aos anos de 1984, 1995, 2005 e 2014 no presente trabalho. Foram analisadas áreas adjacentes à 10 (dez) turfeiras da SdEM.

4.4.3 Pós-processamento

(a) Quantificação dos resultados

Os valores referentes às áreas de cada tema (eucalipto, pastagens e outros cultivos) foram calculados com auxílio do aplicativo Quantum GIS® 2.10 (versão PISA). Neste aplicativo, foi utilizado o algoritmo *post processing – classification report*, associado ao plugin *Semi-Automatic Classification Plugin* (SCP). Nesta fase, os dados (imagens de satélites) já classificados foram submetidos ao tratamento estatísticos, na plataforma do QGIS®. O produto (imagens classificadas) foi inserido no ambiente do QGIS® acompanhado de um arquivo do tipo *shapefile* com os valores dos Rois (*Regions of interest*), em seguida

aplicou-se o procedimento de cálculo de áreas utilizando o plugin SCP. Este procedimento pode gerar tanto uma matriz de confusão quanto os valores correspondentes às áreas analisadas.

(b) Matriz de Confusão e confiabilidade da classificação

A matriz de confusão foi elaborada a partir do ENVI 4.5TM. Os layouts foram criados por meio do aplicativo ArcGISTM 9.3., o qual possibilitou melhor apresentação final dos mapas que foram elaborados.

As rotinas realizadas por meio do pós-processamento possibilitaram interpretação e análise da precisão dos resultados, bem como a correção dos mesmos (SILVA, 2003; ROSA, 2009). A confiabilidade da classificação pode ser analisada por meio do Coeficiente Kappa ou Índice Kappa (k). Este índice varia de 0 a 1 e está representado na equação 1:

Equação 1:

$$K = \frac{N \sum X_{ii} - \sum X_{i+} X_{+i}}{N^2 - \sum X_{i+} X_{+i}}$$

X_{ii} = concordância observada

X_{+i} e X_{i+} (produto das marginais), sendo a concordância esperada

N = total de elementos observados

A Exatidão Global é outro indicador de confiabilidade da classificação automática. A exatidão Global está representada na equação 2:

Equação 2:

$$F_m = \frac{\sum X_i}{N} \times 100$$

F_m = exatidão global

X_i = elementos na diagonal

N = total de elementos amostrados

Os índices de exatidão indicam a probabilidade das categorias estudadas (eucalipto, pastagens e outras culturas) terem sido também verificadas em campo.

Em uma análise mais rigorosa deve-se levar em consideração os valores nas células marginais da matriz de confusão. No caso das linhas, os valores indicam o número de amostras que, pertencendo a uma determinada categoria, não foram incluídos nela (SILVA, 2003; FERREIRA *et al.*, 2007). Os *erros de omissão* são calculados pela equação 3.

Equação 3:

$$E_o = \frac{X_{i+} - X_{ii}}{X_{i+}}$$

E_o = erros de omissão

X_{i+} = marginal da linha

X_{ii} = diagonal daquela linha

De igual forma as células nas diagonais das colunas expressam o *erros de comissão*. Isto é, pixels que não se incluem em uma determinada categoria, pertencente realmente a outra (SILVA, 2003; FERREIRA *et al.*, 2007; ROSA, 2009).

Equação 4:

$$E_{co} = \frac{X_{+i} - X_{ii}}{X_{+i}}$$

E_{co} = erros de comissão

X_{+i} = marginal da coluna

X_{ii} = diagonal daquela coluna

Os *erros de omissão* e *comissão* enfocam basicamente o mesmo problema. A omissão se refere a uma definição imperfeita da categoria e a comissão se refere a uma delimitação excessiva da categoria (SILVA, 2003; FERREIRA *et al.*, 2007; ROSA, 2009). Os cálculos mencionados neste tópico (Coeficiente Kappa, Exatidão Global, Erros de comissão e omissão), são realizados a partir da matriz de confusão, que é gerada na própria classificação (Tabela 7).

Tabela 7: Matriz de confusão de 2014 – Área adjacente à APE Pau de Fruta

Classes	Eucalipto	Campo L.U.	Campo R.	Floresta	Total
Eucalipto	58	0	5	14	77
Campo L.U.	0	678	27	17	722
Campo R.	1	38	648	9	696
Floresta	2	19	11	119	151
Total	61	735	691	159	1646

Obs: Campo L.U. – Campo Limpo Úmido; **Campo R.** – Campo Rupestre. Os valores das colunas devem ser iguais aos valores das linhas para cada categoria. A matriz possibilita calcular erros de omissão ($1-58/61 = 4,92\%$) e comissão ($1-58/77 = 24,68\%$). Para maiores detalhes veja Silva, (2003); Rosa, (2009); Ferreira *et al.*, (2007). Este exemplo (erros de comissão e omissão) se refere a categoria de uso da terra, Eucalipto em 2014 (vide tabela 10). Neste exemplo, a matriz de confusão da classificação supervisionada (Maxver) realizada na área adjacente à turfeira inserida na APE - Pau de Fruta em 2014.

(c) *Detalhamentos finais*

Os detalhamentos finais são observados nas figuras 19 e 20. Nestas figuras estão exemplos de tratamento por meio de fotointerpretação sem estereoscopia em área cultivada, em fotografia aérea de 1979 (escala 1:25.000) e, pós-processamento em imagem orbital (Landsat TM/5) de 2005, classificada pelo algoritmo Maxver.

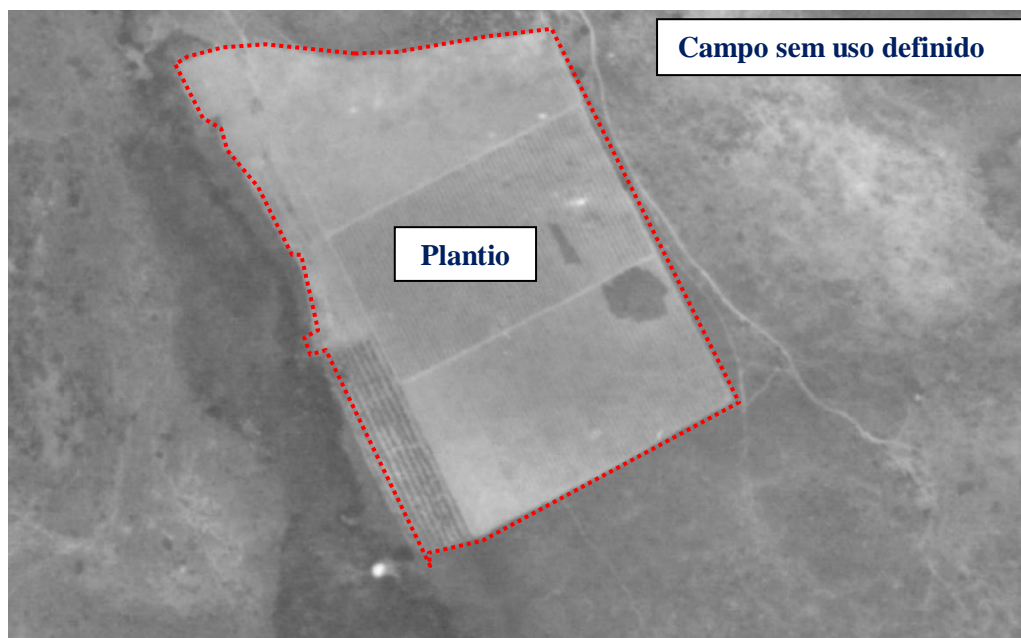


Figura 19: Exemplo de área cultivada em 1979, identificada por meio de fotointerpretação sem estereoscopia. Na figura se observa a presença de área ocupada com plantios e sua diferença em relação às áreas que a circundam. Essa área encontra-se entre as coordenadas UTM 611.268E; e 7.976.209S, a 1,96 Km da borda da área adjacente da Turfeira de Conselheiro Mata.

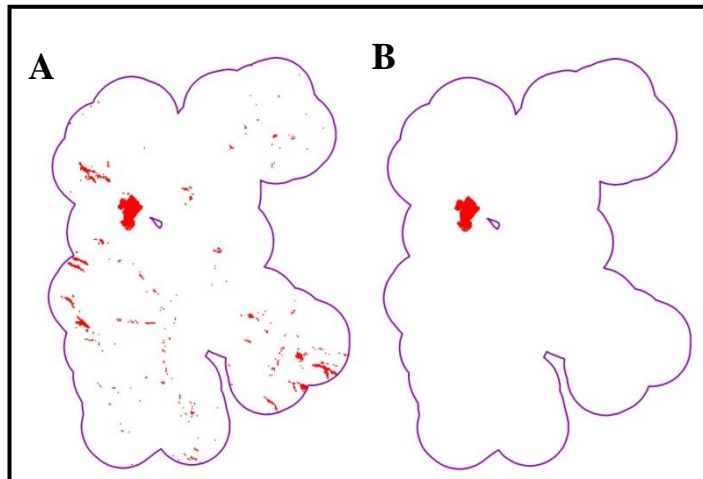


Figura 20: Exemplo de mapa sem e com pós-processamento. Neste mapa é apresentado o resultado da classificação sem e com refinamento final. São áreas com vegetação adensada que apresentam comportamento espectral similar aos plantios de eucalipto. Portanto o pós-processamento elimina esse tipo de erro, que superestima o resultado. **Obs:** Área adjacente da turfeira localizada no Distrito de Conselheiro Mata (exemplo de 2005). **A** – Sem correção; **B** – Corrigido.

Além dos procedimentos já mencionados na figura 16 (fluxograma, que apresenta os aplicativos usados na pesquisa), utilizou-se o aplicativo Microsoft Office Excel[®] 2007, que possibilitou a elaboração das tabelas e gráficos, os quais foram plotados no presente trabalho.

4.5 Trabalhos de campo (Validação de Dados)

As visitas de campo proporcionaram a validação dos dados processados. Nesta fase foi possível compreender melhor as características dos alvos estudados (turfeiras e as grandes culturas). Foram adquiridos pontos de controle com aparelho receptor de sinal GPS (Garmin Etrex Hcx). Este receptor foi calibrado para o datum WGS 84 (*World Geodetic System 1984*), e apresentou precisão média de 2 m, portanto, eficiente para o tipo de estudo desejado.

O primeiro trabalho de campo foi executado nas turfeiras São João da Chapada e Pau de Fruta. O segundo, nas turfeiras de Datas/MG. O terceiro na turfeira limítrofe ao Campus JK (UFVJM), e o último na turfeira Batatais (Figura 21 - A e B). Além das idas a campo, a consulta aos aplicativos Google maps e Google earth[™], os quais possibilitam visualizar imagens de alta resolução espacial, facilitaram a análise proposta. Por meio da análise visual, elucidou determinadas dúvidas em relação aos alvos analisados.

Os trabalhos de campo possibilitaram observar a situação das áreas adjacentes às turfeiras. Uma das observações pertinentes foi a presença de sinais de queimadas nesses pedoambientes; o que pode causar problemas futuros em relação a disponibilidade hídrica regional.

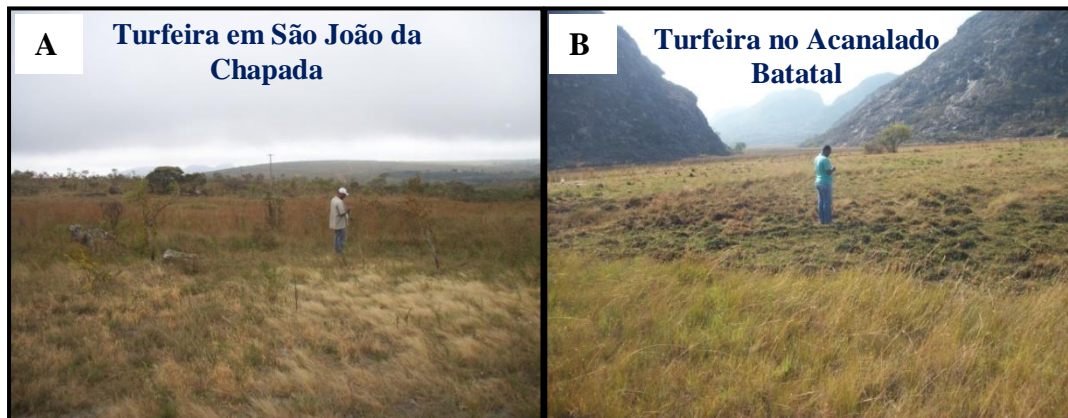


Figura 21: Aquisição de verdade de campo (São João da Chapada e Acanalado Batatal). Em ambas as turfeiras se observa a presença da fitofisionomia Campo Limpo Úmido. Campanhas de campo realizadas em: 14/09/2015 (São João da Chapada) e dia 10/10/2015 (Acanalado Batatal).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A localidade, a área (ha) e altitude média das turfeiras analisadas estão dispostas na tabela 8. Os critérios utilizados para escolha destas turfeiras foram: facilidade de acesso e maior volume de informações disponíveis sobre as mesmas.

As turfeiras foram analisadas no presente trabalho obedecendo a seguinte ordem: Pau de Fruta; São João da Chapada; Datas; Limítrofe ao Campus JK; Conselheiro Mata; Batatal; Estrada de Conselheiro Mata e Gouveia.

Tabela 8: Informações quantitativas sobre as turfeiras da SdEM, (Adaptado de Silva *et al.*, 2013).

Localidade da Turfeira	Área (ha)	Área adjacente (ha)	Altitude (m)
APE - Pau de Fruta	81,75	1.601,63	1.366
São João da Chapada	61,73	926,72	1.340
Datas/MG I, II e III	266,19	2.379,70	1.311
Limítrofe ao campus JK da UFVJM	44,66	753,10	1.398
Conselheiro Mata	847,69	5.912,77	990
Estrada de Conselheiro Mata	307,34	2.586,23	1.172
Acanalado Batatal	16,9	621,90	1.165
Gouveia/MG	122,55	1.686,34	1.070
Total	1.748,81	16.468,38	

5.1 Turfeira Pau de Fruta

A turfeira Pau de Fruta é responsável pelo armazenamento da água que abastece Diamantina/MG. Essa turfeira ocupa uma área de 81,75 ha. A principal condicionante de antropização na mesma é a rodovia BR 367, a qual dá acesso a sede municipal de Diamantina (Figura 22). Esta turfeira está inserida em uma área de preservação espacial.

A Turfeira Pau de Fruta é a principal nascente do Córrego das Pedras, manancial tributário do Rio Pinheiros. Está situada sobre as formações: Galho do Miguel e Sopa-Brumadinho (Grupo Guinda). Inserida em uma altitude média de 1366 m, faz parte da APE homônima, e está sob a responsabilidade da Companhia de Saneamento de Saneamento de Minas Gerais - COPASA (CAMPOS *et al.*, 2014).

O canal principal desta turfeira possui direção preferencial “NE- SW”. A rodovia (BR 367) e o Distrito do Guinda são os principais responsáveis por causar alterações no

ambiente adjacente dessa turfeira. Outro condicionante é a proximidade com a área urbana de Diamantina, a qual está localizada a 6 km a NE dessa turfeira.

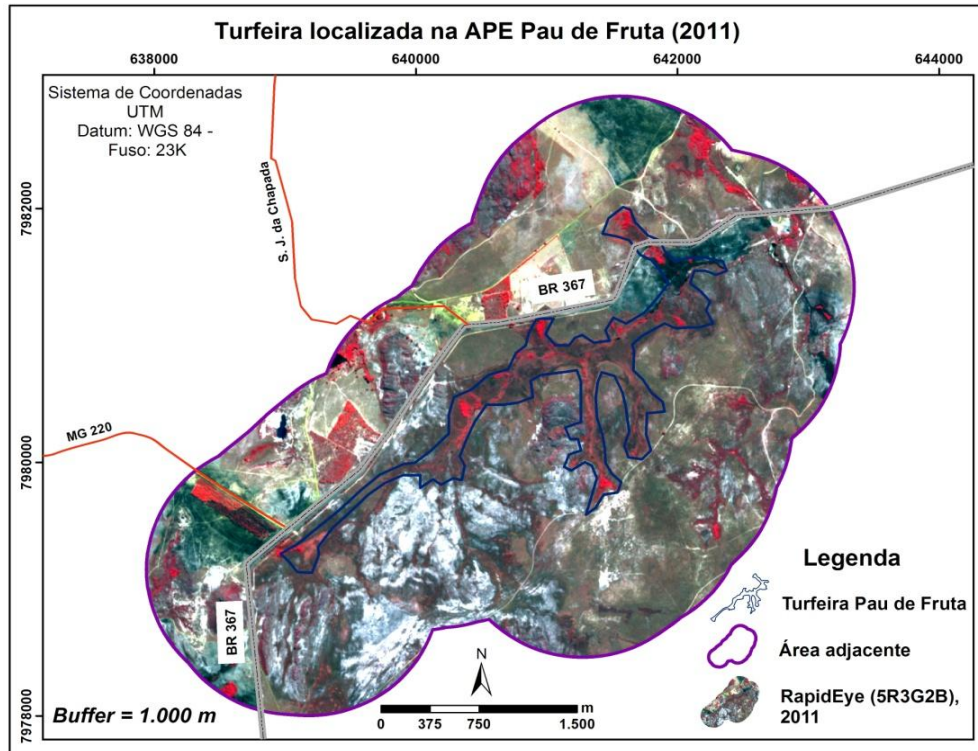


Figura 22: Buffer da Turfeira Pau de Fruta. O Buffer consiste em um raio de 1.000 m em todas as direções a partir dos limites da turfeira. Na elaboração deste mapa foi utilizada imagem RapidEye (MMA-NuGeo-UFVJM, 2015).

Na APE Pau de fruta e área adjacente durante o período compreendido entre 1964, e 1984 não ocorreram intervenções antrópicas por meio de plantios, desmatamentos, pastagens ou outras formas de ocupação da terra conforme observado na figura 22.

A partir de 1995 foram inseridos na área de estudo 10,80 ha de eucalipto (Figura 23), que representa 0,64 % da área adjacente à esta turfeira. No entorno desta turfeira predominam afloramentos de rocha quartzítica, associados a Neossolo Litólico Distrófico típico (RLd), a Neossolo Quartzarênico Órtico típico (RQo) e, em menor proporção, ha Cambissolo Háplico Distrófico típico (CXbd). Todos são solos de baixa aptidão agrícola com exceção do CXbd, de baixa a moderada aptidão e que embasa o único plantio de eucalipto nestas adjacências.

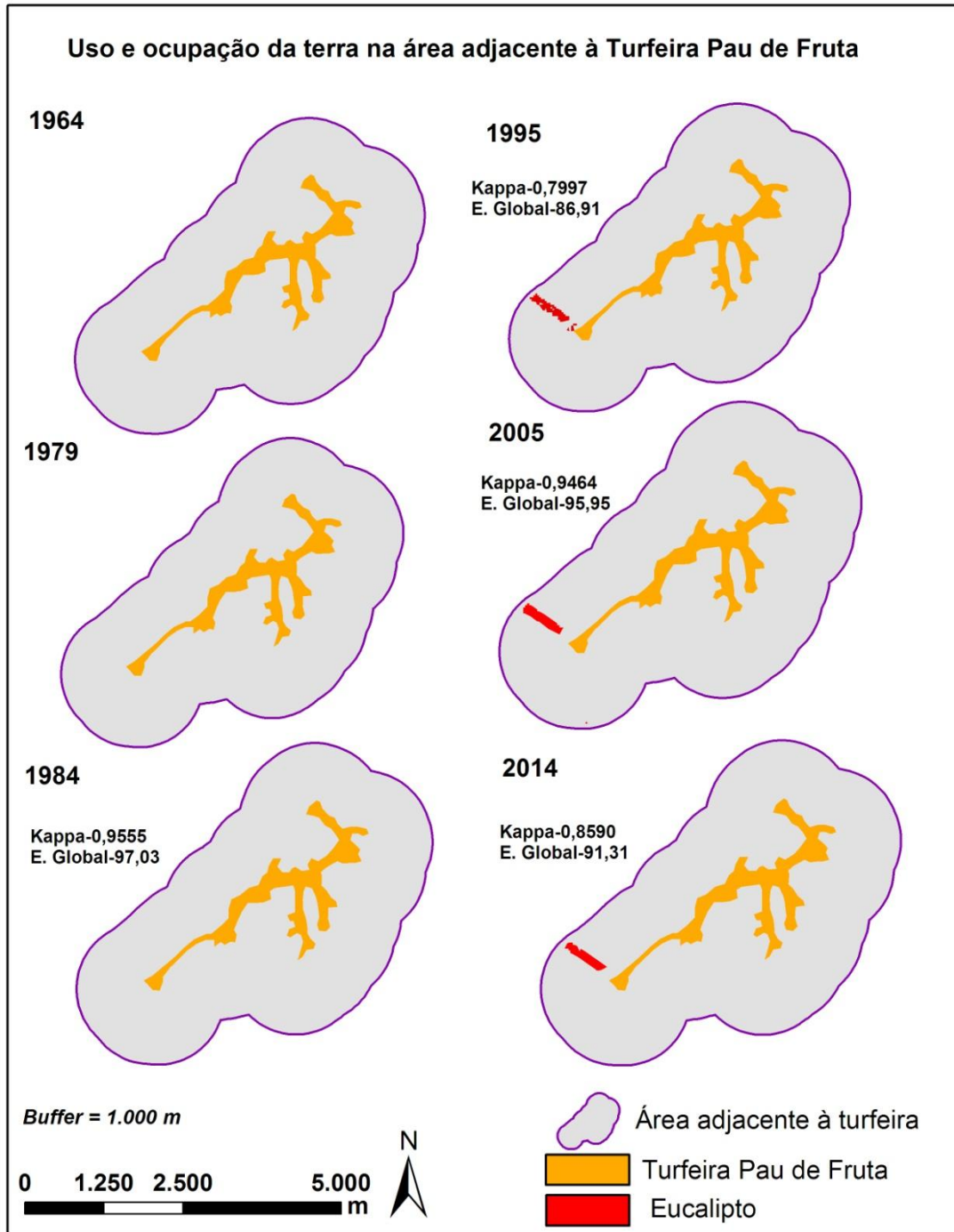


Figura 23: Prancha com ilustração dos diversos resultados obtidos nos anos investigados (Turfeira na APE Pau de Fruta). Uso e ocupação da terra na área adjacente à Turfeira Pau de Fruta. Os valores do Coeficiente Kappa e da Exatidão Global apresentam a confiabilidade do resultado da classificação e estão dispostos na prancha ao lado esquerdo da área adjacente (em 1984; 1995; 2005 e 2014). A área adjacente corresponde ao Buffer de 1.000 m em todas as direções partindo dos limites da turfeira. A presença de eucalipto é destacada na área pesquisada a partir de 1995 (em vermelho).

Embora esta turfeira esteja margeando a rodovia federal BR 367, no decorrer do período temporal analisado (de 1964 a 2014) não foram observados impactos diretos neste

pedoambiente que fossem decorrentes do tráfego de automóveis e caminhões. Além disso, cabe destacar a presença de dois clubes ao longo do Ribeirão das Pedras. Todavia, estes se encontram à jusante (sentido NE) da referida turfeira. Por conseguinte, mesmo havendo possíveis impactos negativos no Ribeirão das Pedras, tais impactos provavelmente não afetam diretamente a turfeira nem a área adjacente à esta.



Figura 24: Detalhes do uso e ocupação da terra na área da Turfeira Pau de Fruta. O retângulo em vermelho destaca a presença de cultivo de eucalipto no entorno da turfeira Pau de Fruta. Foto adquirida em trabalho de campo em 14/09/2015. **Fonte:** Digital Globe, 2015 (imagem adquirida por meio do aplicativo Google earth™).

Observou-se que esta turfeira estava parcialmente preservada, todavia a mesma foi alvo de incêndios ocorridos em 2015. A queimada neste pedoambiente é prejudicial em decorrência de eliminar a cobertura vegetal da superfície, reduzir a fauna do solo além de outros danos ambientais oriundos da combustão de carbono. As espécies vegetais que formam os capões de mata, (situados nas turfeiras da SdEM) e as camadas de turfa superficiais são prejudicadas gravemente ou eliminadas, por meio de incêndios florestais (queimadas).

Abaixo estão expostas as tabelas com as matrizes de confusão e erros de comissão e omissão (1984, 95, 2005 e 2014), as quais foram geradas no procedimento da classificação das imagens de satélite (Tabelas 9 e 10).

Tabela 9: Matriz de confusão para dados da turfeira Pau de Fruta. Essa matriz foi gerada por meio da classificação (Maxver) realizada na área adjacente à turfeira inserida na APE Pau de Fruta (1984, 1995, 2005 e 2014).

Matrizes de confusão		Classes						
		NC	FESI	CLU	CR	Total		
1984	NC	1347	0	1	0	1348		
	FESI	0	268	3	39	310		
	CLU	0	0	697	28	725		
	CR	0	0	12	405	417		
	Total	1347	268	713	472	2800		
1995	Classes	EUC	NU	SM	CLU	CR	FESI	Total
	EUC	61	0	0	0	0	0	61
	NU	0	202	0	8	11	0	221
	SM	0	0	366	0	0	0	366
	CLU	0	5	8	706	7	0	726
	CR	0	0	0	13	655	12	280
	FESI	0	0	0	8	18	147	173
	Total	61	207	374	735	691	159	2227
2005	Classes	EUC	FESI	CLU	CR	Outros	Total	
	EUC	71	44	0	0	0	115	
	FESI	13	184	7	16	0	220	
	CLU	0	6	355	94	0	455	
	CR	0	0	20	760	2	782	
	Outros	1	1	0	10	51	63	
Total	85	235	382	880	53	1635		
2014	Classes	EUC	CLU	CR	FESI	Total		
	EUC	58	0	5	14	77		
	CLU	0	678	27	17	722		
	CR	1	38	648	9	696		
	Total	61	735	691	159	1646		

NC - Não classificado; FESI - Floresta Estacional Semidecidual, CLU - Campo Limpo Úmido; CR - Campo Rupestre, EUC - Eucalipto, Outros (sombra, nuvens ou solo exposto); NU - Nuvens; SM - Sombra.

Tabela 10: Erros de comissão e omissão, turfeira APE Pau de Fruta. Tabela gerada por classificação automática (Maxver). Os valores foram dados em percentual (vide material e métodos).

Ano	Tipo de erro	EUC	CLU	CR	FESI	NC	NU	SM
1984	<i>Comissão</i>	----	3,86	2,9	13,55	0,07	----	----
	<i>Omissão</i>	----	2,24	14	0	0	----	----
1995	<i>Comissão</i>	38,26	21,98	2,8	16,36	0	----	19,05
	<i>Omissão</i>	16,47	7,07	14	21,7	0	----	3,77
2005	<i>Comissão</i>	0	2,75	3,7	15,03	0	8,6	0
	<i>Omissão</i>	0	3,95	5,2	7,55	0	2,42	2,14
2014	<i>Comissão</i>	24,68	6,09	6,9	21,19	0	----	----
	<i>Omissão</i>	4,92	7,76	6,2	25,16	0	----	----

NC - Não classificado; **FESI** - Floresta Estacional Semidecidual, **CLU** - Campo Limpo Úmido; **CR** - Campo Rupestre, **EUC** - Eucalipto, **Outros** (sombra, nuvens ou solo exposto), **NU** - Nuvens; **SM** - Sombra. No caso dos 38,26 (%) de comissão dos cultivos de eucalipto (1995), é decorrente do algoritmo confundir os pixels com valores semelhantes entre a monocultura e a vegetação nativa, situada próximo ao distrito do Guinda.

5.2 Turfeira de São João da Chapada

A turfeira São João da Chapada está localizada no distrito homônimo, a 43 km da área urbana de Diamantina (Figura 25). Inserida sobre rochas quartzíticas da Formação Sopa Brumadinho, sob a altitude média de 1340 m (CAMPOS, 2014).

Identificou-se média de 45,01 ha (39,38 ha, 45,85 ha e 49,80 ha em 1995, 2005 e 2014 respectivamente) de pastagens na área adjacente à turfeira São João da Chapada. Que igualmente representa média de 4,86 % (4,25, 4,95 e 5,27 %) da área adjacente a essa turfeira, nas últimas três décadas. A presença de pastagens na área proposta para análise neste trabalho oscilou no decorrer das últimas décadas. Ocorreu um aumento relativamente lento das áreas ocupadas com pastagens, sobretudo após 1995 (Figura 27). Esse avanço, mesmo que lento em relação à ocupação de áreas próximas as turfeiras é preocupante, pois a presença de rebanhos bovinos em áreas de nascentes (que correspondem as turfeiras da SdEM) pode causar impactos ambientais negativos em decorrência da compactação dos solos nestes pedoambientes.

Nas adjacências desta turfeira predominam afloramentos de rocha quartzítica, associados a Neossolo Litólico Distrófico típico (RLd) e, menor proporção, a Latossolo Vermelho Distrófico típico (LVd). Todos são solos de baixa aptidão agrícola com exceção do LVd, de moderada aptidão e que embasa a maior parte das pastagens identificadas.

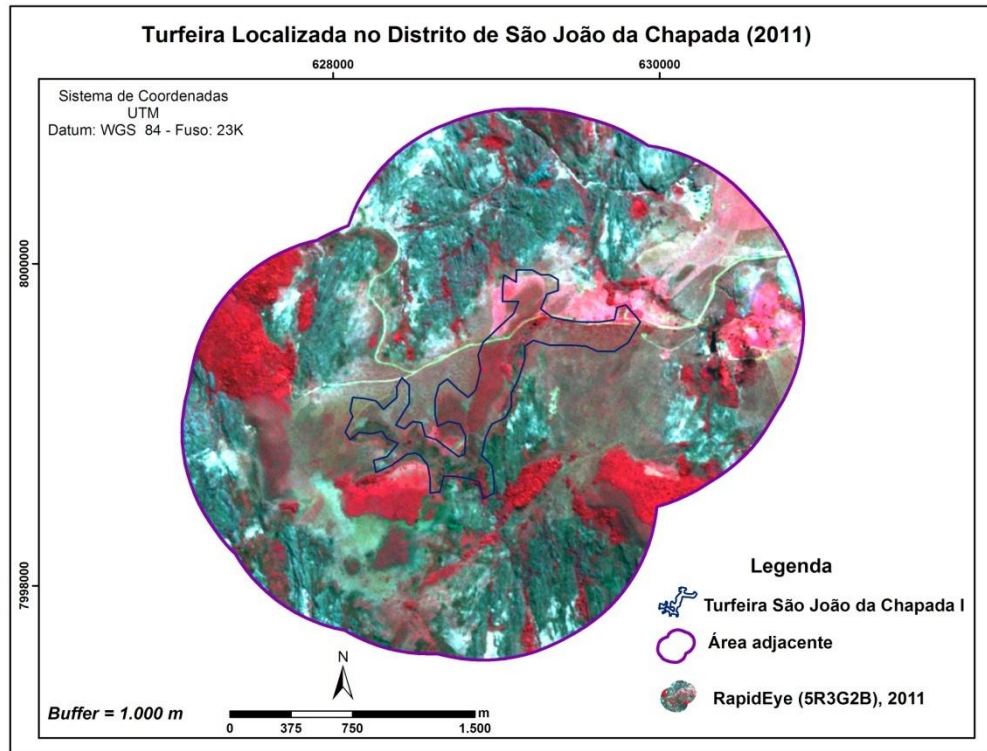


Figura 25: Buffer da Turfeira São João da Chapada. O Buffer consiste em um raio de 1.000 m em todas as direções a partir dos limites da turfeira. Na elaboração deste mapa foi utilizada imagem RapidEye (MMA-NuGeo-UFVJM, 2015).



Figura 26: Detalhes do uso e ocupação da terra na área da Turfeira São João da Chapada. Observa-se a presença de pastagens próximas a área da turfeira (área destacada por meio dos pontilhados amarelos).
Fonte: Digital Globe, 2015 (imagem adquirida por meio do aplicativo Google earth™).

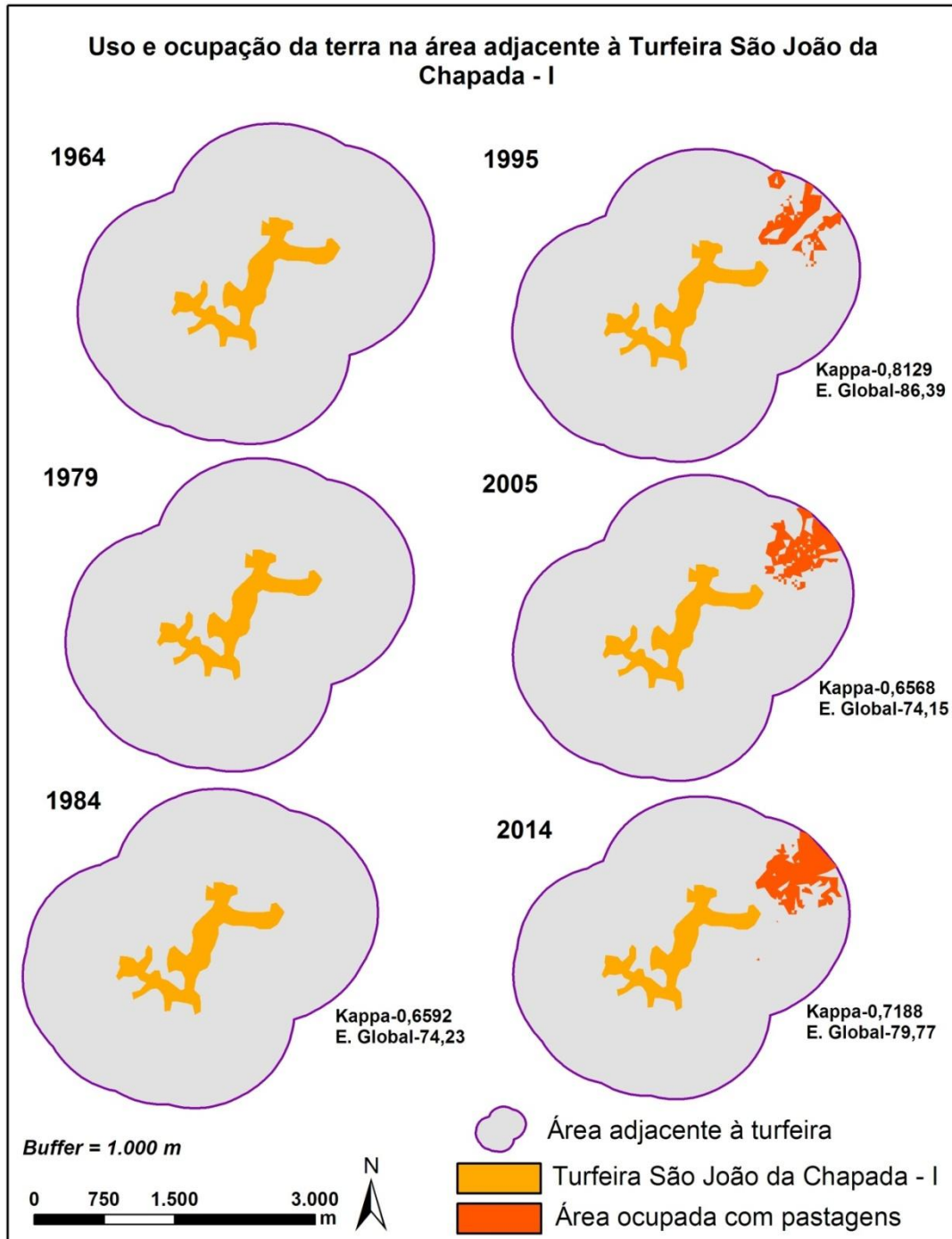


Figura 27: Prancha com ilustração dos diversos resultados obtidos nos anos investigados (turfeira em São João da Chapada). Uso e ocupação da terra na área adjacente à turfeira São João da Chapada. Os valores do Coeficiente Kappa e da Exatidão Global apresentam a confiabilidade do resultado da classificação e estão dispostos na prancha ao lado direito da área adjacente (em 1984; 1995; 2005 e 2014). A área adjacente corresponde ao Buffer de 1.000 m em todas as direções partindo dos limites da turfeira. A presença de pastagens é destacada na área pesquisada a partir de 1995 (em tons de laranja).

A seguir estão expostas as tabelas com as matrizes de confusão e erros de comissão e omissão (1984, 95, 2005 e 2014), as quais foram geradas no procedimento da classificação das imagens de satélite (Tabelas 11 e 12).

Tabela 11: Matrizes de confusão, turfeira São João da Chapada. Essa matriz foi gerada por meio da classificação (Maxver) realizada na área adjacente à turfeira inserida em São João da Chapada (1984, 1995, 2005 e 2014).

Matrizes de confusão		Classes						
		FESI	CR	RC	PS	SM	Total	
1984	FESI	643	0	1	0	0	644	
	CR	3	477	41	19	0	540	
	RC	0	74	184	3	0	261	
	PS	0	336	53	127	0	516	
	SM	1	3	4	0	119	127	
	Total	647	890	283	149	119	2088	
1995	Classes	FESI	SM	PS	RC	CR	Total	
	FESI	635	0	0	0	2	637	
	SM	3	107	0	0	0	110	
	PS	0	0	125	27	174	326	
	RC	0	0	11	277	30	318	
	CR	9	0	26	6	684	725	
	Total	647	107	162	310	890	2116	
2005	Classes	FESI	PS	CR	SM	RC	Total	
	FESI	604	4	12	1	1	622	
	PS	29	139	328	0	40	536	
	CR	7	44	501	0	8	560	
	SM	2	0	3	91	0	96	
	RC	5	17	46	0	234	302	
Total	647	204	890	92	283	2116		
2014	Classes	FESI	PS	CR	SM	RC	Total	
	FESI	552	4	15	2	0	573	
	PS	12	172	54	0	74	312	
	CR	21	24	726	5	56	832	
	SM	52	0	26	85	0	163	
	RC	10	4	69	0	153	236	
Total	647	204	890	92	283	2116		

Essas matrizes foram geradas por meio da classificação realizada na área adjacente à turfeira São João da Chapada I (1984, 1995, 2005 e 2014). **FESI** - Floresta Estacional Semidecidual; **PS** - Pastagens; **CR** - Campo Rupestre; **SM** - Sombra; **RC** - Rocha.

Tabela 12: Erros de comissão e omissão, turfeira em São João da Chapada. Tabela gerada por classificação automática (Maxver). Os valores foram dados em percentual (vide material e métodos).

Ano	Tipo de erro	CR	RC	FESI	PS	SM
1984	<i>Comissão</i>	11,67	29,5	0,16	75,39	6,3
	<i>Omissão</i>	46,4	34,98	0,62	14,77	0
1995	<i>Comissão</i>	5,66	12,89	0,31	61,66	2,73
	<i>Omissão</i>	23,15	10,65	1,85	22,84	0
2005	<i>Comissão</i>	10,54	22,52	2,89	74,07	5,21
	<i>Omissão</i>	43,71	17,31	6,65	31,86	1,09
2014	<i>Comissão</i>	12,74	35,17	3,66	44,87	47,9
	<i>Omissão</i>	18,43	45,94	14,68	15,68	7,61

Essa tabela foi gerada na classificação automática (Maxver). Os valores estão em (%). **FESI** - Floresta Estacional Semidecidual; **PS** - Pastagens; **CR** - Campo Rupestre; **SM** - Sombra. **RC** - Rocha. **Obs:** Os valores elevados de erros de comissão e omissão em relação às pastagens ocorreram devido a proximidade entre os valores dos pixels dessa categoria com as áreas circunvizinhas. Entretanto, com técnicas de pós - processamento, os resíduos foram eliminados dos mapas e os valores em hectares de cada categoria foi calculado apropriadamente.

5.3 Turfeiras de Datas

Em Datas/MG ocorrem três grandes turfeiras, próximas ao entroncamento entre as rodovias federais, BR 367 e BR 259. Para efeitos de identificação no presente estudo, estes pedoambientes foram nomeadas de turfeiras Datas I, Datas II e Datas III, conforme especificado a seguir. Denomina-se: Datas I, a turfeira localizada à margem esquerda (sentido Diamantina/Gouveia) da rodovia BR 367; Datas II se refere à turfeira inserida na margem direita da rodovia (BR 259) no sentido Datas/Serro e a turfeira localizada à esquerda da referida rodovia, denomina-se Datas III.

A área total das três turfeiras soma 266,19 ha, dividida em 130,34 ha (Datas I), e 94,82 ha (Datas II) e 41,02 ha (Datas III). A altitude média das áreas em que as turfeiras se localizam em Datas/MG equivale a 1.311m a Turfeira Datas I e 1.250 (Datas II e III). Todas essas turfeiras se constituem nascentes do Ribeirão Datas, principal manancial do município homônimo. Para efeitos de análise espacial foi adotado um único buffer (análise de proximidade e demarcação da área de interesse) de 1.000 m, conforme descrito anteriormente, para os três pedoambientes em estudo. Desse modo a área adjacente às três turfeiras mencionadas foi abordada em uma única circunferência (Figura 28). O uso de um único

buffer nas turfeiras localizadas em Datas/MG evitou que os resultados fossem confusos, pois a proximidade inferior a 1.000 m entre as mesmas poderia gerar resultados inconsistentes.

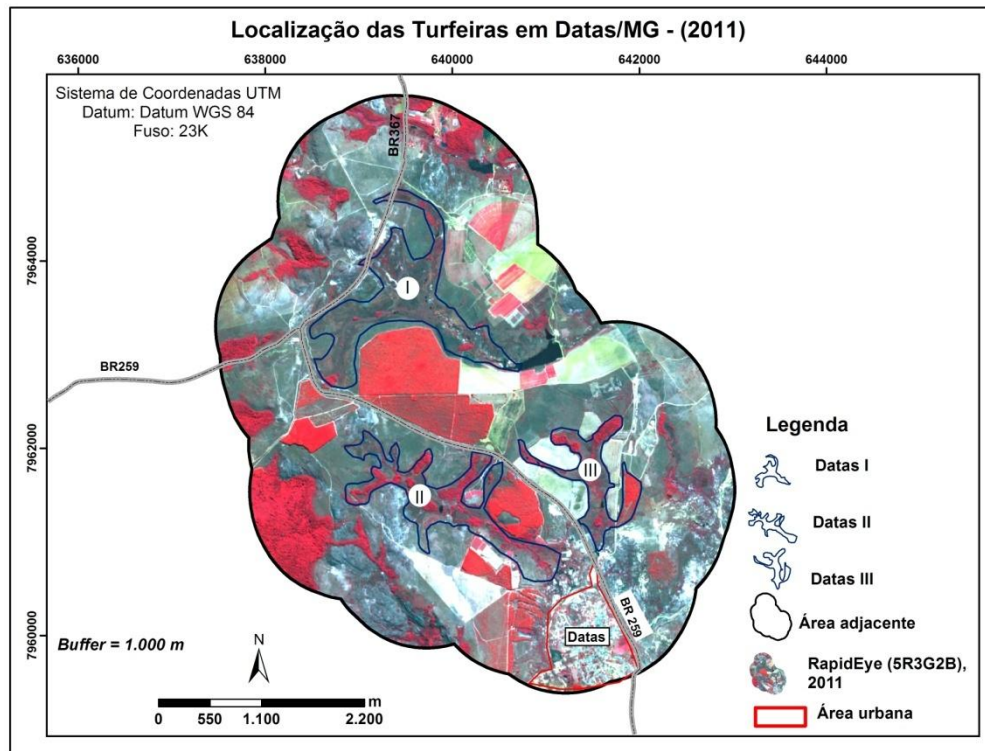


Figura 28: Buffer das turfeiras em Datas/MG. O Buffer consiste em um raio de 1.000 m em todas as direções a partir dos limites das turfeiras. Na elaboração deste mapa foi utilizada imagem RapidEye (MMA-NuGeo-UFVJM, 2015).

A presença de eucalipto nas áreas analisadas se destacou, especialmente após o ano de 1995. A movimentação necessária a manutenção das monoculturas em áreas correlatas podem influenciar negativamente o comportamento hídrico do solo. (Figuras 29 e 30).

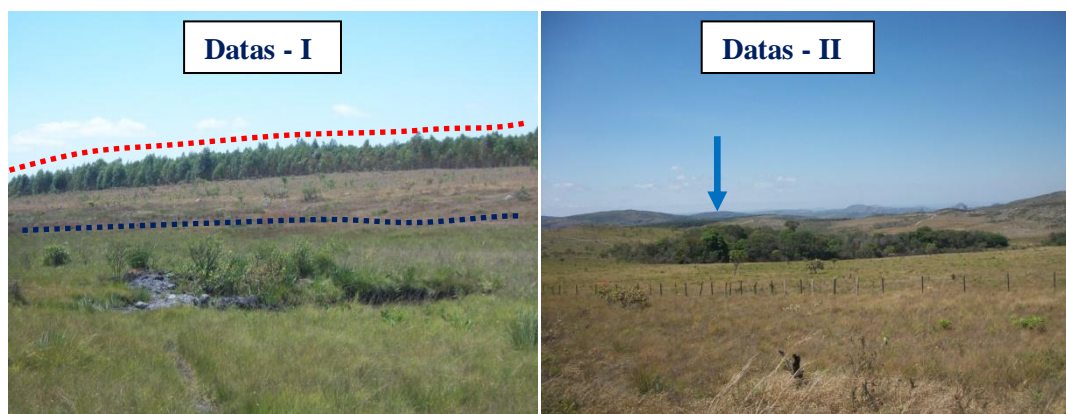


Figura 29: Detalhes do uso e ocupação da terra nas Turfeiras em Datas/MG. A linha pontilhada vermelha destaca a presença de eucalipto, em azul a área de ocorrência da turfeira. A seta Azul evidencia um capão no ponto inicial da Turfeira Datas II. Fotografias adquiridas em 12/10 de 2015, em trabalho de campo.

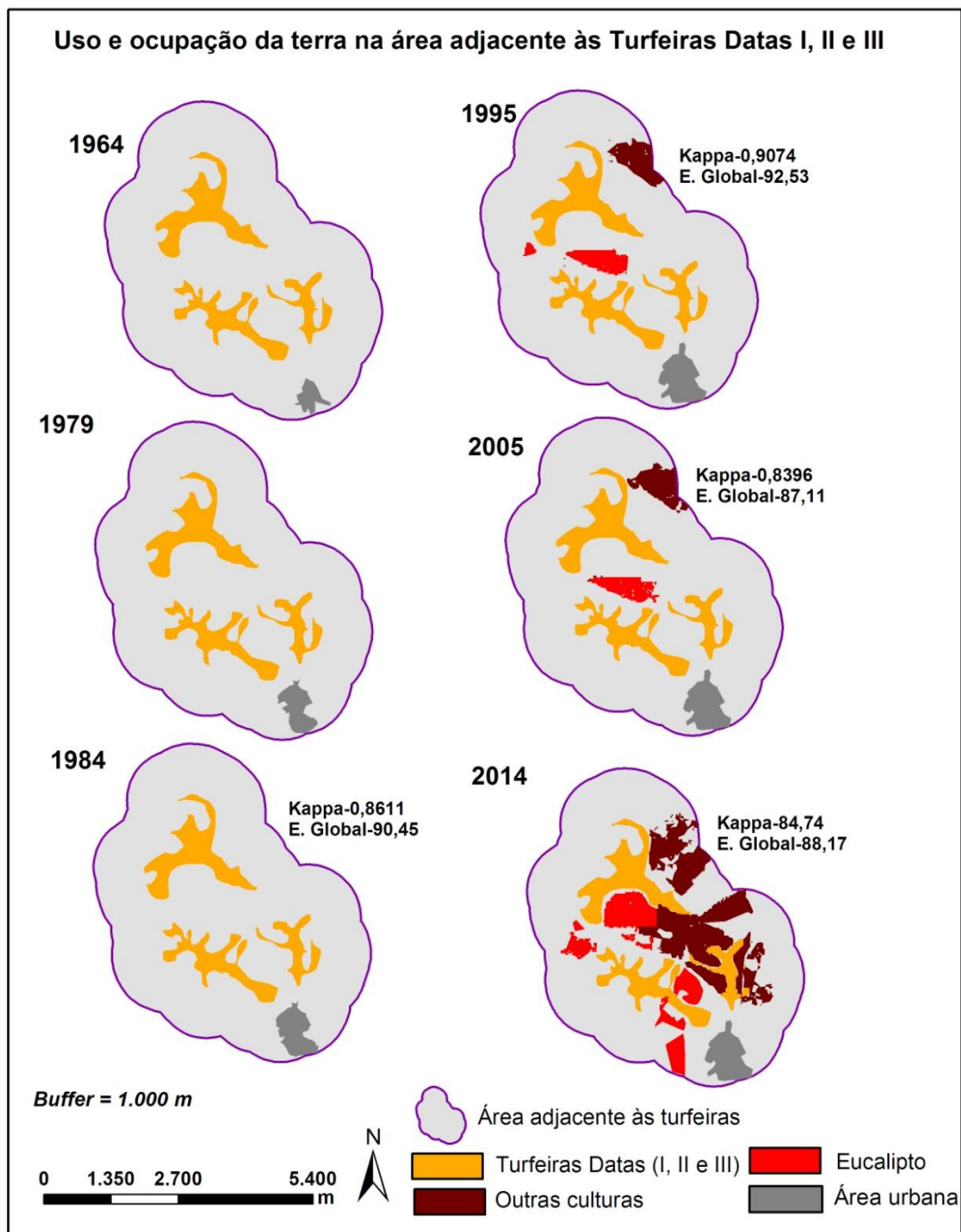


Figura 30: Prancha com ilustração dos diversos resultados obtidos nos anos investigados (turfeiras em Datas). Uso da terra na área adjacente às turfeiras em Datas (I, II e III). Os valores do Coeficiente Kappa e da Exatidão Global apresentam a confiabilidade do resultado da classificação e estão dispostos na prancha no canto superior direito da área adjacente (em 1984; 1995; 2005 e 2014). A área adjacente corresponde ao Buffer de 1.000 m em todas as direções partindo dos limites da turfeira. A presença de eucalipto (polígono em vermelho) e outras culturas, milho e morango (polígono marrom) é destacada na área pesquisada.

Foram identificados avanços em áreas ocupadas com eucalipto e outras culturas (milho e morango) na área adjacente às referidas turfeiras. (Tabela 13). Como observado na

figura 30, os cultivos que estão inseridos em áreas adjacentes às três turfeiras de Datas, surgiram a partir de 1995. O mesmo é verídico para outras turfeiras analisadas no presente trabalho, tendo o exemplo do cultivo de eucalipto identificado na APE Pau de Fruta e as pastagens identificadas neste pedoambiente em São João da Chapada. Além disso, cabe destacar que a mancha urbana de Datas avançou de 22,98 ha em 1964 para 53,08 ha em 1984 e 65,30 ha em 1995, porém, não apresentou crescimento visível após esta data.

Nas adjacências destas turfeiras predomina o Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico típico (LVAd), associado a CXbd. O LVAd apresenta moderada aptidão agrícola e se constitui no substrato das culturas do milho e do morango. O CXbd, de baixa a moderada aptidão agrícola, embasa a maior parte dos plantios de eucalipto.

Tabela 13: Uso e ocupação da terra nas áreas adjacentes às turfeiras em Datas/MG.

Uso do solo	Eucalipto		Outras culturas	
Ano	(ha)	(%)	(ha)	(%)
1995	45,59	1,92	56,96	2,39
2005	45,4	1,91	47,5	2,00
2014	146,16	6,14	292,58	12,29

O valor percentual é em relação a área adjacente a esta turfeira.

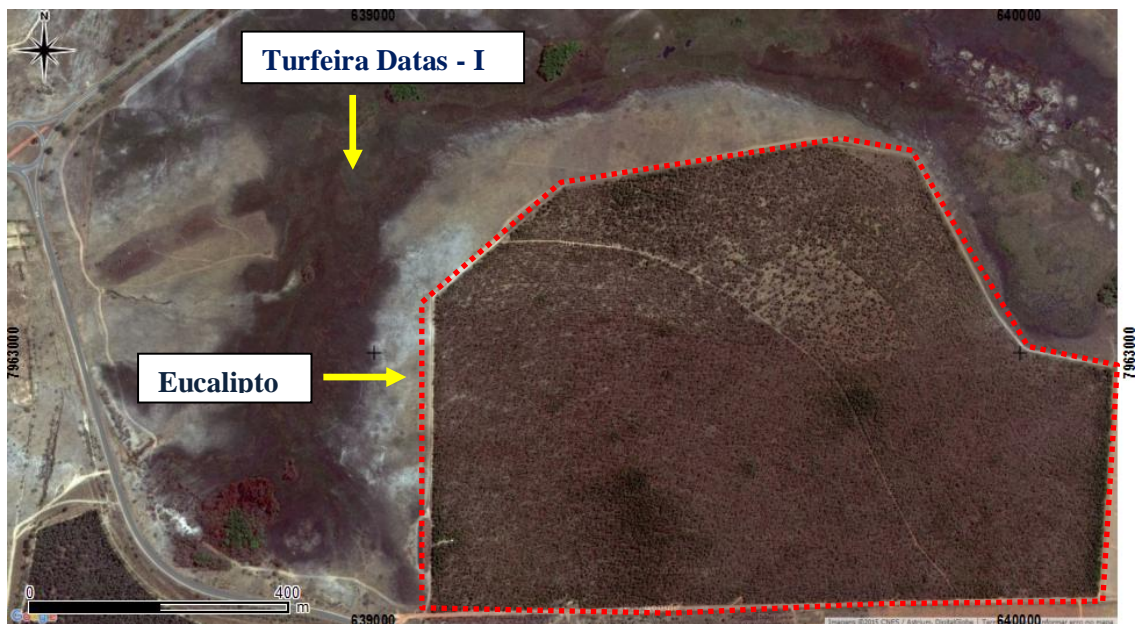


Figura 31: Detalhes do uso e ocupação da terra na área da turfeira Datas- I. Observa-se a presença de eucalipto próximo a área da turfeira (demarcado em vermelho). **Fonte:** Digital Globe, 2015 (imagem adquirida por meio do aplicativo Google earth™).

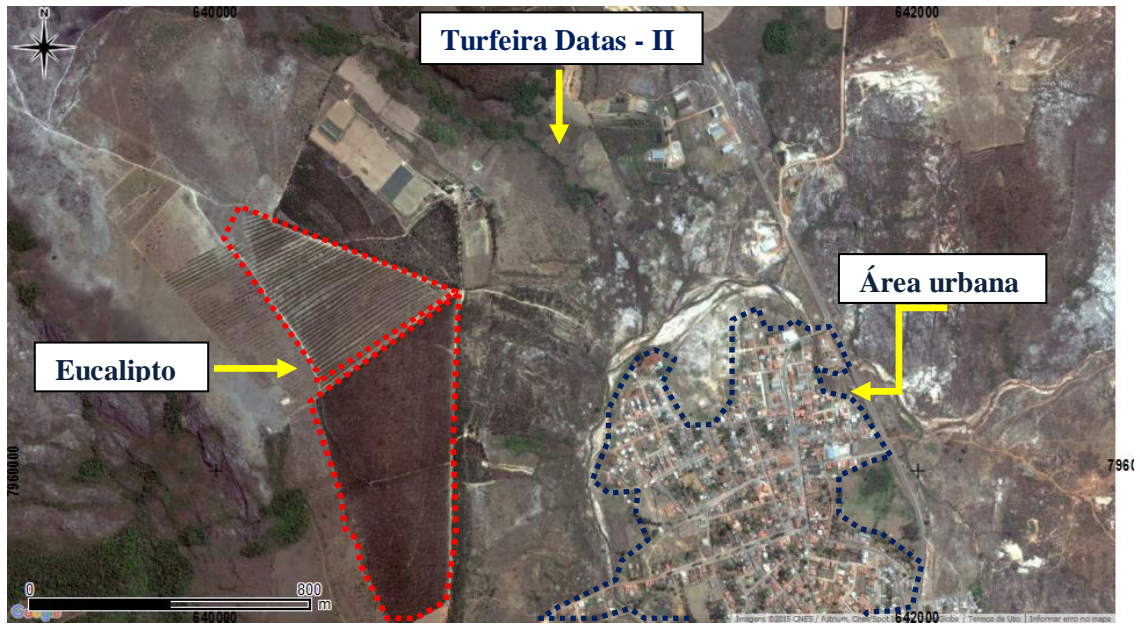


Figura 32: Detalhes do uso da terra na área da turfeira Datas- II. Observa-se a presença de eucalipto (pontilhado vermelho) e da área urbanizada de Datas/MG, próximos a área da turfeira. A área urbana está contornada com pontilhado azul. **Fonte:** Digital Globe, 2015 (imagem adquirida por meio do aplicativo Google earth™).

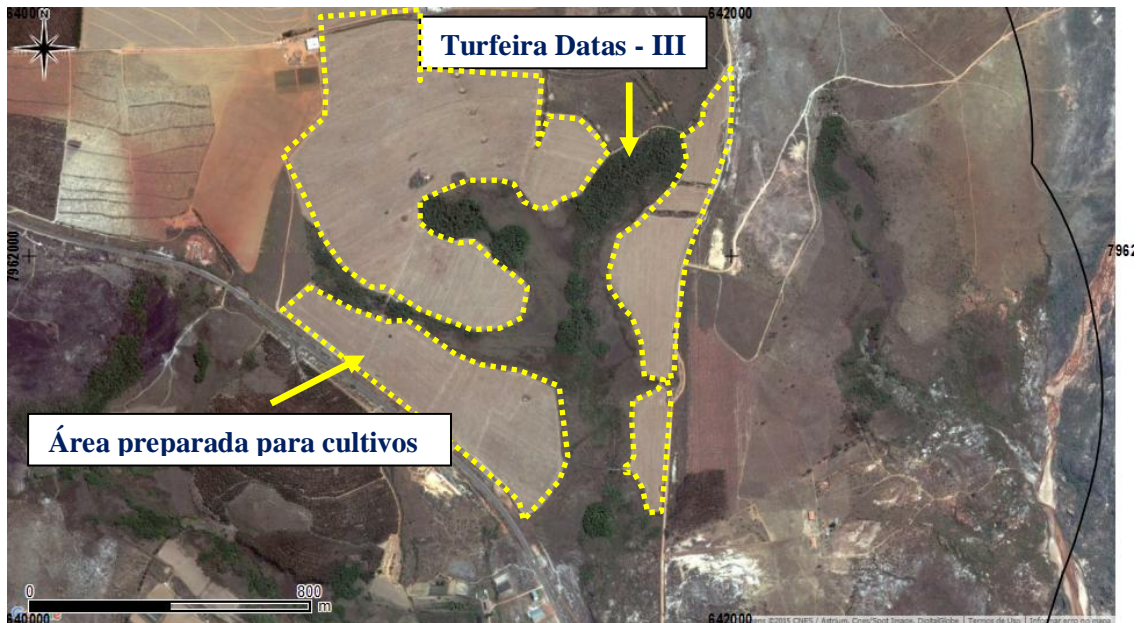


Figura 33: Detalhes do uso da terra na área da turfeira Datas- III. Se observa a ocorrência de área preparada para plantios, próximos a área da turfeira (demarcação nos polígonos amarelos). **Fonte:** Digital Globe, 2015 (imagem adquirida por meio do aplicativo Google earth™).

Essas turfeiras estão situadas sob as Formações: Fm. Sopa-Brumadinho (Pelitos, Arenitos, Xistos verdes ou Filitos hematíticos); Fm. São João da Chapada (Arenitos, Filitos Hematíticos e Conglomerados); e Fm. Pedro Lessa (CHULA *et al.*, 1995). Na área das

turfeiras e adjacências, esse contexto geológico produz um relevo levemente movimentado, com presença de pequenas colinas.

Como observado nas figuras (31 a 33) o uso e ocupação da terra nas áreas adjacentes às turfeiras inseridas no município de Datas/MG é impertinente. Considerando-se que estes pedoambientes devem ser preservados, devida a sua importância científica, ambiental, hídrica e social. (SILVA, *et al.*, 2009ab; 2013ab; CAMPOS *et al.*, 2014.; HORÁK-TERRA *et al.*, 2014, 2015). Além disso, na SDEM as turfeiras realizam o trabalho de retenção e redistribuição de água que atende as demandas necessárias, desde os plantios de pequenas áreas da agricultura familiar às áreas urbanas dos municípios inseridos nessa região fisiográfica (SILVA *et al.*, 2009ab; CAMPOS *et al.*, 2014). Na figura 34 se observa a presença da cidade de Datas/MG e área preparada para cultivos, ambos em áreas que influenciam as turfeiras neste município. Um fator adicional de preocupação se refere à cultura do morango, inserida na área a partir de 2005 (GUIMARÃES *et al.*, 2015) e que utiliza grande quantidade de agroquímicos.



Figura 34: Variedades de uso da terra nas turfeiras em Datas/MG. Em vermelho se destaca a presença de população de eucalipto. A seta vermelha mostra a ocorrência de áreas preparadas para cultivos próxima à turfeira Datas III. Fotografias adquiridas em 12/10 de 2015.

Na sequência estão dispostas as tabelas contendo: as matrizes de confusão e erros de comissão e omissão (1984, 95, 2005 e 2014). Essas tabelas foram geradas no procedimento da classificação das imagens de satélite (Tabelas 14 e 15).

Tabela 14: Matrizes de confusão, turfeiras em Datas/MG. Essa matriz foi gerada por meio da classificação (Maxver) realizada na área adjacente às turfeiras inseridas em Datas/MG (1984, 1995, 2005 e 2014).

Matrizes de confusão		Classes						
		FESI	CLU	CR	SM	Total		
1984	FESI	1000	7	0	1	1008		
	CLU	1	396	116	3	516		
	CR	0	72	576	0	648		
	SM	0	23	3	169	195		
	Total	1001	498	695	173	2367		
1995	Classes	EUC	CLU	CR	SM	OC	FESI	Total
	EUC	354	0	0	0	0	25	379
	CLU	0	293	37	3	0	12	345
	CR	0	15	362	0	28	1	406
	SM	0	21	0	96	0	1	118
	OC	0	0	29	0	469	0	498
	FESI	2	0	0	2	0	605	612
	Total	356	329	428	101	497	647	2358
2005	Classes	FESI	CLU	CR	SM	EUC	OC	Total
	FESI	611	0	0	2	16	0	629
	CLU	13	229	46	35	0	0	323
	CR	0	45	364	2	1	28	440
	SM	1	50	0	62	3	0	116
	EUC	22	5	0	0	309	0	336
	OC	0	0	18	0	0	365	383
	Total	647	329	428	101	329	393	2227
2014	Classes	FESI	CLU	CR	OC	SM	EUC	Total
	FESI	971	2	0	0	0	17	990
	CLU	0	603	94	0	12	42	751
	CR	0	61	639	252	0	0	952
	OC	2	1	75	1990	0	2	2070
	SM	1	77	0	0	125	0	203
	EUC	11	3	1	72	0	1077	1164
Total	985	747	809	2314	137	1138	6130	

Essas matrizes foram geradas por meio da classificação realizada na área adjacente às turfeiras inseridas em Datas/MG (1984, 1995, 2005 e 2014). **FESI** - Floresta Estacional Semidecidual; **CLU** - Campo Limpo Úmido; **CR** - Campo Rupestre; **SM** - Sombra. **OC** - Outras culturas (morango, milho); **EUC** - Eucalipto.

Tabela 15: Erros de comissão e omissão, turfeiras em Datas/MG. Tabela gerada por classificação automática (Maxver). Os valores foram dados em percentual (vide material e métodos).

Ano	Tipo de erro	CR	CLU	FESI	EUC	OC	SM
1984	<i>Comissão</i>	11,11	33,26	0,79	---	---	13,33
	<i>Omissão</i>	17,12	20,48	0,1	---	---	2,31
1995	<i>Comissão</i>	10,84	15,07	0,65	6,6	5,85	18,64
	<i>Omissão</i>	15,42	10,94	6,03	0,56	5,63	4,95
2005	<i>Comissão</i>	17,27	29,1	2,86	8,04	4,7	46,55
	<i>Omissão</i>	14,95	30,4	5,56	6,08	7,12	38,61
2014	<i>Comissão</i>	32,88	19,71	1,92	7,47	3,86	38,42
	<i>Omissão</i>	21,01	19,28	1,42	5,36	14	8,76

Essa tabela foi gerada na classificação automática (Maxver). Os valores estão em (%). **FESI** - Floresta Estacional Semidecidual; **CLU** - Campo Limpo Úmido; **CR** - Campo Rupestre; **SM** - Sombra. **OC** - Outras culturas (morango, milho); **EUC** - Eucalipto.

5.4 Turfeira Campus JK

A turfeira Limítrofe ao Campus JK da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM) se constitui nascente do Córrego da Roda, importante afluente do Córrego Soberbo, inserido na microbacia hidrográfica do Rio Pinheiro. Esse pedoambiente situa-se em uma altitude média de 1398 m. Em seu entorno se encontra o sítio Alto da Jacuba, responsável pela presença de pastagens na margem esquerda da BR 367, sentido Diamantina/MG - Araçuaí/MG (Figura 35).

Esta turfeira ocupa 44,66 ha e está inserida no Parque Estadual do Biribiri, portanto sua preservação é proeminente. Observou-se em campo a presença de sítios a jusante da mesma (sentido W/E) os quais utilizam da água originária desta turfeira. Apesar desta área abrigar uma unidade de conservação de proteção integral, a situação fundiária ainda não foi resolvida e várias propriedades rurais ainda estão estabelecidas neste local.

A área adjacente à turfeira Limítrofe ao Campus JK da UFVJM encontra-se sobre duas formações geológicas: Fm. Sopa-Brumadinho e Fm. São João da Chapada. Nesta área são encontradas afloramentos de quartzitos, os quais estão distribuídos entre a vegetação do tipo CLU. Além disso, nesta área adjacente há uma antiga cascalheira que foi por vários anos utilizada para construção e manutenção da BR 367 e outras rodovias da região.

A presença das pastagens foi detectada somente a partir de 1984 (Figura 36), nas áreas com predominância de CXbd, solo que ocorre minoritariamente associado a afloramentos de rocha e a RLd.

Em relação a área adjacente em apreço, neste pedoambiente ocorreu um pequeno aumento no percentual ocupado por pastagens entre 1984 e 2014 de 1,73 % para 4,50 %.

Cabe ressaltar que, mesmo estando em um raio de 1.000 m da borda da turfeira, a área ocupada com pastagens pode não estar interferindo diretamente no pedoambiente em análise. Em decorrência de sua posição na paisagem, neste caso em particular, a turfeira pode não sofrer danos ambientais negativos por esse uso do solo em questão.

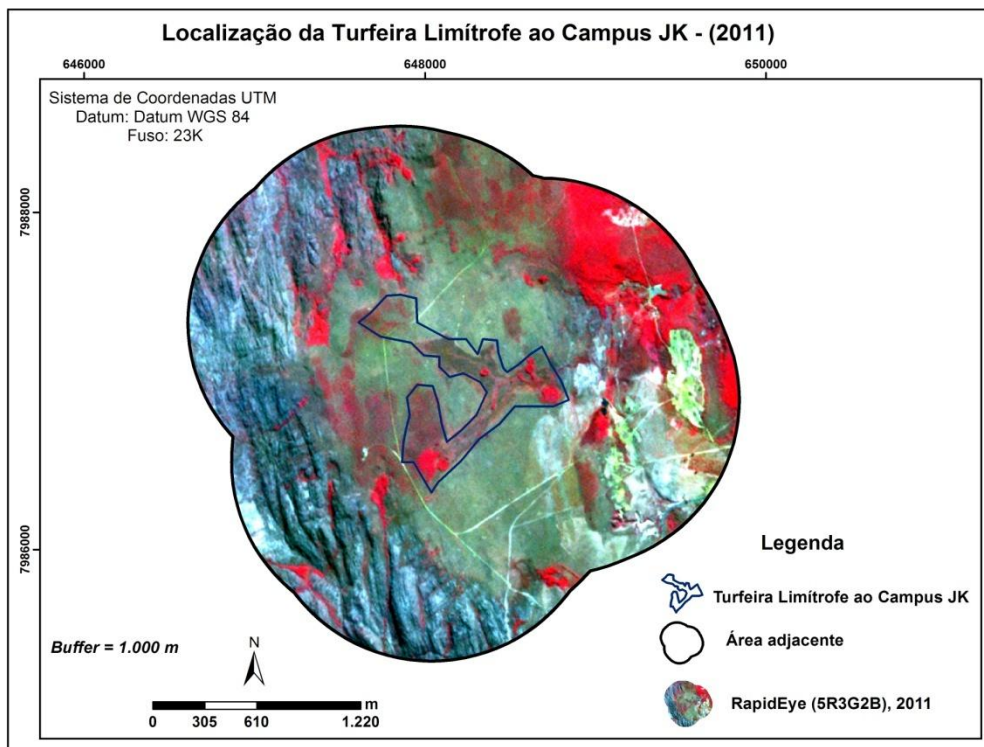


Figura 35: Buffer da turfeira Limítrofe ao Campus JK da UFVJM. O Buffer consiste em um raio de 1.000 m em todas as direções a partir dos limites da turfeira. Na elaboração deste mapa foi utilizada imagem RapidEye (MMA-NuGeo-UFVJM, 2015).

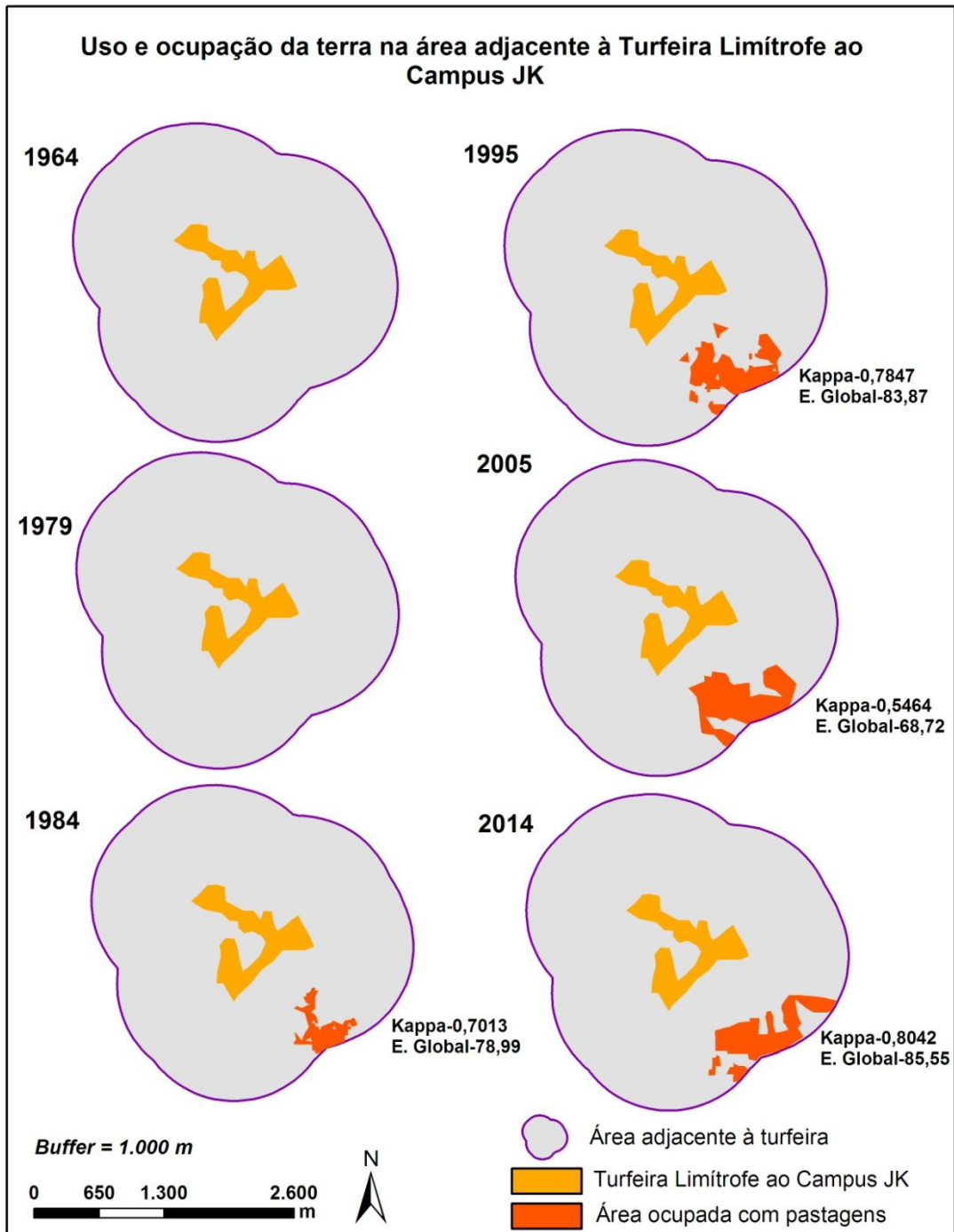


Figura 36: Prancha com ilustração dos diversos resultados obtidos nos anos investigados (turfeira limitrófe ao Campus JK). Uso da terra na área adjacente à turfeira limitrófe ao Campus JK da UFVJM. Os valores do Coeficiente Kappa e da Exatidão Global apresentam a confiabilidade do resultado da classificação e estão dispostos na prancha no canto inferior direito da área adjacente (em 1984; 1995; 2005 e 2014). A área adjacente corresponde ao Buffer de 1.000 m em todas as direções partindo dos limites da turfeira. A presença de pastagens é destacada na área pesquisada (polígono em laranja).



Figura 37: Detalhes do uso da terra na área da turfeira Limítrofe ao Campus JK da UFVJM. Destacando a presença de pastagens próximas a área da turfeira (polígono amarelo). A fotografia destacando as pastagens foi adquirida em trabalho de campo em 09/10 de 2015. **Fonte:** Digital Globe, 2015 (imagem adquirida por meio do aplicativo Google earth™).

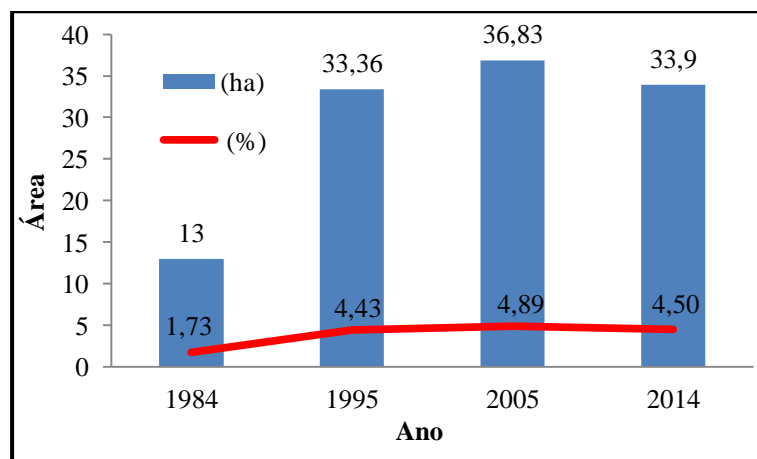


Figura 38: Quantificação da área ocupada com pastagens. O valor percentual é em relação a área adjacente à esta turfeira.

Nas tabelas (16 e 17) estão expostas as matrizes de confusão e os valores percentuais dos erros de comissão e omissão, os quais foram gerados a partir da classificação (Maxver) executada no presente trabalho.

Tabela 16: Matrizes de confusão, turfeira limítrofe ao Campus JK. Essa matriz foi gerada por meio da classificação (Maxver) realizada na área adjacente à turfeira limítrofe ao Campus JK (1984, 1995, 2005 e 2014).

Matrizes de confusão		Classes	FESI	CLU	CR	SM	PS	Total
		1984	FESI	320	52	3	0	0
CLU	34		852	53	0	4	943	
CR	0		123	417	2	2	544	
SM	0		0	76	142	0	218	
PS	0		82	50	0	77	209	
Total	354		1109	599	144	83	2289	

1995	Classes	FESI	CLU	CR	SM	PS	Total
	FESI	402	40	0	0	0	442
	CLU	3	702	74	0	2	781
	CR	0	97	349	1	12	459
	SM	2	10	18	211	0	241
	PS	0	63	33	0	182	278
	Total	407	912	474	212	193	2201

2005	Classes	FESI	CLU	CR	SM	PS	CS	Total
	FESI	324	160	0	0	0	0	484
	CLU	17	1425	17	1	22	2	1484
	CR	0	211	273	2	5	1	492
	SM	0	10	12	152	0	0	174
	PS	0	609	9	0	202	43	863
	Total	341	2432	311	155	239	197	3677

2014	Classes	FESI	CLU	CR	SM	CS	PS	Total
	FESI	566	24	0	0	0	0	590
	CLU	11	1000	83	0	22	0	1116
	CR	0	150	540	2	1	0	693
	SM	0	0	69	88	0	0	157
	CS	0	38	0	0	117	0	155
	Total	577	1219	705	90	146	211	2948

Essas matrizes foram geradas por meio da classificação realizada na área adjacente à turfeira limítrofe ao Campus JK, da UFVJM (1984, 1995, 2005 e 2014). **FESI** - Floresta Estacional Semidecidual; **CLU** - Campo Limpo Úmido; **CR** - Campo Rupestre; **SM** - Sombra. **PS** - Pastagens; **CAS** - Cascalheira.

Tabela 17: Erros de comissão e omissão, turfeira limítrofe ao Campus JK. Tabela gerada por classificação automática (Maxver). Os valores foram dados em percentual (vide material e métodos).

Ano	Tipo de erro	FESI	CLU	CR	SM	PS	CAS
1984	Comissão	14,67	9,65	23,35	34,86	63,16	---
	Omissão	9,6	23,17	30,38	1,39	7,23	---
1995	Comissão	9,05	10,12	23,97	12,45	34,53	---
	Omissão	1,23	23,03	26,37	0,47	7,14	---
2005	Comissão	33,06	3,98	44,51	12,64	76,59	16,11
	Omissão	4,99	41,45	12,22	1,94	15,48	23,35
2014	Comissão	4,07	10,39	22,08	43,95	10,97	24,52
	Omissão	1,91	17,97	23,4	2,22	0	19,86

Essa tabela foi gerada na classificação automática (Maxver). Os valores estão em (%). **FESI** - Floresta Estacional Semidecidual; **CLU** - Campo Limpo Úmido; **CR** - Campo Rupestre; **SM** - Sombra. **PS** - Pastagens; **CAS** - Cascalheira.

5.5 Turfeira Conselheiro Mata

A turfeira localizada no Distrito de Conselheiro Mata, possui 847,64 hectares e abrange importantes nascentes do Rio Pardo Grande, como: o Córrego da Fazenda e o Ribeirão Batatal. A altitude média da área que esta turfeira abrange, situa-se entre 1.000 m na porção mais meridional e 990 m em direção setentrional (em direção a foz, próximo ao Rio Pardo Grande).

Do ponto de vista geomorfológico esta turfeira encontra-se na depressão de Conselheiro Mata. Essa turfeira possui a maior área entre todas estudadas. Possui orientação NNE - SSW e está depositada sobre coberturas detrítico-lateríticas. Estas coberturas estão acomodadas sobre as rochas (quartzitos finos e médios, metassiltitos e metargilitos) da Formação Rio Pardo Grande. Na região ainda afloram rochas da Formação Córrego Pereira (SILVA e KNAUER, 2011).

Esse pedoambiente não apresentou evidências de intervenções antrópicas nas quatro primeiras décadas estudadas, todavia, nas duas últimas demonstrou um grande avanço em área plantada com eucalipto. Em 2005 haviam 32,4 ha plantados e no ano de 2014 esse valor se elevou quase cinco vezes, chegando a 158,88 ha. Esse avanço em área cultivada representa um salto de 0,55% em 2005 para 2,69% da área adjacente em 2014 (Figura 40).

O avanço da eucaliptocultura se deu majoritariamente nas manchas de LVAd, solo de moderada aptidão agrícola, que ocorre associado minoritariamente com RQo e RLd.

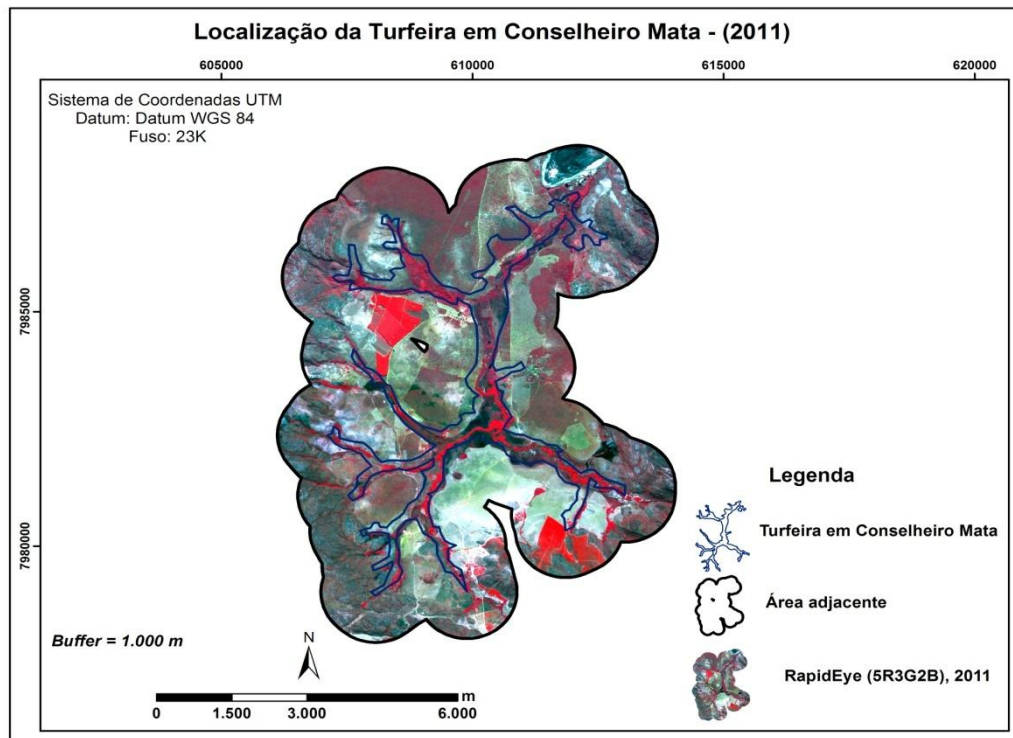


Figura 39: Buffer da turfeira em Conselheiro Mata. O Buffer consiste em um raio de 1.000 m em todas as direções a partir dos limites da turfeira. Na elaboração deste mapa foi utilizada imagem RapidEye (MMA-NuGeo-UFVJM, 2015.)

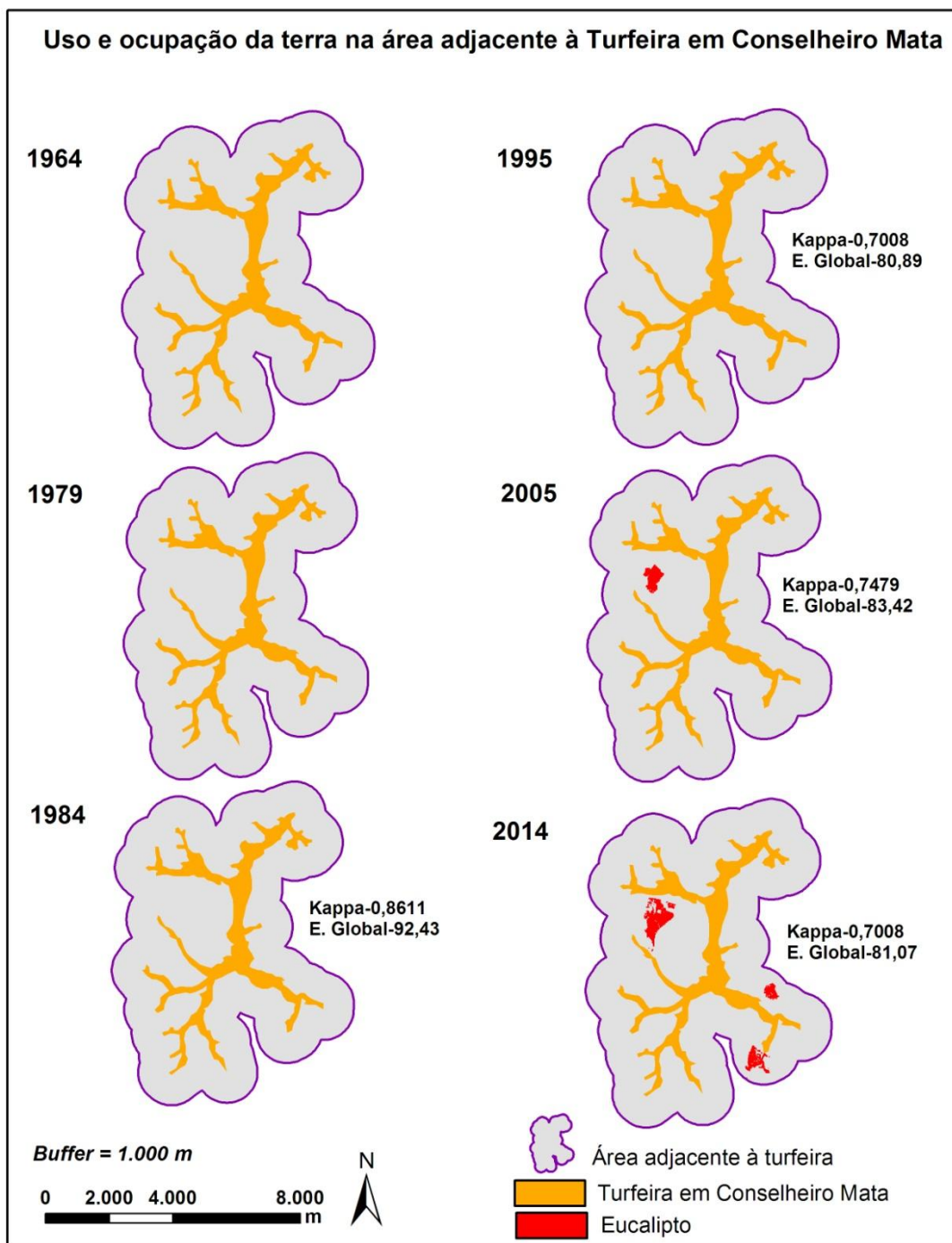


Figura 40: Prancha com ilustração dos diversos resultados obtidos nos anos investigados (turfeira em Conselheiro Mata). Uso da terra na turfeira em Conselheiro Mata. Os valores do Coeficiente Kappa e da Exatidão Global apresentam a confiabilidade do resultado da classificação e estão dispostos na prancha no lado direito da área adjacente (em 1984; 1995; 2005 e 2014). A área adjacente corresponde ao Buffer de 1.000 m em todas as direções partindo dos limites da turfeira. A presença de eucalipto é destacada na área pesquisada (polígono vermelho) a partir de 2005.

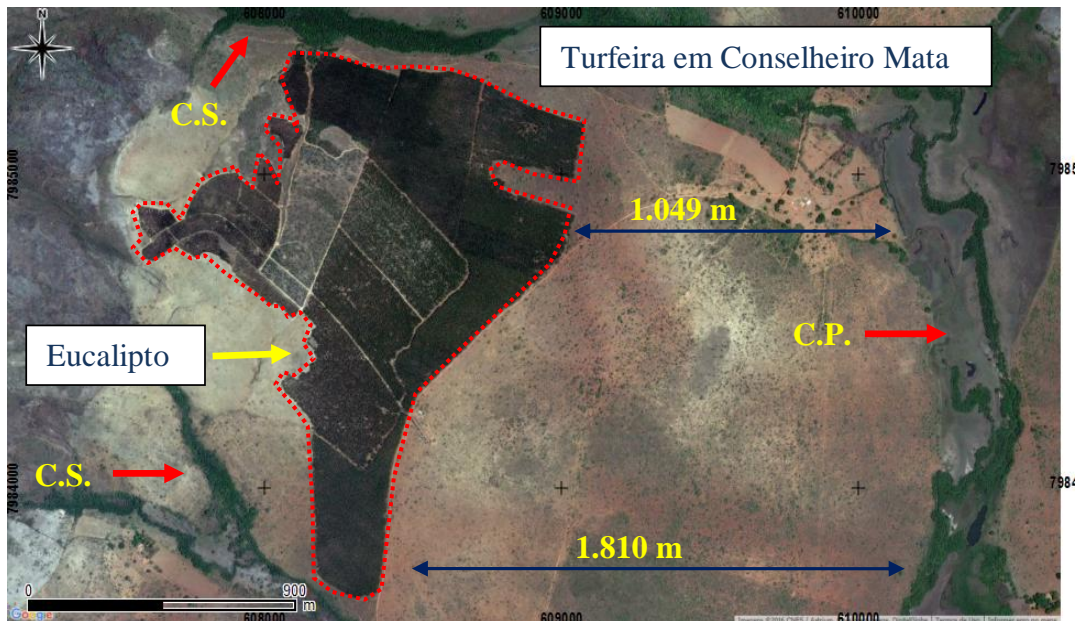


Figura 41: Detalhes do uso da terra na área da turfeira em Conselheiro Mata. C.P. - Canal Principal.; C.S.-Canais Secundários. O polígono vermelho identifica plantios de eucalipto. As setas em azul demarcam as distâncias entre a turfeira e a área ocupada. **Fonte:** Digital Globe, 2015 (imagem adquirida por meio do aplicativo Google earth™).

Conforme observado na figura 41, os plantios de eucalipto estão inseridos a uma distância média de 1.531 m do canal principal e, em relação com os canais secundários, varia entre 264 a 61 m de distância. Essa ocupação, embora esteja de acordo com a atual vigência do Código Florestal, poderá, em longo prazo ocasionar prejuízos ambientais significativos. Dentre os prejuízos se destaca a possibilidade de redução do volume de água dos mananciais que são alimentados pela água retida na turfeira de Conselheiro Mata, neste caso, o Rio Pardo Grande.

A seguir são apresentadas tabelas com as matrizes de confusão e erros de comissão e omissão (1984, 95, 2005 e 2014), As quais foram geradas no procedimento da classificação das imagens de satélite (Tabelas 18 e 19).

Tabela 18: Matrizes de confusão, turfeira em Conselheiro Mata. Essa matriz foi gerada por meio da classificação (Maxver) realizada na área adjacente à turfeira em Conselheiro Mata (1984, 1995, 2005 e 2014).

Matrizes de Confusão		Classes	FESI	CLU	CR	SM	SE	Total
		1984	FESI	823	3	2	0	0
CLU	21		4908	77	0	0	5006	
CR	1		447	569	1	6	1024	
SM	0		0	8	385	0	393	
SE	0		17	21	0	690	728	
Total	845		5375	677	389	696	7979	

1995	Classes	FESI	CLU	CR	Outros	Total
	FESI	565	0	0	0	565
	CLU	2	1988	144	0	2134
	CR	0	553	899	0	1452
	Outros	0	157	31	303	491
	Total	567	2698	1074	303	4642

2005	Classes	FESI	CLU	CR	EUC	Outros	Total
	FESI	222	0	2	2	0	226
	CLU	3	2072	229	0	5	2309
	CR	2	345	610	0	24	981
	EUC	3	0	9	259	0	271
	Total	230	2561	865	261	806	4723

2014	Classes	FESI	CLU	CR	EUC	Outros	Total
	FESI	214	46	2	1	3	266
	CLU	13	2262	310	4	100	2689
	CR	0	8	441	0	35	484
	EUC	3	115	0	254	10	382
	Total	230	2561	865	261	806	4723

Essas matrizes foram geradas por meio da classificação realizada na área adjacente à turfeira em Conselheiro Mata (1984, 1995, 2005 e 2014). **FESI** – Floresta Estacional Semidecidual; **CLU** – Campo Limpo Úmido; **CR** – Campo Rupestre; **EUC** – Eucalipto; **Outros** (sombra, nuvens ou solo exposto); **OC** – Outras culturas.

Tabela 19: Erros de comissão e omissão turfeira em Conselheiro Mata. Tabela gerada por classificação automática (Maxver). Os valores foram dados em percentual (vide material e métodos).

Ano	Tipo de erro	FESI	CLU	CR	Outros	OC	EUC
1984	Comissão	0,26	4,53	6,56	13,93	---	---
	Omissão	0,78	4,78	9,52	8,43	---	---
1995	Comissão	0	1,87	6,58	0,65	3,45	---
	Omissão	2,56	2,71	1,84	0	2,61	---
2005	Comissão	6,25	4,55	6,96	13,84	6,13	23,08
	Omissão	10,85	6,51	8,51	0,52	1,97	15,66
2014	Comissão	3,6	16,8	22,78	23,48	13,33	34,02
	Omissão	20,73	25,41	19,2	0	7,65	11,67

Essa tabela foi gerada na classificação automática (Maxver). **FESI** - Floresta Estacional Semidecidual; **CLU** - Campo Limpo Úmido; **CR** - Campo Rupestre; **EUC** - Eucalipto; **Outros** (sombra, nuvens ou solo exposto); **OC** - Outras culturas. **Obs:** Valores em percentual. A partir de 1995 as categorias sombra e solo exposto foram reduzidas a uma única categoria (denominada neste trabalho pelo nome “Outros”) com objetivo de otimizar as rotinas computacionais. .

5.6 Turfeira Batatal

A turfeira inserida no Acanalado Batatal, encontra-se a 1.165 m de altitude, sob a Formação Galho do Miguel. Esse pedoambiente corresponde à nascente do Córrego Lapa da Doida, tributário do Ribeirão Batatal e abrange uma área de 16,9 ha (Figura 42).

Em 19 de outubro de 2015 (data do trabalho de campo nesta turfeira) havia sinais de queimadas na área adjacente a essa turfeira (Figura 43). Na mesma data o canal principal desta turfeira estava seco na superfície, e foi observada a presença de gado bovino nas proximidades. As queimadas são frequentes em turfeiras, uma vez que os criadores de gado queimam a vegetação de campo, muito fibrosa, para que brotos tenros sejam pastoreados pelo rebanho (SILVA *et al.*, 2005). Entretanto, não foram observadas alterações no uso e ocupação da terra nas áreas adjacentes. Não se observou cultivos florestais, pastagens ou lavouras nesta área.

Os afloramentos de rocha quartzítica predominam nas adjacências desta turfeira, associados a RLd e a RQo, solos que embasam o campo limpo, utilizado como pastagem nativa.

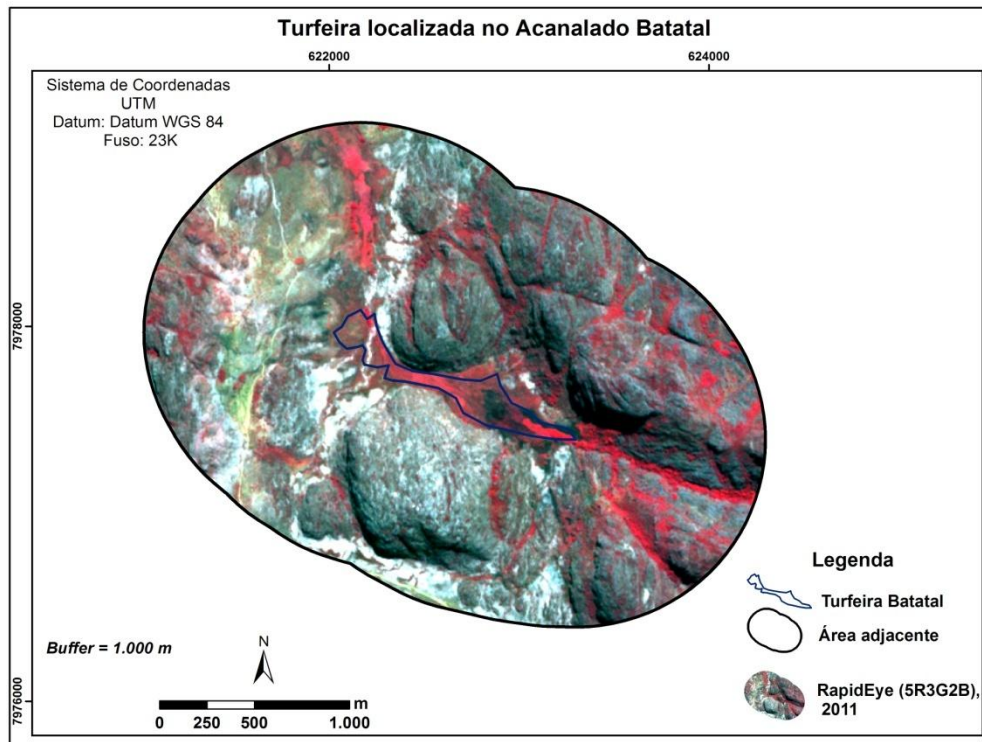


Figura 42: Buffer da turfeira Batatal. O Buffer consiste em um raio de 1.000 m em todas as direções a partir dos limites da turfeira. Na elaboração deste mapa foi utilizada imagem RapidEye (MMA-NuGeo-UFVJM, 2015).

A turfeira funciona como uma esponja, preservando a água e posteriormente libera para o ambiente (SILVA *et al.*, 2009ab; CAMPOS *et al.*, 2014). Embora seja uma área de vegetação rasteira (campo limpo úmido), as queimadas podem provocar reações ambientais adversas em turfeiras, conforme já mencionado tais como: combustão da vegetação e redução da atividade microbiana. O incêndio pode ocasionar diminuição do potencial de armazenamento de água. Da mesma forma, estes acidentes prejudicam às atividades agrícolas (agricultura, pecuária) locais.



Figura 43: Sinais de queimadas na área da turfeira do Acanalado Batatal. Fotografias adquiridas em 19/10/2015. Depressão Interplanáltica em Batatal, cujo embasamento pertence à Formação Galho do Miguel. Por meio de prévia observação visual das fotografias aéreas e imagens de satélites que cobrem a área adjacente a esta turfeira, não foi observado nenhum tipo de uso sistemático da terra na mesma, portanto não foram realizados os procedimentos da classificação na área adjacente a esta turfeira.

5.7 Turfeira Estrada de Conselheiro Mata

A turfeira inserida na estrada de acesso a Conselheiro Mata possui 307,34 ha e sua área adjacente abrange 2.586,23 ha, que equivale a 15, 7% de todas as áreas adjacentes analisadas (Figura 44). Essa turfeira encontra-se a uma altitude média de 1.172 m e corresponde à nascente do Ribeirão das Varas. Entretanto, também abrange a cabeceira do Córrego do Alforjes, tributário do Rio Pardo Pequeno.

Essa turfeira ocupa um patamar altimétrico intermediário (1.120-1.210 m) em relação às demais. Está situada entre o planalto de Diamantina e a depressão de Conselheiro Mata (CAMPOS, 2014). Esta turfeira está depositada sobre o substrato rochoso de cinco unidades (formações): Galho do Miguel, Córrego Bandeira, Santa Rita, Córrego dos Borges e Córrego Pereira. Além disso, possui orientação geral “E-W”, e esta cercada pelo maciço da “Serra da Doida”.

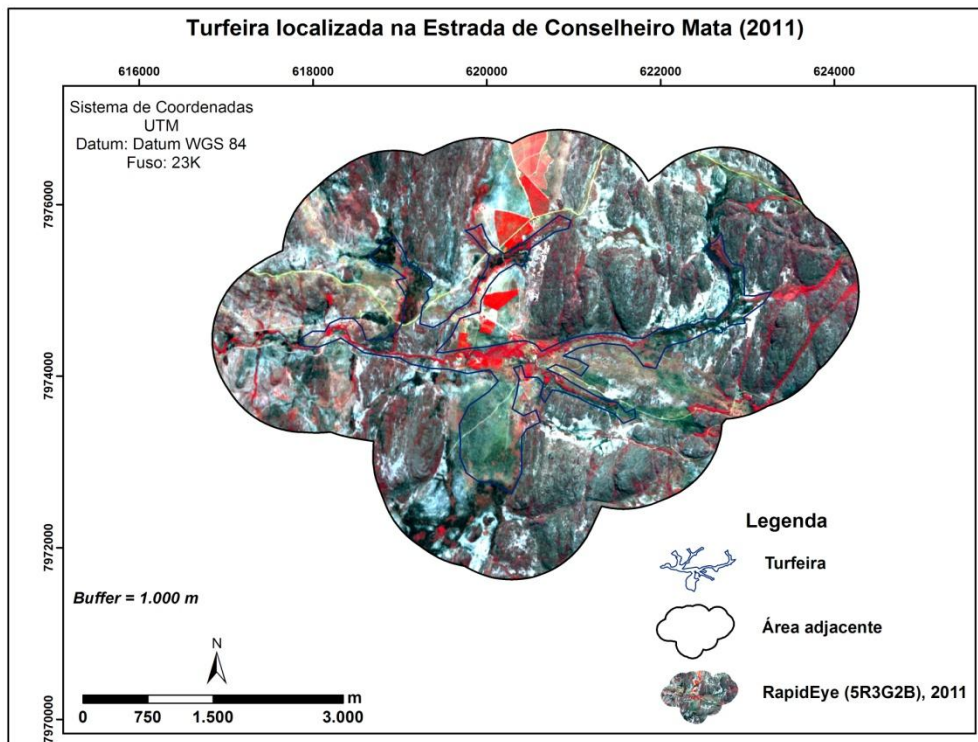


Figura 44: Buffer da turfeira na estrada de acesso a Conselheiro Mata. O Buffer consiste em um raio de 1.000 m em todas as direções a partir dos limites da turfeira. Na elaboração deste mapa foi utilizada imagem RapidEye (MMA-NuGeo-UFVJM, 2015).

Essa turfeira representa o pedoambiente mais conservado, conforme observado em trabalho de campo. Todavia, em sua área adjacente inclui a rodovia estadual MG 220 e a antiga Rede Ferroviária Federal S.A. (RFFSA), desativada no início da década de 1970. Tais usos, ainda que a longo prazo, podem interferir no equilíbrio dinâmico das turfeiras. A presença de plantios de eucalipto foi observada na área adjacente a essa turfeira a partir de 2005 (Figura 45).

Observou-se, que no período de 1964 a 1984 a área em estudo esteve relativamente preservada em relação ao uso para plantios de grandes culturas ou pastagens. Todavia, sabe-se da instalação e manutenção da linha férrea da RFFSA entre 1910 e 1970, o que possivelmente acarretou várias alterações no ambiente. Em razão da escala espacial de tais alterações, as áreas que foram impactadas (negativamente), não foram identificadas, isto em razão da escala dos materiais cartográficos usados neste trabalho (e.g. fotografias - 1:25.000 e 1: 60.000 e imagens orbitais 1: 100.000).

A classe outras culturas (neste caso, representada por plantio de café) surgiu nas áreas adjacentes desta turfeira na década de 1990 e ocupou naquela década 0,45 % desta área.

Em 2014 a área ocupada com eucalipto no entorno da turfeira em apreço foi (22,53 ha). Isto é, 0,87 % da área adjacente a esta turfeira (Tabela 20).

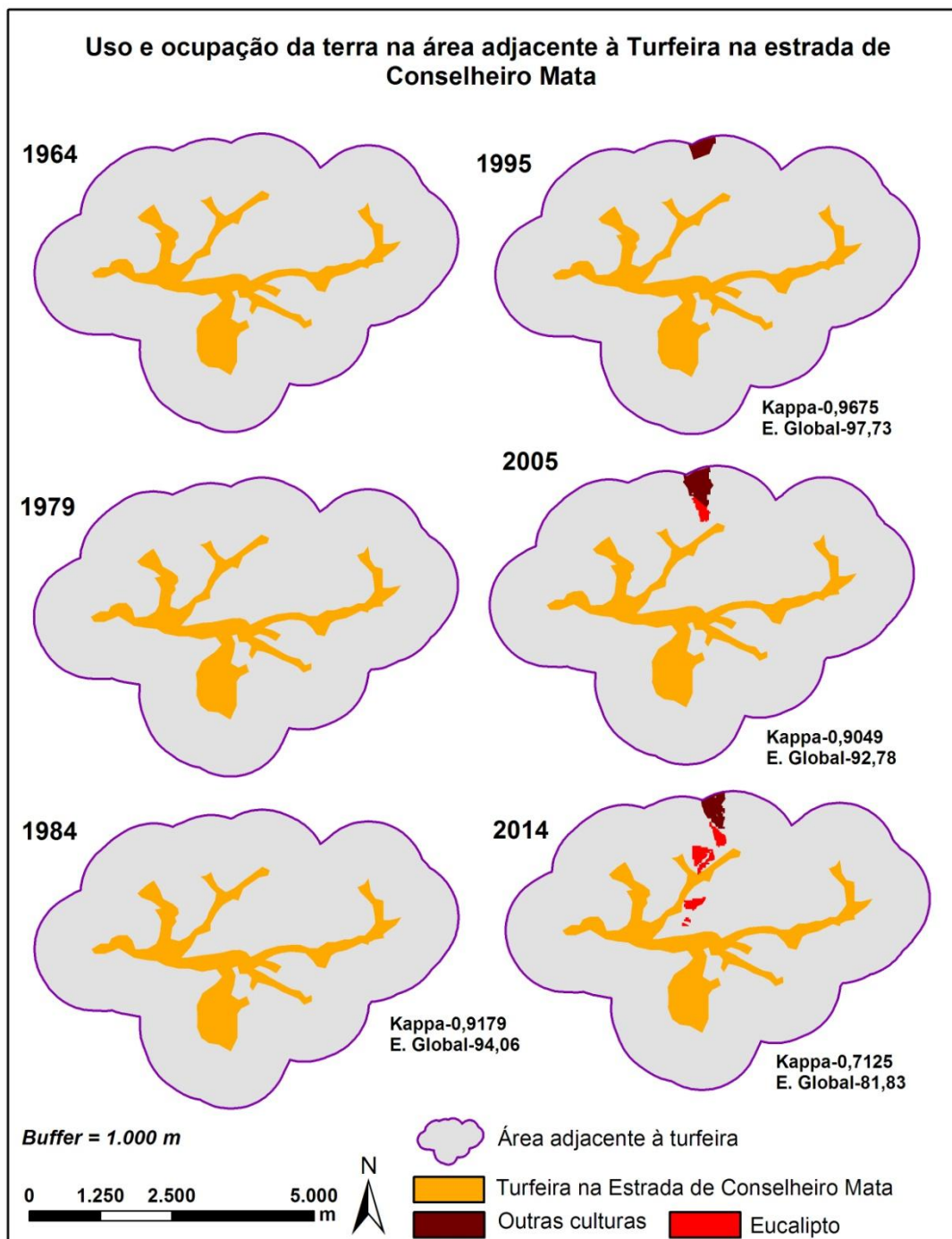


Figura 45: Prancha com ilustração dos diversos resultados obtidos nos anos investigados (turfeira no acesso a Conselheiro Mata). Uso da terra na turfeira da estrada de acesso a Conselheiro Mata. Os valores do Coeficiente Kappa e da Exatidão Global apresentam a confiabilidade do resultado da classificação e estão dispostos na prancha no canto inferior direito da área adjacente (em 1984; 1995; 2005 e 2014). A área adjacente corresponde ao Buffer de 1.000 m em todas as direções partindo dos limites da turfeira. A presença de eucalipto e outras culturas (café) é destacada na área pesquisada.

Tabela 20: Uso e ocupação da terra nas áreas adjacentes à turfeira localizada na estrada de Conselheiro Mata.

Uso do solo	Eucalipto		Outras culturas	
Ano	(ha)	(%)	(ha)	(%)
1995	----	----	11,6	0,45
2005	6,8	0,26	21,66	0,84
2014	22,53	0,87	19,88	0,77

O valor percentual é em relação a área adjacente a esta turfeira.

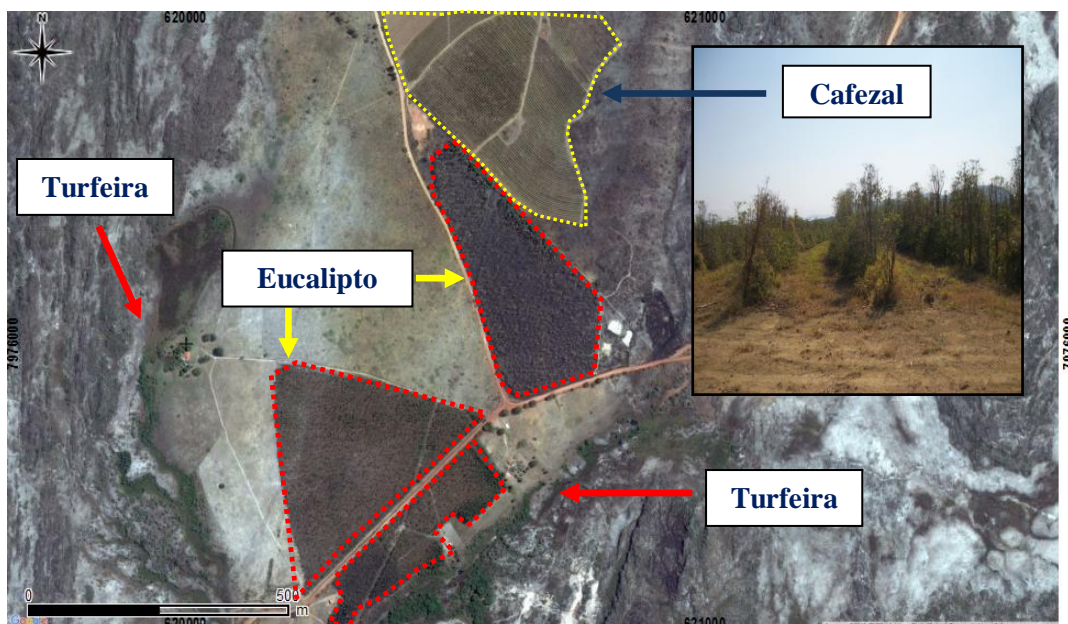


Figura 46: Detalhes do uso da terra na área da turfeira na estrada de acesso a Conselheiro Mata. Observa-se presença de eucalipto (polígonos em vermelho) e de um pequeno cafezal (polígono em amarelo). A fotografia foi obtida em trabalho de campo (19/10/2015). **Fonte:** Digital Globe, 2015 (imagem adquirida por meio do aplicativo Google earth™).

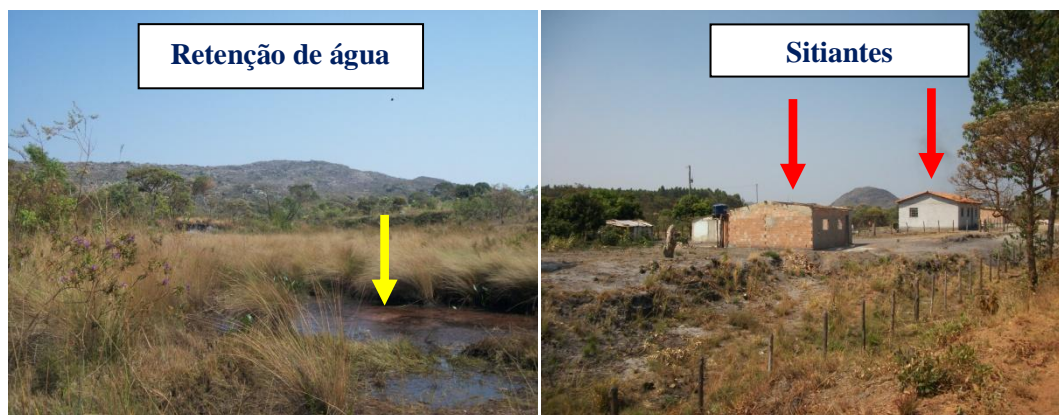


Figura 47: Turfeira preservada na área visitada e presença de sitiantes em seu entorno. Essas moradias estão situadas na margem esquerda da Estrada de Acesso a Conselheiro Mata (MG 220). Fotografias adquiridas em 19/10/2015.

Os afloramentos de rocha quartzítica predominam nas adjacências desta turfeira, associados a LVAd, de moderada aptidão agrícola e cultivado com café e eucalipto, e à RLd.

Conforme observado em trabalho de campo esta turfeira permanece bem preservada, pois, não havia sinais de queimada, presença de gado ou sinais de usos para pastagens na mesma. Entretanto, notou-se a presença de sitiantes com suas moradias. Este fator pode ser prejudicial para a preservação adequada deste pedoambiente devido a movimentação de pessoal no entorno da turfeira. Por outro lado, os agricultores cercaram a turfeira (com arame), evitando assim compactação por meio do pisoteio de gado e por equídeos. (Figura 47).

Nas tabelas 21 e 22 são apresentadas as matrizes de confusão e erros de comissão e omissão (1984, 95, 2005 e 2014), as quais foram geradas no procedimento da classificação das imagens de satélite.

Tabela 21: Matrizes de confusão, turfeira na estrada de Conselheiro Mata. Essa matriz foi gerada por meio da classificação (Maxver) realizada na área adjacente à turfeira na estrada de Conselheiro Mata (1984, 1995, 2005 e 2014).

Matrizes de Confusão								
		Classes	FESI	CLU	CR	Outros	Total	
1984	FESI	381	0	1	0	382		
	CLU	3	737	25	7	772		
	CR	0	14	513	22	549		
	Outros	0	23	28	315	366		
	Total	384	774	567	344	2069		
1995	Classes	FESI	CLU	CR	OC	Outros	Total	
	FESI	266	0	0	0	0	266	
	CLU	7	681	3	3	0	694	
	CR	0	15	213	0	0	228	
	OC	0	4	0	112	0	116	
	Total	273	700	217	115	152	1457	
2005	Classes	FESI	CLU	CR	EUC	OC	Outros	Total
	FESI	345	11	0	12	0	0	368
	CLU	10	776	25	0	2	0	813
	CR	0	42	602	0	2	1	647
	EUC	21	0	0	70	0	0	91
	OC	11	1	0	1	199	0	212
	Total	387	830	658	83	203	194	2355
2014	Classes	FESI	CLU	CR	EUC	OC	Outros	Total
	FESI	348	0	1	7	5	0	361
	CLU	0	317	64	0	0	0	381
	CR	2	106	383	0	5	0	496
	EUC	77	2	0	159	4	0	241
	OC	12	0	0	14	169	0	195
	Total	439	425	474	180	183	88	1789

Essas matrizes foram geradas por meio da classificação realizada na área adjacente à turfeira situada na estrada de acesso Conselheiro Mata (1984, 1995, 2005 e 2014). **FESI** - Floresta Estacional Semi-decidual; **CLU** - Campo Limpo Úmido; **CR** - Campo Rupestre; **EUC** - Eucalipto; **Outros** (sombra, nuvens ou solo exposto); **OC** - Outras culturas.

Tabela 22: Erros de comissão e omissão, turfeira na estrada de Conselheiro Mata. Tabela gerada por classificação automática (Maxver). Os valores foram dados em percentual (vide material e métodos).

Ano	Tipo de erro	FESI	CLU	CR	Outros	OC	EUC
1984	Comissão	0,26	4,53	6,56	13,93	---	---
	Omissão	0,78	4,78	9,52	8,43	---	---
1995	Comissão	0,00	1,87	6,58	0,65	3,45	---
	Omissão	2,56	2,71	1,84	0,00	2,61	---
2005	Comissão	6,25	4,55	6,96	13,84	6,13	23,08
	Omissão	10,85	6,51	8,51	0,52	1,97	15,66
2014	Comissão	3,6	16,80	22,78	23,48	13,33	34,02
	Omissão	20,73	25,41	19,20	0,00	7,65	11,67

Essa tabela foi gerada na classificação automática (Maxver). **FESI** - Floresta Estacional Semidecidual; **CLU** - Campo Limpo Úmido; **CR** - Campo Rupestre; **EUC** - Eucalipto; **Outros** (sombra, nuvens ou solo exposto); **OC** - Outras culturas. **Obs:** Valores em percentual.

5.8 Turfeira Gouveia

A turfeira localizada no município de Gouveia/MG situa-se em uma altitude média de 1.070 m e compreende a área de nascente do Córrego Água Limpa, afluente do Ribeirão do Chiqueiro. Essa turfeira abrange 122,55 ha, e sua área adjacente é de 1.686,34 ha (Figura 48).

Essa turfeira situa-se sobre rochas do complexo Gouveia, está sobre a Depressão homônima. Tais litologias modelam a paisagem em forma de colinas, que por sua vez, possibilita a presença de forte erosividade dos solos nessa área.

Essa turfeira está além dos limites da folha Diamantina, portanto na mesma não há fotografia aéreas do ano de 1979, disponíveis para uso no presente trabalho. Desse modo a classificação foi realizada entre 1964, 1984 e os anos subsequentes. (Figura 49).

Na área adjacente a turfeira situada em Gouveia/MG foi detectada somente presença de pastagens (Tabela 23). No decorrer das décadas analisadas ocorreram pequenas alterações na área utilizada em pastagens na área estudada. Em relação à área adjacente o uso da terra com pastagens variou de 22,45 % em 1964 para 26,03 % em 2014. Ressalta-se, no entanto, que essas pequenas variações nos resultados podem estar relacionadas com a própria classificação, a qual depende, entre outros fatores, das condições climáticas locais no momento de aquisição das imagens que foram classificadas.

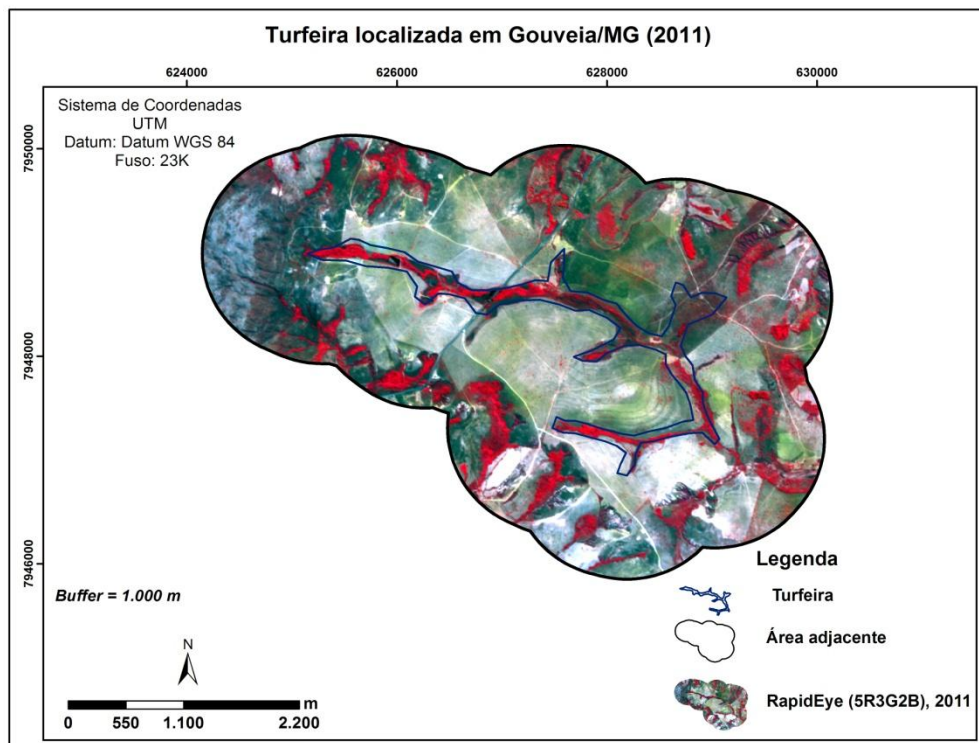


Figura 48: Buffer da turfeira em Gouveia/MG. O Buffer consiste em um raio de 1.000 m em todas as direções a partir dos limites da turfeira. Na elaboração deste mapa foi utilizada imagem RapidEye (MMA-NuGeo-UFVJM, 2015).

Tabela 23: Uso e ocupação da terra nas áreas adjacentes à turfeira em Gouveia/MG.

Uso do Solo		Pastagens
Ano	(ha)	(%)
1964	378,57	22,45
1979	SD	SD
1984	350,24	20,77
1995	421,25	24,98
2005	466,34	27,65
2014	438,87	26,03

O valor percentual corresponde à relação entre a categoria classificada e área adjacente a esta turfeira. SD - Sem dados

Os solos predominantes são o CXbd, o RQo e o RLd, que ocorrem associados a poucos afloramentos de rocha. Apesar da baixa aptidão agrícola, estes solos são cultivados como pastagens.

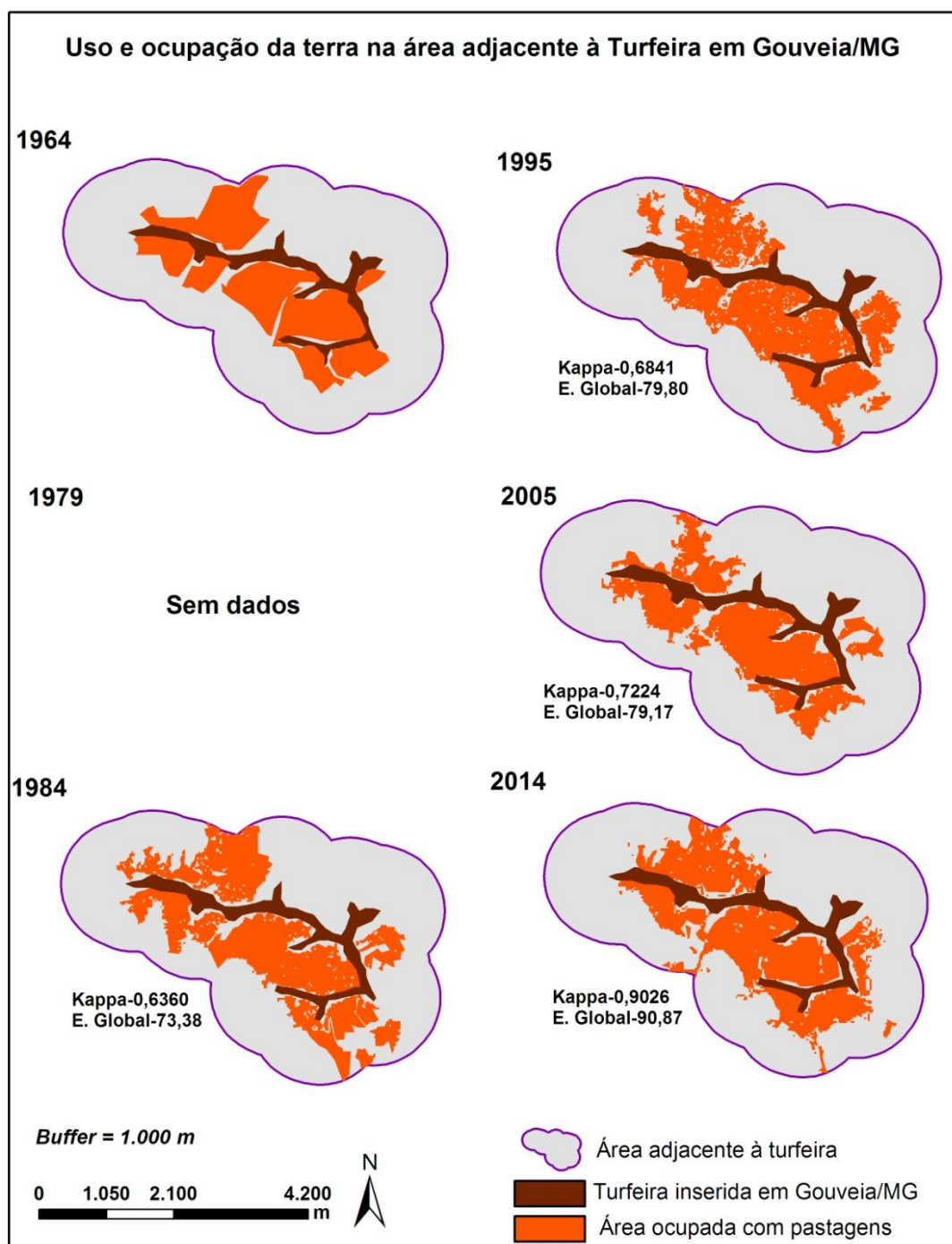


Figura 49: Prancha com ilustração dos diversos resultados obtidos nos anos investigados (turfeira em Gouveia). Uso da terra na turfeira localizada em Gouveia/MG. Os valores do Coeficiente Kappa e da Exatidão Global apresentam a confiabilidade do resultado da classificação e estão dispostos na prancha do lado esquerdo da área adjacente (em 1984; 1995; 2005 e 2014). A área adjacente corresponde ao Buffer de 1.000 m em todas as direções partindo dos limites da turfeira. A presença de pastagens é destacada na área pesquisada (polígono em laranja).

A utilização de pastagens em área de nascentes, assim com outras formas de uso e ocupação da terra podem causar sérias intempéries ambientais. Dentre as quais se destacam:

compactação do solo e assoreamento do canal da turfeira. Fotografia adquirida por meio do Google maps™ (usando a ferramenta *Street view*) possibilita visualizar a situação da turfeira e sua área adjacente em 2009 e 2011, em períodos distintos do ano (Figura 50).

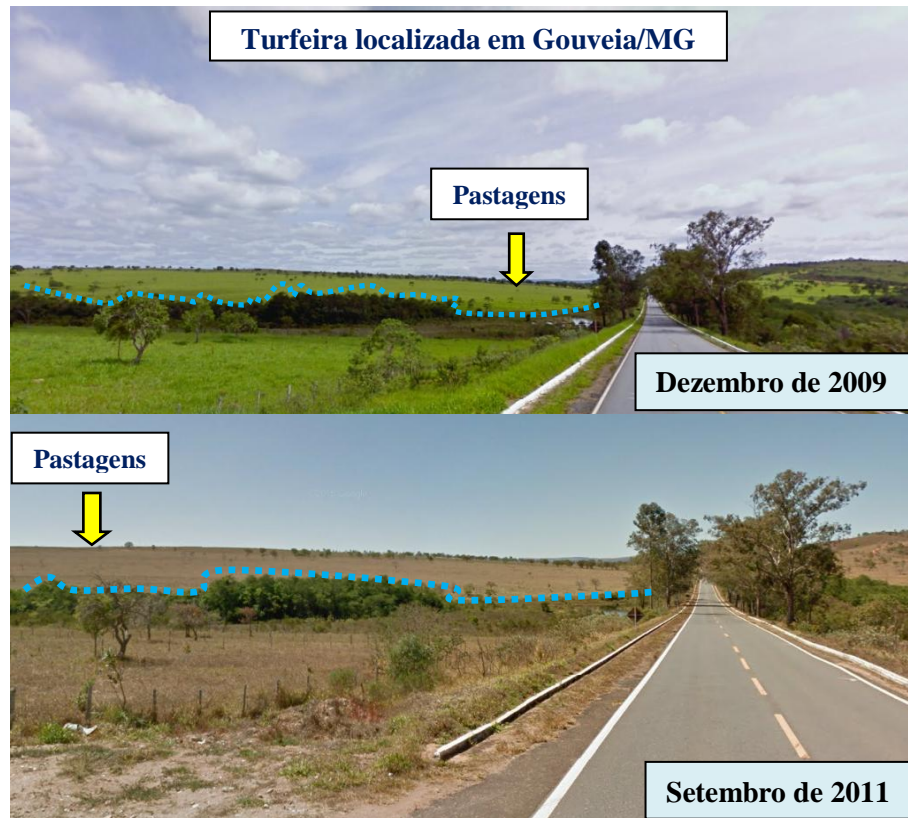


Figura 50: Detalhes do uso e ocupação do solo na turfeira localizada em Gouveia/MG. A linha pontilhada em azul apresenta o canal da turfeira.
Fonte: Google maps™ (fotografias adquiridas por meio do aplicativo *Street View*), 2016.

Na sequência as tabelas 24 e 25 estão dispostas as contendo: as matrizes de confusão e erros de comissão e omissão (1984, 95, 2005 e 2014). Essas tabelas foram geradas no procedimento da classificação das imagens de satélite.

Tabela 24: Matrizes de confusão, turfeira em Gouveia/MG. Essa matriz foi gerada por meio da classificação (Maxver) realizada na área adjacente à turfeira em Gouveia/MG (1984, 1995, 2005 e 2014).

Matrizes de confusão		Classes						
		FESI	CLU	CR	PS	Outros	Total	
1985	FESI	504	20	1	0	1	526	
	CLU	27	146	28	48	0	249	
	CR	3	7	133	23	25	191	
	PS	0	37	80	662	56	835	
	Outros	1	16	97	68	38	220	
	Total	535	226	339	801	120	2021	
1995	FESI	516	17	0	0	0	533	
	CLU	16	177	29	66	1	289	
	CR	1	25	164	107	12	309	
	PS	0	2	127	611	23	766	
	Outros	2	2	19	17	84	124	
	Total	535	226	339	801	120	2021	
2005	FESI	507	17	0	3	0	527	
	CLU	11	187	65	122	1	386	
	CR	9	15	224	22	7	277	
	PS	7	6	42	593	23	671	
	Outros	1	1	8	61	89	160	
	Total	535	226	339	801	120	2021	
2014	FESI	529	0	0	0	0	529	
	CLU	5	156	19	11	0	191	
	CR	0	62	313	4	4	383	
	PS	0	8	6	764	1	779	
	Outros	1	0	1	22	115	139	
	Total	535	226	339	801	120	2021	

Essas matrizes foram geradas por meio da classificação realizada na área adjacente à turfeira de Gouveia/MG (1984, 1995, 2005 e 2014). **FESI** - Floresta Estacional Semidecidual; **CLU** - Campo Limpo Úmido; **CR** - Campo Rupestre; **PS** - Pastagens; **Outros** (sombra, nuvens ou solo exposto).

Tabela 25: Erros de comissão e omissão, turfeira em Gouveia/MG. Tabela gerada por classificação automática (Maxver). Os valores foram dados em percentual (vide material e métodos).

Ano	Tipo de erro	FESI	CLU	CR	Outros	PS
1984	<i>Comissão</i>	4,18	41,37	30,37	82,73	20,72
	<i>Omissão</i>	5,79	35,40	60,77	68,33	17,35
1995	<i>Comissão</i>	3,19	38,75	46,93	32,26	20,23
	<i>Omissão</i>	3,55	21,68	51,62	30,00	23,72
2005	<i>Comissão</i>	3,80	51,55	19,13	44,38	11,62
	<i>Omissão</i>	5,23	17,26	33,92	25,83	25,97
2014	<i>Comissão</i>	0	18,32	18,28	17,27	1,93
	<i>Omissão</i>	1,12	30,97	7,67	4,17	4,62

Essa tabela foi gerada na classificação automática (Maxver). **FESI** - Floresta Estacional Semidecidual; **CLU** - Campo Limpo Úmido; **CR** - Campo Rupestre; **PS** - Pastagens. **Obs:** Valores altos de erros de comissão são responsáveis pelos baixos valores do índice Kappa e Exatidão Global. Valores dados em percentual.

6 Análise dos resultados, estratégias de preservação e apontamentos para estudos futuros

Foram analisadas 16.468,38 hectares de área adjacente à 10 turfeiras da SdEM. O recorte temporal correspondeu ao período entre 1964 e 2014 (50 anos), de modo que este estudo aponta para a necessidade de dedicar maior atenção a esses pedoambientes. (tabela 26).

Tabela 26: Quadro comparativo em relação ao uso do solo nas áreas adjacentes às turfeiras.

Turfeira	Atividades antrópicas nas áreas adjacentes às turfeiras (1964 – 2014)											
	1964		1979		1984		1995		2005		2014	
	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)
PDF	---	---	---	---	---	---	10,80	0,64	10,80	0,64	10,80	0,64
DT	---	---	---	---	---	---	45,59	1,92	45,40	1,91	146,15	6,14
CM	---	---	---	---	---	---	---	---	32,40	0,55	158,88	2,69
EST	---	---	---	---	---	---	---	---	6,80	0,26	22,53	0,87
DT	---	---	---	---	---	---	56,96	2,39	47,50	2,00	292,58	12,29
EST	---	---	---	---	---	---	11,6	0,45	21,66	0,84	19,88	0,77
SJC	---	---	---	---	---	---	39,38	4,25	45,85	4,95	49,80	5,27
JK	---	---	---	---	13,00	1,73	33,36	4,43	36,83	4,89	33,90	4,50
GV	379	22,45	SD	SD	350,2	20,77	421,3	24,98	466,34	27,65	438,87	26,03

Localidades/nomes das turfeiras: PDF - APE Pau de Fruta; DT - Datas I, II e III; CM - Conselheiro Mata; EST - Estrada de Conselheiro Mata; SJC - São João da Chapada; JK - Limítrofe ao Campus JK da UFVJM e GV - Gouveia. Outras culturas se referem à: Morango e milho (em Datas) e Café (Batatal). **Obs:** Percentual em relação a área adjacente de cada turfeira. SD - Sem dados.

As turfeiras situadas em Datas/MG (I, II e III) somam 2.379,70 ha de área adjacente, (14,45 %) e merecem destaque. Nas áreas adjacentes à essas turfeiras, foi observado implantação de cultivos (morango e milho) a partir de 1995. Situação ímpar ocorre com a turfeira situada em Conselheiro Mata, (35,90 %) da área estudada. Foram identificadas plantações de eucalipto a partir de 2005 no entorno desta turfeira.

A turfeira que se encontra em Gouveia/MG apresentou maiores valores de ocupação da terra em relação à área adjacente, quando comparada com as demais. Em 2014 foram encontradas 438,87 ha de pastagens na área adjacente acima mencionada. Este valor equivale a 26,03 % da área adjacente desta turfeira. Ressalta-se que desde 1964 já havia pastagens no entorno deste pedoambiente.

As turfeiras localizadas em Datas/MG I, II e III merecem destaque devido apresentarem 6,14 % de suas áreas adjacentes ocupadas com eucalipto e 12,29 % com outras culturas no ano de 2014. Isto equivale a 146,16 ha de eucalipto e 292,58 ha de outras culturas inseridas em áreas próximas aos canais das turfeiras. Esse tipo de ocupação do solo nestes pedoambientes pode estar causando impactos ambientais negativos. Dessa forma, estudos mais detalhados, com foco na ocupação antrópica nessas áreas devem ser realizados.

Tabela 27: Relação de uso do solo nas áreas adjacentes às turfeiras

Ano	Uso da área Adjacente						
	Pastagem		Eucalipto		Outras culturas		Total
	ha	%	ha	%	ha	%	ha
1964	378,57	2,30	---	---	---	---	378,57
1979	---	---	---	---	---	---	-
1984	363,24	2,21	---	---	---	---	363,24
1995	493,99	3,00	56,39	0,34	68,56	0,42	618,94
2005	549,02	3,33	95,40	0,58	69,16	0,42	713,52
2014	522,57	3,17	341,37	2,07	312,46	1,90	1176,40

Obs: Os percentuais correspondem às áreas mapeadas em relação a área adjacente total (16.468,38 ha).

Observando-se a tabela 27 verifica-se que a ocupação da área adjacente às turfeiras se intensificou após a década de 90 do século XX. Esta constatação pode estar relacionada ao declínio das atividades de garimpo de diamante e ouro na região, ocorrida no início da década de 90 do século XX por exaustão das jazidas e por intensificação da fiscalização ambiental

(SILVA *et al.*, 2005). A necessidade de geração de renda levou à intensificação da utilização das terras com atividades agrícolas.

Por outro lado, a turfeira de Gouveia, mais distante da zona de garimpo, apresenta suas adjacências utilizadas com pastagens desde 1964 (Figura 49 e tabela 23). Isto reforça a constatação de que a decadência do garimpo pode ter provocado a intensificação do uso da terra nos municípios de Diamantina e Datas, inseridos na zona de mineração de diamante e ouro.

Embora a área ocupada com eucalipto na adjacência da turfeira de Conselheiro Mata represente somente 0,55 % e 2,69 % em 2005 e 2014 respectivamente (32,40 ha e 158,88 ha), o crescimento deste tipo de uso foi de 490,4 %. Esse valor só é inferior ao crescimento ocorrido em relação a áreas ocupadas com outras culturas nas turfeiras localizadas em Datas/MG. Estas últimas obtiveram crescimento de 614,5 %, isto é, avançou de 2,00 % para 12,29 % (de 47,5 para 292,58 ha) entre 1995 e 2014.

A turfeira do Acanalado Batatal não apresenta nenhum tipo sistematizado de uso do solo (eucalipto, pastagens ou culturas) no período analisado. Entretanto, foi observada queimada nesta turfeira durante os trabalhos de campo (Figura 43). O histórico regional nos permite inferir que as queimadas são uma prática agrícola de subsistência, para queimar a vegetação de campo e, desta maneira, forçar seu brotamento e favorecer o pastoreio (SILVA *et al.*, 2005). Da mesma forma, pode-se inferir também que as queimadas favorecem a germinação das sementes e o florescimento das sempre-vivas (*Sygonanthus sp*, *Paepaluntus sp*, dentre outras), cujo extrativismo é uma importante atividade econômica regional. Desta maneira, além dos tipos de uso de solo estudados, todas as turfeiras são impactadas pelas atividades agrícolas tradicionais.

Como estratégias de preservação sugerem-se que estes pedoambientes sejam cercados e mantidos sem qualquer tipo de uso, em uma área mínima de 500 metros de suas adjacências, considerando a posição da vertente na topografia local. As interferências antrópicas em áreas próximas a essas nascentes, podem comprometer, em longo prazo a disponibilidade de água para os diversos usos na SDEM. Além disso, pode ainda comprometer o volume de água para bacias hidrográficas que dependem, ainda que indiretamente dos mananciais cujos reservatórios naturais as próprias turfeiras (SILVA *et al.*, 2013; HORÁK – TERRA *et al.*, 2014).

A retenção da água, por meio de construção de barragens nos canais principais das turfeiras também constitui uma das alternativas possíveis para recuperar estes pedoambientes.

Trabalho com esse foco foi realizado por Ritzema *et al.*, (2014) no Kalimantan Central (Indonésia). Estes autores realizaram o barramento da água em canais de turfeiras visando a recuperação destes pedoambientes. Todavia os autores ressaltam que o barramento dos canais de turfeiras é uma medida de reabilitação no longo prazo. Desse modo, é necessário que medidas de prevenção à degradação sejam tomadas em relação às turfeiras da SdEM com certa urgência.

Como propostas de investigações futuras são sugeridas:

(a) análise geoquímica do material sólido e da água das turfeiras cujas áreas adjacentes apresentaram maiores percentuais de ocupações antropogênicas;

(b) estudo do comportamento espectral das turfeiras da SdEM, utilizando imagens orbitais de períodos seco e úmido, além da comparação entre as turfeiras com e sem ocupação em sua área adjacente e

(c) análise da contribuição das turfeiras e áreas adjacentes para o dinamismo econômico regional.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O crescimento horizontal da mancha urbana de Diamantina pode ser um agravante quanto à preservação da turfeira Pau de Fruta nos próximos anos, embora a mesma esteja inserida em uma Área de Proteção Especial.

A área utilizada com atividades agrícolas (pastagem, eucalipto e culturas) nas adjacências das turfeiras estudadas passou de 378,57 ha, em 1964, para 1.176,40 ha, em 2014.

A atividade agrícola mais intensificada nas áreas adjacentes às turfeiras foi o cultivo de eucalipto, que não era cultivado em 1964 e em 2014 ocupava 341,37 ha.

Outras culturas, que não eram plantadas nas adjacências das turfeiras em 1964, passaram a ocupar 312,46 ha em 2014.

As áreas adjacentes às turfeiras praticamente não eram utilizadas de forma sistemática até a década de 90 do século XX.

A decadência das atividades de mineração de diamante e de ouro nos municípios de Diamantina e Datas coincide com a intensificação do uso da terra nas áreas adjacentes às turfeiras.

O avanço da antropização nas áreas adjacentes às turfeiras nas últimas décadas sinaliza a urgência em se criar mecanismos legais de proteção para esses ecossistemas e de estabelecer diretrizes para o planejamento da ocupação de suas áreas adjacentes.

As técnicas de geoprocessamento mostraram-se eficientes para cartografar cronologicamente áreas adjacentes à turfeiras na SdEM. Estudos futuros, com escopo similar a este devem ser desenvolvidos visando observar a dinâmica do uso da terra nas adjacências das turfeiras da SdEM.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA-ABREU, P. A. O Supergrupo Espinhaço da Serra do Espinhaço Meridional (Minas Gerais): o rifte, a bacia e o orógeno. **Geonomos**, v.3, n.1, p.1-18. 1995.

ALMEIDA, R. V. J.; GONCALVES, M. D. O.; SILVA, A. C.; SENNA, J. A. Comparação dos Métodos de Correção Atmosférica: 6S e DOS processadas em dados do sensor TM/Landsat 5 e correspondentes a região de ocorrência da turfeira PdF. **IN: Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR**. João Pessoa. São José dos Campos: INPE, p. 6861-6866. 2015.

BESTER, K., BANZHAF, S., BURKHARDT, M., JANZEN, N., NIEDERSTRASSER, B. E SCHEYTT, T. Activated soil filters for removal of biocides from contaminated run-off and waste-waters. **Chemosphere**, 85 (8), pp. 1233-1240. 2011.

BISPO, D. F. A. **Caracterização qualiquantitativa dos recursos hídricos e da dinâmica do carbono de turfeiras das cabeceiras do Rio Araçuaí**. Dissertação (Produção Vegetal) - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - Campus JK. 2013.

BISPO, D. F. A.; SILVA, A. C.; MATOSINHOS, C. C.; SILVA, M. L. N.; BARBOSA, M. S.; SILVA, B. P. C.; BARRAL, U. M. Characterization of headwaters peats of the Rio Araçuaí, Minas Gerais State, Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.39, p.475 - 489, 2015.

BORGES, F. A. **Caracterização temporal das áreas úmidas e de preservação permanente da porção do alto e médio curso da bacia hidrográfica do Rio Uberabinha, MG com aplicação de técnicas de Geoprocessamento**. 2012. Dissertação (Mestrado em geografia), Instituto de geografia – IF, PPGGEO. Universidade federal de Uberlândia – UFU.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=312160>. Acessado aos 28/09/2015.

_____. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento – PNUD. **Índice de Desenvolvimento Humano – IDH**. Disponível em <http://www.pnud.org.br/>- Acessado em 29/09/2015.

CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. 2º edição, (revisada e ampliada). São José dos Campos/SP: INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2001.

CAMPOS, J. R. R. **Caracterização, mapeamento, volume de água e estoque de carbono da turfeira da Área de Proteção Ambiental Pau-de-Fruta, Diamantina – MG**. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, 2009. 101p.

CAMPOS, J. R. R. **Relações entre morfoestratigrafia e hidrologia na formação das turfeiras da Serra do Espinhaço Meridional (MG)**. Tese (Doutorado em Ciências). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/Universidade de São Paulo - USP. 2014. Piracicaba-SP. 98p.

CAMPOS, J. R. R.; SILVA, A. C.; VASCONCELLOS, L. L.; SILVA, D. V.; ROMÃO, R. V.; SILVA, E. B.; GRAZZIOTTI, P. H. Pedochronology and development of peat bog in the environmental protection área pau-de-fruta - Diamantina, Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 1965-1975, 2010.

CAMPOS, J. R. R.; SILVA, A. C.; FERNANDES, J. S. C.; FERREIRA, M. M.; SILVA, D. V. Water retention in a peatland with organic matter in different decomposition stages. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 35:1217-1227. 2011.

CAMPOS, J. R. R.; SILVA, A. C.; VIDAL-TORRADO, P. Mapping, organic matter mass and water volume of a peatland in Serra do Espinhaço Meridional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Vol.36, n.3, pp. 723-732. 2012.

CAMPOS, J. R. R.; SILVA, A. C.; SILVA, E. B.; VIDAL-TORRADO, P. Extração e quantificação de alumínio trocável em Organossolos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** [online]. Vol.49, n.3, pp. 207-214. 2014.

CARVALHO, J. F. Combustíveis fósseis e insustentabilidade. **Ciência e Cultura**, vol.60, n.3, pp. 30-33. 2008.

CHULA, A. M. D.; KNAUER, L. G.; ABREU, P. A. A. Estratigrafia do Supergrupo Espinhaço na região de Planalto de Minas, Diamantina-MG. **Geonomos**, Belo Horizonte, v. III, n.2, p. 69-81, 1995.

DUSSIN, I. A.; DUSSIN, T. M.; CHAVES, M. L. C. Compartimentação Estratigráfica do Supergrupo Espinhaço em Minas Gerais - Os Grupos Diamantina e Conselheiro Mata. **Revista Brasileira de Geociências**. (São Paulo). 20 (1-4):178-186. 1990.

EBELING, A. G.; ANJOS, L. H. C.; PÉREZ, D. V.; PEREIRA, M. G.; NOVOTNY, E. H. Atributos físicos e Matéria Orgânica de Organossolos háplicos em distintos ambientes no Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Vol.37, pp. 763-774. 2013.

FELIPPE, M. F.; ALVARENGA-SILVA, C.; SOUZA, A. H.; MAGALHAES JR., A. P. Caracterização Morfométrica dos Compartimentos do Relevo do Parque Nacional da Serra do Cipó, Serra do Espinhaço Meridional? Minas Gerais. **Revista Espinhaço**, Diamantina/MG. Vol. 1, p. 3-14. 2012.

FERREIRA, E.; DANTAS, A. A. A.; Morais, A. R. Exatidão na classificação de fragmentos de matas em imagem do satélite Cbers-CCD, no município de Lavras. **IN: Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. Florianópolis/SC. 2007. pp. 887-894.

FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicação**. Oficina de Textos. São Paulo, 2010.

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em Sensoriamento Remoto**. 3ª ed. Ampliada e atualizada. São Paulo. Oficina de Textos, 2011.

FLORENZANO, T. G.; Geotecnologias na Geografia Aplicada: Difusão e Acesso. **Revista do Departamento de Geografia (USP)**, São Paulo, v. 17, p. 24-29, 2005.

FONSECA, S. F. **Geoprocessamento Aplicado a Classificação e Distribuição das Espécies Arbóreas nas Praças da Cidade de Buritizeiro/MG**. (Monografia) Graduação em Geografia. Universidade Estadual de Montes Claros – UNIMONTES. Departamento de Geociências, Pirapora – MG, 68p. 2013.

FONSECA, S. F.; SANTOS, T. M.; MENDONÇA, G. L. Evolução das Questões ambientais em Buritizeiro, Estado de Minas Gerais, Brasil. **OKARA: Geografia em debate**, João Pessoa. v.7, n.2, p. 277-291, 2013a.

FONSECA, S. F.; SANTOS, D. C.; HERMANO, V. M. Geoprocessamento aplicado á análise dos impactos socioambientais urbanos: estudo de caso do Bairro Santo Expedito em Buritizeiro/MG. **Revista de Geografia (UFPE)**, vol. 30, n. 3, p. 178-191. 2013b.

FONSECA, S. F.; SANTOS, D. C.; TRINDADE, W. M. Técnicas de geoprocessamento aplicadas na classificação e avaliação da distribuição das espécies arbóreas nas praças de Buritizeiro/MG. **Geografia Ensino & Pesquisa**, Santa Maria. vol. 18, n. 2, p. 109-122. 2014.

FRANCHI, J. G.; SÍGOLO, J. B.; LIMA, J. R. B.; Turfa utilizada na recuperação ambiental de áreas mineradas: metodologia para avaliação laboratorial. **Revista Brasileira de Geociências**. 33(3): p. 255-262, 2003.

GAROFALO, D. F. T.; MESSIAS, C. G.; LIESENBERG, V.; BOLFE, E. L.; FERREIRA, M. C. Análise comparativa de classificadores digitais em imagens do Landsat-8 aplicados ao mapeamento temático. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** (Online), v. 50, p. 593-604, 2015.

GORHAM, E. Northern peatlands: role in the carbon cycle and probable responses to climatic warming. **Ecological Applications**, New York, v.1, n. 2, p.182-195. 1991.

GUERREIRO, R. L.; GASPARETTO, N. V. L.; PAROLIN, M.; STEVAUX, J. C. Distribuição e análise de sedimentos turfosos holocênicos na planície do alto Tibagi, Campos Gerais, Paraná. **Revista de Ciências Ambientais** Canoas, v.6, n.1, p. 105 a 116, 2012

GUIMARÃES, A. G.; ANDRADE JUNIOR, V. C. E.; ELSAYED, A. Y. A. M.; FERNANDES, J. S. C.; FERREIRA, M. A. M. Potencial produtivo de cultivares de morangueiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, p. 112-120, 2015.

HORÁK, I. **Relações pedológicas, isotópicas e palinológicas na reconstrução paleoambiental da turfeira da Área de Proteção Especial (APE) Pau-de-Fruta, Serra do Espinhaço Meridional-MG**. (Dissertação) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2009.

HORÁK-TERRA, I.; CORTIZAS, A. M.; CAMARGO, P. B.; SILVA, A. C.; VIDAL-TORRADO, P. Characterization of properties and main processes related to the genesis and evolution of tropical mountain mires from Serra do Espinhaço Meridional, Minas Gerais, Brazil. **Geoderma**, Amsterdam. Vol. 234, 183–197. 2014.

HORÁK-TERRA, I.; MARTÍNEZ CORTIZAS, A.; DA LUZ, C. F. P.; RIVAS LÓPEZ, P.; SILVA, A. C.; VIDAL-TORRADO, P. Holocene climate change in central-eastern Brazil reconstructed using pollen and geochemical records of Pau de Fruta mire (Serra do Espinhaço Meridional, Minas Gerais). **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**. v.437, p.117-131. 2015.

JENSEN J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva dos recursos terrestres**. 3º Ed; tradução: José Carlos Neves Epiphânio *et al.* São José dos Campos, SP: Parênteses, 2009.

KRANKINA, O. N.; PFLUGMACHER, D.; FRIEDL, M.; COHEN, W. B.; NEOLSON, P.; BACCINI, A. Meeting the challenge of mapping peatlands with remotely sensed data. **Biogeosciences**, 5, 1809-1820, 2008.

LAMIM, A. P. B.; JORDÃO, C. P.; PEREIRA, J. L.; BELLATO, C. R. Caracterização química e física de turfa litorânea e avaliação da adsorção competitiva por cobre e zinco. **Química Nova**. Vol.24, n.1, pp. 18-23, 2001.

LIMA, V. T. B. **Conflitos na Gestão dos Recursos Hídricos no Município de Niterói: a questão do uso social da água**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal Fluminense - UFF. Instituto de Geociências, Niterói, 2003. 196p.

LOUZADA, F. L. R. O.; ARCHANJO, K. M. P. A.; SCÁRDUA, M. D.; QUINTO, V. M.; CARMO, F. C. A.; SANTOS, A. R. Delimitação das áreas de preservação permanente de acordo com o projeto do novo Código Florestal no Entorno dos parques estaduais de Forno Grande e Pedra Azul – ES. IN: SANTOS, A. R.; PELUZIO, J. B. E.; PELUZIO, T. M. O.; SANTOS, G. M. A. D. A. S. Org. **Geotecnologias aplicadas aos recursos florestais** [recurso eletrônico] - Alegre, ES: CAUFES, 2012. 249 p.

LUZ, L. D.; PAROLIN, M. Caracterização dos sedimentos turfosos em Campo Mourão, Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 07, p. 319-326, 2014.

MARTINELLI, L. A.; OMETTO, J. P. H. B.; FERRAZ, E. S.; VICTORIA, R. L.; CAMARGO, P. B.; MOREIRA, M. Z. **Desvendando Questões Ambientais com Isótopos Estáveis**. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. 144p.

MASCARENHAS, L. M. de A.; FERREIRA, M. E.; FERREIRA, L. G. Sensoriamento remoto como instrumento de controle e proteção ambiental: análise da cobertura vegetal remanescente na bacia do rio Araguaia. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, 21 (1): 5-18, ABR. 2009.

MENDES, C.; DIAS, E. **Ecologia e Vegetação de Turfeiras na Ilha Terceira (Açores)**. Universidade de Açores. Angra do Heroísmo, 137p. 2002.

MENESES, P. R. Princípios de Sensoriamento Remoto. IN: MENESES, P. R. e ALMEIDA, T. (Org). **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Universidade de Brasília – UNB. p. 01 – 33. 2012.

MENESES, P. R.; SANO, E. E. Classificação pixel a pixel de Imagens. IN: MENESES, P. R. e ALMEIDA, T. (Org). **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Universidade de Brasília – UNB, p. 191 – 208. 2012.

MASEK, J. G.; VERMOTE, E. F.; SALEOUS, N. E.; WOLFW, R.; HALL, F. G.; HUENNRICH, K. F.; GAO, F.; KUTLER, J.; LIM, T. K. A Landsat Surface Reflectance Dataset for North America, 1990-2000. **IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters**, v. 3, n.1, p.68-72, 2006.

MITSCHE, W.J.; GOSSELINK, J.G. **Wetlands**. 2ª ed. New York: John Wiley and Sons, 1993. 154 p.

MOREIRA, M. A.; ADAMI, M.; RUDORFF, B. F. T. Análise espectral e temporal da cultura do café em imagens Landsat. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.39, n.3, p.223-231, mar. 2004.

NAWI, M. A.; CHOW, S. S.; IBRAHIM, Z.; HELAL UDDIN, A. B. M. Tropical sapric peat – rubber agglomerates as adsorbent for wastewater treatment. **Canadian Journal of Pure and Applied Sciences**, vol. 2, n.º. 3, pp. 567-575, 2008.

OLIVEIRA, C. A. Turfa de São José dos Campos: estado de São Paulo. São Paulo: CPRM, 14 p. **IN: Informe de Recursos Minerais**, Série Oportunidades Minerais - Exame Atualizado de Projeto, nº 24. 2002.

OLIVEIRA, M. A. T.; LIMA, G. L. Avaliação de geomorfosítios e valorização de turfeiras de planalto no Parque Estadual da Serra do Tabuleiro-SC. **Geosul**, Florianópolis, v. 23, n. 46, p 137-162, jul./dez. 2008.

PEREIRA, M. G.; ANJOS, L. H. C.; VALLADARES, G. S. Organossolos: ocorrência, gênese, classificação, alterações pelo uso agrícola e manejo. In: TORRADO, P. V. *et al.* **Tópicos em Ciência do Solo IV**. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 233 –277, 2005.

PETRONI, S. L. G.; PIRES, M. A. F.; MUNITA, C. S. Adsorção de zinco e cádmio em colunas de turfa. **Química Nova**, v. 23, n.4, p. 477-481. 2000.

PONTEVEDRA-POMBAL, X. **Turberas de Montaña de Galicia**: génesis, propiedades y su aplicación como registros ambientales geoquímicos. 2002. 489 f. Tese (Doutorado em Biologia). Universidade de Santiago de Compostela, Santiago de Compostela, 2002.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E.; KUPLICH, T. M. **Sensoriamento Remoto da Vegetação**. 2ª Ed. Revisada e ampliada -- São Paulo: Oficina de textos, 2012.

PRICE, J. S. Soil moisture, water tension, and water table relationships in a managed cutover bog. **Journal of Hydrology**, [S.l.], v. 202, p. 21–32. 1997.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma do cerrado. In: SANO, M. S.; ALMEIDA, S. C. (eds.). **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1998. 556p.

RITZEMA, H.; LIMIN, S.; KUSIN, K.; JAUHAINEN, J.; WÖSTEN, H. Canal blocking strategies for hydrological restoration of degraded tropical peatlands in central Kalimantan, Indonesia. **Catena**. 114:11–20. 2014.

ROSA, R. Geotecnologias na Geografia Aplicada. **Revista do Departamento de Geografia**, (USP), São Paulo, vol. 16, pp. 81-90. 2005.

ROSA, R. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**. 7ª ed. Uberlândia: EDUFU, 2009.

ROSS, J. L. S. **Ecogeografia do Brasil: subsídios para planejamento ambiental**. São Paulo/SP. Oficina de textos, 2009.

SAADI, A. A geomorfologia da Serra do Espinhaço em Minas Gerais e de suas margens. **Geonomos**, v. 3, n.1, p. 41-75, 1995.

SANTOS, C. P.; FONSECA, S. F.; SANTOS, D. C.; TRINDADE, W. M. Avaliação da qualidade da água superficial da Lagoa do Bairro Nossa senhora Aparecida Pirapora/MG a partir de parâmetros físico-químicos. **Revista da Casa da Geografia de Sobral (RCGS)**, Sobral. Vol. 17, p. 36-53. 2015.

SANTOS, G. C. G.; RODELLA, A. A. Efeito da adição de fontes de matéria orgânica como amenizantes do efeito tóxico de B, Zn, Cu, Mn e Pb no cultivo de Brassica juncea. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Vol.31, n.4, pp. 793-804, 2007.

SCHELLEKENS, J.; HORÁK-TERRA, I.; BUURMAN, P.; SILVA, A. C.; VIDAL-TORRADO, P. Holocene vegetation and fire dynamics in central-eastern Brazil: Molecular records from the Pau de Fruta peatland. **Organic Geochemistry**. v.77, p.32 - 42, 2014.

SHENG, Y.; SMITH, L. C.; MACDONALD, G. M.; KREMENETSKI, K. V.; FREY, K. E.; VELICHKO, A. A.; LEE, M.; BEILMAN, D. W.; DUBININ, P. A high resolution GIS-based inventory of the West Siberian peat carbon pool. **Global Biogeochemical Cycles**, 18, GB3004. 2004.

SILVA, A. B. **Sistemas de Informações Geo-referenciadas**, 236 p. Ed. Unicamp. São Paulo-SP. 2003.

SILVA, A. C.; PEDREIRA, L. S. F.; ALMEIDA-ABREU, P. A. **Serra do Espinhaço Meridional: paisagens e ambientes**. 1ª. ed. Belo Horizonte: O Lutador, 2005. v. 1. 272p.

SILVA, A. C.; HORÁK, I.; VIDAL-TORRADO, P.; CORTIZAS, A. M.; RECADO, J. M.; CAMPOS, J. R. R.. Turfeiras da Serra do Espinhaço Meridional – MG: influência da drenagem na composição elementar e substâncias húmicas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 33:1399-1408. 2009a.

SILVA, A. C.; HORÁK, I.; CORTIZAS, A. M.; VIDAL-TORRADO, P.; RECADO, J. M.; GRAZZIOTTI, P. H.; SILVA, E. B.; FERREIRA, C. A. Turfeiras da Serra do Espinhaço Meridional – MG: Caracterização e classificação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 33:1385-1398, 2009b.

SILVA, A. C.; CANELLAS, L. P.; OLIVARES, F. L.; DOBBSS, L. B.; AGUIAR, N. O.; FRADE, D. A. R.; REZENDE, C. E.; PERES, L. E. P. Promoção do crescimento radicular de plântulas de tomateiro por substâncias húmicas isoladas de turfeiras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 1609-1617, 2011.

SILVA, E. B.; SILVA, A. C.; GRAZZIOTTI, P. H.; FARNEZI, M. M. M.; FERREIRA, C. A.; COSTA, H. A. O.; HORAK, I. Comparação de métodos para estimar a acidez potencial mediante determinação do pH SMP em Organossolos da Serra do Espinhaço Meridional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 2007-2013, 2008.

SILVA, M. L.; SILVA, A. C.; SILVA, B. P. C.; BARRAL, U. M.; SOARES, P. G. S.; VIDAL-TORRADO, P. Surface Mapping, organic matter and water stocks in peatlands of the Serra do Espinhaço Meridional – Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 37:1149-1157, 2013a.

SILVA, E. V.; SILVA, A. C.; PEREIRA, R. C.; CAMARGO, P. B.; SILVA, B. P. C.; BARRAL, U. M.; MENDONÇA FILHO, C. V. Composição lignocelulósica e isotópica da vegetação e da matéria orgânica do solo de uma turfeira tropical: I - composição florística, fitomassa e acúmulo de carbono. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, p. 121-133, 2013b.

SILVA, L. L.; KNAUER, L. G. Posicionamento Estratigráfico da Formação Bandeirinha na Região de Diamantina, Minas Gerais: Grupo Costa Sena ou Supergrupo Espinhaço? **Geonomos**, v. 19, p. 131-151. 2011.

SILVA, M. L. **Turfeiras da Serra do Espinhaço Meridional: mapeamento e estoque de matéria orgânica.** (Dissertação) Mestrado em Ciência Florestal – Diamantina: UFVJM, 2012. 139p.

SMITH, D. P; OTIS, R.; FLINT, M. **Florida Passive Nitrogen Removal Study: Final Report.** Florida Department of Health. 2008.

SOARES, P. F. C. **Variação de atributos e dinâmica de Carbono e Nitrogênio em Organossolos em função de uso e manejo agrícola no Rio de Janeiro.** Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 2011.

SQUEO, F. A.; WARNER, B. G.; ARAVENA, R.; ESPINOZA, D. Bofedales: high altitude peatlands of the central Andes. **Revista Chilena de Historia Natural**. 79: 245-255, 2006.

SUÑER, J. S. Los Sistemas de Información Geográfica al Servicio de la Sociedad. **Cuadernos Internacionales de Tecnología para el Desarrollo Humano**. Febrero 2009.

VAN GEEL, P. J.; PARKER, W. J. Estimating the water budget for a peat filter treating septic tank effluent in the field. **Journal of Hidrology**, vol. 271, pp. 52 – 64. 2003.

VARAS, R. R. Catastro de turberas productoras de musgo en la región los lagos. **Hemispheric & Polar Studies Journal**. Vol. 2 n° 4, pp. 249-266. 2011.

VERMOTE, E. F.; TANRE, D.; DEUZE, J. L.; HERMAN, M. & MORCRETTE, J. J. Second Simulation of the Satellite Signal in the Solar Spectrum, 6S: an overview. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**. 35(3): 675- 686, 1997.

VIANA, P. L.; LOMBARDI, J. A. Florística e caracterização dos campos rupestres sobre canga na Serra da Calçada, Minas Gerais, Brasil. **Rodriguésia** – Revista do Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 58 (1): 159-177. 2007.

VIEIRA, J. P.G.; SOUZA, M. J. H.; TEIXEIRA, J. M.; CARVALHO, F. P. Estudo da precipitação mensal durante a estação chuvosa em Diamantina, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande – PB. v. 14, n. 7, p.762-767, 2010.