

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

**APLICAÇÃO DA CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA COMO SUBSÍDIO PARA
PLANEJAMENTO URBANO NO SETOR HABITACIONAL FERCAL**

LUANGO AUGUSTO FEITOSA AHUALLI

ORIENTADOR: NEWTON MOREIRA DE SOUZA, DSc.

COORIENTADOR: LUÍS FERNANDO MARTINS RIBEIRO, DSc.

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM GEOTECNIA

PUBLICAÇÃO:

BRASÍLIA/DF: DEZEMBRO/2019

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

**APLICAÇÃO DA CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA COMO SUBSÍDIO PARA
PLANEJAMENTO URBANO NO SETOR HABITACIONAL FERCAL**

LUANGO AUGUSTO FEITOSA AHUALLI

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM GEOTECNICA.

APROVADO POR:

Prof. Newton Moreira de Souza, DSc. (UnB)
(ORIENTADOR)

Prof. Luís Fernando Martins Ribeiro, DSc. (UnB)
(COORIENTADOR)

Prof. Rafael Cerqueira Silva, DSc (UnB)
(EXAMINADOR INTERNO)

Prof. Eleudo Esteves Junior, DSc. (UnB)
(EXAMINADOR EXTERNO)

DATA: BRASÍLIA/DF, 02 DE DEZEMBRO DE 2019

FICHA CATALOGRÁFICA

AHUALLI, LUANGO AUGUSTO FEITOSA

Aplicação da cartografia geotécnica como subsídio para o planejamento urbano no Setor Habitacional Fercal [Distrito Federal] 2019.

xxix, 166 p., 210 x 297 mm (ENC/FT/UnB, Mestre, Geotecnia, 2019)

- | | |
|---------------------|---------------------------|
| 1. Geoprocessamento | 2. Planejamento Urbano |
| 3. Suscetibilidade | 4. Planejamento Minerário |

I. ENC/FT/UnB

II. Mestre

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

AHUALLI, L. A. F. (2019). Aplicação Da Cartografia Geotécnica Como Subsidio Para Planejamento Urbano No Setor Habitacional Fercal, Publicação 338/2019, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 207 p.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Luango Augusto Feitosa Ahualli

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO: Aplicação da cartografia geotécnica como subsídio para o planejamento urbano no Setor Habitacional Fercal

GRAU / ANO: Mestre / 2019

É concedida à Universidade de Brasília a permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Luango Augusto Feitosa Ahualli

DF – 150 Km 4,5 Cond. Residencial Planalto, conj. 02, casa 18. CEP – 73090-906

luangoaugusto@gmail.com

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Ernesto Ahualli e Marilda Feitosa

AGRADECIMENTOS

À minha mãe e avó agradeço por todos os ensinamentos sobre o valor do trabalho e do estudo.

Aos meus orientadores Prof. Newton e Prof. Luís Fernando agradeço pela transferência de conhecimento, pela paciência e, sobretudo, pelo apoio e encorajamento à realização deste trabalho. Agradeço por esta e por todas as outras oportunidades que tive de ser orientado por vocês. É sempre um crescimento!

Agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Geotecnia da Universidade de Brasília pela estrutura e oportunidade de realização destas pesquisas.

Agradeço a Administração da Fercal, em especial ao Administrador Fernando Silva, ao Eng. Francisco Wanderson e ao Sr. Valdeilson, por dividirem seus conhecimentos sobre a região e viabilizarem muitos dos dados aqui utilizados.

À Paixão, um agradecimento muito especial, por seu companheirismo e por todo seu apoio.

À minha irmã e aos meus amigos por todas as contribuições com esta pesquisa, em especial à Mariana, ao Bruno, ao Hélio Guilherme, ao Guilherme Pereira e ao Guilherme Aoki.

Agradeço ao CNPQ pelo apoio financeiro.

Por fim, agradeço àqueles que, apesar de não estarem explicitamente citados aqui, tem minha eterna gratidão por, de alguma forma, terem contribuído com esta pesquisa.

Muito Obrigado!

RESUMO

O processo de urbanização brasileira, de uma maneira geral, tem-se caracterizado por um crescimento acelerado e sem um planejamento adequado. Esta situação tem-se agravado, sobretudo, nos assentamentos motivados por questões econômicas, como a ocupação em áreas próximas às indústrias, mineradoras e zonas de comércio intenso. Esta condição particular tem incentivado a criação de assentamentos em áreas ambientalmente frágeis, como margens de rios e córregos, mangues, encostas e antigos aterros. Esta ocupação ocorre na maioria das vezes de forma precária e é realizada sobre aterros instáveis, próximas a taludes de corte, em encostas íngremes, com ausência de drenagem pluvial e de esgotamento sanitário. As características do meio físico dessas áreas muitas vezes incorrem em suscetibilidade a ocorrências de fenômenos geodinâmicos que, quando somados à precariedade das edificações e à própria dinâmica, pode comprometer consideravelmente a sua aptidão à urbanização e aumentar significativamente a vulnerabilidade da população instalada na área. Neste contexto, o objetivo desta pesquisa é contribuir para o diagnóstico do meio físico e da ocupação do Setor Habitacional Fercal (SHF) visando subsidiar informações para o planejamento territorial urbano e minerário, no sentido de promover uma melhor condição do planejamento e gestão do uso e ocupação territorial de forma sustentável. A metodologia utilizada constou na consulta a trabalhos acadêmicos, Estudo de Impacto Ambiental/ Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA), notícias veiculadas nos meios de comunicação de massa, relatórios de risco, documentos oficiais com diretrizes urbanas estabelecidas para a área. Além da elaboração e análises das cartas de declividade, hipsometria, curvatura de vertentes, amplitude de relevo, geomorfologia, uso e cobertura, restrições ambientais, suscetibilidade à inundação e à movimentação de massa e visitas de campo. A compilação de dados, um trabalho pioneiro associado ao SHF, permitiu um diagnóstico a respeito do processo de ocupação e assentamento urbano, da integração entre as esferas econômicas, sociais e ambientais na região, bem como a quantificação inicial das áreas de suscetibilidade à inundação e a corridas de massa e enxurrada. Adicionalmente foi feita uma avaliação da possibilidade de integração dos dados das empresas mineradoras às políticas de urbanização na região. Espera-se que estes resultados possam orientar um possível projeto futuro de urbanização do SHF aumentando a segurança e a estabilidade por meio da redução das vulnerabilidades e impactos ambientais.

ABSTRACT

The process of urbanization in Brazil has been mostly characterized by an accelerated growth without adequate planning. This issue is especially aggravated in economic motivated settlements, such as the occupation of areas next to industries, mining and intense trade zones. This particular condition has encouraged the creation of settlements in environmentally fragile areas, such as river and stream banks, mangroves, slopes and old landfills, as well as the precarious occupation, for example, of unstable landfills or near steep slopes, without rain drainage and sewerage system. The physical environment characteristics of these areas often favor the occurrence of geodynamic phenomena which, when added to the precarious occupation and the dynamics and influence of commercial areas, can considerably compromise their aptitude for urbanization and significantly increase installed population vulnerability. The objective of this research is to contribute to the diagnosis of the physical environment and occupation of the Setor Habitacional Fercal (SHF) by giving information for urban and mining territorial planning in order to promote better conditions for planning and management the physical environment occupation of the region in a sustainable way. The methodology consisted of consulting academic papers, EIA/RIMAS, news, risk reports, official documents with established urban guidelines for the area. In addition, the elaboration and analysis of slope letters, hypsometry, slope curvature, relief amplitude, geomorphology, use and coverage charts, environmental constraints, flood and debris susceptibility and field analysis. The data compilation, a pioneering work associated with Fercal, allowed a diagnosis regarding the occupation process of Fercal and the integration between the economic, social and environmental spheres of the region, as well as the initial quantification of susceptible areas and the possibility of integration of mining company data with urbanization policies in the region. It is hoped that these results could guide a possible future project of urbanization of SHF increasing security, stability, reducing vulnerabilities and environmental impacts.

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	18
1.1	MOTIVAÇÃO.....	19
1.2	OBJETIVOS.....	21
1.2.1	OBJETIVO GERAL	21
1.2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	21
1.3	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	22
1.4	LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	23
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	24
2.1	CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA	25
2.2	PROCEDIMENTOS E METODOLOGIAS DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA.....	27
2.3	SENSORIAMENTO REMOTO COMO FERRAMENTA PARA PLANEJAMENTO URBANO E ATIVIDADE MINERAL;.....	29
2.4	MINERAÇÃO NO CONTEXTO URBANO.....	31
2.5	URBANIZAÇÃO EM ASSENTAMENTOS PRECÁRIOS E LOTEAMENTOS IRREGULARES.....	33
2.6	GESTÃO AMBIENTAL E GESTÃO DE RISCO DE DESASTRES ASSOCIADAS AO PLANEJAMENTO URBANO.....	36
2.6.1	SUSCETIBILIDADE À EVENTOS GEODINÂMICOS.....	37
2.6.2	MOVIMENTOS GRAVITACIONAIS E PROCESSO HIDROLÓGICOS.....	38
3	MATERIAIS E MÉTODOS	40
3.1	DADOS GEOSPACIAIS	40
3.2	PROGRAMAS COMPUTACIONAIS.....	41
3.3	GEOLOGIA.....	41
3.4	PEDOLOGIA	44
3.5	MODELO NÚMÉRICO DE TERRENO (MNT)	47
3.6	HIPSOMETRIA	47
3.7	DECLIVIDADE.....	48
3.8	ORIENTAÇÃO DE VERTENTES	48
3.9	CURVATURA DO TERRENO	48
3.10	DIREÇÃO DE FLUXO, ÁREA DE FLUXO ACUMULADO E DELIMITAÇÃO DE BACIAS	52
3.11	AMPLITUDE DE RELEVO	53

3.12	VARIÁVEIS CLIMÁTICAS	56
3.12.1	VENTOS	56
3.12.2	PRECIPITAÇÃO	57
3.12.3	ÍNDICE DE EXPOSIÇÃO AO VENTO	58
3.13	QUALIDADE DO AR	59
3.14	CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DE BACIAS.....	64
3.15	DISTÂNCIA VERTICAL À DRENAGEM MAIS PRÓXIMA (HAND).....	66
3.16	COMPARTIMENTAÇÃO GEOMORFOLÓGICA	66
3.17	DIAGNÓSTICO DA INFRAESTRUTURA URBANA E DOMICILIAR	68
3.18	DIAGNÓSTICO DOS EMPREENDIMENTOS MINEIROS	69
3.19	MAPEAMENTO DAS EDIFICAÇÕES	69
3.20	INVENTÁRIO DE ALAGAMENTO E INUNDAÇÃO	69
3.21	SUSCETIBILIDADE À INUNDAÇÃO E CORRIDA DE MASSA	70
4	CARTAS BÁSICAS E RESULTADOS DA CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	72
4.1	HIPSOMETRIA	72
4.2	DECLIVIDADE	74
4.3	AMPLITUDE DE RELEVO	76
4.4	FORMAS DE VERTENTES.....	80
4.5	GEOLOGIA.....	83
4.6	HIDROGRAFIA.....	85
4.7	CLIMA	86
4.8	PLUVIOMETRIA	86
4.9	COMPARTIMENTAÇÃO GEOMORFOLOGICA	88
4.9.1	PERFIS TOPOGRÁFICOS.....	95
4.10	CARTA DE ALTURA VERTICAL DA DRENAGEM MAIS PRÓXIMA	102
4.11	CARACTERIZAÇÃO DAS SUB-BACIAS	104
4.12	CARTA DE USO E OCUPAÇÃO	106
4.13	POTENCIAL QUALIDADE DO AR	107
4.14	CARTA DE RESTRIÇÕES AMBIENTAIS.....	111
4.15	CARTA DE SUSCETIBILIDADE À INUNDAÇÃO	112
4.16	CARTA DE SUSCETIBILIDADE À MOVIMENTO DE MASSA	113
4.17	DINÂMICA EROSIVAS NA ÁREA DE ESTUDO	114
4.18	PLANEJAMENTO URBANO.....	118
4.18.1	ZONEAMENTO AMBIENTAL.....	120

4.19	APA DO PLANALTO CENTRAL.....	121
4.19.1	APA DO CAFURINGA.....	121
4.20	DIAGNÓSTICO DAS ATIVIDADES MINERÁRIAS.....	123
4.20.1	CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO TIPO E IMPACTOS AMBIENTAIS.....	128
4.21	DIAGNÓSTICO DA INFRAESTRUTURA URBANA E DOMICILIAR	130
4.21.1	ABASTECIMENTO DE ÁGUA	131
4.21.2	ESGOTAMENTO SANITÁRIO E COLETA DE RESÍDUOS SÓLIDOS	132
4.21.3	ABASTECIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA.....	134
4.21.4	CARACTERIZAÇÃO DOMICILIAR	134
4.22	INVENTÁRIO.....	140
4.22.1	MATÉRIAS JORNALÍSTICAS, VISITA DE CAMPO E RELATOS DOS MORADORES	141
4.22.2	RELATÓRIOS DA DEFESA CIVIL	144
4.23	RELATÓRIO DE CAMPO.....	150
5	CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS	155
	APÊNDICE.....	169
A.	CARTA DE LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	170
B.	CARTA DE HIPSOMETRIA DA ÁREA DE ESTUDO	171
C.	CARTA DE DECLIVIDADE DA ÁREA DE ESTUDO	172
D.	CARTA DE AMPLITUDE RELATIVA DE RELEVO DA ÁREA DE ESTUDO ..	173
E.	CARTA DE FORMAS DE VERTENTES DA ÁREA DE ESTUDO	174
F.	CARTA DE GEOLOGIA DA ÁREA DE ESTUDO	175
G.	CARTA GEOMORFOLÓGICA DA ÁREA DE ESTUDO.....	176
H.	CARTA PEDOLÓGICA DA ÁREA DE ESTUDO	177
I.	CARTA DE ALTURA VERTICAL DA ÁREA DE ESTUDO.....	178
J.	CARTA DE USO E OCUPAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	179
K.	CARTA DE POTENCIAL QUALIDADE DO AR DA ÁREA DE ESTUDO	180
L.	CARTA DE SUSCETIBILIDADE À INUNDAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	181
M.	CARTA DE SUSCETIBILIDADE À MOVIMENTO DE MASSAS.....	182
N.	CARTA DE FASE E SUBSTANCIA REQUERIDA NA ÁREA DE ESTUDO.....	183
O.	CARTA DE DENSIDADE DE EDIFICAÇÕES.....	184
P.	MAPA DE DISTRIBUIÇÃO DO INVENTÁRIO DE DIAGNÓSTICO URBANO	185
Q.	CARTA DE RESTRIÇÕES AMBIENTAIS	186
R.	CARTA SÍNTESE	187

S. IDENTIFICAÇÃO, DESCRIÇÃO E LOCALIZAÇÃO DOS REGISTROS DE PROBLEMAS URBANOS	188
I. REGISTROS FOTOGRÁFICOS DE DIAGNÓSTICO URBANO	196
ANEXO	202
I. DADOS DOS EMPREENDIMENTOS MINEIROS NA RA XXXI.....	202
II. DADOS DAS ESTAÇÃO PLUVIOMÉTRICAS	205

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Tipologia de assentamentos precários segundo diversos aspectos.	34
Tabela 3.1 - Resumo dos dados compilados com suas respectivas escalas, formatos e fontes.	40
Tabela 3.2 - Quantificação das áreas das Unidades pedológicas, textura e espessura em Km ² e (%) da área do SHF.	46
Tabela 3.3 - Combinações das curvaturas e suas respectivas formas de relevo.....	51
Tabela 3.4 - Parâmetros da carta de formas de vertentes.	51
Tabela 3.5- Dados de precipitação máxima na estação pluviométrica Contagem – Rua do Mato, localizada dentro da área de estudo. Período de 2009 a 2017.	58
Tabela 3.6 - Dados de precipitação das estações pluviométricas perto da zona de estudo. Período de 2015 a 2019.	58
Tabela 3.7 - Padrões nacionais de qualidade do ar para PTS.....	60
Tabela 3.8 - Índice de qualidade do ar (IQAR) para o PTS.	61
Tabela 3.9 - Estações de monitoramento da qualidade do ar na região do SHF (GDF, 2017). 62	
Tabela 3.10 - Dados de concentração de PTS em (/m ³) e da direção de vento de cada estação.	62
Tabela 3.11 - Parâmetros e índices morfométricos selecionados contendo influência e modo de cálculo acerca da suscetibilidade a inundações.....	65
Tabela 4.1 - Quantitativo de área por faixa de hipsometria em km ² e em (%) da área total do SHF.....	73
Tabela 4.2 - Faixas de declividade com suas respectivas áreas em km ² e em porcentagem e considerações sobre o uso e ocupação.	75
Tabela 4.3 - Relação entre o tamanho da matriz de convolução e a média da amplitude de relevo.	76
Tabela 4.4 - Numeração da sub-bacias e curso d'água principal.....	79
Tabela 4.5 - Intervalos de amplitude relativa com suas respectivas áreas em km ² e (%) de área do SHF.....	80
Tabela 4.6 - Áreas das classes de curvatura por declividade, percentual no SHF e, graficamente, o percentual da classe de curvatura na respectiva faixa de declividade.....	81
Tabela 4.7 - Descrições dos grupos de unidades geomorfológicas identificadas na área de estudo segundo ZEE (2011)	91
Tabela 4.8 - Descrição das classes de relevo identificadas na área de estudo segundo mapeamento de MORAES et al. (2014) para o Distrito Federal, escala 1:50.000.....	92
Tabela 4.9 – Descrição dos parâmetros e quantificação da área em Km ² e (%) das unidades geomorfológicas identificadas por ZEE (2011) (a) e por MORAES et al. (2014) no SHF	94
Tabela 4.10 - Unidades de paisagem identificadas na área com seus respectivos parâmetros e descrições	99
Tabela 4.11 - Área em km ² e em porcentagem da área total do SHF	102
Tabela 4.12 - Área em Km ² e (%) das faixas de altura vertical de drenagem no SHF	103
Tabela 4.13 - Variáveis morfométricas e grau de suscetibilidade a inundações classificadas pelo método proposto por BITAR et al. (2014).	105
Tabela 4.14 - Faixas de IQAR com suas respectivas áreas em Km ² e em porcentagem.....	110
Tabela 4.15 – Características e quantitativo das feições erosivas analisadas por BRAGA et al. (2015) na Bacia do Ribeirão Contagem	115

Tabela 4.16 - Resumo dos resultados das análises realizadas por BRAGA et al. (2015).....	116
Tabela 4.17 - Síntese dos dados dos empreendimentos mineiros na RA XXI apresentados no ANEXO I.....	124
Tabela 4.18 - Empreendimentos mineiros inseridos ou no entorno do Setor Habitacional Fercal.....	126
Tabela 4.19 - Efeitos e Impactos Ambientais gerados na mineração de calcário e argila	129
Tabela 4.20 - Consumo de água per capita da RA Fercal	131
Tabela 4.21 - Domicílio ocupados, segundo o abastecimento de água na RA Fercal	131
Tabela 4.22 – Domicílios ocupados segundo a tipologia de esgotamento sanitário e coleta de lixo na RA Fercal	133
Tabela 4.23 - Domicílios ocupados, segundo o abastecimento de energia elétrica na RA Fercal	134
Tabela 4.24 - Condição do domicílio da RA Fercal segundo diversos aspectos	135
Tabela 4.25 - Densidade de edificações em maio de 2017 na área de estudo.....	138
Tabela 4.26 - Levantamento de áreas de Risco 2012.....	145
Tabela 4.27 - Levantamento de áreas de risco 2017	147
Tabela 4.28 - Registro fotográfico que compõe o resumo do Relatório de Vistoria do Setor Habitacional Fercal, 2017.	148
Tabela 4.29 - Classificação das observações de campo	152
Tabela 5.1 - Quadro legenda de suscetibilidade à inundação.	158
Tabela 5.2 - Quadro legenda de suscetibilidade à movimentos de massa.....	158

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Mapa de localização da área de estudo.....	24
Figura 2.1 - Distinção dos tipos de escoamentos e acúmulo superficial de água (Fonte: dscbcsp.blogspot.com.br e modificado de BATISTA (2014)).....	39
Figura 3.1 – Recorte da geologia regional, escala original do dado 1:100.000. (Fonte: ZEE, 2011).....	43
Figura 3.2 - Apresentação da carta de Unidade pedológica, textura e espessura.....	46
Figura 3.3 - Curvatura vertical - <i>Profile Curvature</i> – (ESRI, 2019).....	50
Figura 3.4 – Curvatura horizontal - <i>Planform curvature</i> - (ESRI, 2019).....	50
Figura 3.5 - Ilustração do modelo determinístico D8 (ESRI, 2019).	52
Figura 3.6 - Acumulação de fluxo (<i>Flow Accumulation</i>).....	53
Figura 3.7 - Carta de ventos geradas pelo SOL-AR para Brasília.	57
Figura 3.8 - Fluxograma de elaboração do mapa de potencial qualidade do ar.	64
Figura 3.9 - Fluxograma das etapas básicas executadas para elaboração do zoneamento de suscetibilidade à inundação.	71
Figura 3.10 - Matriz de correlação entre as duas classificações de suscetibilidade. Fonte: BITAR et al. (2014).	71
Figura 4.1 - Carta de hipsometria do SHF.	72
Figura 4.2 - Porcentagem de área do SHF por Cota Altimétrica.	73
Figura 4.3 - Carta de declividade do SHF.....	74
Figura 4.4 - Faixas de declividade por porcentagem de áreas do St. Hab. Fercal.	76
Figura 4.5 - Curva logarítmica da amplitude de relevo e da área da análise de vizinhança. ...	77
Figura 4.6 - Variação E(S-Si).....	78
Figura 4.7 - Sub-bacias hidrográficas da Unidade Hidrológica Sonhém que interceptam o Setor Hab. Fercal (DIUR 05/ GDF, 2017).	78
Figura 4.8 - Amplitude relativa de relevo a) calculada pela análise do ponto de mudança e b) calculada com o nível de base definido pela bacia hidrográfica de terceira ordem.	79
Figura 4.9 - Gráfico de (%) de área do Set. Hab. Fercal por faixa de amplitude, definidas conforme BITAR et al. (2014).	80
Figura 4.10 - Fluxo de detritos associado as curvaturas côncavas e planares em altas declividades (Fonte: Registro do autor).	83
Figura 4.11 - Carta Geológica da área de estudo.	84
Figura 4.12 - Rede de drenagem no entorno até 2 km do Setor Habitacional Fercal e as sub-bacias delimitadas que interceptam a área	85
Figura 4.13 - Distribuição anual das médias de precipitação da estação Contagem – Rua do Mato	87
Figura 4.14 - Espacialização das chuvas na área de estudo	87
Figura 4.15 - Produtos utilizados na identificação e caracterização das unidades geomorfológicas delimitadas na escala 1:25.000 na área de estudo.	90
Figura 4.16 - Unidades geomorfológicas identificadas por (a) ZEE (2011) e por (b) MORAES et al. (2014) no Set. Hab. Fercal.....	94
Figura 4.17 - Localização das linhas de perfil topográfico L1 a L4	96
Figura 4.18 - Perfil topográfico (L1).....	97
Figura 4.19 - Perfil topográfico (L2).....	97
Figura 4.20 - Perfil topográfico (L3).....	98

Figura 4.21 - Perfil topográfico (L4).....	98
Figura 4.22 - Registros fotográficos das formas de relevo encontradas na área.....	101
Figura 4.23 – Gráfico de distribuição da área em (%) do SHF por Unidade Geomorfológica	102
Figura 4.24 - Carta de Altura Vertical da Drenagem Mais Próxima.....	103
Figura 4.25 - Concentração em (%) de área do SHF por faixa de altura vertical de drenagem mais próxima.....	104
Figura 4.26 - Grau de suscetibilidade final (Gsf).....	106
Figura 4.27 - Carta de Uso e Ocupação	107
Figura 4.28 - (%) de área do SHF por uso e ocupação.....	107
Figura 4.29 - Índice Exposição ao Vento para as direções de vento determinadas pelas série de dados do Plano de Controle Ambiental (PROMINER, 2016)	109
Figura 4.30 - Porcentagem da área total do SHF por faixa de IQAR.	110
Figura 4.31 - Carta de IQAR.....	111
Figura 4.32 –Mapa de Restrições Ambientais.	112
Figura 4.33 - Carta de suscetibilidade à inundação.....	113
Figura 4.34 - (%) das áreas planas por classificação de suscetibilidade à inundação.....	113
Figura 4.35 – Carta de suscetibilidade à enxurrada e corrida de massa.....	114
Figura 4.36 - (%) do SHF por faixa de suscetibilidade à movimento de massa.	114
Figura 4.37 – Zona de intersecção entre a APA do Cafuringa e o SHF. Escala 1:60.000, imagem Digital Globe de 04 de maio de 2017 (ESRI, 2019)	123
Figura 4.38 - Situação dos empreendimentos mineiros na RA XXI.....	124
Figura 4.39 - Empreendimentos mineiros no contexto urbano do Setor Habitacional Fercal (DIUR 5/2017).	126
Figura 4.40 – Supressão da vegetação encontrados nas proximidades das áreas urbanas	130
Figura 4.41 - Amostra do mapeamento das edificações na área de estudo utilizando uma imagem datada de 04 de maio de 2017, com resolução de 1m, escala de visualização de 1:5.000 (fonte: ESRI, 2019)	137
Figura 4.42 - Densidade de edificações na área de estudo até maio de 2017.	138
Figura 4.43 - Fercal I, escala de visualização 1:20.000 (fonte: ESRI, 2019).....	139
Figura 4.44 - Fercal II, escala de visualização 1:9.000 (fonte: ESRI, 2019).	139
Figura 4.45 - Fercal III, escala de visualização 1:5.000 (fonte: ESRI, 2019).....	140
Figura 4.46 - Fercal IV, escala de visualização 1:7.000 (fonte: ESRI, 2019).....	140
Figura 4.47 - Imagem Google Earth da área do Ribeirão Engenho Velho do ano de 2006...	142
Figura 4.48 - Imagem Google Earth da área do Ribeirão Engenho Velho do ano de 2010...	142
Figura 4.49 - Imagem Google Earth da área do Ribeirão Engenho Velho do ano de 2019...	143
Figura 4.50 – Registro de campo do Ribeirão Engenho Velho.....	144
Figura 4.51 - Espacialização dos registros fotográficos da Fercal III.....	150
Figura 4.52 - Espacialização dos registros fotográficos da Fercal IV.....	151
Figura 4.53 - Espacialização dos registros fotográficos da Fercal I.....	151
Figura 4.54 – Mesmo processo escorregamento em área urbana (a) com tratamento de agração das formas de relevo e (b) sem tratamento.	154
Figura 5.1 - Carta Síntese de Suscetibilidade à Eventos Geodinâmicos.....	157

LISTA DE ABREVIACOES, NOMECLATURAS E SÍMBOLOS

Abreviações	Significado
Ac	rea de Contribuição
ADASA	Agência Reguladora de guas, Energia e Saneamento do Distrito Federal
ANA	Agência Nacional de guas
APA	rea de Proteção ambiental
APP	rea de Proteção Permanente
ARIS	rea de Regularização de Interesse Social
CAESB	Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal
CODEPLAN	Companhia de Planejamento do Distrito Federal
CPRM	Serviço Geológico do Brasil
D8	Algoritmo Determinístico 8
Dd	Densidade de Drenagem
DF	Distrito Federal
DIUR	Diretrizes Urbanísticas
DNPM	Departamento Nacional de Produção Mineral
FA	Fluxo Acumulado
HAND	<i>Height Above the Nearest Drainage</i> (Altura Sobre a Drenagem Mais Próxima)
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBRAM	Instituto Brasília Ambiental
IDE	Infraestrutura de Dados Espaciais da UnB
IDW	<i>Inverse Distance Weighting</i> (Ponderação do Inverso da Distância)
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo
IQAR	ndice de Qualidade do Ar
Is	ndice de Sinuosidade
Km	Quilmetros
Km ²	Quilmetros Quadrados
MNT	Modelo Digital de Elevação
MNTHC	Modelo Numérico de Terreno Hidrologicamente Consistente
MDF	Mutiple Fow Direction (Fluxo Multidirecional)

MPDFT	Ministério Público do Distrito Federal
N	Norte
NE	Nordeste
PCA	Plano de Controle Ambiental
PDAD	Pesquisa Distrital por Amostra de Domicílio
PDOT	Plano de Ordenamento Territorial
PLANCON	Plano de Contingência de Proteção e Defesa Civil
PNPDEC	Política Nacional de Proteção e Defesa Civil
PRAD	Plano de Recuperação de Áreas Degradadas
PTS	Partículas Totais em suspensão
QGIS	Quantum GIS
RA	Região Administrativa
Rr	Relação de Relevô
SEDEC	Secretaria de Defesa Civil
SERENCO	Serviços de Engenharia Consultiva
SHF	Setor Habitacional Fercal
SICAD	Sistema Cartográfico do Distrito Federal
SIG	Sistema de Informação Cartográfica
SINDUSCON	Sindicato da Indústria da Construção Civil do Distrito Federal
SUDEC	Superintendência de Proteção e Defesa Civil
TIN	<i>Trianguled Irregular Network</i> (Grade Irregular Triangular)
UFSC	Universidade de Santa Catarina
UnB	Universidade de Brasília
W	Oeste
WEI	<i>Wind Exposure Index</i> (Índice de Exposição ao Vento)
ZEE	Zoneamento Ecológico Econômico
ZPPR	Zona de Proteção do PARNA de Brasília e da Rebio da Contagem
ZUS	Zona de Uso Sustentável
ZUEM	Zona de Uso Especial de Mineração

1 INTRODUÇÃO

O processo de urbanização brasileira, de uma maneira geral, tem-se evidenciado um crescimento acelerado e sem um planejamento adequado e, inevitavelmente, tem sido marcado pela ausência de áreas urbanizadas destinadas à moradia popular. Esta situação ocorre sobretudo nos assentamentos motivados por questões econômicas, como a ocupação em áreas próximas às indústrias, comércio e zonas com novas oportunidades de trabalho. Esta condição particular tem incentivado os assentamentos em áreas ambientalmente frágeis, como margens de rios e córregos, mangues e encostas.

As características do meio físico dessas áreas, somadas à precariedade da ocupação - aterros instáveis, taludes de corte em encostas íngremes, ausência de drenagem pluviais e de esgotamento sanitário, entre outros – aumenta a vulnerabilidade de tais áreas (OLIVEIRA, 2010). Assim, a ocorrência de acidentes relacionados ao contexto geológico-geotécnico é indiscutivelmente mais frequente em número de registros e mais prejudicial em tais ambientes devido a sua fragilidade e riscos. As ocupações irregulares normalmente correspondem a áreas com declividade acentuada, cabeceiras de talvegues, áreas com concentração de linhas de drenagem natural, as planícies de inundações e terraços e, comumente nas áreas de extração mineral, nas pedreiras desativadas, aterros, entre outras (SOBREIRA e SOUZA, 2012).

A suscetibilidade de uma área a um determinado processo ou fenômeno geológico corresponde a possibilidade de ocorrência de um evento sem danos, o risco relacionado a este tipo de fenômeno trata da possibilidade de o mesmo incorrer em consequências sociais e econômicas (TOMINAGA et al., 2009). A compatibilidade entre as características do meio físico e as características da ocupação humana é requisito necessário à diminuição da suscetibilidade à eventos desastrosos, naturais ou induzidos. Por conseguinte, é essencial a redução ou eliminação do risco à população e ao meio ambiente.

O conhecimento das características do meio físico e de seus processos é essencial na elaboração do planejamento territorial, na concepção, projeto e implementação de obras de engenharia e na exploração de recursos naturais. Este conhecimento possibilita o entendimento do contexto no qual as características, os processos e as dinâmicas ambientais ocorrem, bem como suas limitações e potencialidades. Nesse sentido, ao nortear a análise das melhores áreas em função

dos usos a serem destinados, o mapeamento geológico-geotécnico tem se mostrado uma importante ferramenta, sobretudo no tocante à redução ou eliminação de riscos ambientais e a melhora no parcelamento do solo.

Conforme monitoramento e levantamento realizado pela Coordenação de Planejamento, Monitoramento e Controle da Subsecretaria de Proteção e Defesa Civil - SUPROD, na Região Administrativa da Fercal – RA XXXI, foram identificadas oito áreas de risco, apresentando ameaças e vulnerabilidades, geotécnicas, estruturais e ambientais conforme Diretrizes Urbanísticas (DIUR) 05 (GDF, 2017). Em outubro de 2012, um levantamento do mesmo órgão, indicou que 3,4 mil pessoas vivem em 860 casas em área de “alto risco” de deslizamentos e desabamentos, no DF. As residências se localizam em 37 pontos de 16 RA's, em solo arenoso, argiloso ou próximo a encostas ou à beira de rios, sendo a maioria composta por ocupações irregulares. No contexto desse último levantamento a Fercal é a RA com maior número de pontos (7) de residências em área de risco, reforçando a necessidade de um mapeamento de risco e suscetibilidade. O mesmo levantamento identificou na RA áreas de riscos que sofrem com processos de movimentos de massa, inundações, enchentes, alagamentos e poluição atmosférica.

Em geral, a administração pública tem apresentado medidas emergenciais e corretivas ao enfrentar os problemas nos núcleos urbanos. A utilização de ferramentas de planejamento tende a reduzir gradativamente a necessidade deste tipo de intervenção e melhorado sua eficácia, permitindo, ao focar no caráter preventivo, a possibilidade de um comportamento proativo por parte da administração.

1.1 MOTIVAÇÃO

O Estatuto das Cidades, Lei nº 12.340/2010 (BRASIL, 2010) e os Planos Diretores mais atualizados, vêm denotando a necessidade de estudos geotécnicos específicos, que indiquem as condições e diretrizes para urbanização mais segura e sustentável. Desses instrumentos, a carta geotécnica se destaca, como uma ferramenta de caráter preventivo e de planejamento, que provê aos administradores públicos as informações necessárias e indispensáveis quanto a não ocupação de áreas de risco a eventos geotécnicos e hidrológicos de caráter destrutivo e quanto

à utilização de concepções urbanísticas e técnicas construtivas mais adequadas para determinadas áreas.

Além das considerações sobre o impacto e dificuldades do próprio processo de urbanização, a inserção deste processo de ocupação em zonas próximas às atividades de extração mineral tende a agravar estes problemas. Nesse sentido, deve-se considerar que a extração mineral é também uma atividade antrópica que, sem o devido planejamento, tem intrinsecamente um alto potencial de degradação ambiental e, quando concorrente ou associada ao processo de urbanização, pode intensificar não apenas o processo de ocupação desordenado, mas também as dificuldades de planejamento e gestão do território, como por exemplo causa o acirramento de disputas pelo uso e ocupação do solo, deflagra processos erosivos, e tem efeitos deletérios sobre as condições de qualidade do ar e dos recursos hídricos na região.

O entendimento da necessidade de inserir a mineração nos instrumentos de planejamento urbano, de forma a considerar os recursos minerais como fator a ser ponderado no processo aproveitamento e ocupação racional e sustentável, foi surgindo em trabalhos realizados pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT) no início da década de 2000 (IPT, 2016). A relação entre o processo de ocupação, atividade mineral e a sua inserção no contexto urbano, tem-se mostrado cada vez mais relevante. Esta condição, infelizmente, vem sendo intensificada pelas recentes tragédias em regiões minerárias e as suas consequências sociais, econômicas e ambientais.

Nesse sentido, a caracterização ambiental e o diagnóstico da ocupação são partes essenciais no zoneamento minerários e urbano, que compõem o Plano Diretor Minerário, como um subproduto da dotação mineral, subscrito na caracterização do arcabouço geológico e no diagnóstico de potencial mineral e embasando o estabelecimento de fatores críticos ambientais, atributos peculiares do território e potencialmente conflitantes com a atividade mineral.

A caracterização geológico-geotécnica também é um documento complementar do Plano Nacional de Gestão de Risco e Resposta a Desastres Naturais e consta na Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC), sendo dever dos municípios incluídos no cadastro:

“V - elaborar carta geotécnica de aptidão à urbanização, estabelecendo diretrizes urbanísticas voltadas para a segurança dos novos parcelamentos do solo e para o aproveitamento de agregados para a construção civil (Lei nº 12.340, Art. 3º-A, § 2º, V).”

Assim, o presente trabalho tem como base a cartografia geotécnica no enfoque do planejamento urbano para avaliação da aptidão à urbanização e determinação das áreas de suscetibilidade à inundação a fim de colaborar para o planejamento urbano e minerário do SHF, localizado na RA XXXI.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GERAL

O presente trabalho tem a proposta de contribuir para o diagnóstico do meio físico e da ocupação urbana do SHF visando subsidiar informações para o planejamento do ordenamento territorial urbano e minerário, no sentido de promover uma melhor condição do planejamento e gestão do uso e ocupação do meio físico nesta região.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Gerar informações para construção de um banco de dados com informações disponíveis sobre os atributos físicos e antrópicos do SHF, conforme delimitado pelo DIUR 05 (GDF, 2017);
- Identificar as dificuldades, facilidades e potencialidades de se aplicar a caracterização do meio feita pelas obras de mineração no planejamento urbano de seu entorno;
- Identificar áreas com alta suscetibilidade aos eventos geodinâmicos identificados na área do SHF;
- Gerar a carta de susceptibilidade a movimentos gravitacionais de massa e a processos hidrológicos para o SHF;

- Caracterizar o meio físico quanto suas potencialidades e restrições à ocupação e expansão urbana;
- Elaborar um diagnóstico do processo de ocupação urbana que vem se desenvolvendo no SHF e sintetizar os principais resultados;

1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A dissertação está organizada em cinco tópicos, descritos de forma sucinta a seguir:

O primeiro capítulo apresenta uma introdução teórica sobre os conceitos gerais em torno dos temas tratados no presente estudo, os objetivos e a localização da área.

O segundo capítulo apresenta uma revisão bibliográfica de todos os subtemas e conceitos relevantes para esta dissertação. Traz uma revisão sobre cartografia geotécnica, sensoriamento remoto e seus métodos de aplicação ao planejamento urbano, além de contextualizar a mineração em áreas urbanas, o processo de urbanização de assentamentos precários e a associação entre a gestão de risco e suscetibilidade ao planejamento urbano.

O terceiro capítulo apresenta os materiais e métodos utilizados na pesquisa. Traz informações sobre os dados compilados e detalhamento da metodologia de aquisição e tratamento dos dados.

O quarto capítulo apresenta os mapas fundamentais das áreas e faz a caracterização do meio físico, da atividade mineira e da ocupação urbana. Nele estão presentes as cartas derivadas, o diagnóstico da atividade mineira e da infraestrutura urbana e domiciliar na região, caracterização da área. Além do inventário das ocorrências de inundações.

O quinto capítulo apresenta as conclusões e as sugestões para pesquisas futuras.

Por fim, são listadas as referências utilizadas no decorrer da dissertação e apresentados os apêndices e anexos necessários do trabalho.

1.4 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo, apresentada na Figura 1.1, situa-se às margens da Área de Proteção Ambiental (APA) Cafuringa e dentro da RA XXXI do Distrito Federal (DF), que era originalmente conhecida como Fazenda Sobradinho, datada de 1854 e pertencente ao município de Planaltina – Goiás, tornou-se em 29 de janeiro de 2012, por meio da Lei Nº 4745/2012, a RA XXXI do DF.

O aglomerado urbano foi fundado em 11 de setembro de 1956, e por ter fornecido os recursos naturais para construção da Capital, a RA ganhou o título de primeira cidade operária do DF. Atualmente esta região é considerada a maior geradora de impostos de todo o DF, oriundos das grandes empresas produtoras de cimento, usinas de asfaltos e derivados instaladas na região (GDF, 2019).

O início dos núcleos populacionais da região ocorreu a partir de 1956, com a instalação da mineração de calcáreo a Sociedade Fertilizantes Calcáreos Ltda, que deu origem a Fercal por decreto do Presidente Juscelino Kubitschek (CODEPLAN, 2018).

A presença dos recursos minerais, sobretudo o calcáreo, pode ser identificado como principal agente formador do espaço urbano da região (AVELINE et al, 2011). A produção de calcário agrícola somada a necessidade de um empreendimento de grande porte com capacidade de fornecer cimento para a região Centro-Oeste culminou na instalação da fábrica de cimento Cimentos Tocantins S/A¹, em 1969, e posteriormente, na instalação da Cimento Planalto S/A (CIPLAN)², fundada em 1972, favoreceu o processo de ocupação e expansão urbana desta região.

Baseado nos dados cadastrais do sistema de abastecimento de água, assistido pela Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (CAESB), dos poços artesianos administrados pelas associações dos assentamentos que compõem a região, Fercal possui uma população em

¹ A Cimento Tocantins S/A é integrante da Companhia Cimento Portland Itáú e do Grupo Votorantim.

² Decreto Presidencial nº 67.065 (DOU de 20/08/1970), que autorizou a lavra da CIPLAN. Assim como os Decretos de Lavra nº 72.284; Decreto de Lavra nº 81.909/71; Decreto de Lavra nº 806.811/71, que versam sobre atividades minerárias da CIPLAN.

torno de 32.000 habitantes. Atualmente cerca de 80% da população que mora na Fercal está empregada na fábrica de cimento (GDF, 2017).

Apesar da concentração dos meios de produção em um só lugar, que implicou na densificação populacional da região nas décadas que a sucederam, o desenvolvimento da região foi lento ao longo dos anos e até nos dias atuais sofre com a falta de infraestrutura e de outros serviços básicos.

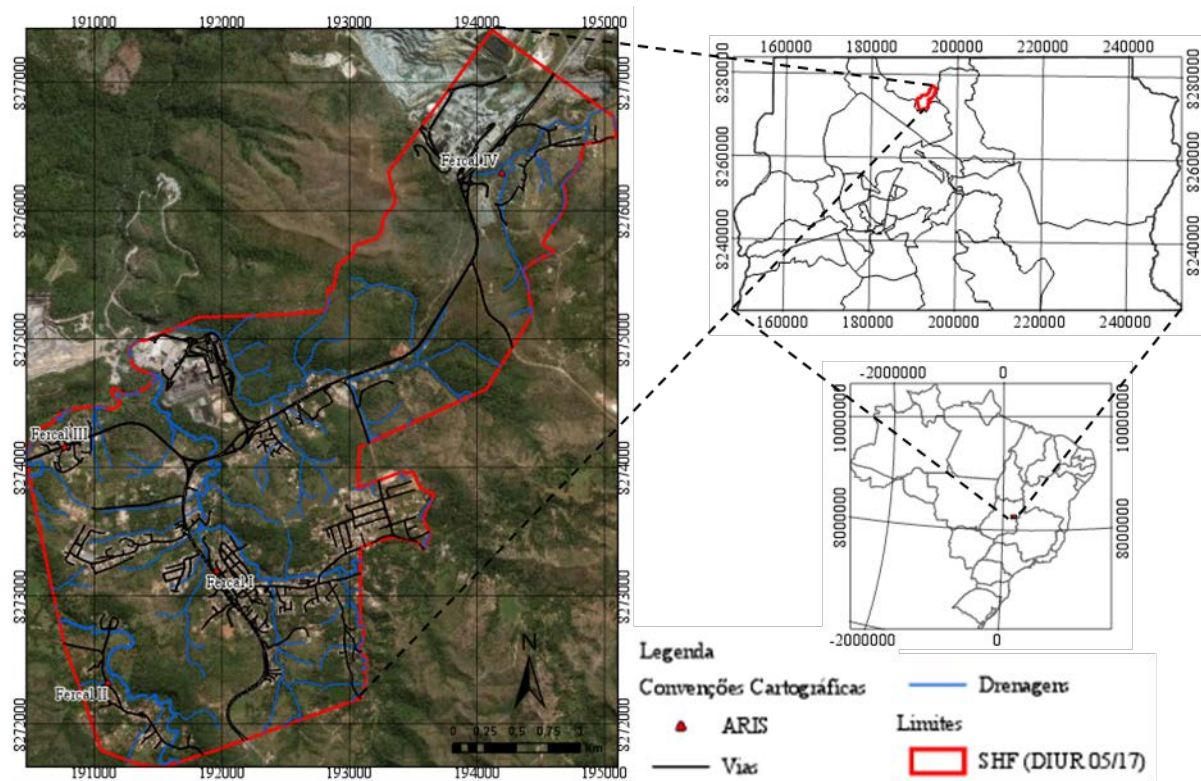


Figura 1.1 - Mapa de localização da área de estudo.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo visa apresentar o embasamento teórico dos principais assuntos pertinentes ao tema dessa dissertação.

2.1 CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA

Em 1913, Langen deu início à cartografia geotécnica ao apresentar na Feira de Construções de Leipzig, Alemanha, documentos gráficos que classificavam os atributos do meio físico e, assim, orientando os usos para os mesmos (ZUQUETTE e GANDOLFI, 2004).

Segundo CERRI (1990) a cartografia geotécnica é a representação das características do meio físico natural, englobando a distribuição espacial dos diferentes elementos que o constitui (rocha, solo e água). Engloba as propriedades geológico-geotécnicas, as formas de relevo, a caracterização dos principais processos geodinâmicos atuantes na região e as alterações causadas pelos diferentes uso e ocupação do solo, bem com o reflexo das características do meio sobre as formas de uso e ocupação do solo.

Para ZUQUETTE (1987) a cartografia geotécnica é um processo que tem por finalidade reunir informações sobre os atributos que compõe o meio físico de forma que elas possam ser manipuladas, transformadas, correlacionadas e interpretadas, e resultem em mapas, cartas e outros elementos descritivos. Estas informações devem ser utilizadas para fins de tomada de decisão sobre ordenamento territorial, obras de engenharia, implantação de elementos de saneamento entre outros.

De maneira semelhante, PEREIRA (2006) refere-se a carta geotécnica como um meio do usuário visualizar as características e os processos do meio físico, elencando suas potencialidades e limitações para possíveis tomadas de decisão. Acrescendo, DINIZ (2012) considera que a cartografia geotécnica é o processo de integração, síntese e representação de informações sobre geologia que resulta na elaboração de modelos de previsão do desempenho de terrenos e soluções de intervenção sobre o meio, tendo sua aplicação na geologia de engenharia para fins de planejamento e gestão ambiental e territorial.

DINIZ e FREITAS (2013) explicitam a carta geotécnica com síntese do conhecimento sobre o meio físico e seus processos atuantes de modo a guiar a adequada ocupação do solo e sendo composta por uma carta síntese, quadro-legenda e texto explicativo.

Conforme a *International Association for Engineering Geology and Environment* (IAEG, 1976), para ser considerada uma carta geotécnica essa deve retratar informações impreteríveis para avaliar as feições de engenharia geológica, prever as modificações nas características geológica, resultando em sugestões e medidas preventivas e apresentar informações que podem ser compreendidas por profissionais não geólogos.

Segundo DEARMAN (1991) e IAEG (1976) as cartas geotécnicas devem apresentar os atributos do meio físico relevantes ao uso e ocupação do solo, construção civil e mineração, como os tipos de rochas e solo, as condições hidrológicas, hidrogeológicas e geomorfológicas e os fenômenos geodinâmicos relevantes.

Para SANTOS (1990) a carta geotécnica é um resumo de outros documentos, como as cartas geológica, pedológica, hidrogeologia e geomorfológica.

SOBREIRA e SOUZA (2012) consideram que, ao retratar os tipos de rochas e solos, suas características mecânicas e hidráulicas no contexto do meio físico, descrito pelo relevo, processos geodinâmicos atuantes e uso e cobertura do solo, as cartas geotécnicas definem as limitações, potencialidades e intervenções relacionadas ao uso e ocupação do solo.

De maneira sucinta, uma carta geotécnica é um modelo de representação que sintetiza o conhecimento sobre o meio físico de determinada área, sobretudo as propriedades de seus materiais constituintes e seus processos geodinâmicos naturais ou induzidos, com fim de subsidiar a aplicação da geologia de engenharia como ferramenta de harmonização da interação entre o homem e o meio. Nesse sentido, FRANCO et al. (2010) destacam que, apesar da carta geotécnica expressar fundamentalmente dados sobre o meio físico, sua abordagem também deve englobar aspectos bióticos e antrópicos do meio, na medida em que estes sejam componentes essenciais nas solicitações sofridas pelo meio físico.

PAULA e CERRI (2008), ao analisar as produções internacionais e nacionais sobre cartas geotécnicas, concluíram que estas destinam-se sobretudo a subsidiar a implantação de obras de engenharia e/ou a subsidiar ações de planejamento e ordenamento territorial e gestão do uso e ocupação do solo.

FREITAS (2000) propôs o enquadramento das múltiplas finalidades possíveis à cartografia geotécnica em sete grupos fundamentados nos campos de aplicação da geologia de engenharia, sendo eles: construção de obras civis, atividades minerais, análise das condições de risco, estudos de impacto ambiental, gestão de recursos hídricos, gestão de resíduos sólidos e planejamento territorial.

FRANCO et al. (2010) destacam que o maior número de produção de cartas geotécnicas com fins de planejamento e gestão do território está relacionado ao crescimento desordenado das cidades e à intensificação das atividades antrópicas. Segundo os autores, esta aplicação contribuiu para que a cartografia geotécnica se tornasse uma ferramenta de extrema importância na avaliação do meio físico para subsidiar informações às tomadas de decisão sobre planejamento urbano e regional, preservação ambiental, medidas preventivas e corretivas de danos ambientais e outros fatores que proporcionam um melhor uso e ocupação do solo.

2.2 PROCEDIMENTOS E METODOLOGIAS DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA

Os procedimentos e as metodologias para elaboração de cartas geotécnicas baseiam-se, segundo ABEL (2002), tanto nas necessidades e condições de cada país quanto em conjuntos de procedimentos específicos para cada região em estudo. Fato também foi ressaltado por SOBREIRA e SOUZA (2013) em seu guia para elaboração de cartas geotécnicas de aptidão à urbanização frente aos desastres naturais do Município de Ouro Preto – MG. Os autores, ao reconhecerem a diversidade de ambientes geológicos e geomorfológicos do território brasileiro, salientaram que as orientações contidas no guia devem ser adaptadas ou mesmo modificadas conforme a área em que se está estudando e seu contexto geomorfológico-geotécnico.

Ordinariamente, os principais documentos elaborados em mapeamentos geotécnicos contam com mapas básicos fundamentais, que representam as características usadas para mapear qualquer região, como o mapa topográfico, o mapa geológico e o mapa geomorfológico; mapas básicos complementares, que apresentam características peculiares de cada região, como o mapa pedológico, o mapa climático e os mapas de uso e cobertura do solo; os mapas auxiliares, que registram dados qualitativos ou quantitativos acerca de algum atributo do fenômeno mapeado, como o mapa de ocorrência de feições erosivas em determinada área; e cartas derivadas ou interpretativas, que contém informações geotécnicas obtidas de interpretação

derivadas de outros mapas, como carta de erodibilidade, carta de escavabilidade e carta de zoneamento.

Na literatura há subdivisões dos métodos de mapeamento geotécnico. Segundo ABREU e AUGUSTO et al. (2007) os métodos de mapeamento geotécnico podem ser divididos em duas abordagens: a analítica – que divide o meio físico em atributos a serem mapeados, entendidos e, sequencialmente, agrupados para compor um todo analisável; e a sintética – que entende o meio como conjunto indissociável de fatores e suas inter-relações a serem analisados de forma integrada. Para SILVA (2003) as metodologias de mapeamento geotécnico podem ser subdivididas em: gerais – que visam definir propriedades fundamentais do meio físico, permitindo aplicações diversas das cartas produzidas; e específicas – que se atém a problemas e soluções particulares.

No Brasil, até 1987 com o desenvolvimento da metodologia EESC/USP, os trabalhos de mapeamento geotécnico seguiam linhas metodológicas estrangeiras que se mostravam menos adaptadas às condições ambientais, tecnológicas e socioeconômicas no território nacional (ANDRADE, 2005).

Dentre as metodologias nacionais, vale destacar a metodologia da EESC/USP (ZUQUETTE e GANDOLFI, 2004; ZUQUETTE, 1987), a metodologia do IPT, e o detalhamento progressivo.

A metodologia EESC/USP pode ser dividida em oito fases. Na primeira, define-se o problema a ser investigado, a hipótese de trabalho para o mapeamento e os atributos físicos a serem analisados. Nesta fase, as cartas fundamentais básicas de registro e o inventário dos atributos do meio físico, biótico e antrópico são elaborados. Na segunda fase, define-se em função da inter-relação entre os atributos e a finalidade do estudo, as áreas de análise em unidades homogêneas quanto as características dos componentes do meio físico analisado. Nesta fase são elaboradas as cartas fundamentais de síntese que reúnem informações para pequenas escalas. No terceiro nível ocorre as análises e/ou classificações do meio em função de seu comportamento e de suas características, que resultam na elaboração das cartas derivadas e interpretativas compondo um zoneamento geotécnico geral ou específico. Na quarta etapa, são elaboradas as cartas analíticas básicas, que relaciona os componentes do meio com a probabilidade de ocorrência de processos naturais. A quinta fase permite, por meio das análises

desenvolvidas nas fases anteriores, a elaboração da carta de prognóstico de riscos. Baseado nas cartas de prognóstico da fase anterior, a sexta fase permite a elaboração das cartas de procedimentos, que orientam nas zonas delimitadas os tipos de uso e controles de risco a serem atentados. Na sétima fase, há a obtenção das cartas de viabilidade potencial, que discretiza a capacidade de suporte de determinada área para um determinado fim. Na oitava e última fase há a elaboração das cartas de orientações conclusivas, que fundamentadas nos documentos anteriores e auxiliam no processo de tomada de decisão no ordenamento territorial (ZUQUETTE e GANDOLFI, 2004).

CERRI et al. (1996) propuseram o método do detalhamento progressivo, fundamentando em três fases sucessivas e interdependentes no qual cada fase determina os temas técnicos, os objetivos e o nível de aprofundamento necessário à fase subsequente. SOBREIRA e SOUZA (2012) propuseram a aplicação do mapeamento progressivo nas práticas de planejamento e ordenamento urbano, subdividido-o em níveis hierárquicos.

Segundo PRANDINI et al. (1995), a metodologia do Instituto de Pesquisa de São Paulo (IPT) identifica as principais características dos materiais (geologia e geomorfologia) a fim de determinar zonas homogêneas e os processos geodinâmicos ocorrentes nas mesmas com a finalidade de estabelecer considerações sobre as possíveis medidas corretivas e preventivas. Na metodologia IPT, primeiramente deve-se formular uma hipótese/modelo inicial orientador, que trata da identificação objetiva dos recursos e problemas existentes ou esperados, da dinâmica de uso e ocupação do solo e dos atributos fundamentais das características e processos do meio físico. A etapa seguinte é constituída pela análise fenomenológica e de desempenho, ou seja, análise e identificação das causas e consequências dos fenômenos elucidados na fase anterior, de forma a estabelecer características fisiográficas de interesse para ocupação. A fase seguinte trata do mapeamento e compartimentação, parte-se do estabelecimento das principais

2.3 SENSORIAMENTO REMOTO COMO FERRAMENTA PARA PLANEJAMENTO URBANO E ATIVIDADE MINERAL;

Tanto os assentamentos urbanos quanto suas mudanças tem motivações, padrões e propriedades bem distintas e que variam por diversos fatores, como clima, densidade populacional, desenvolvimento econômico, cultura, entre outros. E, embora a urbanização seja a força

antropogênica mais visível na terra, afetando sua superfície, sua atmosfera, seus mares, sua biodiversidade e seu povo, faltam dados de referência confiáveis para avaliar a qualidade do ecossistema de muitas áreas urbanas (NETZBAND et al., 2007), talvez pela própria particularidade de seus processos.

Os dados de caracterização geológica, climatológica, ecológica, social e política são necessários para descrever o desenvolvimento histórico de um centro urbano e também para entender o funcionamento de seu ecossistema, além de suas vulnerabilidades e suas potencialidades (GRIMM et al., 2000). A caracterização geomorfológica, por exemplo, do centro urbano pode ser determinante na escolha entre os tipos de estruturas que podem ser construídas e na determinação da suscetibilidade da cidade a riscos geológicos (VALENTINE, 2003).

No âmbito do planejamento, a tomada de decisão requer uma caracterização e análise racional do processo de urbanização, não apenas dos aspectos físicos, mas também deve levar em consideração seus usos e suas tendências. O conhecimento sobre os riscos geológico-geotécnicos e sobre a geologia ambiental em sinergia com os dados socioeconômico formam uma base substancial para previsão de desastres e conseqüentemente, para elaboração de guias para expansão, guias para construção, respostas de emergência e desenvolvimento apropriado do ordenamento territorial.

O sensoriamento remoto, nesse sentido, tem se mostrado uma ferramenta poderosa ao permitir a espacialização desses dados, bem como o monitoramento, análise e a integração dos mesmos. que representem as variações espaciais, temporais e espectrais do meio urbano. Apesar do sensoriamento remoto ser usado há algum tempo como ferramenta para tomada de decisões em determinadas escalas e até mesmo para o monitoramento da atividade mineira, não há o costume de incorporar a atividade mineira como um uso separado do solo. Geralmente isso ocorre porque a operação mineira normalmente se dá em uma escala relativamente pequena se comparada com os usos e ocupações do solo tradicionalmente tratados nas análises de planejamento (SONTER et al., 2014).

LIPORACI e ZUQUETTE (1995) realizaram um mapeamento geotécnico na escala 1:25.000 na região de Poço de Caldas (MG) visando o planejamento do uso e ocupação do meio físico e um diagnóstico dos aspectos geológico-ambientais ligados a impactos da extração de minério

na região. A proposta metodológica destes autores, em suma, seguiu as etapas de: revisão bibliográfica (reconhecimento da área, análises, ensaios, levantamentos de campo), levantamento de dados existentes (fotointerpretação anterior, concessão de lavra, zoneamentos, divisões básicas do meio físico) e reconhecimento de atributos do meio físico; elaboração de documentos básicos, como declividades, concessão de lavra, drenagem, substrato rochoso; cruzamento de dados e elaboração das cartas interpretativas. Os autores ressaltaram a dificuldade de se identificar a verdadeira superfície natural do terreno, tendo em vista que a região já havia sido bastante modificada pela atividade mineira.

2.4 MINERAÇÃO NO CONTEXTO URBANO

BITAR et al. (1990) ao analisarem os impactos ambientais de minerações em áreas urbanas e suas repercussões sobre os riscos ao uso e ocupação do solo destacaram como principais processos de investigação da etapa de diagnóstico ambiental a erosão do solo pela água, o escorregamento de solo e rocha, as quedas de blocos de solo e rocha, o escoamento de águas superficiais, a dinâmica das águas subsuperficiais, a deposição de sedimentos, a interação físico-química na água e no solo e a circulação de partículas e gases no ar. Para os autores, o comportamento desses processos frente às atividades de mineração em geral, leva principalmente às seguintes alterações do meio físico: aceleração da erosão laminar em sulcos e ravinas; desenvolvimento de boçorocas; indução de escorregamento em taludes e encostas; descalçamento e queda de blocos; instabilização de encostas; modificação de cursos d'água; turvamento da água; assoreamento e entulhamento de drenagens; interceptação do lençol freático; rebaixamento do nível de base local; mudanças na dinâmica de infiltração e armazenamento de águas subsuperficiais; contaminação da água; aumento da quantidade de gases e partículas em suspensão no ar; entre outras.

No contexto urbano, os autores destacam como repercussões e impactos da atividade mineradora a inutilização de terrenos, comprometimento da capacidade de vazão de cursos d'água; prejuízo na captação de água em poços e cacimbas nas proximidades; comprometimento da qualidade do ar; riscos de danos às habitações por vibrações; entre outras. Aqui vale ressaltar que no estudo supracitado, os autores consideraram que a noção de risco geológico associado às

situações oriundas de alterações nos processos do meio físico com probabilidade ou possibilidade de ocorrências de perdas ou danos a vidas humanas e/ou prejuízos materiais.

LEMOS et al. (1986), com o objetivo de compreender o papel desempenhado pela atividade minerária na dinâmica dos riscos geológico-geotécnicos e conflitos associados, realizaram um levantamento das áreas de mineração no Município de Sorocaba, bem como uma identificação das alterações e impactos ambientais decorrentes das mesmas, em termos de meio físico, para comporem uma avaliação de riscos ao uso e ocupação do solo. De acordo com os autores, não houve o desenvolvimento integral de nenhuma metodologia clássica de análise ou avaliação de risco, uma vez que as constatações e estabelecimento de inter-relações com situações de risco foram feitas de forma simples e diretas. Neste contexto, elaborou-se uma associação qualitativa entre as alterações e impactos ambientais produzidos pela atividade mineira e as outras formas de uso e ocupação do solo, considerando-se a densidade e a distância dos processos induzidos na área de extração e a magnitude destes processos. Ao analisar o segmento de bens minerais para construção civil, os autores realçaram que o grande volume utilizado desses bens define a necessidade de proximidade entre a produção e o consumo e que o desenvolvimento desordenado do setor mineral e de outros setores econômicos implicam frequentemente em conflitos generalizados entre os setores.

Dentre os bens minerais analisados pelos autores supracitados, cabe aqui ressaltar por similaridade com a área do presente estudo, a brita e a argila. Neste estudo, os autores destacaram como impactos da extração de brita a maior dificuldade, ou mesmo impossibilidade, de recuperação da área, a exposição do lençol freático, a destruição da vegetação ribeirinha, o assoreamento e a aceleração dos processos erosivos, em caráter local. Na exploração da argila, os principais impactos estavam relacionados ao assoreamento da drenagem do entorno, ruídos e vibrações e, como principais riscos, o agravamento de inundações no entorno e o desconforto da população próxima por ruídos e vibrações.

SOARES-FILHO et al. (2013) ao estudarem as alterações do uso do solo no quadrilátero ferrífero destacaram que as mudanças no uso e ocupação do solo nas regiões de mineração são distintas daquelas encontradas em regiões não mineiras. Consequentemente, as políticas de planejamento e as abordagens de gestão devem refletir isso. Além disso, dentre as conclusões

do trabalho, os autores notaram que a influência socioeconômica e ecológica da mina e seus impactos associados são dirigidos por fatores globais, muitos dos quais são incontroláveis e, conseqüentemente, não possíveis de serem tratados pelas políticas de urbanização.

De modo geral, o desenvolvimento da atividade mineira implica em impactos substanciais ao meio ambiente, como supressão da vegetação, exposição do solo aos processos erosivos, alterações na quantidade e na qualidade dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos e poluição do ar, entre outros. No contexto urbano, a presença da atividade mineira, além do passivo ambiental, incorre em conflitos pelo uso do solo, na problemática da recomposição da qualidade ambiental e no descomissionamento da área. O que retifica a importância de uma avaliação ambiental estratégica, de um plano diretor de desenvolvimento e de zoneamento urbano concomitante entre o crescimento da urbanização e da mineradora nestas regiões.

2.5 URBANIZAÇÃO EM ASSENTAMENTOS PRECÁRIOS E LOTEAMENTOS IRREGULARES

O processo de mapeamento tem como características intrínseca a necessidade de delimitação do universo a ser pesquisado e, conseqüentemente, sua caracterização. Para CARDOSO (2016) assentamentos precários são aqueles caracterizados pela ocupação irregular do solo, frequentemente com tipologias desordenada e com padrões urbanísticos inferiores aos mínimos exigidos pela legislação. A definição legal caracteriza loteamentos irregulares como assentamentos ocupados por moradores de baixa renda, sem atender às condições exigidas no processo de aprovação pelo poder público, comumente caracterizados pela autoconstrução das unidades habitacionais e pela ausência ou precariedade de infraestrutura básica (BRASIL, 2008).

O Guia de Mapeamento e Caracterização de Assentamentos Precários (BRASIL, 2010) caracteriza as diversas tipologias de assentamento precários segundo as variáveis: acesso a moradia, terreno, localização, traçado urbano e infraestrutura e condições da unidade habitacional, conforme mostra a Tabela 2.1.

Tabela 2.1 - Tipologia de assentamentos precários segundo diversos aspectos.

Variáveis	Tipologia de assentamentos precários			
	Cortiços	Favelas	Loteamentos irregulares	Conjuntos Habitacionais
Acesso à moradia	Aluguel sem contrato ou ocupação ilegal de imóvel abandonado (público ou privado).	Ocupação ilegal de áreas públicas ou privadas, seguida de compra e venda informal (sem registro).	Compra e venda entre agentes privados. Sem escritura no registro imobiliário.	Compra e venda ou concessão de uso pelo poder público (sem registro). Ocupação ilegal.
Terreno	Lote regular.	Dimensões irregulares. Resultante de subdivisão informal de lote ou gleba ou área de proteção ambiental.	Lote de dimensão regular em gleba parcelada irregularmente.	Cota parte de terreno ou lote, em gleba parcelada pelo poder público, sem aprovação formal.
Localização	Áreas centrais.	Áreas centrais, intermediárias ou periféricas, adequadas ou não à urbanização.	Áreas de periferia adequadas ou não à urbanização.	Áreas de periferia adequadas ou não à urbanização.
Traçado Urbano e infraestrutura	Inserido em áreas consolidadas com traçado urbano regular e dotadas de infraestrutura.	Inserido em área com ou sem infraestrutura. Nas áreas internas do assentamento: traçado desordenado; predominância de vielas de pedestres e escadarias; ausência ou precariedade das demais infraestruturas.	Traçado urbano regular. Viário com problemas de drenagem e trafegabilidade; precariedade das demais infraestruturas. Áreas públicas ocupadas por favelas.	Traçado urbano regular. Infraestrutura completa ou não, com problemas de manutenção. Áreas públicas ocupadas por favelas.

Condições da unidade habitacional	Cômodo resultante de subdivisão de imóvel degradado.	Autoconstrução. Problemas estruturais, materiais inadequados;	Autoconstrução ou mutirão, falta de acabamento;	Construção por empreiteira ou mutirão;
	Uso coletivo de instalações sanitárias.	hidráulica e elétrica precárias e irregulares.	materiais de baixa qualidade; hidráulica e elétrica regulares	materiais de baixa qualidade; falta de acabamento e manutenção;
	Hidráulica e elétrica precárias.	Insalubridade e risco.	ou não.	áreas comuns e entorno degradado.
	Insalubridade.			

Fonte: Guia para o mapeamento e caracterização de assentamentos precários (BRASIL, 2010).

Ainda que ocorra por motivações diversas nota-se, com recorrência na literatura, que há características comuns a maioria dos assentamentos precários e irregulares no Brasil, dentre elas destaca-se a relação entre precariedade, risco e desastre, consequente da própria forma de ocupação sem planejamento, características do meio físico e vulnerabilidade das unidades habitacionais. Segundo CERRI e CARVALHO (1990), a elaboração das primeiras metodologias de cartografia geotécnica para diagnóstico — de risco em assentamentos precários, essencialmente qualitativas, de baixo custo e com execução relativamente rápida, foram incentivadas por essa relação precariedade-risco-desastre.

NOGUEIRA e PAIVA (2018) salientam a falta de discussões e/ou metodologias específicas para tratamento de riscos para urbanizações de assentamentos precários tanto em relação ao diagnóstico quanto em relação ao projeto. No entanto, os autores reconheceram a existência de contribuições pontuais de propostas urbanísticas e experiências práticas de instituições, grupos e profissionais, entretanto não havendo uma sistematização de ações necessárias para diagnóstico e para intervenções frente ao risco, à inaptidão geotécnica, à suscetibilidade, entre outras dificuldades à ocupação.

2.6 GESTÃO AMBIENTAL E GESTÃO DE RISCO DE DESASTRES ASSOCIADAS AO PLANEJAMENTO URBANO

De forma ordinária, pode-se dizer que há uma relação de proporcionalidade inversa entre o nível de ordenamento de um assentamento urbano e seu nível de gestão de risco. No contexto do planejamento urbano, risco é o potencial de ocorrência de ameaça de desastre em um cenário socioeconômico e ambiental vulnerável. Conforme CERRI e AMARAL (1998) o risco, independentemente de sua natureza, pressupõe perigo potencial para a vida humana, como também para suas propriedades. CERRI (1999) institui o fenômeno natural como risco à medida que o homem utiliza o ambiente de forma inadequada.

Para FELL et al. (2008) a gestão de riscos é o processo completo de avaliação e controle ou tratamento do risco e pode se desdobrar em políticas, práticas e procedimentos para identificar, analisar, avaliar, mitigar e monitorar o risco. Conforme a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNDEC), estabelecida pela Lei Federal nº 12.608 (BRASIL, 2012), a gestão do risco é o conjunto de ações de prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação.

A terminologia utilizada pela UN/ISRD (ISRD, 2009) define a gestão do risco de desastre como processo sistemático que utiliza de diretrizes administrativas, de organização e de habilidades operacionais para executar políticas e fortalecer a capacidade de enfrentamento com o objetivo de reduzir o impacto adversos de ameaças e as possibilidades de ocorrência de desastres.

Por áreas de risco entende-se que são aquelas passíveis de serem atingidas por processos naturais, ou induzidos, que causem efeitos adversos. Elas podem ser tratadas pontualmente, num nível de detalhamento maior, ou de forma mais abrangente a depender das características e processos envolvidos no fenômeno. Em contextos urbanos, esse risco não depende só das características físicas do meio, como as propriedades mecânicas e hidráulicas dos materiais envolvidos nos processos geodinâmicos, da morfologia das encostas ou do regime pluviométrico da região, mas também está relacionado diretamente à forma de ocupação e às intervenções antrópicas. GUERRA (2011) exemplifica alguns fatores deflagradores de eventos adversos em áreas urbanas, como construção sobre solo transportado, deposição inadequada do lixo, falta de esgotamento sanitário, plantio de espécies inadequadas para encostas, ocupação inadequada de margens de corpos d'água e concentração de drenagem.

O Estatuto das Cidades (BRASIL, 2001), ao estabelecer as diretrizes gerais da política urbana, determina, em seu artigo 2º, que a ordenação e controle do uso do solo deve evitar a exposição da população a riscos de desastres. De forma que, a localização de atividades no território nacional deverá levar em consideração a análise dos riscos e a exposição da população a esses riscos – Ministério das Cidades (BRASIL, 2018). De forma mais incisiva, PNPDEC veta aprovação de projeto de loteamento e desmembramento em áreas de risco definidas como edificáveis ou não pelo Plano Diretor ou legislação derivada.

CERRI e AMARAL (1998) dividem o risco em atual, situação na qual os elementos em risco já ocupam áreas com presença de suscetibilidade, e risco potencial, áreas que podem ser ocupadas e apresentam uma suscetibilidade relevante à ocorrência de determinado evento geodinâmico.

2.6.1 SUSCETIBILIDADE À EVENTOS GEODINÂMICOS

O conceito de suscetibilidade à eventos geodinâmicos estão relacionados à possibilidade de ocorrência de um evento ou acidente geológico em um terreno (CERRI e AMARAL, 1998).

Para SOBREIRA e SOUZA (2015) a suscetibilidade pode ser entendida como a potencialidade de processos geológicos e hidrológicos alterarem o meio físico, influenciando ou não as ações antrópicas desenvolvidas na área. Os autores citam como exemplos de processos os movimentos gravitacionais de massa, os eventos de subsidência, os eventos de colapso, a ocorrência de erosões, a ocorrência de inundações e alagamentos, entre outros.

Segundo BITAR et al. (2014) as cartas de suscetibilidade almejam indicar áreas passíveis à ocorrência de fenômenos e processos do meio físico cuja dinâmica pode gerar desastres naturais. Para o autor, o conhecimento prévio das suscetibilidades dos terrenos à geração e desenvolvimento de fenômenos e processos do meio físico cuja dinâmica pode ocasionar desastres naturais é de grande importância para os municípios, no sentido, de que a caracterização da suscetibilidade a determinado processo deve impor as correspondentes medidas de restrição à ocupação. Sendo assim, a carta de suscetibilidade tem por fim instrumentalizar as prefeituras municipais em suas ações de planejamento territorial.

Dessa forma, entende-se que o conceito de suscetibilidade está diretamente relacionado à predisposição natural do meio físico à ocorrência de determinado evento. A susceptibilidade indica a potencialidade de ocorrência de determinado processo, natural ou induzido, em uma determinada área.

Cabe aqui ressaltar que mais de um tipo de processo pode ocorrer em uma determinada área e que a presença da atividade antrópica, sobretudo no tocante a urbanização e à mineração, podem influenciar na deflagração de eventos naturais.

2.6.2 MOVIMENTOS GRAVITACIONAIS E PROCESSO HIDROLÓGICOS

O desenvolvimento metodológico das cartas de susceptibilidade a processos do meio físico que podem incorrer em desastres naturais nasceu de uma parceria técnica entre o Serviço Geológico do Brasil (CPRM) e o IPT. Os processos do meio físico analisados compreendem os principais tipos de movimentos de massa (deslizamento, rastejo, queda de blocos e corridas de massa) e os processos hidrológicos (inundações e enxurradas), associados de forma mais frequente aos desastres naturais ocorridos no País (BITAR et al., 2014).

Na área de estudo há uma maior representatividade em ocorrência de, como processos de movimentos gravitacionais de massa, deslizamentos, e de, como processos hidrológicos, inundação e de enxurradas.

Conforme apresentado por BITAR et al. (2014), deslizamento, ou escorregamento, pode ser caracterizado por um movimento de alta velocidade que se desenvolve em encostas com declividade e amplitude média a alta e segundo ruptura planar, circular ou em cunha acompanhando os planos de fragilidade estrutural do maciço terroso, ou rochoso. Normalmente deflagrado por eventos de alta intensidade pluviométrica e condicionado por fatores predisponentes intrínsecos ao terreno.

À inundação, segundo BITAR et al. (2014), é o atingimento e submersão da planície aluvial pelo transbordamento das águas do canal principal da drenagem considerada devido à evolução do processo de enchente ou cheia. Pode ser caracterizado pela elevação temporária do nível d'água relativo ao leito regular do canal em uma dada bacia de drenagem, esse excesso de água

pode alcançar a planície aluvial atual e os terraços fluviais antigos, bem como terrenos mais elevados localizados nos flancos de encostas adjacentes.

Por sua vez, enxurrada, segundo BITAR et al. (2014) é uma enchente ou inundação brusca e de curta direção desenvolvida em bacias de drenagem restrita, como ocorrem em relevos serranos ou morros altos, por ocasião de chuvas intensas. É um processo de alta energia de transporte e capacidade de arraste, com elevado potencial destrutivo e pode induzir à ocorrência de instabilização e solapamento de taludes marginais ao longo do curso d'água.

Segundo TUCCI (2004) as inundações são ocasionadas pela associação de precipitações intensas com a incapacidade de rios e canais de suportarem a vazão na sua calha de drenagem, ocasionando transbordamentos e a consequente inundação das áreas marginais. A Figura 2.1 ilustra e conceitua os fenômenos de enchente (ou cheia), inundação e alagamento, considerados as formas mais comuns de acúmulo de água superficial.



Figura 2.1 - Distinção dos tipos de escoamentos e acúmulo superficial de água (Fonte: dscbcsp.blogspot.com.br e modificado de BATISTA (2014)).

Para GUHA-SAPIR et al. (2012) as enxurradas são comuns às áreas de declividade acentuada e podem ser entendidas como rápidos acúmulos de água em terrenos escarpados. Entretanto, o autor ressalta que as enxurradas podem ocorrer em áreas planas devido à baixa infiltrabilidade da água, caracterizando alagamentos. Esses são entendidos como acumulações de água na superfície de um terreno qualquer devido as características do meio físico e/ou mau funcionamento de obras de drenagem e a ocorrência de escoamentos e/ou precipitações de alta intensidade (CARVALHO et al., 2007).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Nesse capítulo são apresentadas as principais características dos materiais utilizados na pesquisa, bem como a descrição dos processos e metodologia utilizadas na pesquisa.

3.1 DADOS GEOSPACIAIS

A Tabela 3.1 apresenta os dados compilados para realização desta pesquisa com suas respectivas escalas, formatos e fontes.

Tabela 3.1 - Resumo dos dados compilados com suas respectivas escalas, formatos e fontes.

Temática	Escala	Formato	Fonte
Geologia	1:100.000	Vetorial	Freitas-Silva e Campos (1998)
Hidrografia	1:10.000	Vetorial (DWG)	SICAD – DF
Solos	1:100.000	Vetorial	ZEE (2011)
Geomorfologia	1:100.000	Vetorial	ZEE(2011)
Base Topográfica (curvas de nível e pontos cotados)	1:2.000	Vetorial	Geoportal (2018)
	1:10.000		
Imagem Digital Globe de 04 de maio de 2017	1:5.000	Matricial	(ESRI, 2019)
Títulos Minerários	1:100.000	Vetorial	DNPM – SIGMINE (2018)
Imagens RapidEye do ano de 2013	1:20.000	Matricial	Programa de Pós-Graduação em Geotecnia

3.2 PROGRAMAS COMPUTACIONAIS

Para criação do banco de dados, manipulação e análise dos mesmos foi utilizado o software *ArcGIS Pro* versão 2.3 da *Environmental Systems Reserach Institute* (ESRI), cuja licença foi fornecida pela Universidade de Brasília (UnB), através da parceria entre a ESRI e a IDE – Infraestrutura de dados Espaciais da UnB. O software permite o processamento digital de imagens, a modelagem numérica do terreno, análises espaciais, criação e consulta ao banco de dados espaciais, além de análises estatísticas, da realização de álgebra de mapas e do cruzamento de informações.

O software *Google Earth Pro*, de licença gratuita e fornecido pela *Google Inc.*, bem como suas extensões *Google Maps* e *Google Street View* foram utilizados para otimizar os levantamentos de campo, e para elucidar eventuais dúvidas durante a classificação do uso e cobertura do solo.

Para modelagem hidrológica foi usada a extensão TerraHidro, na versão 0.4.3, disponível no sistema TerraView, na versão 5.4.3. A extensão permite a extração de redes de drenagem, delimitação de áreas de contribuição, extração de variáveis morfométricas e a execução do procedimento *Height Above the Nearest Drainage* (ou altura acima da drenagem mais próxima, HAND), utilizado na identificação das áreas com potencial de inundação e alagamento.

O programa *Excel 2016* da *Microsoft* foi utilizado para criação das planilhas eletrônicas contendo os dados levantados em campo e no trabalho de escritório a serem implementados no banco de dados das plataformas de Sistema de informação Cartográfica (SIG).

3.3 GEOLOGIA

De acordo com ALMEIDA e HASUI (1984), o Distrito Federal está localizado na porção Centro-Sul da faixa de Dobramentos Brasília, na porção oriental da Província Estrutural do Tocantins. Sua estruturação é representada por dobras isoclinais, lineares, com foliações de transposição, falhamentos inversos, cavalgamentos, transcorrências e uma tectônica distensiva, no final do ciclo. Segundo os autores, a faixa de Dobramentos Brasília está associada a um conjunto de faixas de dobramentos proterozóicas, envolvendo unidades litoestratigráficas de evolução policíclica e assentadas sobre um embasamento arqueano com alto grau de

metamorfismo, observações feitas também por MARINI et al. (1984) e BIZZI et al. (2003). A Faixa Brasília apresenta afloramentos das rochas de quatro Grupos: Paranoá e Canastra, de idade mesoproterozóica, e Grupos Araxá e Bambuí, de idade neoproterozóica (FREITAS-SILVA e CAMPOS, 1998).

De idade Meso-Neoproterozóica, o Grupo Paranoá é composto por rochas metapsamo-pelíticas e carbonatadas e se estende em direção ao Norte do DF até a região de Alto Paraíso de Goiás (BAETA et al., 1978). Esse Grupo, em sua porção localizada no DF, pode ser separado em seis unidades, correlacionáveis da base para o topo, e descritas sucintamente abaixo com base no detalhamento de MARTINS et al. (2002):

- S: composta por metassiltitos argilosos, cinza-claros, de vermelhos a brancos, laminados, sericíticos e intercalados com lenticulares métricas de quartzito médio;
- A: compostas por fáceis de Ardósia, roxas e vermelhas, com brandas brancas. Ocorrem ocasionais intercalações de metassiltitos e quartzitos finos. Comuns na depressão do Paranoá;
- R_3 : composta por fáceis de metarritmito arenoso, e caracterizada pela alternância de camadas arenosas e pelíticas.
- Q_3 : composta por quartzitos brancos e de granulometria grossa e microconglomerática. Raramente ocorrem intercalações.
- R_4 : composta por metarritmito argiloso intercalado com metassiltitos e metargilitos e quartzitos finos em camadas centimétricas, com domínio da fração silte-argila.
- PC: composta por fáceis Argilo-carbonatada, com metargilitos, ardósias, metamargas, lentes de calcário e calcarenitos. Ocorrem lentes de dolomitos com estromatólitos.

O Grupo Canastra corresponde a um conjunto de rochas que aflora continuamente por mais de 650 km desde o Sudoeste de Minas Gerais até a região Sudoeste de Goiás e do Distrito Federal (FREITAS-SILVA, 1996). Apresenta, quando comparado ao Grupo Paranoá, maior densidade de afloramentos (MARTINS et al., 2002). O Grupo foi subdividido em três formações: Serra

do Landim, Paracatu e Chapada dos Pilões. As duas primeiras ocorrem no DF e são caracterizadas por um conjunto amplamente dominado por filitos variados com contribuição restrita de quartzitos, calcifilitos, mármore finos e filitos carbonosos (FREITAS-SILVA e CAMPOS, 1999).

Segundo DARDENNE (1978), o Grupo Bambuí pode ser considerado de idade Neoproterozóica e é constituído por uma sequência pelito-carbonatada-arcoseana, dividida da base ao topo nas formações Jequitaí, Sete Lagoas, Serra da Saudade, Lagoa do Jacaré e Três Marias. No DF corresponde ao conjunto de metassiltitos, metassiltitos argilosos, metargilitos e raras intercalações de arcóseos.

Para a caracterização do substrato rochoso da área de estudo foram consultados o levantamento geológico apresentado no ZEE (2011), escala 1:100.000, apresentado na Figura 3.1, e as descrições geológicas presentes no EIA/RIMA (ÁGUA e TERRA, 1998) e no Plano de Controle Ambiental da Mineradora Votorantim (PROMINER, 2016).

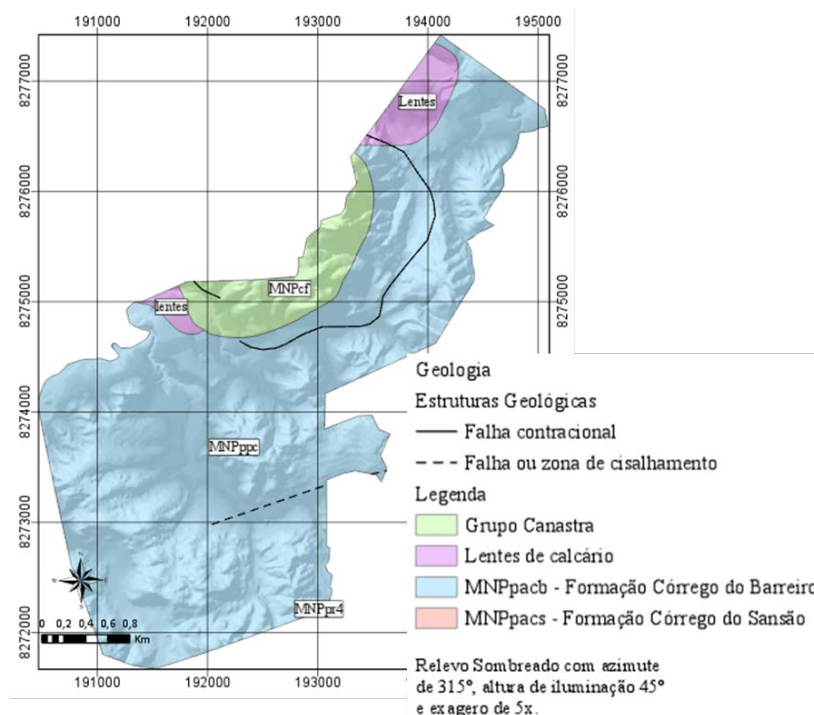


Figura 3.1 – Recorte da geologia regional, escala original do dado 1:100.000. (Fonte: ZEE, 2011).

Dentro dos limites do Setor Habitacional Fercal, segundo o mapeamento geológico apresentado pelo ZEE (2011), para escala do trabalho, ocorrem rochas atribuídas aos Grupos Paranoá (MNPacs e MNPacb) e do Grupo Canastra (MNPcf), além das lentes de calcário.

Segundo o Plano de Controle Ambiental (PCA) (PROMINER, 2016), do ponto de vista estrutural, a área apresenta estruturas que se desenvolveram por esforços compressivos que culminaram com o cavalgamento local do Grupo Canastra sobre o Grupo Paranoá. Os calcários pertencentes ao Grupo Paranoá podem ser encontrados na base do morro nas áreas mais rebaixadas do terreno, enquanto os encontrados no alto são sustentados pelos metassedimentos do Grupo Canastra.

3.4 PEDOLOGIA

REATTO et al. (2002) elaborou um levantamento pedológico da APA do Cafuringa no qual a classe dos cambissolos mostrou-se vinculada às lentes de calcário em relevo ondulado com textura argilosa. As classes dos Nitossolos Vermelho e Argissolo Vermelho Amarelo, vinculadas aos setores mais aplainados. Enquanto que, nas planícies de inundação das drenagens principais, foi identificada a ocorrência incipiente da classe Gleissolo háplico e também a ocorrência de cambissolos associados a neossolos litólicos.

Os EIA/RIMA (TERRA E ÁGUA, 2009), o PCA (PROMINER, 2016) elaborados pela Votorantim para o polígono do Bloco III e o EIA/RIMA (TERRA, 1998), elaborado para os Blocos I e II, identificaram, suma, em seus levantamentos pedológicos os mesmo tipos de solos que REATTO et al. (2002) em suas respectivas áreas de influência. Os solos e um sumário de suas respectivas características, fundando nos documentos supracitados, são apresentadas a seguir.

Cambissolos foram identificados em áreas com relevo suave a ondulado. Apresentam um horizonte B câmbico subsuperficial, sem acumulação de minerais. Moderadamente drenados a mal drenados e muito susceptíveis à erosão, não comportam vegetação arbórea-arbustiva, predominam campos limpos e gramíneas.

Latosolos vermelhos-escuros foram identificados nas áreas interiores da Chapada da Contagem, espessuras superiores a 5 m, e representados pela pedogênese de materiais arenosos oriundos da desagregação de quartzitos, solos bem drenados, com índice de erodibilidade moderada a alta e índice de colapsividade mediano. O potencial erosivo deste solo é atenuado por sua posição topográfica.

Nitossolo vermelho são solos minerais, não hidromórficos, solos profundos. Localizados em superfícies de relevo no alto curso do Ribeirão da Contagem e ao longo de alguns efluentes. Predomina em condições de relevo mais dissecado.

Solos hidromórficos (Gleissolo háplico) são solos com deficiência de drenagem, perfil profundo, ricos em matéria orgânica, presentes em pequenas manchas junto a nascentes de drenagem. Apresentam elevado risco de inundação.

Argissolos Vermelho-Amarelo estão associados às bases de morros sobre rochas pelito-carbonatadas (REATTO et al., 2002).

A Figura 3.2 e a Tabela 3.2 sintetizam as informações contidas na Carta de unidade pedológica, textura e espessura, elaborada com base nos dados apresentados pelo ZEE (2011). Nota-se uma maior ocorrência de Cambissolos Háplico rasos (36,7%). Seguida pela ocorrência de Argissolos Vermelho-Eutrófico + Chernossolo Háplico pouco profundos e de Nitossolo Vermelho (33,16%) pouco profundos.

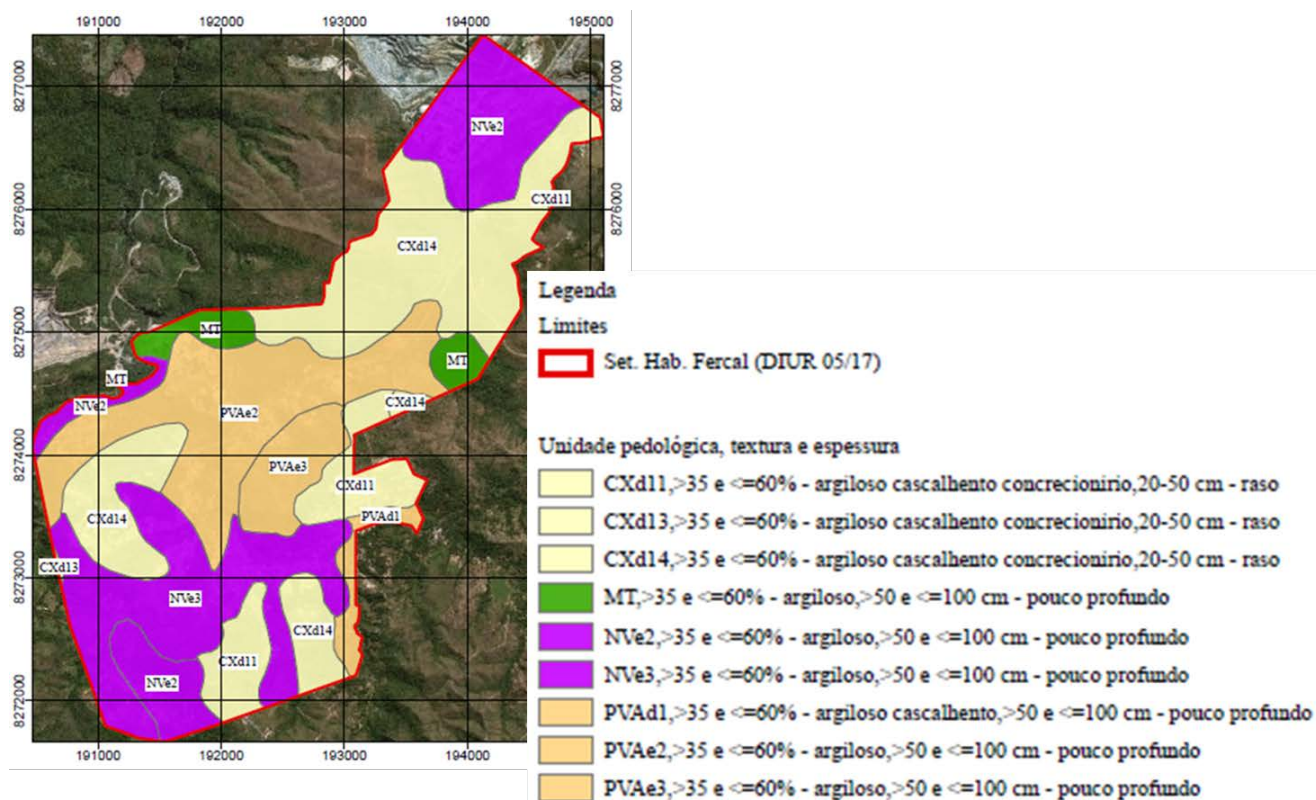


Figura 3.2 - Apresentação da carta de Unidade pedológica, textura e espessura.

Tabela 3.2 - Quantificação das áreas das Unidades pedológicas, textura e espessura em Km² e (%) da área do SHF.

Unidade Pedológica	Áreas	
	Km ²	(%)
CXd11 - >35 e <=60% - argiloso cascalhento concrecionirio - 20-50 cm - raso - (m)	0,41	3,57
CXd11 - >35 e <=60% - argiloso cascalhento concrecionirio - 20-50 cm - raso - (m)	0,01	0,05
CXd11 - >35 e <=60% - argiloso cascalhento concrecionirio - 20-50 cm - raso - (m)	0,49	4,33
CXd13 - >35 e <=60% - argiloso cascalhento concrecionirio - 20-50 cm - raso - (m)	0,01	0,08
CXd14 - >35 e <=60% - argiloso cascalhento concrecionirio - 20-50 cm - raso - (m)	2,22	19,56
CXd14 - >35 e <=60% - argiloso cascalhento concrecionirio - 20-50 cm - raso - (m)	0,70	6,20
CXd14 - >35 e <=60% - argiloso cascalhento concrecionirio - 20-50 cm - raso - (m)	0,33	2,90
PVAd1 - >35 e <=60% - argiloso cascalhento - >50 e <=100 cm - pouco profundo - (m)	0,23	2,02
PVAe3 - >35 e <=60% - argiloso - >50 e <=100 cm - pouco profundo - (b)	0,55	4,83
PVAe2 - >35 e <=60% - argiloso - >50 e <=100 cm - pouco profundo - (b)	2,25	19,85
MT - >35 e <=60% - argiloso - >50 e <=100 cm - pouco profundo - (m)	0,23	2,06

MT - >35 e <=60% - argiloso - >50 e <=100 cm - pouco profundo - (m)	0,16	1,39
NVe2 - >35 e <=60% - argiloso - >50 e <=100 cm - pouco profundo - (m)	1,09	9,57
NVe2 - >35 e <=60% - argiloso - >50 e <=100 cm - pouco profundo - (m)	0,17	1,48
NVe3 - >35 e <=60% - argiloso - >50 e <=100 cm - pouco profundo - (m)	2,07	18,28
NVe2 - >35 e <=60% - argiloso - >50 e <=100 cm - pouco profundo - (m)	0,44	3,83

3.5 MODELO NÚMÉRICO DE TERRENO (MNT)

Segundo VALERIANO (2010) os dados topográficos fornecem variáveis importantes para o entendimento e caracterização das unidades de paisagem. Tais variáveis são frequentemente solicitadas para análises ambientais e para implementação de empreendimentos de engenharia, uma vez que estes ordinariamente requerem a medição e o mapeamento de variáveis de relevo, como altitude, declividade, curvaturas vertical e horizontal, orientação de vertentes entre outras. O autor ressalta a importância dos métodos paramétricos baseados a partir de MNT, sobretudo devido sua disponibilidade e seu baixo custo.

O processo de geração do modelo a partir de curvas de nível consiste essencialmente na digitalização dos dados topográficos e sua posterior interpolação (VALERIANO, 2010). Quanto a ao resultado, OSTEMAN (1987) *apud* VALERIANO (2002) sugere que a qualidade de um modelo digital de elevação seja avaliada com base em atributos derivados, como declividade e curvatura.

Para elaboração do modelo numérico de terreno da área usou-se como base o levantamento SICAD (GDF, 2010), que possui curvas de nível de 5 m de equidistância. A partir da interpolação dos dados planimétricos foi gerado um MNT em formato TIN (triangulação) no Software *ArcGIS Pro 2.3* pela extensão *3D Analyst tool*, com células de 5x5 metros. Em seguida, o TIN foi convertido em raster pela ferramenta *TIN Convert*, da mesma extensão.

3.6 HIPSOMETRIA

A hipsometria é um atributo de suma importância para a avaliação geomorfométrica do terreno e para o entendimento de alagamento e inundações. Trata-se de uma reclassificação do mesmo

em classes altimétricas com referência ao nível do mar. A carta de hipsometria foi obtida pela reclassificação do MNT.

3.7 DECLIVIDADE

A declividade, avaliada na carta clinográfica é o ângulo de inclinação da superfície local em relação ao plano horizontal. Este atributo representa a inclinação das vertentes e das encostas e atua no equilíbrio entre escoamento superficial e infiltração no solo.

Desta forma, a declividade foi obtida por meio da ferramenta *Slope* do *ArcToolBox-Surface*, a partir da entrada do MNT da área de estudo. A ferramenta calcula a taxa máxima de mudança em valor de determinada célula para com seus vizinhos, ela ajusta um plano aos valores de elevação de uma matriz de convolução de 3 por 3 ao redor da célula de processamento (ou centro). O valor do declive é, então, calculado usando o valor máximo das médias. Se houver alguma célula na vizinhança sem valor, o valor da célula central será atribuído ao local.

3.8 ORIENTAÇÃO DE VERTENTES

Segundo VALERIANO (2010), a orientação de vertentes é uma medida do ângulo horizontal da direção esperada do escoamento superficial, geralmente expressa em azimute. Quanto maior a latitude, maior a influência da orientação de vertentes no regime térmico e, conseqüentemente hídrico, por causa da maior incidência de luz solar nas vertentes orientadas ao Norte do que as ao Sul.

Considerações sobre a orientação de vertentes podem indicar áreas com maior ou menor umidade natural. Quando associada à declividade, pode indicar áreas potenciais para instabilidade da superfície por ocasião de eventos pluviométricos.

A orientação de vertentes foi obtida por meio da ferramenta *Aspect* do *ArcToolBox-Surface*, na qual é dado como entrada o MNT da área de estudo.

3.9 CURVATURA DO TERRENO

Entre as condicionantes do meio físico predisponentes à ocorrência de movimentos de massa e inundação identificadas por BITAR et al. (2014), está a curvatura do terreno. Sobretudo por ser

uma característica utilizada para descrever o padrão de drenagem, entender os processos de erosão e escoamento e aceleração e desaceleração de fluxos. Segundo a referência supracitada a curvatura é um dos parâmetros que podem ser mapeados por meio de geoprocessamento a partir do MNT e que, conseqüentemente, tem conseqüência direta da resolução do mesmo.

Sua associação com a orientação de vertentes desempenha um papel importante na evapotranspiração e, conseqüentemente, no balanço hídrico. Conforme VALERIANO (2010), a curvatura vertical pode ser expressa em uma medida de (ou variação de) ângulo, por meio de uma distância horizontal. E, alternativamente, pode-se converter graus/metro em raio de curvatura, com uma distância correspondente a 90° , resultando numa medida em metros. Essa operação expressa o valor da curvatura em módulo, no qual o sinal positivo expressa curvaturas convexas e o negativo curvaturas côncavas. Segundo a ESRI (2019), a curvatura vertical (perfil), demonstrada na Figura 3.3, é calculada paralela a inclinação e indica a direção de inclinação máxima, afetando a aceleração e desaceleração de fluxo através da superfície. Valores negativos (A) indicam que a superfície é convexa e o fluxo desacelera. Valores positivos (B) indicam que a célula é côncava e, portanto, o fluxo será acelerado. Já valores nulos (C) indicam que a superfície é linear. Os estudos de compartimentação topográfica apontam a curvatura vertical de vertentes como uma das variáveis de maior influência na unidade homogeneia de relevo (c), uma vez que ela está diretamente relacionada aos processos de migração de água, de minerais e de matéria orgânica no solo através da superfície, causados pela ação da gravidade.

Já a curvatura horizontal (plana), ilustrada na Figura 3.4, é calculada perpendicular à direção da inclinação máxima, afetando a convergência e divergência dos fluxos na superfície. Um valor positivo (A) indica uma superfície lateralmente convexa, enquanto um valor negativo (B) indica que a superfície é lateralmente côncava. E um valor nulo, indica uma superfície linear nesta célula. Para VALERIANO e ALBURQUERQUE (2010) *apud* BATISTA (2014) a curvatura horizontal também depende do aspecto da vertente, uma vez que é feita através das direções de declive adjacentes e expressa uma variável importante na compreensão de problemas urbanos ligados ao posicionamento de estruturas de drenagem e mapeamento das possíveis áreas de alagamento.

Essas duas curvaturas foram obtidas por meio da ferramenta *Curvature* do *ArcToolBox*, que calcula a derivada segunda da superfície de entrada célula por célula. Para maiores informações sobre os cálculos de curvatura do terreno sugere-se consultar o manual do ArcGIS Pro 2.3 (ESRI, 2018).

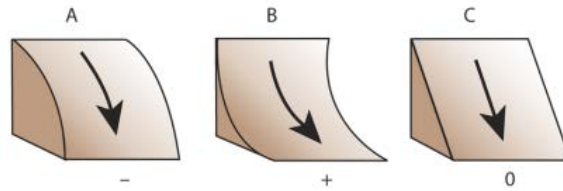


Figura 3.3 - Curvatura vertical - *Profile Curvature* – (ESRI, 2019).

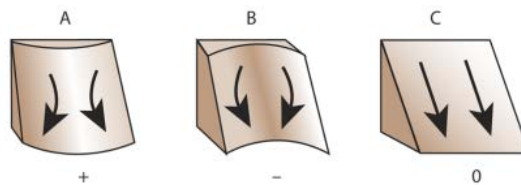


Figura 3.4 – Curvatura horizontal - *Planform curvature* - (ESRI, 2019).

A combinação das classes de curvatura, apresentadas na Tabela 3.3, representa, segundo VALERIANO (2008 e 2010) a forma de relevo, definindo propriedades hidrológicas, pedológicas, de transporte de sólidos e ecológicas. Para o autor os extremos de combinação representam superfícies côncavo-convergente, onde ocorre a máxima concentração de fluxo e acúmulo de escoamento. Logo, é onde pode haver o maior acúmulo de água e onde, conseqüentemente, ocorre a maior suscetibilidade à alagamentos e inundações. Nas superfícies convexa-divergente ocorre a máxima dispersão de fluxo. Portanto, maior potencialidade a ocorrência de movimentos de massa e enxurradas. As combinações intermediárias tem características hidrológicas mais dependentes das relações entre as intensidades dos efeitos individuais. Vale ressaltar que, conforme o autor supracitado, os limites dos intervalos das classes de curvatura são arbitrários e seu estabelecimento deve oferecer alguma razão prática.

Tabela 3.3 - Combinações das curvaturas e suas respectivas formas de relevo.

Curvatura da Vertente Horizontal (plano) – Ortogonal a curva de nível e ao declive

Curvatura da Vertente Vertical (perfil) – Perpendicular ou normal à curva de nível e ao declive		Convergente(-)(C)	Planar (0)(L)	Divergente (+)(V)
	Côncava (-)(C)			
	(CC)	(CL)	(+)(V)	
Retilínea (0)(L)				
(L)(C)	(L)(L)	(L)(V)		
Convexa (+)(V)				
(V)(C)	(V)(L)	(V)(V)		

Fonte: modificadas de FLORENZANO et al. (2018).

A Carta de curvatura do terreno foi resultado da combinação entre os segmentos de plano e perfil de curvatura em suas nove formas elementares (DIKAU, 1989; FLORENZANO, 2018) adicionada à declividade para indicar a inclinação desses segmentos de vertentes. A combinação resultou em 28 classes. A Tabela 3.4 traz os parâmetros de cada classe de curvatura, que foram definidos por critérios estatísticos (desvio padrão), e das classes de declividade, que foram fatiada em critérios determinísticos.

Tabela 3.4 - Parâmetros da carta de formas de vertentes.

Plano de curvatura	Parâmetros	Perfil de curvatura	Parâmetros	Declividade
	Horizontalizada (H)			< 3%
Convergentes	<-0.5 DP ¹	Convexos	<-0.5 DP	< 3 e < 8%
Planares	>0,5DP e < 0.5DP	Retilíneos	>-0.5DP e <0.5DP	>8 e < 40%
Divergentes	>0.5DP	Côncavos	>0.5DP	> 40 %

¹DP = Desvio Padrão.

3.10 DIREÇÃO DE FLUXO, ÁREA DE FLUXO ACUMULADO E DELIMITAÇÃO DE BACIAS

Para se definir a direção do fluxo em cada célula, utilizou-se a rotina *Flow Direction* presente no ArcGIS Pro 2.3, através do plugin *ArcHydro*. Na rotina tem-se dois tipos, ou dois algoritmos de direção de fluxo, o determinístico 8 (D8) e o *Multiple Flow Directions* (MFD).

O modelo determinístico D8 (O'CALLAGHAN e MARK, 1984), ilustrado na Figura 3.5, identifica a direção do fluxo a partir da maior declividade de um pixel em relação a seus 8 vizinhos, e monta uma grade digital onde o valor de cada pixel representa a direção de escoamento da água. Vale notar que o algoritmo assume que o fluxo se dirige somente para uma das células adjacentes e que se a descida máxima para várias células for igual, a vizinhança será ampliada até que a descida mais íngreme seja encontrada. Há de se denotar também o efeito de borda, visto que se o coletor de célula estiver próximo a borda física da varredura, ou se alguma célula tiver algum valor *NoData* como vizinha, ela não será preenchida por falta de informação (ESRI, 2019).

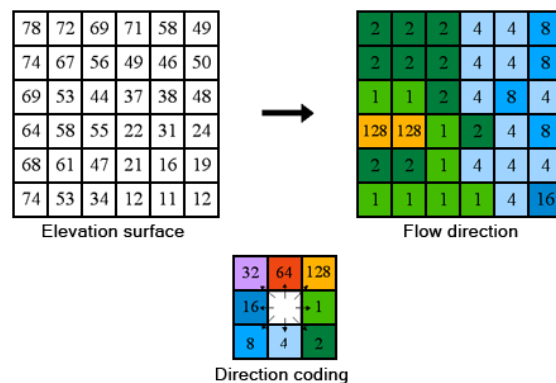


Figura 3.5 - Ilustração do modelo determinístico D8 (ESRI, 2019).

Diferentemente do algoritmo D8, o algoritmo MFD assume que o fluxo pode ocorrer de uma célula para todos os seus vizinhos que tenham elevação menor que o pixel de origem. A saída do MFD é difícil de ser interpretada além das 8 direções de fluxo, como determinada pelo algoritmo D8. Vale ressaltar que suas aplicações também são diferentes. Ao manter limites mais

rígidos, as áreas de fluxo acumulado pelo algoritmo D8 são adequadas para definição das bacias hidrográficas, enquanto as áreas de fluxo difuso acumulado, obtidas no algoritmo MFD, são mais adequadas para o entendimento e inferência do fluxo de água superficial.

A área de fluxo acumulado, obtida pela rotina *Flow Accumulation*, é uma grade regular hidrológica obtida pela soma das células para quais o fluxo, definido pela ferramenta *Flow Direction*, converge. Conforme é ilustrado na Figura 3.6.

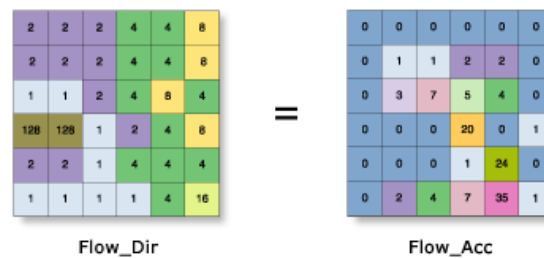


Figura 3.6 - Acumulação de fluxo (*Flow Accumulation*).

A determinação dos valores de cada célula acima de um determinado limiar da área de fluxo acumulado permite a identificação dos pixels com valores de área acumulada nula, ou seja, aqueles que não têm nenhuma célula convergindo para, como cumes e topos de morro. Esta condição permite também que sejam identificadas e extraídas automaticamente as drenagens numéricas, pela rotina *Stream to feature*.

Os demais parâmetros para determinação das drenagens foram estabelecidos por diversos testes de comparação entre as drenagens geradas automaticamente e aquelas fotointerpretadas nas ortofotocartas do SICAD (GDF, 2010), na escala 1:10.000. As áreas de contribuição foram obtidas por meio da rotina *Watershed* do ArcHydro.

3.11 AMPLITUDE DE RELEVO

Segundo YANG et al. (2018) a amplitude de relevo é um importante fator para descrever quantitativamente as formas geomorfológicas, tipo de relevo áreas sensíveis à erosão e avaliação de riscos geológicos e de qualidade ambiental. Além disso, também é um índice macroscópico para descrever as características topográficas de uma área e que pode ser fácil e rapidamente obtido por análise de vizinhança em modelos digitais de elevação. Os autores

ressaltam que diferentes regiões e diferentes formas de relevo correspondem a diferentes tamanhos de vizinhanças e que, na sua identificação, é inevitável que haja alguns fatores subjetivos intrínsecos a esse tipo de análise. Para determinar o tamanho ideal da matriz de convolução para análise da amplitude de relevo e evitar a subjetividade neste tipo de análise, os autores sugerem a determinação do tamanho ótimo de vizinhança pela adoção da teoria estatística do ponto de mudança.

Segundo KANG e ZHENG (2019), estudos mostram que o relevo topográfico muda com a área em uma curva logarítmica, de forma que, o tamanho ideal de uma matriz de convolução para o cálculo de amplitude local é o ponto de mutação da curva. No estudo em questão, os autores usam o método de análise do ponto de mudança da média para uma aplicação de mapeamento em multiescala de uma área de floresta densa na região da China. Como no estudo de YANG et al. (2018), os autores criaram uma série de tamanhos de vizinhanças usadas para calcular a amplitude de relevo e as analisaram a fim de obter o tamanho ideal.

Para YANG et al. (2018) e KANG e ZHENG (2019) o ponto de mudança refere-se a mudança repentina em um modelo ou sequência, sejam estes especificados ou não. Nas metodologias propostas por YANG et al. (2018) e KANG e ZHENG (2019), o cálculo do tamanho ideal da matriz de convolução para análise da amplitude topográfica, baseou-se na análise estatística do ponto de mudança da amplitude média determinada pelo método de análise de vizinhança com janelas retangulares (N por N), conforme descrito na sequência abaixo.

Sendo a amplitude relativa de relevo calculada conforme Equação (3-1):

$$H_{xy} = h_{xy\max} - h_{xy\min} \quad (3-1)$$

Onde: $x = 1, 2, 3, \dots, m$

$y = 1, 2, 3, \dots, m$

H_{xy} é a amplitude de relevo da região;

$h_{xy\max}$ é a elevação máxima da região;

h_{xymin} é a elevação mínima da região.

Sendo $W_0 = \{W_i, W_{i+1}, \dots, W_n\}$ uma sequência de dados quaisquer. Fazendo-se $i = 2, 3, \dots, n$. Para realizar uma análise do ponto de mudança deve-se dividir a sequência em duas para cada i , considerando cada divisão nominalmente como X_1, X_2, \dots, X_{i-1} e X_i, X_{i+1}, \dots, X_n . Calcula-se, então, a média aritmética e o desvio padrão para cada uma das divisões anteriores. Tais medidas são identificadas, respectivamente, como $\bar{X}_{i1}, \bar{X}_{i2}$ e S_i . Calculado conforme a Equação (3-2).

$$S_i = \sum_{t=1}^{i-1} (X_t - \bar{X}_{i1})^2 + \sum_{t=i}^n (X_t - \bar{X}_{i2})^2 \quad (3-2)$$

onde $t = 1, 2, \dots, n-1$ identifica os valores que originaram as divisões em sequencias.

Os cálculos dos valores estatístico da média (\bar{X}) e do desvio padrão (S) para a série completa são feitos conforme, respectivamente, as Equações (3-3) e (3-2).

$$\bar{X} = \sum_{t=1}^N \frac{X_t}{N} \quad (3-3)$$

$$S = \sum_{t=1}^N (X_t - \bar{X})^2 \quad (3-4)$$

O cálculo do valor esperado entre a diferença dos desvios padrões da sequência original (S) e as sequências de cada subdivisão (S_i) é obtido pela Equação (3-5). Segundo YANG et al. (2018) a presença do ponto de mudança no intervalo considerado faz com que a diferença $E(S - S_i)$ entre a amostra original e a amostra segmentada aumente.

$$E(S - S_i) = E[N - (i - 1)(N - i + 1)(\bar{X}_{i1} - \bar{X}_{i2})^2] \quad (3-5)$$

Para CHRISTOFOLETTI (1980) os rios constituem os agentes mais importantes no transporte dos materiais intemperizados, por conseguinte, elementos essenciais na alteração da paisagem. Nas visitas de campo ficou evidente a influência da drenagem nas alterações da paisagem,

corroboradas também pelos perfis topográficos gerados, a serem apresentados nos itens subsequentes. Assim, considerando que a influência da rede de canais fluviais nos processos de formação e alteração dos sistemas geomorfológicos torna a bacia hidrográfica uma unidade geomorfológica consideravelmente representativa e que a amplitude relativa de um relevo é dada, conforme GUERRA e GUERRA (2008), pelas alturas ou cotas relativas. Optou-se por calcular a amplitude de relevo de duas formas.

A primeira, embasado nas metodologias de YANG et al. (2018) e KANG e ZHENG (2019), utilizou-se a ferramenta *Focal Statistics* do *ArcToolBox* para criar janelas retangulares variando entre 3x3 e 40x40 e às testando, no software Excel, para determinação da janela de convolução ideal por análise do ponto de mudança. Para então calcular a amplitude relativa de relevo conforme a Equação (3-1).

A segunda, considerou as bacias de terceira ordem, geradas conforme o item 3.10, para definição dos níveis de base a partir da confluência dos rios de terceira ordem. De forma que a amplitude relativa foi calculada, conforme a Equação (3-1), a partir dos pontos correspondentes aos níveis de base e da altitude absoluta, obtida a partir do MNT.

3.12 VARIÁVEIS CLIMÁTICAS

Para HENGL et al. (2009), os métodos para estimativas espaciais de variáveis climáticas podem ser geralmente diferenciados em: (1) técnicas de interpolação, (2) técnicas de regressão estatísticas e (3) abordagem dinâmicas baseadas em modelos climáticos. Neste trabalho as variáveis climáticas foram trabalhadas usando-se as técnicas 1 e 2.

3.12.1 VENTOS

No DF a direção predominante dos ventos durante a está chuvosa é do quadrante Norte, com variação NW e NE, no período os ventos mais fortes vêm de NW. A partir do mês de março, tem-se uma predominância dos ventos de direção Leste. E, durante o período de estiagem, há um aumento de incidência dos ventos de Sul e Sudeste (GDF, 2011).

O SOL-AR é um programa gráfico, criado e mantido pelo Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LabEEE) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), que permite a

obtenção da carta solar de uma latitude especificada e também possui algumas cidades com dados de temperatura e vento disponíveis, como Brasília, apresentado na Figura 3.7.

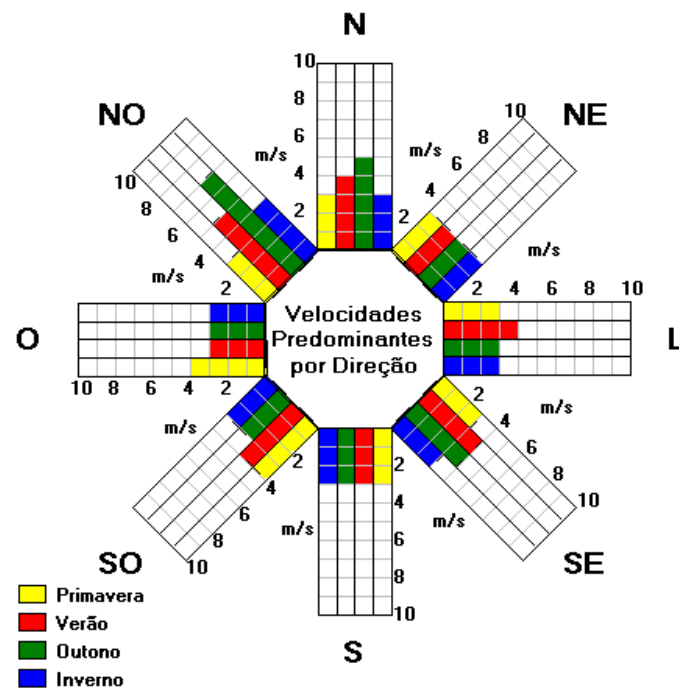


Figura 3.7 - Carta de ventos geradas pelo SOL-AR para Brasília.

3.12.2 PRECIPITAÇÃO

Para avaliar o padrão dos eventos de chuva na região, foram utilizados dados de precipitação das estações pluviométricas próximas, ou inseridas, da área de estudo. Como é o caso da estação Contagem – Rua do Mato, cujos os dados são sintetizados na Tabela 3.5.

Os dados foram fornecidos pela Agência Nacional de Águas (ANA) através da plataforma *HidroWeb* (2019) encontram-se ordenados e discriminados em Anexo.

Para elaboração das isoietas, foram avaliados os dados totais de chuva, precipitação anual e precipitação mensal, no período de janeiro de 2015 a janeiro de 2019, para as estações próximas ou inseridas na área de estudo, conforme mostrado na Tabela 3.6. A escolha do período deveu-se a coexistência de dados nas estações escolhidas no referido período. Os dados foram interpolados utilizando-se o método *Inverse Distance Weighting (IDW)*, escolhido por ser considerado um dos mais flexíveis para dados com uma correlação espacial estruturada.

Segundo MARCUSO et al. (2011), o método IDW de interpolação determina os valores dos pontos interpolados utilizando uma combinação linear ponderada dos pontos amostrados na qual o peso de cada ponto é o inverso de uma função da distância.

Tabela 3.5- Dados de precipitação máxima na estação pluviométrica Contagem – Rua do Mato, localizada dentro da área de estudo. Período de 2009 a 2017.

Mensal	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual	Total
Média	100,9	83,7	170,3	57,4	8,8	6,0	0,3	8,5	12,2	89,3	94,4	100,3	61,0	732,2
Máxima	379,8	365,8	636,2	164,0	41,8	32,8	1,8	68,1	48,3	330,4	334,4	207,0	161,9	1942,2

Fonte: ANA – Hidroweb (2019).

Tabela 3.6 - Dados de precipitação das estações pluviométricas perto da zona de estudo. Período de 2015 a 2019.

Estação	Código ANA	Máxima Mensal		Máximo total		Longitude	Latitude
		(mm)	Data	mensal (mm)	Data		
Contagem - Rua do mato	20001130	62,5	01/03/2015	258,9	01/03/2015	-47,88	-15,6039
Contagem	1547010	42,2	01/12/2018	389,4	01/11/2018	-47,8789	-15,6531
ETE - Sobradinho	1547015	76,3	01/01/2016	342,1	01/11/2018	-47,8117	-15,6611
CPAC - chapada	1547025	63,4	01/04/2015	297,1	01/04/2015	-47,7	-15,5917
Radiobras	1548041	100	01/12/2017	573,0	01/01/2016	-48,1317	-15,5992
Ribeirão palmeiras	1547050	70,2	01/11/2017	389,8	01/01/2016	-47,7419	-15,5281
Salinas	1547054	115,0	01/01/2017	224,7	01/01/2017	-47,9817	-15,4542
Sonhem	1547051	98,0	01/12/2014	498,7	01/02/2018	-47,8158	-15,5231

Fonte: ANA – Hidroweb (2019).

3.12.3 ÍNDICE DE EXPOSIÇÃO AO VENTO

Segundo HENGL et al. (2009), o vento é geralmente definido como movimento do ar condicionado pelo espaço heterogêneo de pressão do ar. De forma que o campo de vento próximo ao solo, descrito por valores de velocidade e direção, é significativamente influenciado pela superfície terrestre, especialmente nas áreas com relevo acidentado. Para os autores este é o principal motivo pelo qual deve-se envolver dados sobre a superfície terrestre em modelos da dinâmica atmosférica, sobretudo no tocante a modelagem do campo de vento próximo ao solo.

Os autores também ressaltam a importância de se considerar o campo de vento em estudos de distribuição espacial de concentrações de poluentes atmosféricos no solo ou na distribuição dos tipos de vegetação em regiões montanhosas.

O índice de exposição ao vento (*Wind Exposure Index* - WEI), elaborado por BOEHNER e ANTONIC (2009), é uma forma indireta de considerar a influência da topografia na dinâmica dos ventos e, por conseguinte, nas análises subsequentes. Trata-se de um índice topográfico adimensional que estima o potencial de exposição de uma área aos ventos considerando a diferença entre o ângulo de direção do vento e o aspecto do terreno, respeitando a circularidade de ambos. Conseqüentemente, sempre variando entre 0° (estritamente a barlavento) e 180° (estritamente sota-vento), ou alternativamente expresso pelo cosseno a diferença (1) para barlavento e (-1) para sota-vento. Vale ressaltar que o índice negligencia a influência de terrenos distantes e da inclinação.

O Índice de Exposição ao Vento foi gerado no software QGIS Desktop 3.8.1 com a ferramenta *Wind Exposure Index*, do pacote de análises SAGA, para cada uma das direções de vento medidas pela estação da Votorantim, localizada na ARIS Fercal I, apresentadas na Tabela 3.10, por ser considerado um registro mais próximo da realidade de área.

3.13 QUALIDADE DO AR

Os padrões de qualidade do ar são definidos legalmente segundo as concentrações máximas de componentes atmosféricos de interesse para proteção da saúde e do bem-estar. A margem de segurança das concentrações dos poluentes, segundo LISBOA (2007) foram embasados em estudos científicos dos efeitos produzido por poluentes. Os padrões são divididos em duas categorias conforme mencionado anteriormente na Tabela 3.3:

- a) Padrões primários: composto pelos níveis de concentração de poluentes que, se ultrapassados, poderão afetar a saúde da população. Segundo a resolução CONAMA (1990) podem ser entendidos como os níveis máximos toleráveis de concentração de poluentes, constituindo-se em metas de curto e médio prazo;

- b) Padrões secundários: corresponde aos níveis de concentração de poluentes atmosféricos abaixo das quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem-estar da população, da fauna e da flora. Pode ser entendido como o nível desejável de concentração de poluentes, constituindo, então a meta de longo prazo a ser alcançada (CONAMA, 1990)

Tabela 3.7 - Padrões nacionais de qualidade do ar para PTS

Poluente	Tempo de amostragem	Padrão Primário ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Padrão Secundário ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
PTS	24 h	240	150

Fonte: CONAMA 003/90.

O monitoramento da qualidade do ar no Distrito Federal é realizado pelo Instituto Brasília Ambiental (IBRAM). Segundo o qual, o monitoramento tem como objetivo a quantificação de poluentes atmosféricos com o objetivo de quantificação dos mesmo e avaliação da qualidade do ar com objetivo de proteger a saúde e o bem-estar das pessoas (IBRAM, 2011). Em razão da maior concentração e dos efeitos nocivos, os principais poluentes atmosféricos monitorados pelo IBRAM são: partículas totais em suspensão (aquelas com até 10 μm de diâmetro), fumaça e dióxido de enxofre (SO_2) (SANTOS, 2011). As medições são realizadas por equipamentos manuais em estações pontuais instaladas em locais com grande influência de prováveis fontes emissora de poluentes, como locais com tráfego intenso de veículos e/ou com fábricas.

Segundo o Plano de Controle Ambiental da Votorantim (PROMINER, 2016) durante o primeiro semestre de 2015 foram realizadas 34 medidas válidas do monitoramento da concentração de poeira total em suspensão e dados meteorológicos (temperatura, pressão atmosférica, umidade relativa, precipitação, direção e velocidade dos ventos). As medidas foram realizadas utilizando-se um amostrador de grande volume, e com procedimento definido pela norma NBR 954/97. As medidas de PTS foram utilizadas como parâmetro base para medição da qualidade do ar. Destas, aproximadamente 85% apresentaram valores abaixo de 150 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), que seria o desejável.

A avaliação dos poluentes na população é feita pelo indicador denominado índice de Qualidade do Ar (IQAR), desenvolvido para auxiliar os tomadores de decisão à medida que permite uma avaliação dos locais que necessitam de maior intervenção e da efetividade de medidas adotadas.

O IQAR, representado por um número adimensional, relaciona-se com a concentração de um dado poluente por meio de funções lineares segmentadas de modo que, entre valores críticos, pode-se assumir um comportamento linear. A Tabela 3.8 apresenta as faixas de concentração do poluente PTS utilizada pelo IBRAM-DF para o estabelecimento da qualidade do ar, além de apresentar a referente faixa de IQAR e a correlação com os efeitos em saúde esperado. Vale destacar que o IQAR pode ser utilizado em nível local ou regional em função do poluente atmosférico monitorado (IBRAM, 2011).

Tabela 3.8 - Índice de qualidade do ar (IQAR) para o PTS.

IQAR	(PTS) [($\mu\text{g}/\text{m}^3$)]	Descrição
Boa	0 - 80	Praticamente não há riscos à saúde
Regular	81 - 240	Pessoas de grupos sensíveis podem apresentar sintomas como tosse seca e cansaço. A população, em geral não é afetada.
Inadequada	241 – 375	Toda a população pode apresentar sintomas como tosse seca, cansaço, ardor nos olhos, no nariz e na garganta. Pessoas de grupos sensíveis podem apresentar problemas mais sérios.
Má	376 – 625	Toda a população pode apresentar agravamentos sintomas do nível anterior, e ainda apresentar falta de ar e respiração ofegante. Efeitos ainda mais graves à saúde de grupos sensíveis.
Péssima	626 - 875	Toda a população pode apresentar sérios riscos de manifestação de doenças respiratórias e cardiovasculares.
Crítica	> 876	Aumento de mortes prematuras em pessoas de grupo sensível.

Os índices até a classificação REGULAR atendem aos Padrões de Qualidade do Ar estabelecidos pela Resolução CONAMA 03 de 28/06/1990.

¹Pessoas de grupo sensível refere-se às crianças, à idosos e às pessoas com deficiências respiratórias e cardíacas.

Para a distribuição espacial do potencial padrão de qualidade do ar da região foram utilizados dados das estações do IBRAM (Fercal I e CIPLAN), disponibilizados pelo IBRAM em sua plataforma de qualidade do ar, e da Estação Votorantim, cujos dados foram disponibilizados no

Plano de Controle Ambiental (PROMINER, 2016), todos para o ano de 2015. A Tabela 3.9 apresenta as estações e suas coordenadas geográficas.

Tabela 3.9 - Estações de monitoramento da qualidade do ar na região do SHF (GDF, 2017).

Estação	Coordenadas Geográficas		Altitude (m)
	Latitude S	Longitude O	
Fercal I	15°36'3.50"	47°52'18.40"	887,31
CIPLAN	15°34'15.80"	47°51'5.90"	889,67
Votorantim	15°35'27.12"	47°52'52.98"	860,44

Conforme destaca SANTOS (2011), as estações utilizadas para determinação das medidas das direções e das velocidades dos ventos não cobram adequadamente a Região da Fercal. Assim, considerando o vento como o principal agente dispersor dos poluentes atmosféricos, a escolha série de avaliação deveu-se sobretudo ao fato de que o único registro oficial acessível das direções e velocidades do vento na região são do PCA da Votorantim (PROMINER, 2016), que consta apenas os dados para o primeiro semestre de 2015. Assim, tendo como referência os dados do PCA (PROMINER, 2016), fez-se uma triagem dos dados disponibilizados pela estações do IBRAM, escolhendo-se os dados de concentração do mesmo dia, ou o mais próximo possível, desde que o período entre as dadas não representassem um período de considerável alteração na direção do vento, avaliada conforme a carta de ventos gerada apresentada no item 3.12.1. A Tabela 3.10 mostra os dados de concentração de PTS e as direções dos ventos em cada estação para cada dia considerado.

Tabela 3.10 - Dados de concentração de PTS em (μm^3) e da direção de vento de cada estação.

Estação	Janeiro			Fevereiro		
	Dia	Direção	Concentração	Dia	Direção	Concentração
Fercal I	16/1	ESE	159	3/2	SE	286,38
	21/1	NW	269	11/2	ESE	297,28
CIPLAN	15/1	ESE	769	3/2	SE	574,48
	21/1	NW	1121,29	15/2	ESE	1121,29
Votorantim	18/1	ESE	180	3/2	SE	111,00
	21/1	NW	128	14/2	ESE	126,00

Estação	Março			Abril		
	Dia	Direção	Concentração	Dia	Direção	Concentração
Fercal I	17/3	NNW	239,46	24/4	S	128,20
	24/3	NNW	238,76	29/4	SE	126,29
CIPLAN	17/3	NNW	761,38	24/4	S	631,57
	24/3	NNW	883,52	29/4	SE	415,59
Votorantim	16/3	NNW	121,00	25/4	S	86,00
	24/3	NNW	113,00	29/4	SE	85,00
Estação	Maio			Junho		
	Dia	Direção	Concentração	Dia	Direção	Concentração
Fercal I	7/5	SE	298,21	2/6	E	223,02
	29/5	ESE	132,48	24/6	SE	189,79
CIPLAN	7/5	SE	666,58	2/6	E	862,63
	29/5	ESE	684,29	24/6	SE	831,65
Votorantim	9/5	SE	59	2/6	E	146,00
	15/5	ESE	67	23/6	SE	152,00

A elaboração dos mapas de distribuição da concentração dos elementos para cada estação agrupados por direção do vento foi realizada com o auxílio do software *ArcGis Pro* (ESRI, 2019) e do software *QGIS Desktop* 3.8.1. A Figura 3.8 mostra o fluxograma de elaboração dos mapa de potencial qualidade do ar. As concentrações foram interpoladas pelo método IDW (Figura 3.8a), considerado por SANTOS (2011) mais apropriado para a região. Após a interpolação os dados foram classificados conforme IQAR apresentado na Tabela 3.10 (Figura 3.8b), e, então, multiplicados pelo Índice de Exposição do Vento (Figura 3.8c), gerado no *QGIS*, da direção correspondente, resultando no mapa de potencial qualidade do ar para os dados considerados (Figura 3.8d). Por fim, os mapas gerados para cada conjunto de dado foram somados, o resultado foi normalizado, obtendo o mapa de potencial qualidade do ar.

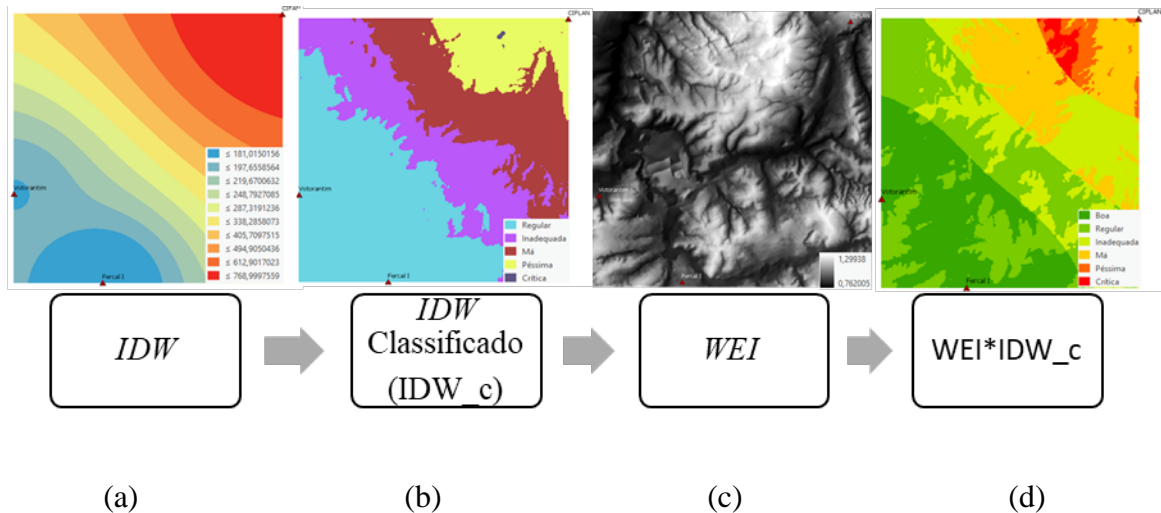


Figura 3.8 - Fluxograma de elaboração do mapa de potencial qualidade do ar.

3.14 CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DE BACIAS

Os parâmetros e índices morfométricos a serem avaliados nas sub-bacias foram baseados na proposta de BITAR et al. (2014), que busca compreender a dinâmica hidrológico-geomorfológica de forma a associar a suscetibilidade à inundações fluviais com às condições naturais do terreno que favorecem a elevação do nível d'água no canal de drenagem com transbordamento.

Na proposta supracitada (Tabela 3.11), a suscetibilidade morfométrica de bacias de drenagem a inundação pode ser mapeada segundo uma abordagem qualitativa baseada em índices e parâmetros morfométricos, conforme apresentado na tabela abaixo, extraídos para cada uma das sub-bacias que compõe a bacia hidrográfica em que o território em análise se insere (BITAR et al., 2014).

Tabela 3.11 - Parâmetros e índices morfométricos selecionados contendo influência e modo de cálculo acerca da suscetibilidade a inundação.

Parâmetro/índice	Influência	Método de Cálculo
Área de Contribuição (Ac)	Está associado ao volume de água que atinge o rio principal. Quanto maior a Ac, maior tende a ser a susceptibilidade à inundação.	Retirado automaticamente do SIG
Relação de relevo (Rr)	Refere-se à relação entre a amplitude altimétrica e o comprimento do canal principal da sub-bacia hidrográfica. A amplitude altimétrica pode ser obtida pela diferença entre a máxima e a mínima altitude.	$R_r = \frac{\Delta A}{L}$ ΔA: amplitude altimétrica (m); L: comprimento do canal principal (m).
Densidade de drenagem (Dd)	Este índice constitui um indicativo muito importante do escoamento superficial da água, o que reflete uma maior ou menor intensidade dos processos erosivos na esculturação dos canais. Quanto maior o Dd, menor é a infiltração da água no solo e maior tende a ser a velocidade com que a água atinge o rio.	$D_d = \frac{L_t}{A}$ Dd: Densidade de drenagem (m/m ²); Lt: o comprimento total dos cursos da bacia (m); A: área de drenagem (m ²).
Índice de circularidade (Ic)	Quanto maior o Ic, maior tende a ser a retenção de água na sub-bacia, reduzindo a velocidade de chegada da água no rio.	$I_c = \frac{A}{A_c}$ Ic: Índice de circularidade; A: área da sub-bacia; Ac: área de um círculo de mesmo perímetro.

		$I_s = \frac{L}{Dv}$
Índice de sinuosidade (Is)	Quanto maior o Is, menor tende a ser a velocidade do escoamento e chegada da água no rio.	Is: Índice de sinuosidade; L: comprimento do canal principal; Dv: distancia euclidiana entre os extremos do canal.

Fonte: Modificado de BITAR et al. (2014).

Segundo BITAR et al. (2014) essas variáveis representam, em conjunto, relação diretamente proporcional ao fenômeno da inundação.

3.15 DISTÂNCIA VERTICAL À DRENAGEM MAIS PRÓXIMA (HAND)

O modelo de terreno denominado *Height Above Nearest Drainage* (NOBRE et al., 2011) foi desenvolvido por pesquisadores do INPE e é usado para mapeamento da condição hidrológica estacionária do terreno e para o mapeamento de áreas susceptíveis à inundação.

Segundo RENNÓ et al. (2008) o HAND cria uma grid de pontos equipotenciais de drenagem, o que implica em regiões com propriedades hidrológicas idênticas. Dessa forma, o modelo permite traçar superfícies com potencial para inundação apenas fazendo considerações sobre a topografia digital da área, sem a necessidade de calibração de outros parâmetros hidrológicos.

3.16 COMPARTIMENTAÇÃO GEOMORFOLÓGICA

Para ROSS (2006) a importância do diagnóstico geomorfológico é essencial aos empreendimentos de engenharia quanto aos aspectos relacionados à instalação, impacto ambiental e os riscos que a natureza oferece à presença do empreendimento em determinado local. Em se tratando de empreendimentos mineiros, os impactos são cortes, aterros, desvio de drenagem, exploração de lençóis freáticos, desmonte de morros entre outros. Com relação aos riscos, pode-se considerar a aceleração de processos erosivos, evolução de movimentos de massa, inundações e alagamentos e assoreamento dos recursos hídricos.

PIKE (2000) define a geomorfometria como a ciência da análise quantitativa da superfície terrestre e que tem por objetivo a extração de medidas descritivas de feições da superfície terrestre.

FLORENZANO et al. (2019) ressalta que os dados topográficos fornecem variáveis importantes e frequentemente solicitadas nas análises ambientais e nos empreendimentos de engenharia. Segundo os autores supracitados os métodos tradicionais (qualitativos) de identificação visual da forma de relevo foi desenvolvida originalmente por meio da interpretação visual do relevo em campo ou a partir de representações cartográficas, em virtude dos altos custos dos métodos paramétricos (quantitativos), apesar destes fornecem uma base mais objetiva e uniforme na identificação de sistemas terrestres.

Para DEHN et al. (2001) há sobretudo duas perspectivas para se descrever formas de relevo: (i) baseando-se unicamente na geometria ou (ii) baseado nas semânticas usadas para expressar e capturar modelos conceituais e subjetivos. BISHOP et al. (2012) ressaltam que a complexidade inerente ao mapeamento geomorfológico está associada ao estabelecimento de uma taxonomia compreensiva; ao mapeamento geomorfológico em diferentes escalas; à caracterização de limites indeterminados e áreas de transição; e à obtenção de resultados reproduzíveis.

Para GUERRA (1994), a metodologia do mapeamento geomorfológico tem como base a ordenação dos fenômenos mapeados segundo uma taxonomia que deve estar aferida a uma determinada escala cartográfica. Segundo o autor, os mapeamentos geomorfológicos em uma escala de 1:50.000 devem utilizar taxonomia condizente às unidades geomorfológicas, definidas como um arranjo de formas fisionomicamente semelhantes em seus tipos de modelado. O autor ressalta que o mapeamento deve enfatizar a geomorfogênese através dos processos geradores e a similitude das formas deve ser explicada por fatores paleoclimáticos e/ou por fatores associados à natureza dos domínios, como comportamento das drenagens, condicionantes litológicas e/ou tectônicas e ambientes climáticos atuais e subatuais. A nível de decisão para planejamento, GUERRA (1994) sugere que os mapas geomorfológicos devem priorizar os processos geradores e/ou transformadores das formas de relevo, que podem ser divididas em quatro tipos de modelado: (i) os de acumulação, (ii) os de aplainamento (iii) os de dissecação, (iv) os de dissolução.

Segundo SILVEIRA e SILVEIRA (2016) a modelagem geomorfológica amparada pela disponibilidade cada vez maior de MNTs e a capacidade otimizada de processamento em ambientes de informações Geográficas (SIG), configura um cenário favorável para crescente aplicação da análise digital do relevo.

DE REU et al. (2013) ressaltam que os MNTs têm sido amplamente usados para classificação automática do relevo, com técnicas que incorporam a homogeneidade das variações topográficas em diversas classes de formas de relevo.

Os métodos paramétricos requerem medições e o mapeamento de variáveis de relevo, como altitude, declividade, curvaturas vertical e horizontal, orientação de vertentes, entre outros, que são combinados para caracterizar a unidade de relevo de forma mais completa (FLORENZANO, 2019).

A metodologia do IPT (1981) para mapeamento geomorfológico do estado de São Paulo baseou-se na extração da drenagem; delimitação das sub-bacias de terceira ordem; determinação dos níveis de base; cálculo da amplitude de relevo; cálculo da declividade e na derivação das classes de domínios geomorfológicos a partir do cruzamento espacial dos dados gerados nas etapas supracitadas.

Neste trabalho o mapeamento dos domínios geomorfológicos em escala de 1:25.000 empregou uma adaptação da metodologia utilizada pelo IPT (1981). A primeira etapa, concomitante a revisão bibliográfica sobre a área, foi o levantamento dos mapeamentos geomorfológicos já realizados na área, a fim de se definir os parâmetros utilizados na classificação do relevo, a serem apresentados no item 4.9. Além das visitas de campo e dos perfis topográficos elaborados para área, as compartimentações geomorfológicas apresentadas pelo ZEE (2011) e por MORAES et al. (2014) serviram de guias à determinação dos parâmetros.

3.17 DIAGNÓSTICO DA INFRAESTRUTURA URBANA E DOMICILIAR

Entre os vários fatores relevantes para se avaliar as condições de habitabilidade de uma região estão o atendimento de serviços públicos básicos e condições da infraestrutura urbana da área

em questão. São fatores relevantes também para melhor caracterização das áreas de risco e nas propostas de ações corretivas e/ou preventivas.

Assim, buscou-se elaborar baseado nas visitas de campo e nos relatos passados pelos funcionários da Administração e nas referências bibliográficas, sobretudo nos relatórios das agências reguladoras e companhias fornecedoras de serviços públicos e nas avaliações da Pesquisa Distrital por Amostra de Domicílio (PDAD) realizados pela Companhia de Planejamento do Distrito Federal (CODEPLAN), um cenário da situação da RA Fercal quanto a infraestrutura urbana e tipologia das edificações.

3.18 DIAGNÓSTICO DOS EMPREENDIMENTOS MINEIROS

Por diagnóstico dos empreendimentos mineiros deve-se entender a inserção dos mesmos no cenário atual cenário de uso e ocupação do SHF, sobretudo no que tange aos efeitos positivos e negativos dessa coexistência. E foi fundamentado nas experiências de campo, relato dos moradores e funcionários da administração e na compilação das informações consideradas significativas para esta análise constante nos documentos fornecidos pelo IBRAM e pelo DNPM, sobretudo pelo Sistema de Informações Geográficas da Mineração (SIGMINE).

3.19 MAPEAMENTO DAS EDIFICAÇÕES

Para o mapeamento das edificações, utilizou-se uma imagem de alta resolução (1m) do satélite GeoEye Ikonos, datada de 04 de maio de 2017, disponibilizada pelo próprio *ArcGIS PRO* como *Basemap*. A ferramenta *Create Feature* foi utilizada para criar poligonal de igual delimitação das coberturas das edificações identificadas. Os softwares *Google Earth* e *Google Street View* foram utilizados para dirimir dúvidas sobre os limites das edificações e para atualizar a situação das mesmas para a informação mais recente possível.

3.20 INVENTÁRIO DE ALAGAMENTO E INUNDAÇÃO

Para MARTINI (1995) a comunicação dos riscos ambientais deve, em formato simples, conciso e sem jargões técnicos, responder aos seguintes questionamentos: o que ocorreu; onde ocorreu; quando ocorreu; como ocorreu; por que ocorreu; houve vítimas; a situação está controlada e qual(is) medida(s) está(ão) sendo tomada(s).

O inventário das áreas de risco foi realizado tomando como base trabalhos acadêmicos e pesquisas realizadas na região, relatórios da Defesa Civil, matérias jornalísticas, relatos dos moradores e vistorias de campo.

3.21 SUSCETIBILIDADE À INUNDAÇÃO E CORRIDA DE MASSA

A suscetibilidade da inundação foi avaliada utilizando uma adaptação da metodologia proposta por BITAR et al. (2014), conforme demonstrado no fluxograma apresentado na Figura 3.9. A metodologia para avaliação da suscetibilidade à inundação pode ser dividida em três etapas. A primeira, utiliza parâmetros morfométricos, listados na Tabela 3.11, para avaliação de risco à inundação. Os parâmetros e índices padronizados e somados compuseram o Grau de Suscetibilidade (Gs). A segunda etapa usa o HAND para classificar e zonestar as áreas mais suscetíveis à inundação. A terceira, por sua vez, é composta pela integração das classificações anteriores conforme a matriz de correlação apresentada na Figura 3.10, compondo o Grau de Suscetibilidade Final (Gsf) à inundação, e do recorte das áreas planas e terraços da região em questão.

A avaliação do potencial de ocorrência de corridas de massa e enxurradas foi avaliada também segundo os critérios morfométricos das bacias e sub-bacias. Uma adaptação da metodologia proposta por BITAR et al. (2014), baseada no Índice de Melton, que relaciona a amplitude da bacia, área de contribuição e a suscetibilidade a ocorrência de corridas de massa e enxurrada.

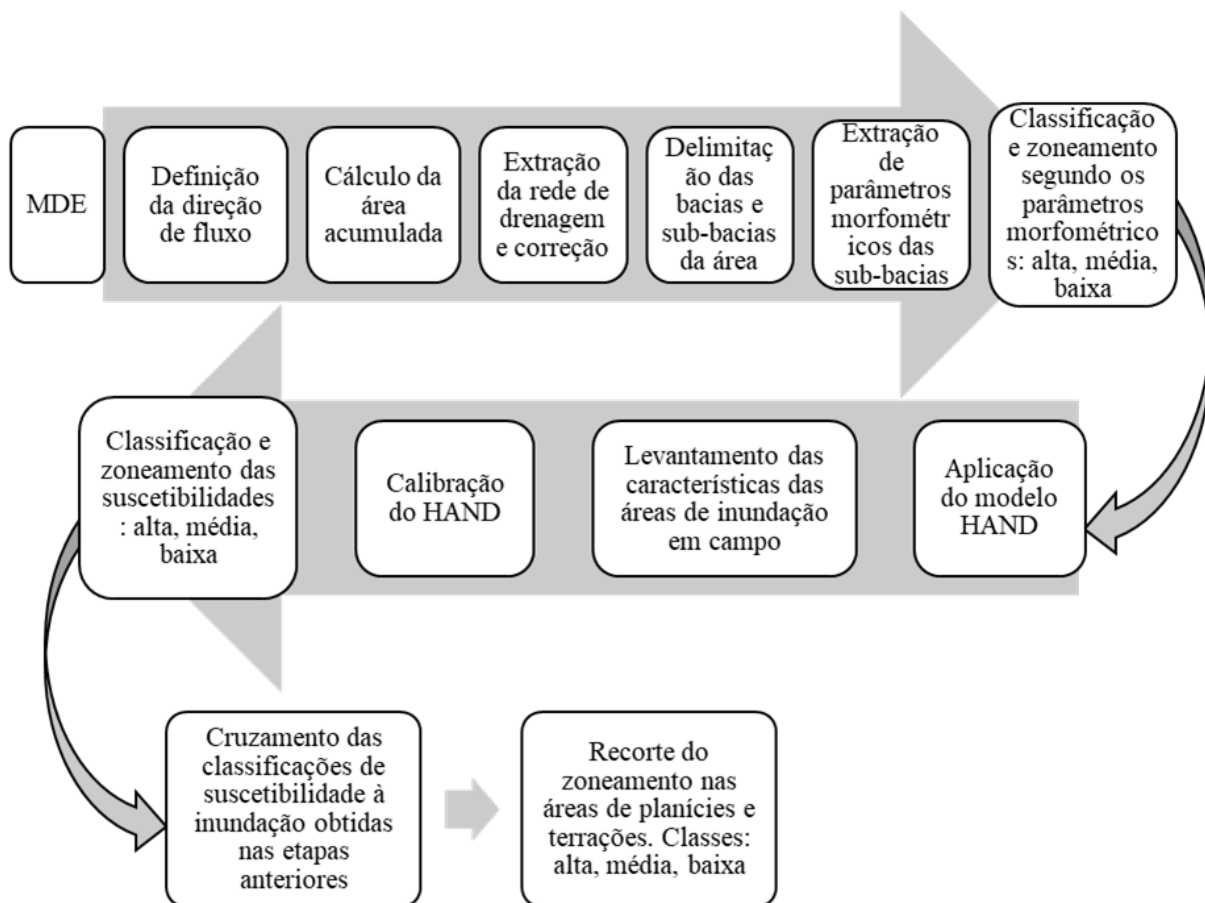


Figura 3.9 - Fluxograma das etapas básicas executadas para elaboração do zoneamento de susceptibilidade à inundação.

Índices Morfométricos \ Modelo HAND	Modelo HAND		
	Alta	Média	Baixa
Alta	Alta	Alta	Média
Média	Alta	Média	Baixa
Baixa	Média	Baixa	Baixa

Figura 3.10 - Matriz de correlação entre as duas classificações de susceptibilidade. Fonte: BITAR et al. (2014).

4 CARTAS BÁSICAS E RESULTADOS DA CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Nesse capítulo será apresentada a caracterização da área de estudo quanto aos aspectos relevantes do meio físico e antrópico.

4.1 HIPSOMETRIA

A Figura 4.1 apresenta a Carta de Hipsometria da área de estudo. É possível observar que os topos dos morros altos estão nas cotas acima de 1.000 e as planícies encontram-se nas faixas entre <830 e 860. Conforme se observa nos dados da Tabela 4.1 e na Figura 4.2, a maior parte da área encontra-se entre as cotas 860 e 920.

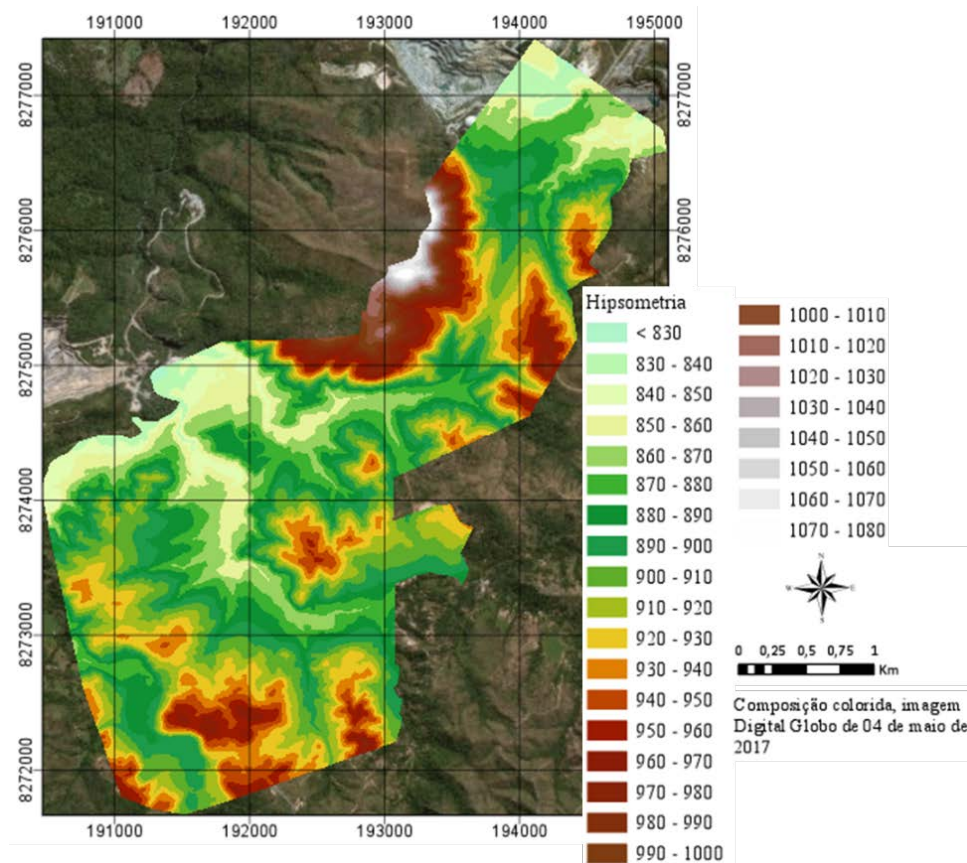


Figura 4.1 - Carta de hipsometria do SHF.

Tabela 4.1 - Quantitativo de área por faixa de hipsometria em km² e em (%) da área total do SHF.

Intervalo	Área		Intervalo	Área	
	Km ²	(%)		Km ²	(%)
< 830	0,014	0,12	950 - 960	0,345	3,04
830 – 840	0,246	2,16	960 - 970	0,223	1,97
840 – 850	0,381	3,35	970 - 980	0,130	1,14
850 – 860	0,626	5,51	980 - 990	0,091	0,81
860 – 870	0,884	7,79	990 - 1000	0,078	0,69
870 – 880	1,061	9,35	1000 - 1010	0,072	0,63
880 – 890	1,180	10,40	1010 - 1020	0,048	0,42
890 – 900	1,255	11,06	1020 - 1030	0,026	0,23
900 – 910	1,288	11,35	1030 - 1040	0,021	0,18
910 – 920	1,144	10,08	1040 - 1050	0,017	0,15
920 – 930	0,988	8,71	1050 - 1060	0,023	0,20
930 – 940	0,690	6,08	1060 - 1070	0,029	0,26
940 – 950	0,479	4,22	1070 - 1080	0,011	0,10

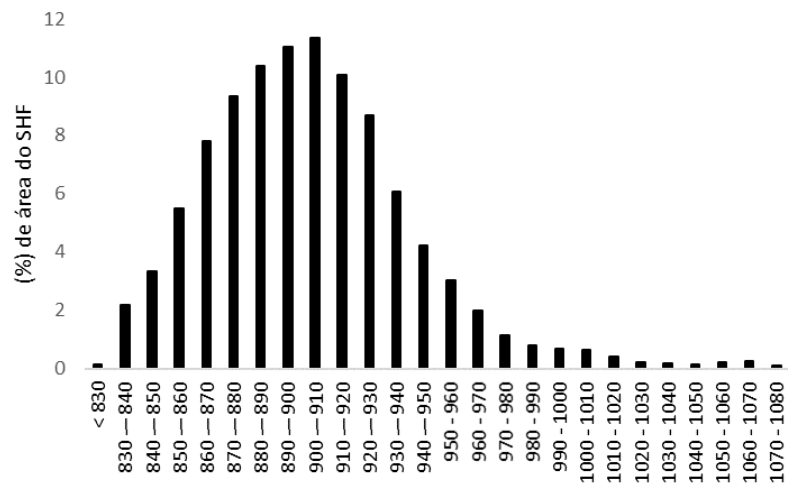


Figura 4.2 - Porcentagem de área do SHF por Cota Altimétrica.

4.2 DECLIVIDADE

A Figura 4.3 apresenta a Carta Clinográfica da área de estudo e a Tabela 4.2 apresenta as taxas de declividade, suas respectivas áreas em km² e em porcentagem da área total do Setor Habitacional Fercal (SHF), conforme delimitado pelo DIUR 05 (GDF, 2017), e algumas considerações sobre uso e ocupação.

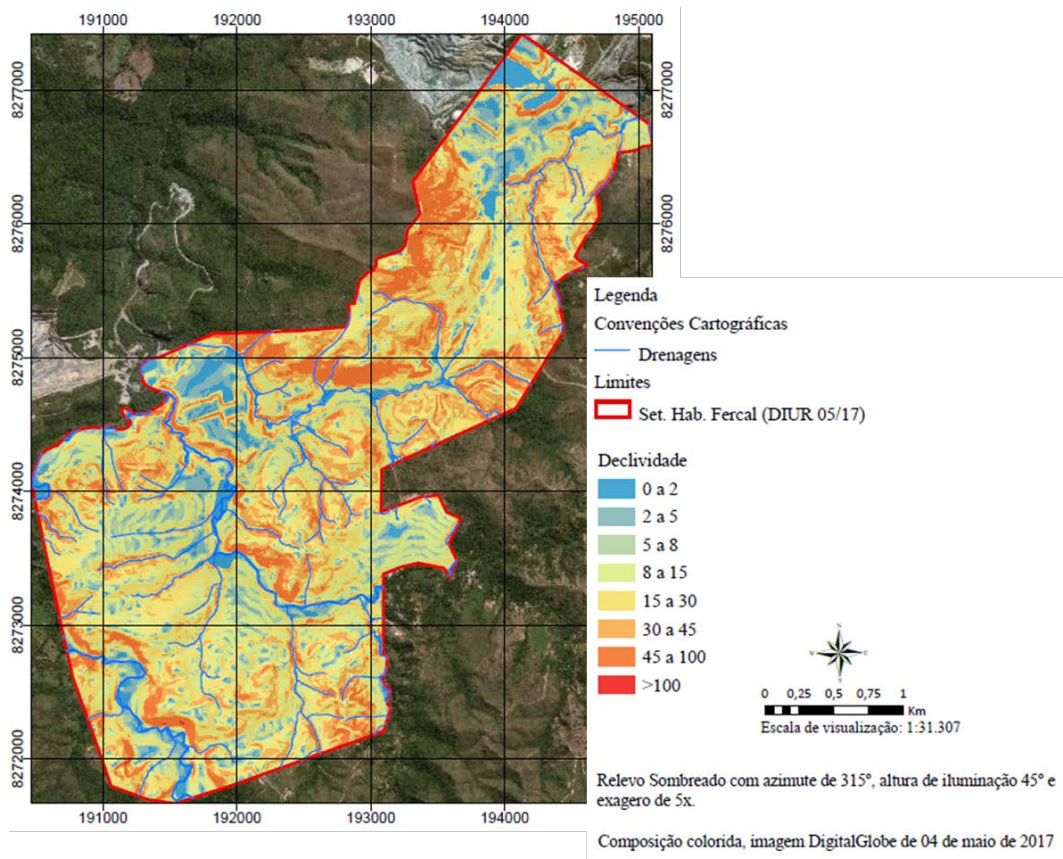


Figura 4.3 - Carta de declividade do SHF.

Tabela 4.2 - Faixas de declividade com suas respectivas áreas em km² e em porcentagem e considerações sobre o uso e ocupação.

Faixa de Declividade (%)	Área		Descrição	Referências
	km ²	(%)		
0 ≤ 2	0,615	5,42	Áreas sujeitas a acúmulo de água e, caso estejam sobre influência de corpos d'água, podem ser passíveis de inundação e alagamento. Englobam terraços fluviais, planícies de inundação e topos de morro aplainados.	DANTAS (2010); SOBREIRA e SOUZA (2014)
2 ≤ 5	0,810	7,14		
5 ≤ 8	0,959	8,45	Áreas sujeitas a acúmulo de água e, caso estejam sobre influência de corpos d'água, podem ser passíveis de inundação e alagamento e nas quais são registrados processos deposicionais.	DANTAS (2010); SOBREIRA e SOUZA (2014)
8 ≤ 15	2,268	19,99	Inclinação máxima longitudinal tolerável nas vias de circulação de veículos e na aplicação de mecanização na agricultura e faixa a partir da qual os processos erosivos começam a ficar significativos.	CUNHA (1991); RECKZIEGEL (2012)
15 ≤ 30	3,438	30,29	Inclinação máxima prevista por lei para áreas urbanizáveis sem restrições, para a ocupação de encostas e faixa a partir da qual os processos de movimentos de massa começam a ficar mais significativos.	CUNHA (1991); RECKZIEGEL (2012)
30 ≤ 45	2,079	18,32	Ocupações nessa faixa possuem impedimento legal para ocupação, que para ocorrer fica condicionada a realização de estudos geológico-geotécnicos, além de ocorrer com restrições.	MARSH (1978); BRASIL (1979)
45 ≤ 100	1,175	10,35	Áreas muito inclinadas e, portanto, sem vocação para ocupação urbana. Recomenda-se que em áreas urbanas, tais áreas sejam consideradas áreas APP.	SANTOS (2017)
> 100	0,004	0,03	Restrição legal definida pelo código florestal como APP.	BRASIL (2012)

A Figura 4.4 apresenta graficamente a distribuição da porcentagem de área do SHF por faixa de declividade. Observa-se que a cerca de 71,3% da área de estudo apresenta declividades menores que 30%, ou seja, favoráveis à ocupação segundo a Lei nº 6.766/79 (BRASIL, 1979). E, por conseguinte, aproximadamente 28,7% das áreas de estudo apresentam declividades maiores que 30%, identificadas nas diretrizes urbanas da área (GDF, 2017) como áreas que possuem impedimento legal para ocupação.

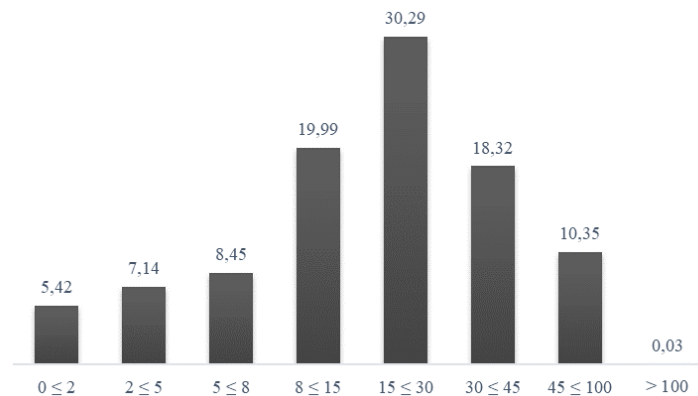


Figura 4.4 - Faixas de declividade por porcentagem de áreas do St. Hab. Fercal.

4.3 AMPLITUDE DE RELEVO

Conforme mencionado na metodologia, a amplitude relativa de um relevo foi calculada de duas formas. Para a primeira, a Tabela 4.3 mostra a relação entre o tamanho da matriz de convolução, a área e a amplitude média calculada para uma matriz do respectivo tamanho sobre o MNT.

Tabela 4.3 - Relação entre o tamanho da matriz de convolução e a média da amplitude de relevo.

Tamanho da Célula	Área (m ²)	Média da Amplitude	Tamanho da Célula	Área (m ²)	Média da Amplitude	Tamanho da Célula	Área (m ²)	Média da Amplitude
3x3	225	3,77	16x16	6400	24,58	29x29	21025	39,95
4x4	400	5,62	17x17	7225	25,91	30x30	22500	40,99
5x5	625	7,43	18x18	8100	27,22	31x31	24025	42
6x6	900	9,21	19x19	9025	28,5	32x32	25600	43
7x7	1225	10,93	20x20	10000	29,75	33x33	27225	43,98

8x8	1600	12,61	21x21	11025	30,97	34x34	28900	44,95
9x9	2025	14,25	22x22	12100	32,17	35x35	30625	45,9
10x10	2500	15,84	23x23	13225	33,35	36x36	32400	46,84
11x11	3025	17,39	24x24	14400	34,5	37x37	34225	47,77
12x12	3600	18,9	25x25	15625	35,63	38x38	36100	48,68
13x13	4225	20,38	26x26	16900	36,74	39x39	38025	49,58
14x14	4900	21,81	27x27	18225	37,83	40x40	40000	50,46
15x15	5625	23,21	28x28	19600	38,9			

Pode-se notar na Figura 4.5, uma correlação, medida pelo método do R^2 , entre as mudanças de amplitude de relevo com a área da análise de vizinhança, corroborando a observação de KANG e ZHENG (2019).

A Figura 4.5 apresenta graficamente a diferença entre S e S_i , calculada conforme a Equação (3-5). É possível notar que a curva atinge seu máximo no ponto 16, que corresponde a grade com tamanho 18x18 pixels, denotando a presença do ponto de mudança entre uma matriz com tamanho de 17x17 e 19x19.

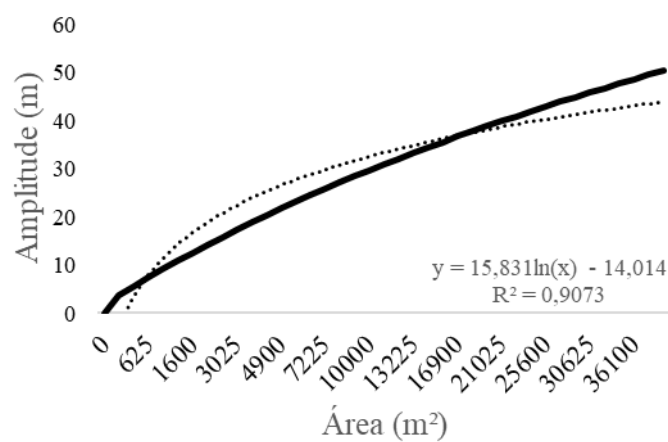


Figura 4.5 - Curva logarítmica da amplitude de relevo e da área da análise de vizinhança.

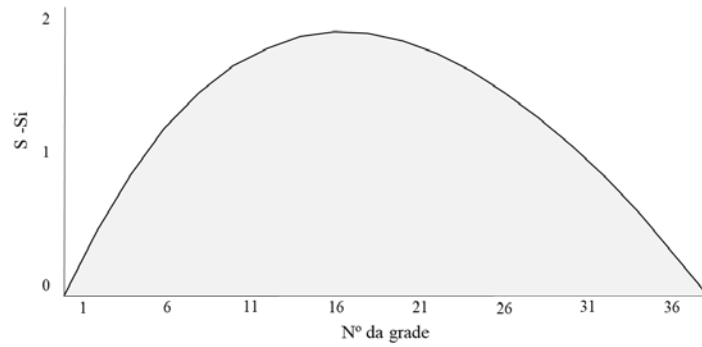


Figura 4.6 - Variação E(S-Si).

De forma que a matriz de convolução de tamanho 18x18 pode ser considerada, pela análise do método do ponto de mudança, a mais próxima da área ideal para análise de amplitude de relevo local no sentido de que, a análise feita com uma matriz deste tamanho torna-se suficientemente representativa da variação de altitude da área de estudo.

A segunda forma de calcular a amplitude foi feita considerando como base local as bacias de terceira ordem, apresentadas na Figura 4.7 e relacionadas com seus respectivos cursos d'água principais na Tabela 4.4.

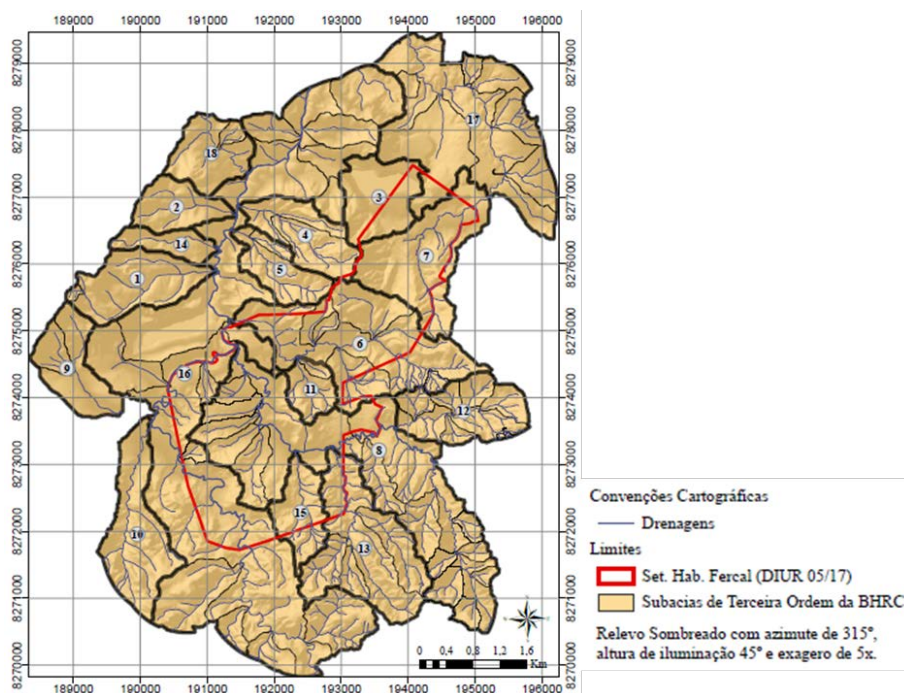


Figura 4.7 - Sub-bacias hidrográficas da Unidade Hidrológica Sonhém que interceptam o Setor Hab. Fercal (DIUR 05/ GDF, 2017).

Tabela 4.4 - Numeração da sub-bacias e curso d'água principal

1 Corr. Landim	6 Corr. Mata do Barro	11 Grotta Cambira	16 Rib. da Contagem
2 Corr. Bananeira	7 Corr. Grotão	12 Corr. Chácara	17 Corr. Queima Lençol
3 Área da CIPLAN	8 Rib. Engenho Velho	13 Corr. Bananal	18 Corr. Lajinha
4 Corr. Lapinha	9 Corr. Barriguda	14 Corr. Almeida	
5 Corr. Sylvania	10 Corr. Maria Antônia	15 Corr. Capão Seco	

Os resultados das duas metodologias para o cálculo de amplitude de relevo são apresentados na Figura 4.8. Nota-se pela Figura 4.8a que a amplitude de relevo baseada numa análise de vizinhança com uma matriz de convolução de 18x18 pixels mostrou-se muito mais local, apresentando uma diferença de 98 m para a área das sub-bacias consideradas, o que para a área de estudo apenas se enquadra bem na identificação e caracterização de áreas nessa faixa de amplitude, como de morros baixos e planícies. Já o cálculo da amplitude relativa considerando as bacias de terceira ordem com o nível de base, apresentada na Figura 4.8b, apresentou uma amplitude de aproximadamente 300 m para a área da sub-bacias consideradas e, apesar de não discretizar tanto as pequenas diferenças de amplitude, ela se mostrou suficiente para identificação das formas de morros altos e relevo serrano, sendo portanto aquela considerada nas análises deste trabalho.

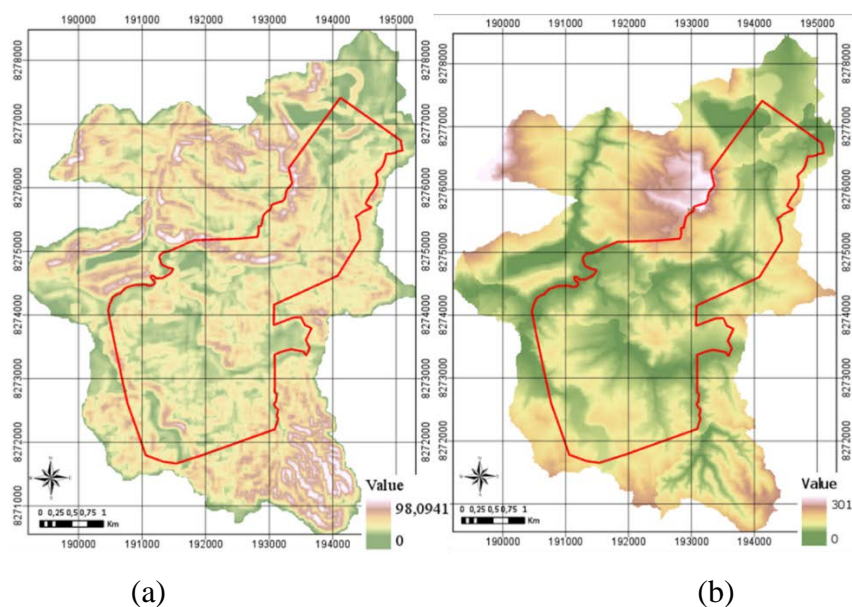


Figura 4.8 - Amplitude relativa de relevo a) calculada pela análise do ponto de mudança e b) calculada com o nível de base definido pela bacia hidrográfica de terceira ordem.

A Tabela 4.5 apresenta o sistema de classificação da declividade e suas respectivas áreas em Km² e em porcentagem da área total do SHF (DIUR 05/ GDF, 2017). As porcentagens de área do SHF por faixa de amplitude são apresentadas graficamente na Figura 4.9.

Tabela 4.5 - Intervalos de amplitude relativa com suas respectivas áreas em km² e (%) de área do SHF.

Intervalo	Área		Intervalo	Área		Intervalo	Área		Intervalo	Área	
	km ²	(%)		km ²	(%)		km ²	(%)		km ²	(%)
0 - 5	0,415	3,66	40 - 50	1,537	13,54	80 - 90	0,502	4,42	120 - 140	0,185	1,63
5 - 10	0,403	3,55	50 - 60	1,366	12,04	90 - 100	0,347	3,05	140 - 200	0,212	1,87
10 - 20	1,052	9,27	60 - 70	1,029	9,07	100 - 110	0,246	2,17	200 - 250	0,027	0,24
20 - 40	3,115	27,45	70 - 80	0,794	6,99	110 - 120	0,116	1,02	250 - 300	0,003	0,03

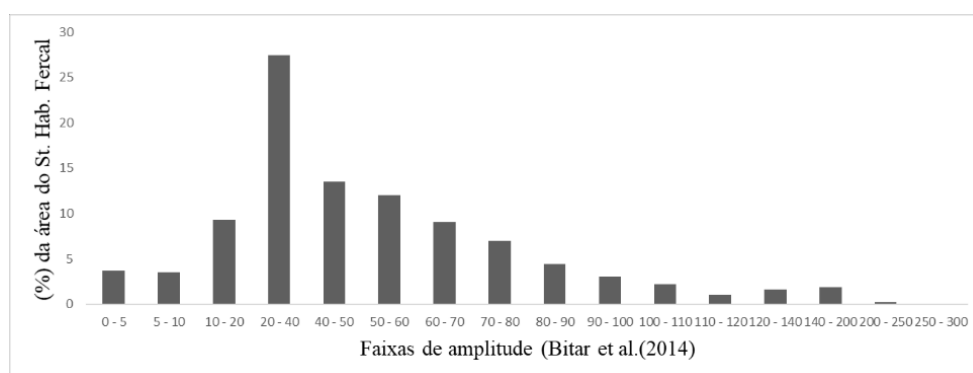


Figura 4.9 - Gráfico de (%) de área do Set. Hab. Fercal por faixa de amplitude, definidas conforme BITAR et al. (2014).

4.4 FORMAS DE VERTENTES

A classificação das formas de vertentes e seu posterior cruzamento com as faixas de declividade, permitiram a identificação de 28 classes. Devido ao nível de detalhamento, as formas de vertentes são mais sensíveis à qualidade e à escala do modelo. De forma que é preciso levar em consideração a equidistância das curvas de nível (5 m) da base cartográfica utilizada para interpolação do MNT e a janela de convolução (3x3) utilizada no cálculo da curvatura e da declividade.

A Tabela 4.6 apresenta numericamente as áreas de classes de curvatura por declividade em km² e em porcentagem da área total do SHF e graficamente apresenta o percentual da classe de curvatura na respectiva faixa de declividade.

Ao analisá-la em conjunto com a carta de curvatura de terreno nota-se que as superfícies horizontalizadas (5,21%) estão limitadas às superfícies aplainadas, correspondente às planícies e terraços fluviais, comuns às áreas planas nos fundos dos vales, nos topos aplainados de morros e nos fundos das cavas de mineração. Essas áreas, quando sob influência de algum corpo d'água e com altitude altimétrica próxima a cinco (CPRM, 2018), são propícias ao acúmulo de água e, portanto, à ocorrência de inundações.

As áreas com superfícies horizontalizadas ou curvaturas plano-retilíneas são mais adequadas ao processo de urbanização, exceto pelos fundos das cavas de mineração. Nessas áreas, devido ao potencial de inundação, recomenda-se o mínimo de impermeabilização possível e uma atenção especial ao sistema de drenagem a ser implementado.

Pode-se notar que a classe com maior representatividade na área de estudo foi o segmento divergente-côncava (22,9%) na faixa de declividade >8 e <40%.

Tabela 4.6 - Áreas das classes de curvatura por declividade, percentual no SHF e, graficamente, o percentual da classe de curvatura na respectiva faixa de declividade

Declividade	Curvatura	Área		Porcentagem de curvatura dentro de cada faixa de declividade
		km ²	(%)	
< 3 (%)	Horizontalizada	0,4	5,21	
	Convergente - Côncava	0,12	1,52	13,04
>3 e < 8 (%)	Planar - Côncava	0,07	0,88	7,61
	Divergente - Côncava	0,26	3,32	28,26
	Convergente - Retilínea	0,02	0,25	2,17
	Planar - Retilínea	0,03	0,35	3,26
	Divergente - Retilínea	0,07	0,88	7,61
	Convergente - Convexa	0,13	1,66	14,13
	Planar - Convexa	0,05	0,61	5,43
	Divergente - Convexa	0,17	2,18	18,48

> 8 e < 40 (%)	Convergente - Côncava	0,96	12,41	21,29
	Planar - Côncava	0,18	2,36	3,99
	Divergente - Côncava	1,78	22,9	39,47
	Convergente - Retilínea	0,1	1,25	2,22
	Planar - Retilínea	0,03	0,4	0,67
	Divergente - Retilínea	0,16	2,1	3,55
	Convergente - Convexa	1,16	14,9	25,72
	Planar - Convexa	0,14	1,84	3,10
	Divergente - Convexa	1,04	13,46	23,06
> 40 (%)	Convergente - Côncava	0,15	1,98	16,85
	Planar - Côncava	0,01	0,16	1,12
	Divergente - Côncava	0,31	4,02	34,83
	Convergente - Retilínea	0,01	0,12	1,12
	Planar - Retilínea	0,00	0,01	0,00
	Divergente - Retilínea	0,01	0,18	1,12
	Convergente - Convexa	0,21	2,67	23,60
	Planar - Convexa	0,01	0,13	1,12
Divergente - Convexa	0,18	2,27	20,22	

As curvaturas convergentes em declividades baixas são propícias à concentração de água. Em áreas com declividade >3 e <8 (%), declividades potenciais à ocorrência de inundações, as curvaturas convergentes respondem por 29,35%, seguida, nesta faixa de declividade, pelas curvaturas divergentes (54,35%) e planar (16,30%).

As altas declividades (>40%), abrangem as rampas de colúvios e as rampas de tálus, apresentaram predominantemente curvaturas convergente-convexa e convergente-côncava. Essa associação contribui para o fluxo de detritos (CPRM, 2018), conforme exemplifica a Figura 4.10, na qual as setas em amarelo indicam a direção de fluxo e as linhas em amarelo representam as curvas de nível. Pode-se notar um deslocamento de massa de solos da parte mais alta da encosta em direção ao leito do Ribeirão Engenho Velho, na parte mais baixa. Em algumas casas próximas à encosta nota-se estruturas de contenção.

Cabe ressaltar que no registro abaixo, Figura 4.10, apenas uma parte da encosta é representada com intuito de demonstrar o fluxo de detrito próximo à área urbanizada.

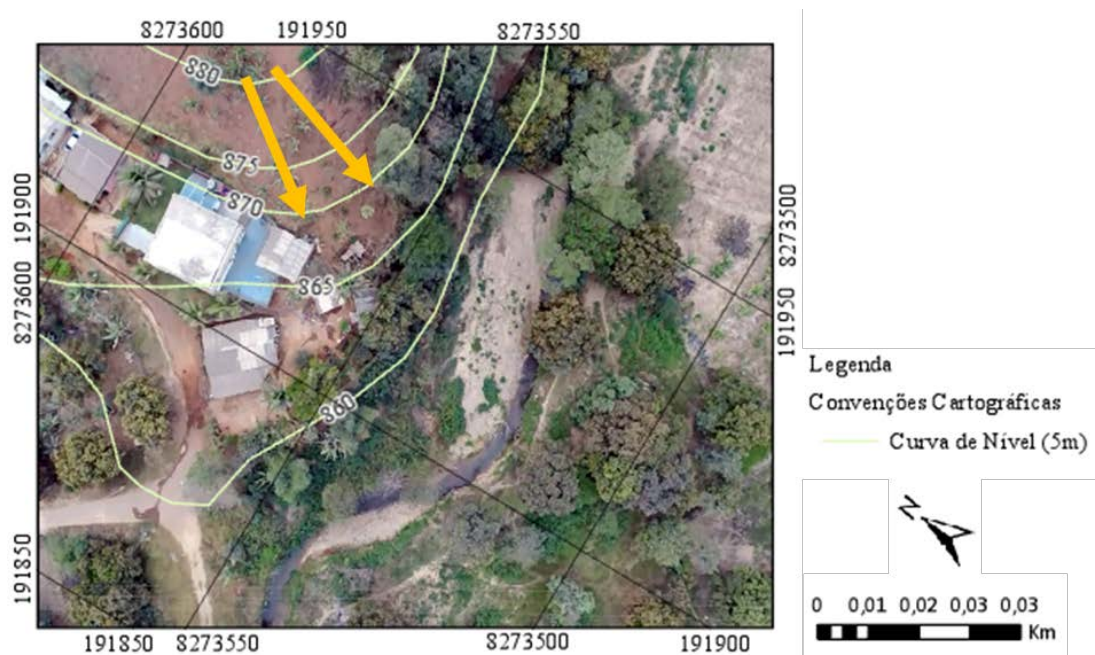


Figura 4.10 - Fluxo de detritos associado as curvaturas côncavas e planares em altas declividades (Fonte: Registro do autor).

Quando associada à altas declividades, as curvaturas de perfil convexa e retilíneas definem zonas passíveis de ocorrência de escorregamentos (CPRM, 2018).

4.5 GEOLOGIA

A Carta Geológica em escala média para a área de estudo foi elaborada tendo como base os dados compilados da revisão bibliográfica da área, as informações dos levantamentos de campo.

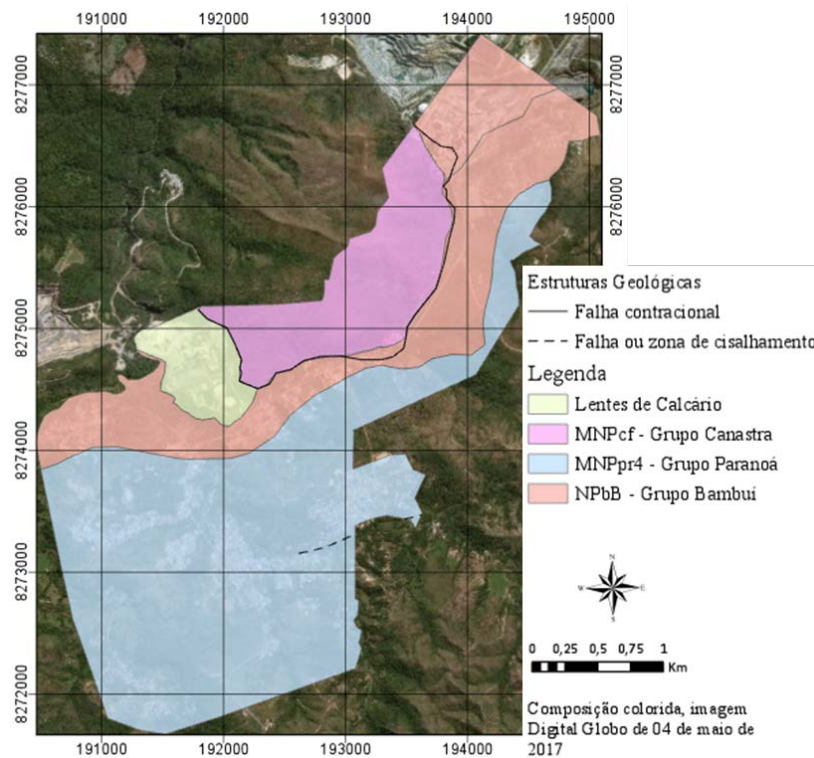


Figura 4.11 - Carta Geológica da área de estudo.

Conforme identificado por MARTINS et al. (2002) e ÁGUA e TERRA (2007), na Bacia do Ribeirão Contagem ocorrem metassedimentos de baixo grau atribuídos, principalmente aos grupos Paranoá e Canastra, e, em menor grau, ao grupo Bambuí.

Conforme descrito por TERRA (1998), a área de influência do empreendimento mineiro da Jazida Fercal I (Votorantim), e conseqüentemente, parte do SHF, situa-se próxima a uma zona de cavalgamento dos calco-xistos do grupo Canastra sobre os calcários e metapelitos do grupo Paranoá, como demonstrado na Figura 4.11.

O grupo Paranoá ocorre na maior parte da área e é comum à borda norte da Chapada da Contagem e nas áreas de extração de calcário, na qual apresenta uma sobreposição de quartzitos e filitos do grupo Canastra. Próximo as quebras de relevo é possível notar o afloramento de quartzitos finos, amarelados ou esbranquiçados condizentes com a unidade Q_3 do grupo Paranoá. Próximo a DF-205, os cortes para a implantação da rodovia expuseram maciços com um padrão de dobramento apertado e intercalados com quartzitos condizentes com a unidade R_4 .

Na base, rochas do grupo Canastra englobando calco-xistos, filitos e quartzitos, apresentam granulação fina a média e cores de cinzenta a avermelhadas. Quando na porção de relevo elevado, esse grupo apresenta cores rosadas, amarelada e amarronzada quando sujeito a um elevado grau de intemperismo.

4.6 HIDROGRAFIA

Segundo o Mapa Hidrográfico do DF ZEE (2011) o Setor Habitacional Fercal (DIUR 05/ GDF, 2017) está inserido na Unidade Hidrográfica do Ribeirão da Contagem, na Bacia Hidrográfica do Rio Maranhão, Região Hidrográfica do Tocantins/Araguaia.

A Figura 4.12 apresenta a rede de drenagem delimitada para a área e corrigida com fotointerpretação e com embasamento da rede de drenagem apresentada nas ortofotos do SICAD/DF. É possível perceber que os sistemas de drenagem principal apresentam uma baixa sinuosidade, enquanto as drenagens de segunda e terceira ordem apresentam uma alta sinuosidade, sendo visualmente caracterizadas como dendríticas.

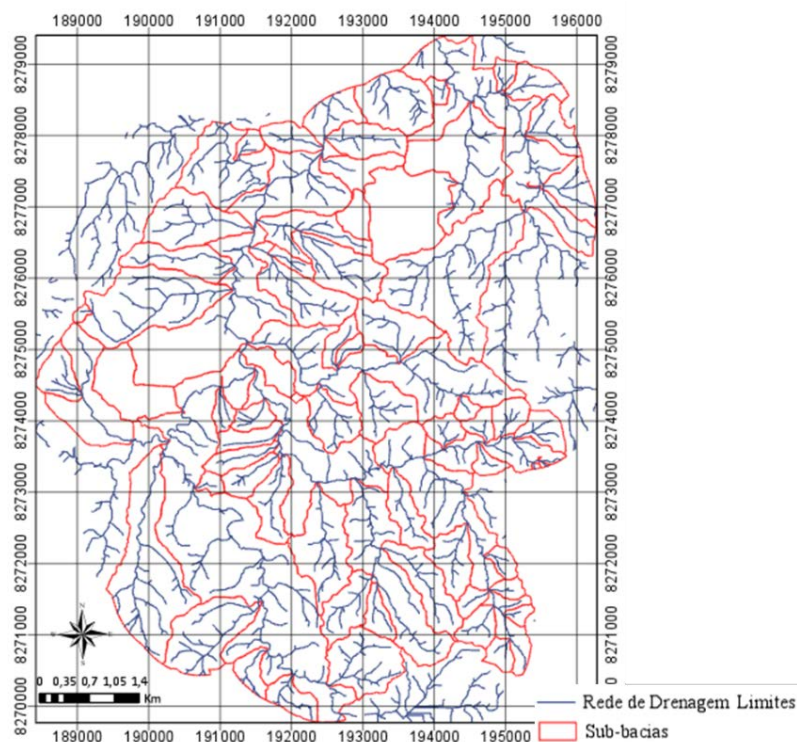


Figura 4.12 - Rede de drenagem no entorno até 2 km do Setor Habitacional Fercal e as sub-bacias delimitadas que interceptam a área

4.7 CLIMA

Seguindo a classificação de Köppen, as áreas com cotas altimétricas entre 1000 e 1200 metros possuem clima Tropical de Altitude tipo Cwa, com temperatura média do mês mais frio inferior a 18°C e do mês mais quente superior a 22°C. Nas áreas que têm cotas superiores a 1200 metros, as temperaturas médias do mês mais frio são inferiores a 18°C e as do mês mais quente, inferiores a 22°C, com clima Tropical de Altitude tipo Cwb. A umidade relativa do ar cai de valores superiores a 70%, no início da seca, para menos de 20%, no final do período. Coincidindo com o período mais quente, nos meses de agosto e setembro, a umidade pode chegar a 12%. A média anual das precipitações oscila entre 1200 a 1750 milímetros (EMBRAPA, 2002).

Pode-se notar duas estações bem definidas, uma estação seca que ocorre de maio a setembro e é marcada por índices pluviométricos baixos ou ausentes. E uma estação chuvosa que ocorre entre os meses de outubro e abril e que apresenta maior pluviosidade no verão, entre dezembro e março.

4.8 PLUVIOMETRIA

A Tabela 3.5 mostra a distribuição anual das médias de precipitação da estação Contagem – Rua do Mato, inserida na área de estudo. A Figura 4.14 apresenta graficamente a distribuição de precipitação da área, que mostra-se consistente com o esperado para a região do Distrito Federal, com duas estações bem definidas e picos de precipitação nos próximos aos meses de março e novembro. Esses meses costumam apresentar fortes chuvas com forte componente torrencial, o que faz com que sejam períodos de amplificação dos processos erosivos e maior volume de solo transportado na direção de corpos receptores.

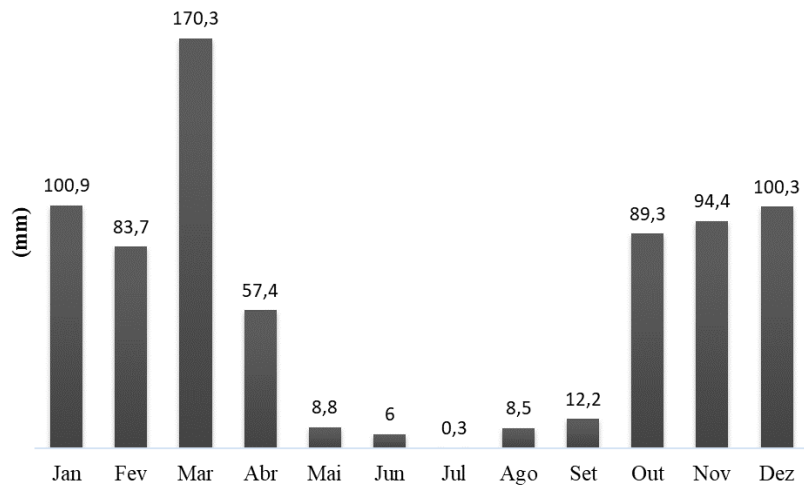


Figura 4.13 - Distribuição anual das médias de precipitação da estação Contagem – Rua do Mato

A Figura 4.14 apresenta a espacialização das chuvas na área de estudo. Nota-se um aumento das chuvas na direção Nordeste, e decréscimo na direção Leste. Contudo, deve-se manter uma ressalva ao considerar o número de estações pluviométricas analisadas, que no DF são mais numerosas na região Oeste que na região Leste.

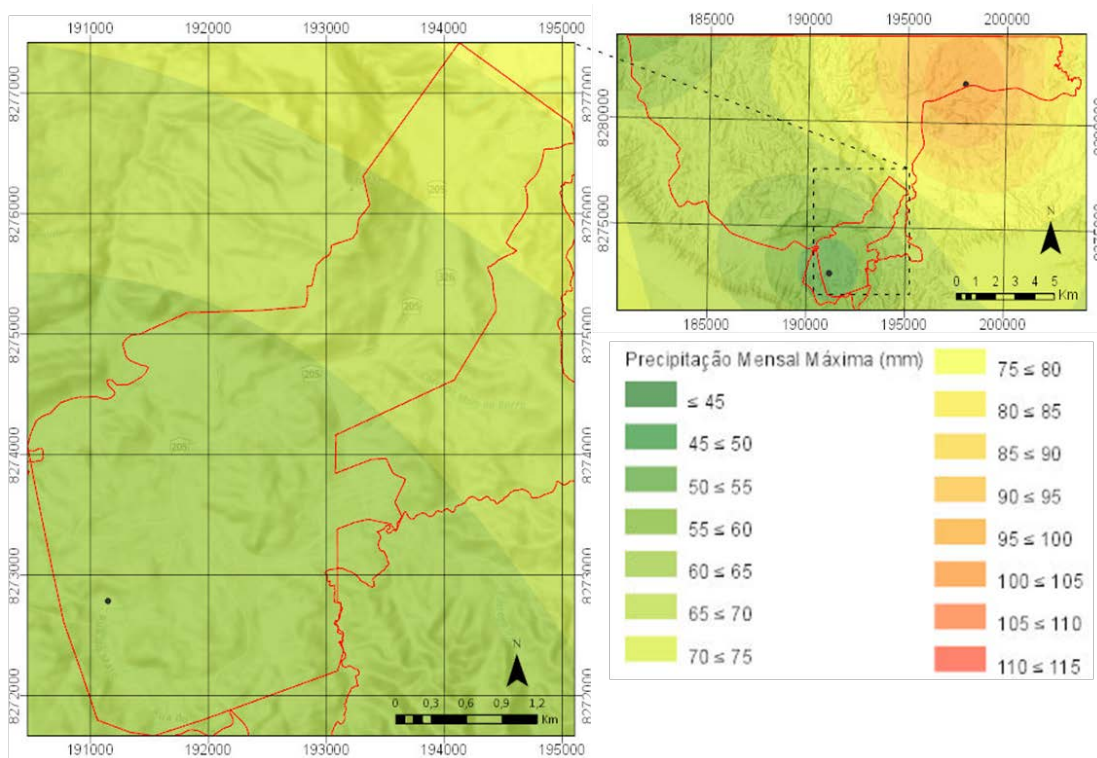
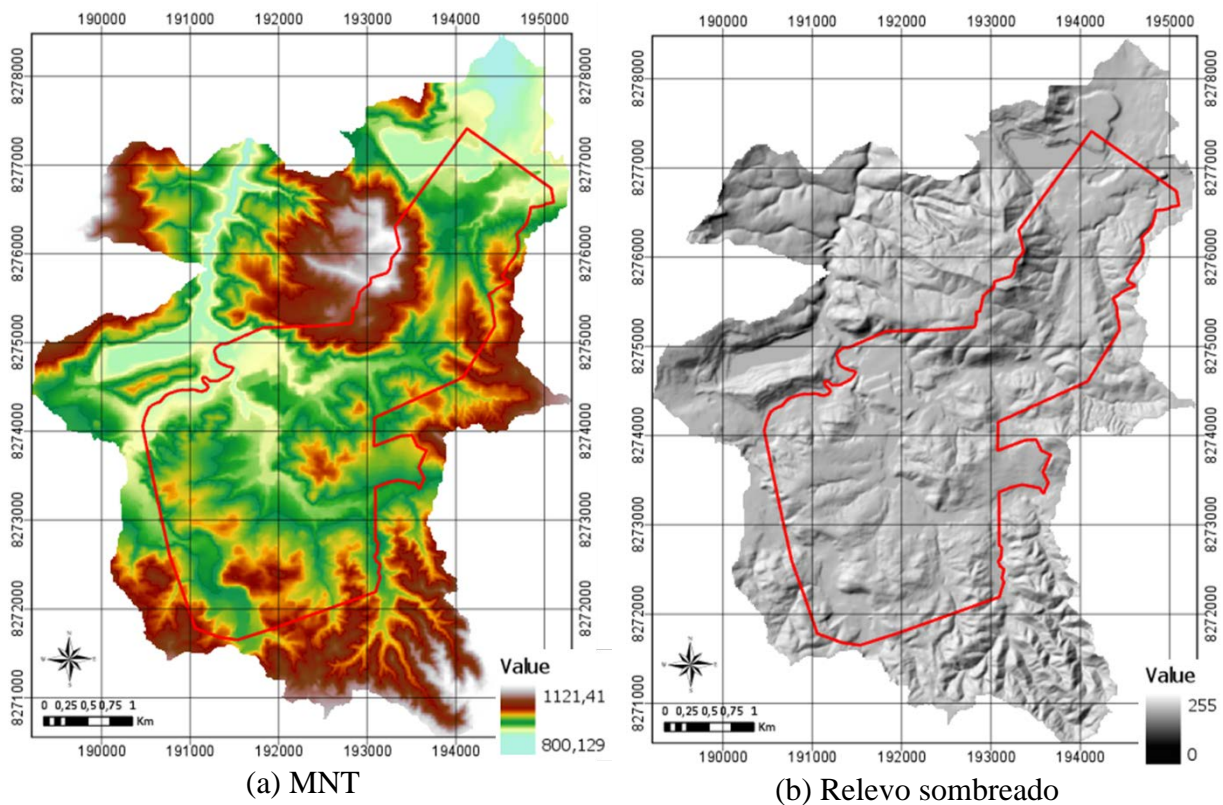


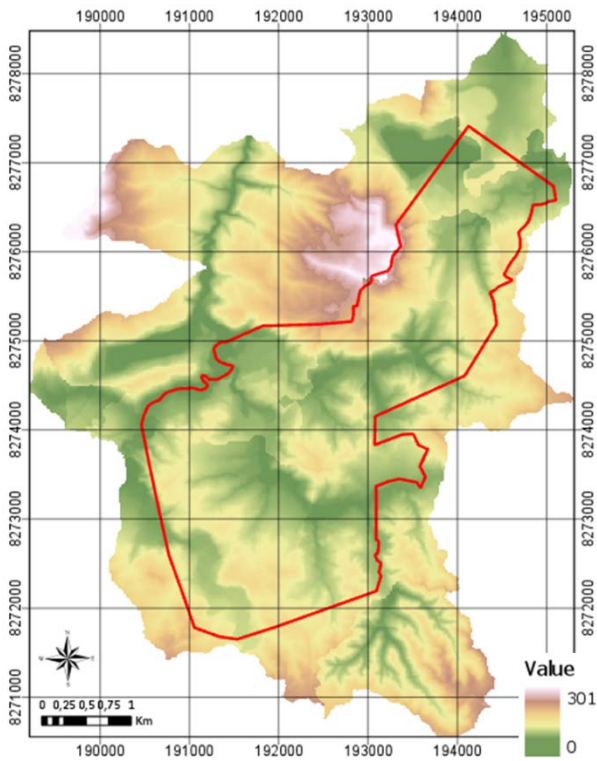
Figura 4.14 - Espacialização das chuvas na área de estudo

Os dados apresentados sugerem que os valores médios de precipitação estão próximos a 61 mm, enquanto a máxima média mensal, em torno de 162 mm.

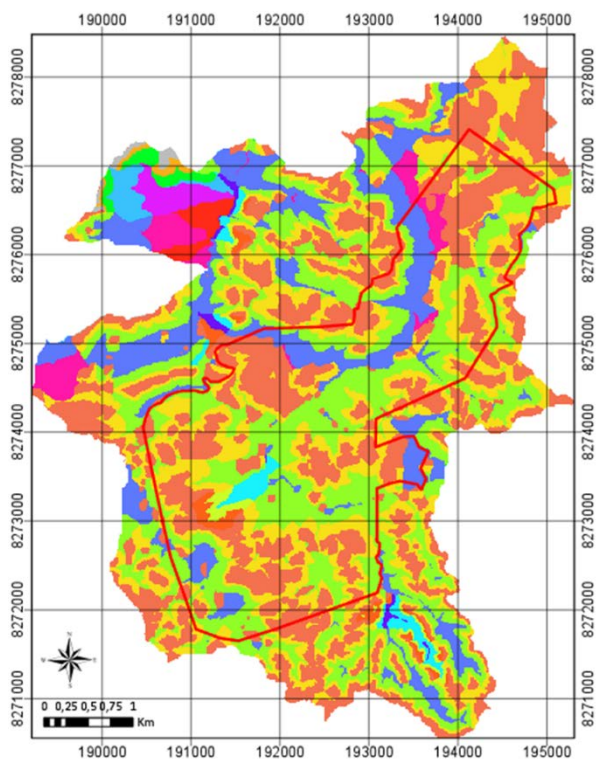
4.9 COMPARTIMENTAÇÃO GEOMORFOLOGICA

A etapa seguinte foi a criação do MNT a partir das curvas de nível, seguida do tratamento do MNT e criação do Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente (MNTHC), conforme mencionado no item 3.5, sobre qual o relevo sombreado foi gerado. Posteriormente foram realizadas, conforme definido nos itens anteriores, as etapas de delimitação das bacias e extração da rede de drenagem, cálculo da amplitude de relevo, da declividade e da forma das vertentes. A Figura 4.15 apresenta os dados utilizados para a compartimentação geomorfológica.

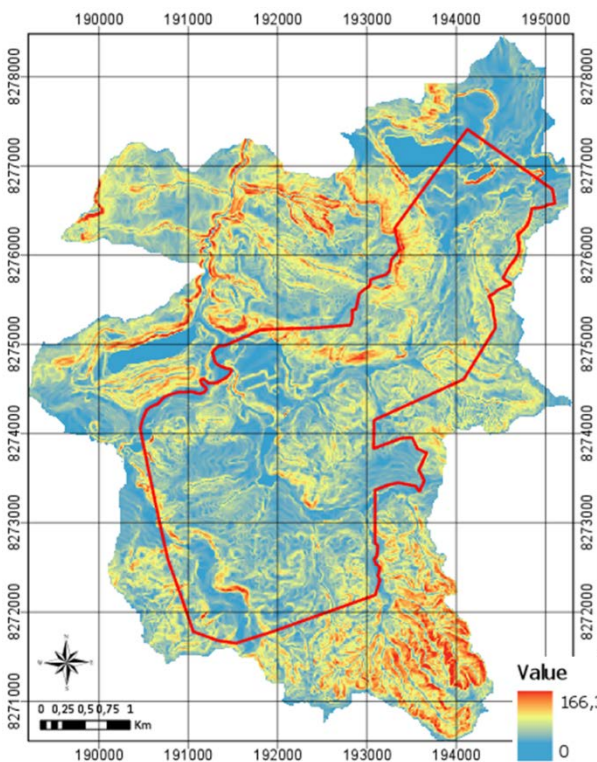




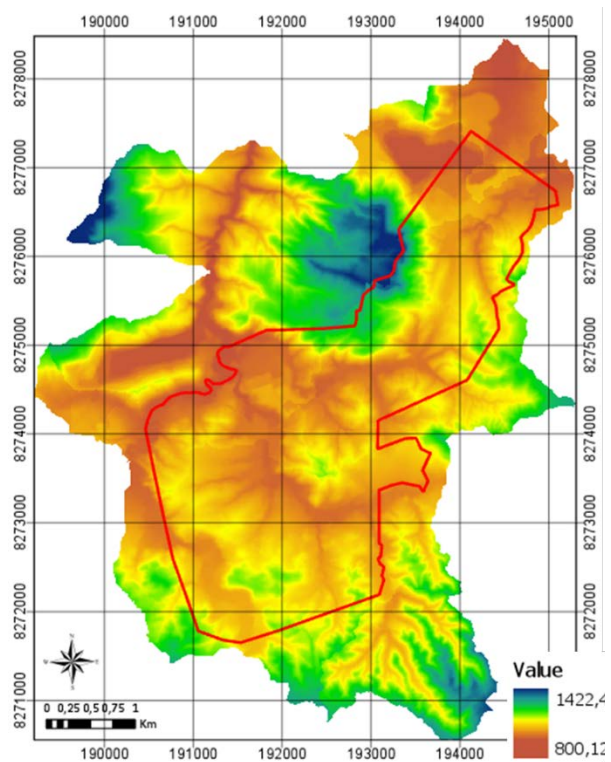
(c) Amplitude de relevo



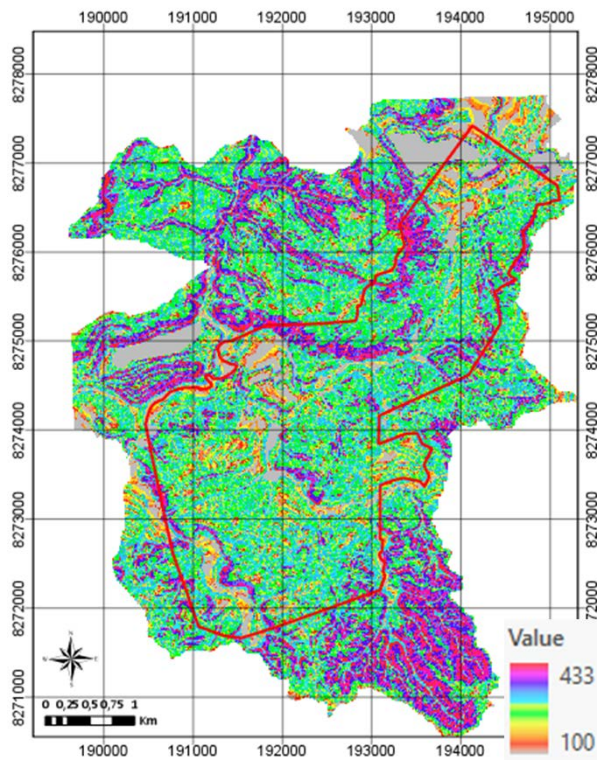
(d) Índice de dissecação de relevo



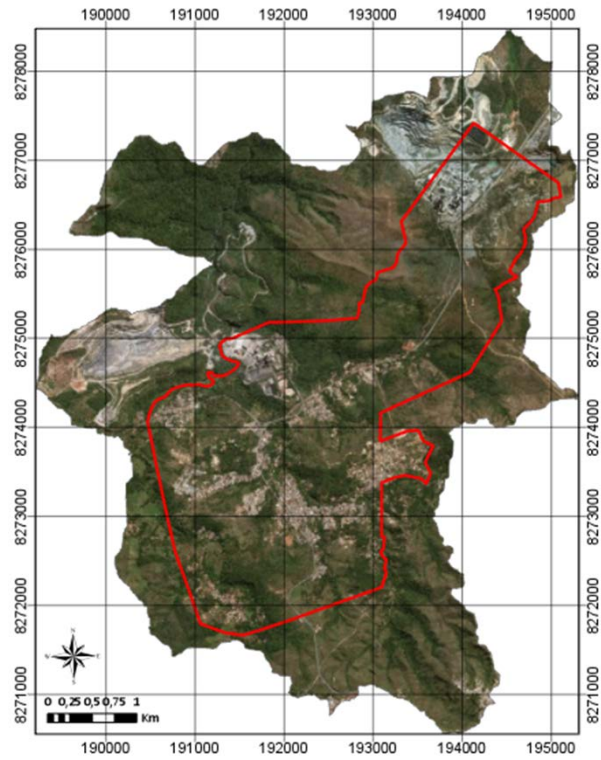
(e) Declividade (%)



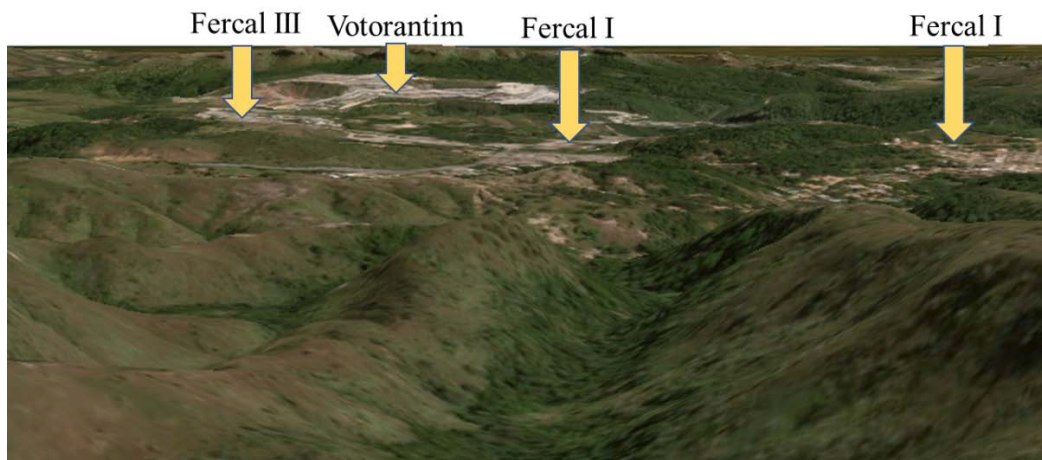
(f) MNTxDeclividade(%)



(g) Formas de vertente



(h) Imagem Digital Globe (ESRI,2019)



(i) Imagem-3D Digital Globe de 04 de maio de 2017 (ESRI, 2019)

Figura 4.15 - Produtos utilizados na identificação e caracterização das unidades geomorfológicas delimitadas na escala 1:25.000 na área de estudo.

Baseado na declividade, na densidade de drenagem e no grau de dissecação, o ZEE (2011) atualizando a compartimentação geomorfológica de NOVAES PINTO (1994) e MARTINS e

BATISTA (1999) para o Distrito Federal, em escala 1:100.000, propôs cinco compartimentos: chapada elevada, plano intermediário, vale dissecado, escarpas e rebordo.

MORAES et al. (2014), com objetivo de conferir informações acerca da geomorfologia ao mapeamento da Geodiversidade do Estado de Goiás e do Distrito Federal, realizou o mapeamento dos conjuntos morfológicos do Distrito Federal, em escala 1:50.000. Conforme expresso pelos autores, o mapeamento foi realizado sem muitas preocupações quanto a gênese e a evolução morfodinâmica das unidades em análise, bem como dos processos geomorfológicos atuantes. Neste sentido, a proposta diferiu substancialmente das metodologias de mapeamento geomorfológico consagradas na literatura. Já que tratou essencialmente de uma análise morfológica do relevo com base em fotointerpretação da textura e rugosidade dos terrenos a partir de sensores remotos. A classificação dos padrões seguiu àqueles definidos por IPT/EMPLASA (1990), PONÇANO et al. (1981) e ROSS (1992), para os quais os fatores morfométricos levados em consideração incluem-se nas declividades e nas amplitudes. Vale ressaltar que, em linhas gerais, a compartimentação feita corresponde ao 3º táxon hierárquico da metodologia de mapeamento geomorfológico proposta por ROSS (1992).

A Tabela 4.7 mostra a descrição das unidades de compartimentação geomorfológica proposta por ZEE (2011) para o Distrito Federal, na escala 1:100.000.

Tabela 4.7 - Descrições dos grupos de unidades geomorfológicas identificadas na área de estudo segundo ZEE (2011)

Grupo	Descrição
Vale dissecado	Padrão de relevo ondulado a forte ondulado, bem dissecado (elevada densidade de drenagem, composta majoritariamente por cambissolos, com declividades superiores a 20%, cotas menores a 800 m e com processos erosivos superando a pedogênese.
Rampa íngreme	Padrão de relevo ondulado a escarpado, com alta densidade de drenagem, declividades maiores que 25%, predominância de latossolos, altimetria entre 800 e 1.100 m e com padrão de relevo morfodinâmico de erosão e transporte superando a pedogênese.

A Tabela 4.8 apresenta a descrição dos tipos de relevo identificados por MORAS et al. (2014) na área de estudo.

Tabela 4.8 - Descrição das classes de relevo identificadas na área de estudo segundo mapeamento de MORAES et al. (2014) para o Distrito Federal, escala 1:50.000.

Símbolo	Tipo de Relevo	Domínio	Descrição
R2b3	Planaltos	Domínio das unidades denudacionais em rochas sedimentares pouco litificadas	Degradação predominante em rochas sedimentares e também em rochas cristalinas. Superfícies elevadas em terrenos adjacentes, pouco dissecadas em formas tabulares ou colinas muito amplas. Sistema de drenagem principal com fraco entalhamento e deposição de planícies aluviais restritas ou em vales fechados. Predomínio de processos de pedogênese. Baixa a moderada suscetibilidade à erosão, com eventual e restrita ocorrência de erosão laminar ou linear acelerada. Amplitude de relevo entre 20 e 50 m e declividade de vertentes entre 2 e 5°.
R4a2	Morros baixos	Domínio das unidades denudacionais em rochas cristalinas ou sedimentares	Relevo de degradação em qualquer litologia. Domínio de colinas dissecadas e morros baixo, com vertentes convexo-côncavas e topos arredondados ou aguçados. Sistema de drenagem principal com deposição de planícies aluviais restritas ou em vales fechados. Equilíbrio entre processos de pedogênese e morfogênese (formação de solos espessos e bem drenados, em geral). Moderada suscetibilidade a erosão. Atuação frequente de processos de erosão laminar e ocorrência esporádica de processos de erosão linear acelerada. Geração de rampas de colúvios nas baixas vertentes. Amplitude de relevo 30 a 40 m e inclinação das vertentes entre 5 e 20°.

R4b1	Morros altos	Degraus estruturais e rebordos erosivos	<p>Relevo de degradação em qualquer litologia. Domínio de morros e serras baixas, com vertentes convexo-côncavos dissecados e topos arredondados ou aguçados ou tabular (característico das chapadas intensamente dissecadas e desfeitas em conjuntos de morros de topo plano). Sistema de drenagem principal com restritas planícies aluviais. Predomínio de processos de morfogênese (formação de solos pouco espessos em terrenos declivosos). Alta suscetibilidade à erosão. Atuação de processos de erosão laminar e linear e com ocorrência esporádica de movimentos de massa. Geração de colúvios e subordinamente depósito de tálus nas baixas vertentes. Amplitude de relevo 80 - 200 m, e inclinação de vertentes 15° - 35°.</p> <p>Relevo acidentado, constituído por vertentes predominantemente retilíneas a côncavas, declivosas e topos levemente arredondados, com sedimentação de colúvios e depósito de tálus. Sistema de drenagem principal em franco processo de entalhamento. representam relevo de transição entre duas superfícies distintas alçadas a diferentes cotas altimétricas. Predomínio de processos de morfogênese (formação de solos rasos, em geral). Alta suscetibilidade à erosão. Atuação frequente de processos de erosão laminar e de movimentos de massa. Geração de depósitos de tálus e de colúvios nas baixas vertentes. Amplitude de relevo entre 50 a 200 m e inclinação de vertentes entre 10 e 25°, com ocorrência de vertentes muito declivosas (> 45°).</p>
Re4	Escarpa degradadas		

A Figura 4.16 apresenta as unidades geomorfológicas identificadas por (a) ZEE (2011) e por (b) MORAES et al. (2014) na área de estudo. Enquanto a Tabela 4.9 traz uma descrição dos parâmetros e quantifica a área em Km² e em (%) do total da área do Setor Hab. Fercal, conforme definida na DIUR 05 (GDF, 2017).

Pelo mapeamento do ZEE (2011) nota-se uma predominância da unidade vale dissecado (96%) e uma sutil presença de rampa íngreme à su-sudoeste, compondo a área de transição entre o vale dissecado e o plano intermediário. No mapeamento realizado por MORAES et al. (2014) nota-se uma predominância de morros baixos (68,2%), seguida respectivamente por escarpas degradadas e morros altos.

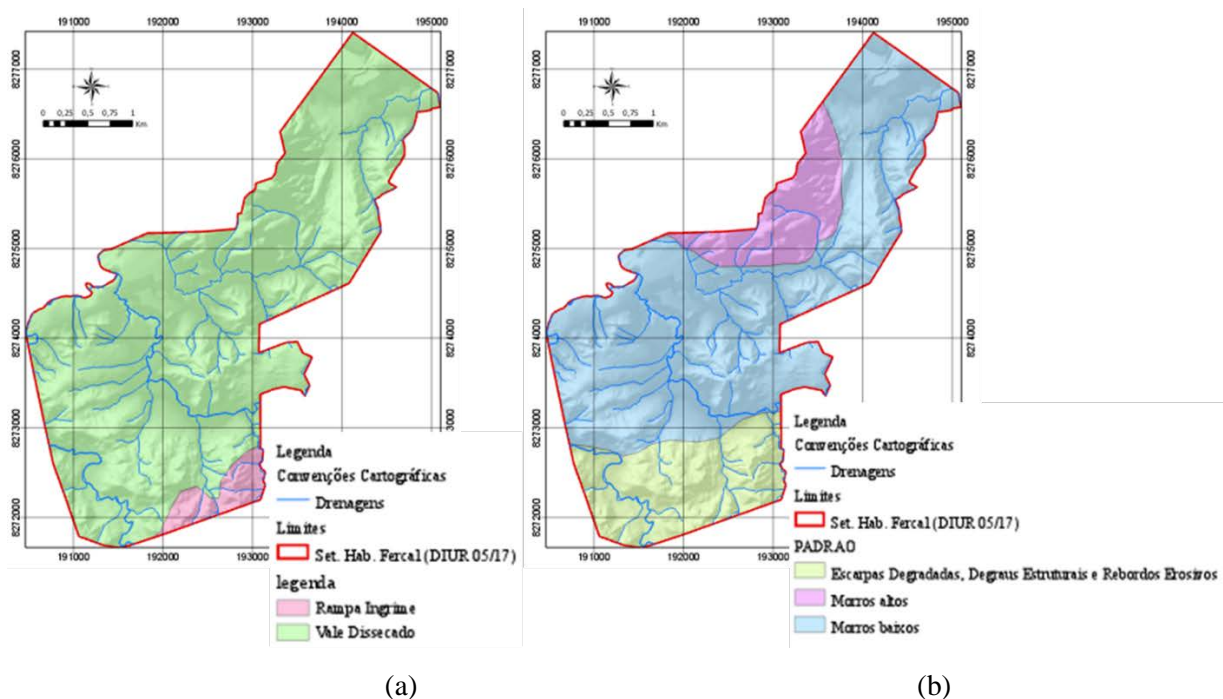


Figura 4.16 - Unidades geomorfológicas identificadas por (a) ZEE (2011) e por (b) MORAES et al. (2014) no Set. Hab. Fercal

Tabela 4.9 – Descrição dos parâmetros e quantificação da área em Km² e (%) das unidades geomorfológicas identificadas por ZEE (2011) (a) e por MORAES et al. (2014) no SHF

Autor	Símbolo	Tipo de Relevo	Parâmetros		SHF	
			Declividade (%)	Hipsometria (m)	km ²	(%)
Campos et al. (2010)	VD	Vale dissecado	> 20	< 800	10,9	96,0
	RI	Rampa íngreme	> 25	800 - 1.100	0,5	4,0
	PE	Plano elevado	< 10	> 1.100	-	-
	PI	Plano intermediário	> 12	950 - 1.050	-	-

		Declividade (°)	Amplitude			
			Topográfica (m)	km ²	km ²	(%)
Morae s et al. (2014)	Re4	Escarpa degradadas				
	R2b3	Planaltos	2 – 5	20 a 50	-	0,0
	R4b1	Morros altos	10 – 35	80 a 250	1,3	11,8
	R4a2	Morros baixos	5 – 20	50 – 120	7,7	68,2

Fonte: elaborado pelo autor com base nos dados de ZEE (2011) e MORAS et al. (2014).

Um aspecto particular dessa região, é a presença de relevo cárstico, comum as áreas de ocorrência de rochas carbonáticas que, quando submetidas ao intemperismo químico proporciona o desenvolvimento de formas específicas resultantes do processo de dissolução de calcários. A gênese e a evolução da paisagem cárstica depende do grau de dissolução da rocha, da qualidade e do volume de água associado às características ambientais da biosfera e da atmosfera (TERRA, 1998).

Para LATRUBESSE e CARVALHO (2006) as feições cársticas resultam do processo de dissolução química de rochas carbonáticas dos Grupos Bambuí e Paranoá e são bem desenvolvidas e possuem interesse científico e turístico. Segundo os autores o relevo cárstico descreve terrenos onde há falta ou baixa representatividade de drenagem superficial, presença de cobertura de solos delgada e/ou descontínua, depressões fechadas abundantes e drenagem subterrânea, geralmente bem desenvolvida, com formação de cavernas e de outras feições geradas pela dissolução de rochas carbonáticas. Os planos de controle ambientais e os EIA/RIMA analisados no presente trabalho corroboram com essas informações ao indicar a presença de considerável patrimônio espeológico e o desvio de drenagens para o interior de cavernas, além de pontos de ressurgência dos mesmos. Vale ressaltar que à ocorrência dessas cavernas estão dentro da área da mineradora e fora da área do Setor Habitacional Fercal.

4.9.1 PERFIS TOPOGRÁFICOS

A Figura 4.17 localiza as linhas dos perfis topográficos apresentados nas Figura 4.18, Figura 4.19, Figura 4.20 e Figura 4.21. Estes perfis foram gerados a partir do MNT, com intuito de auxiliar na identificação e caracterização das unidades geomorfológicas da área de estudo.

Pela análise dos perfis e espacialização das principais drenagens é possível notar o quanto o grau de dissecação do relevo é influenciado pela presença dos canais de drenagem. Reforçando a importância de se considerar da rede de drenagem no cálculo da amplitude de relevo.

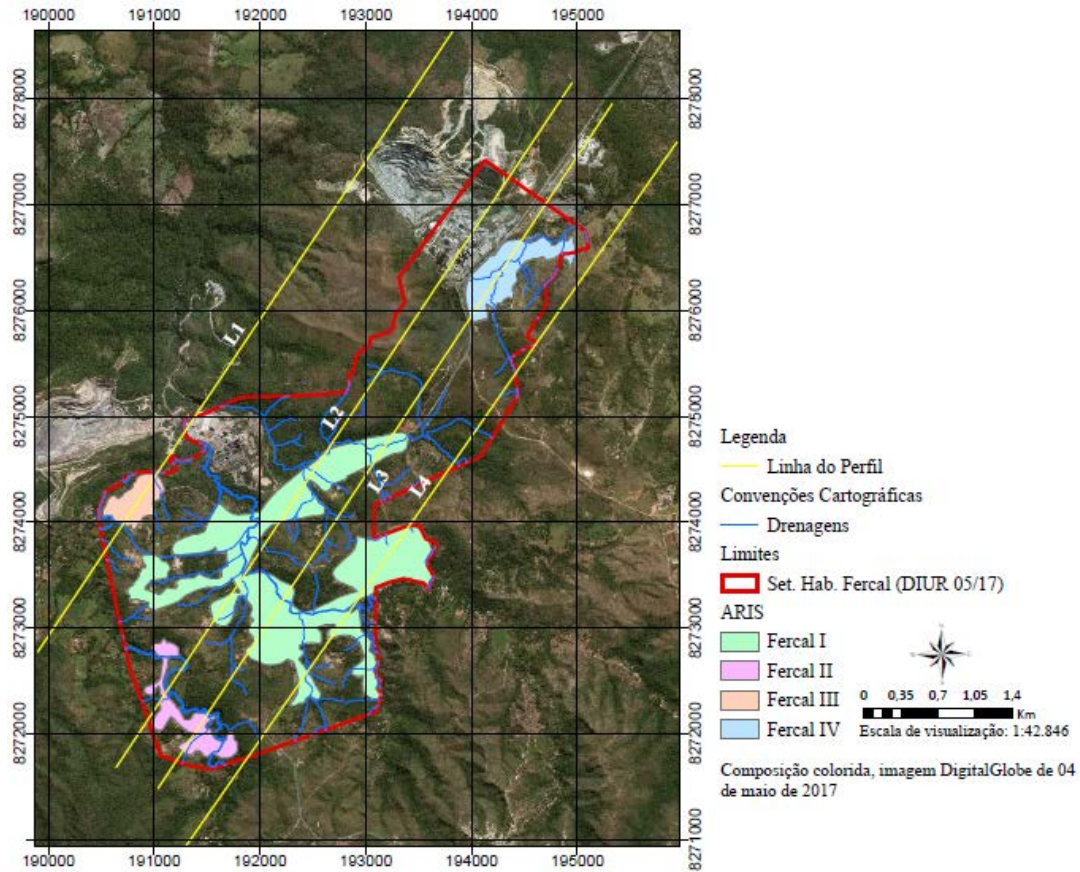


Figura 4.17 - Localização das linhas de perfil topográfico L1 a L4

No perfil L1, apresentado na Figura 4.18, há ocorrência de morros baixos e altos, corroborando com o mapeamento realizado por Moraes et al. (2014) e com o mapeamento do ZEE (2011) de vales dissecados.

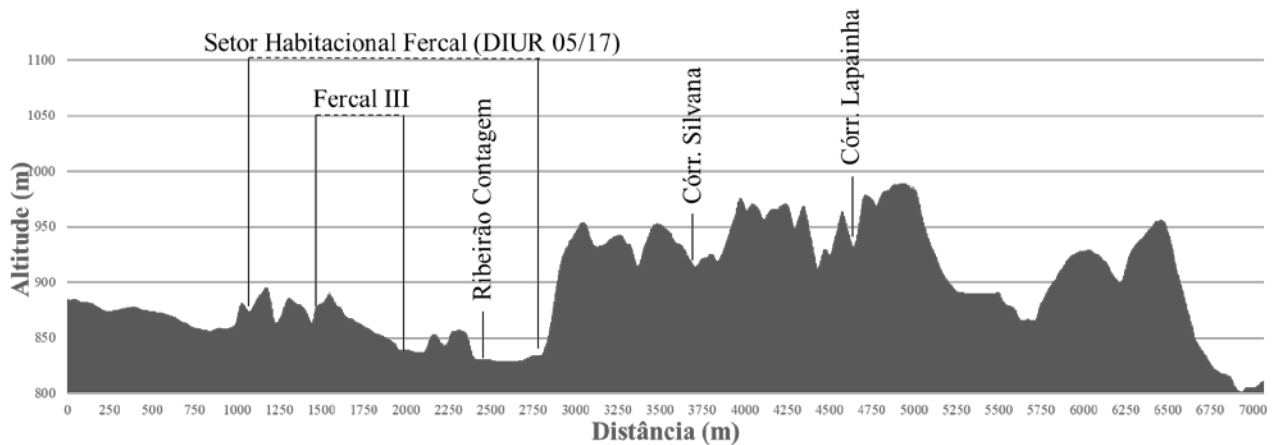


Figura 4.18 - Perfil topográfico (L1)

O perfil L2, apresentado na Figura 4.19, representa um corte longitudinal onde é possível notar uma alteração brusca na amplitude do relevo. Essa alteração coincide com a presença de uma falha contracional.

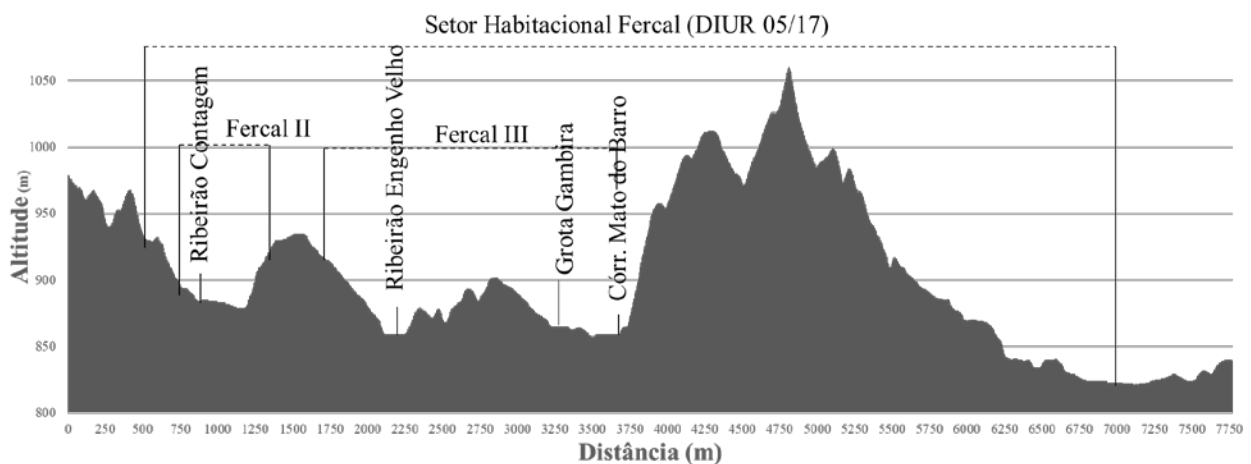


Figura 4.19 - Perfil topográfico (L2)

O perfil L3, apresentado na Figura 4.20, está inteiramente inserido na região de vale dissecado relativo ao mapeamento do ZEE (2011) e apresenta escarpas degradadas, degraus estruturais e rebordos erosivos, morros baixos e morros altos, identificados no mapeamento realizado por MORAES et al. (2014).

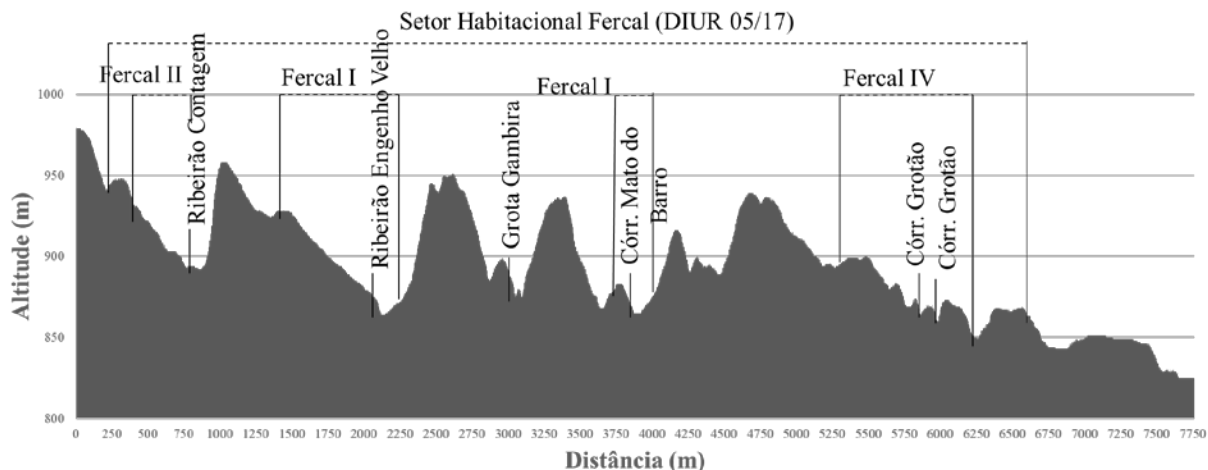


Figura 4.20 - Perfil topográfico (L3)

Já o perfil L4, apresentado na Figura 4.21, abarca as feições rampa íngreme e vale dissecado no mapeamento realizado pelo ZEE (2011) e, no mapeamento de MORAES et al. (2014), as feições de morros baixos e morros altos. Próximo a calha de drenagem do Ribeirão Engenho Velho, há aproximadamente 2.800 m do início do perfil L4, o mapeamento geológico do ZEE (2011) identificou uma zona de cisalhamento.

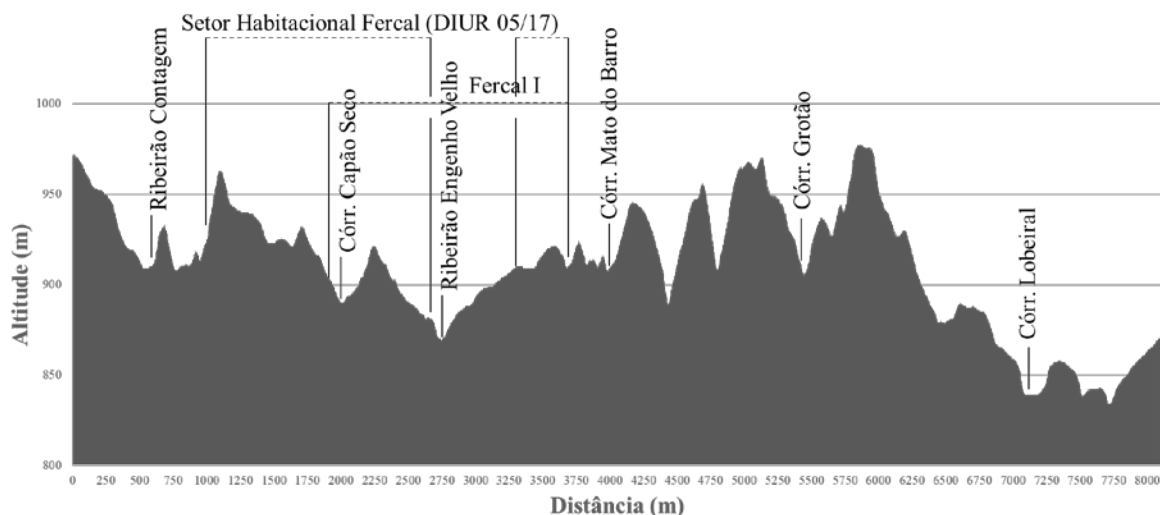


Figura 4.21 - Perfil topográfico (L4)

Ao analisar as duas compartimentações propostas e os perfis elaborados, nota-se algumas semelhanças quanto suas descrições e distribuição geográfica. Independentemente da

compartimentação, os perfis mostram um relevo de transição, a influência da rede de drenagem na paisagem e das estruturas geológicas.

Na Tabela 4.10 são apresentadas as unidades da compartimentação geomorfológica proposta para a área de estudo, exemplificados com registros fotográficos apresentados na Figura 4.22. Trata-se de uma adaptação, sobre os parâmetros, das classificações recomendadas na Carta de Suscetibilidade a Processos Gravitacionais de Massa e Inundação (BITTAR et al., 2014) e no Mapeamento da Geodiversidade do Estado de Goiás e do Distrito Federal (MORAES et al., 2014).

Tabela 4.10 - Unidades de paisagem identificadas na área com seus respectivos parâmetros e descrições

Sistemas	Forma de relevo	Declividade (%)	Amplitude [m]	Descrição
Agradacional. Zona de acumulação atual.	Planícies Fluviais	0 a 10	< 5	Terrenos imperfeitamente drenados nas planícies de inundação, sendo periodicamente inundáveis. Superfície bem drenada, relevo plano a levemente ondulado, constituído de depósitos arenosos a argilosos de origem fluvial. Consiste em planícies de inundação que se encontram em nível mais elevado que as várzeas atuais e acima do nível das cheias sazonais.
	Terraço Fluvial (Fundo de vale)	10 a 20	5 a 10	Rampas coluvionais descrevem formas de fundo de vales suavemente inclinadas (Guerra e Guerra, 2008). Consistem de superfícies deposicionais inclinadas normalmente encontradas nas baixas encostas de ambientes colinosos ou de morros.
	Vertentes recobertas por depósitos - rampa de colúvio	10 a 40	10 a 40	

Relevo de degradação em qualquer litologia.	Vertentes recobertas por depósitos - rampas de tálus	40 a 100	10 a 40	Rampas de tálus consistem em superfícies deposicionais fortemente inclinadas, constituídas por depósitos de encostas. Ocorrem de forma disseminada nos sopés de vertentes íngremes de terrenos montanhosos.
	Colinas dissecadas e morros baixos	10 a 40	40 a 100	Relevo de colinas dissecadas com vertentes convexo-côncavas e topos arredondados ou aguçados. Com sistema de drenagem principal com deposição de planícies aluviais ou em vales fechados. Há equilíbrio entre processo de pedogênese e morfogênese. Atuação frequente de processos de erosão laminar e ocorrência esporádica de processos de erosão linear acelerada (sulcos, ravinas e voçorocas). Geração de rampas de colúvios nas baixas vertentes.
	Morros e de Serras baixas	> 40	100 a 300	Relevo de morros convexo-côncavos dissecados e topos arredondados ou aguçados. Incluídos os morros tom topo tabular, característico das chapadas intensamente dissecadas. Predomínio do processo de morfogênese. Atuação frequente de processos de erosão laminar e linear acelerada e ocorrência esporádica de processos de movimentos de massa. Geração de colúvios e tálus nas baixas vertentes.
	Topos de morros	> 40	> 100	Parte mais elevada de um morro ou de uma elevação (Guerra e Guerra, 2008)



(a) Planícies de inundação



(b) Terraço fluvial e rampas de colúvio



(c) Colinas dissecadas e morros baixos



(d) Rampa de tálus e morros e de serras baixas



(e) Topo de morro

Figura 4.22 - Registros fotográficos das formas de relevo encontradas na área.

A Tabela 4.11 apresenta um quantitativo das áreas das formas de relevo identificadas em Km² e porcentagem do Setor Hab. Fercal, conforme o DIUR 05 (GDF, 2017). O gráfico apresentado na Figura 4.23 ilustra as informações da tabela supracitada.

Tabela 4.11 - Área em km² e em porcentagem da área total do SHF

Forma de relevo	Área (km ²)	(%) da área do SHF
Planícies fluviais	0,41	3,65
Terraços fluviais	0,40	3,54
Rampa de colúvios	3,75	33,05
Rampas de tálus	0,51	4,52
Colinas dissecadas e morros baixos	5,32	46,87
Morros e serras baixas	0,69	6,11
Topos de morros	0,26	2,26

É possível notar que as colinas dissecadas e morros baixos corresponde quase à metade das formas de relevo do SHF. Essas áreas são indicativas de remanescentes litológicos mais resistentes à erosão. Vale destacar que as vertentes, em sua maioria, de forma suave.

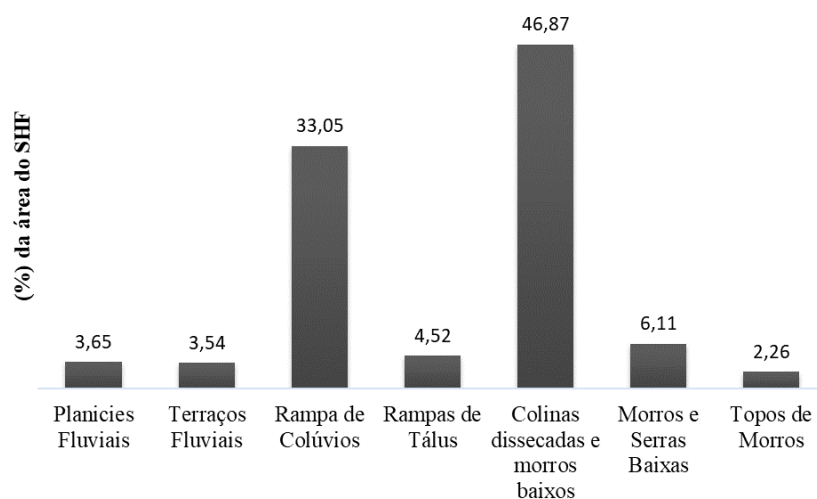


Figura 4.23 – Gráfico de distribuição da área em (%) do SHF por Unidade Geomorfológica

4.10 CARTA DE ALTURA VERTICAL DA DRENAGEM MAIS PRÓXIMA

A Carta de Altura Vertical da Drenagem Mais Próxima (Apêndice I), Figura 4.24, permite notar uma concentração das áreas com alturas mais próximas às drenagens nos fundos de vales e nos vales dissecados em rampas e morros baixos, o que se mostra condicente com as amplitudes esperada para essas formas de relevo. Também é possível notar uma expressividade maior dessas áreas nas proximidades das drenagens principais, como Ribeirão Contagem e o Ribeirão

Engenho Velho. E que as áreas com maiores alturas verticais da drenagem mais próxima encontram-se nas áreas correspondentes às formas de relevo de morros e serras baixas.

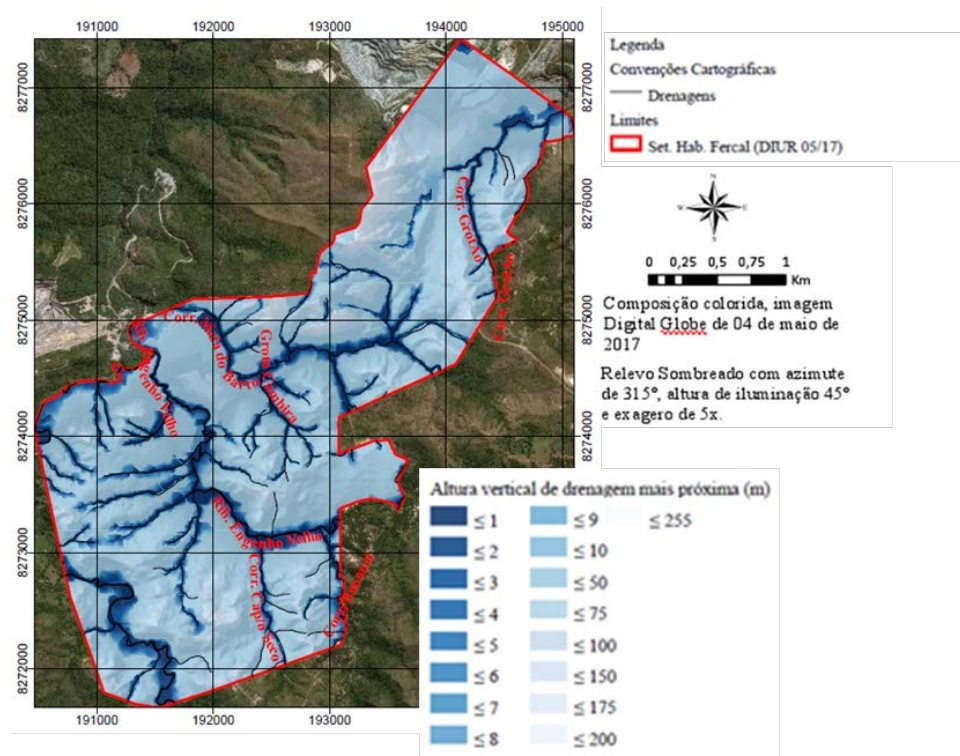


Figura 4.24 - Carta de Altura Vertical da Drenagem Mais Próxima.

A Tabela 4.12 apresenta as áreas em Km² e em (%) da área total do SHF, conforme delimita o DIUR 05 (GDF, 2017,) das faixas de altura vertical de drenagem. As divisões das faixas foram definidas baseando-se nos registros dos episódios de inundação do ano de 2007, nos relatos dos moradores sobre as ocorrências de inundação do primeiro semestre de 2019 e nas experiências de campo.

Tabela 4.12 - Área em Km² e (%) das faixas de altura vertical de drenagem no SHF

Altura vertical de drenagem (m)	Área		Altura vertical de drenagem (m)	Área	
	Km ²	(%)		Km ²	(%)
0 - 1	0,77	6,76	9 - 10	0,25	2,23
1 - 2	0,30	2,61	10 - 50	6,71	59,15

2 - 3	0,26	2,29	50 - 75	1,22	10,73
3 - 4	0,24	2,07	75 - 100	0,22	1,93
4 - 5	0,25	2,19	100 - 150	0,15	1,29
5 - 6	0,25	2,22	150 - 175	0,03	0,27
6 - 7	0,24	2,09	175 - 200	0,01	0,10
7 - 8	0,22	1,94	200 - 255	0,00	0,02
8 - 9	0,24	2,11			

A Figura 4.25 apresenta as informações da Tabela 4.12 sintetizada em faixas agrupadas por área de interesse, no intuito de fornecer uma melhor visualização dos dados. Pode-se notar uma considerável concentração de área na faixa de 10 a 50 m, cerca de 59,15%. A forte dissecação do relevo e a ocorrência de relevos cárscicos reforçam a influência da rede de drenagem na região. Os perfis topográficos apresentados anteriormente já demonstravam a possibilidade de que houvesse uma concentração nas faixas de distância vertical menores em comparação com as faixas maiores. E como pode-se notar na Figura 4.25 há uma expressiva concentração de áreas nas faixas de 1 a 50 m (83,43%) em comparação à concentração de área nas faixas de 50 a 255 (14,34%).

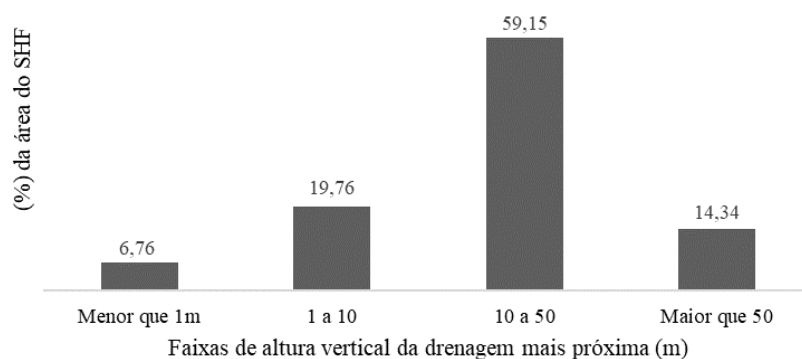


Figura 4.25 - Concentração em (%) de área do SHF por faixa de altura vertical de drenagem mais próxima

4.11 CARACTERIZAÇÃO DAS SUB-BACIAS

A Tabela 4.15 apresenta as variáveis morfométricas das sub-bacias presentes na área do SHF e o respectivo grau de suscetibilidade a inundação pelo método proposto por BITAR et al.

(2014). Pode-se notar que o Ribeirão Engenho Velho e o Ribeirão da Contagem apresentam o maior grau de suscetibilidade, o que se mostrou coerente com as observações de campo e relatos dos moradores.

Tabela 4.13 - Variáveis morfométricas e grau de suscetibilidade a inundação classificada pelo método proposto por BITAR et al. (2014).

ID	Sub-Bacia	Área [km ²] (Ac)	Densidade de Drenagem [km/km ²] (Dd)	Relaçã o de Relevo (Rr)	Índice Circular idade (Is)	Índice de sinuosid ade (Is)	Grau Final de Susceptibilid ade (Gsf)
1	Corr. Landim	1,481	4,601	0,357	0,351	1,350	2
2	Corr. Bananeira	0,831	3,626	0,596	0,383	1,280	1
4	Corr. Lapinha	1,230	5,122	0,575	0,336	0,891	2
5	Corr. Sylvania	0,897	5,260	0,477	0,294	1,216	2
6	Corr. Mata do Barro	3,692	4,628	0,198	0,226	1,296	2
7	Corr. Grotão	2,301	3,153	0,289	0,244	0,248	2
8	Rib. Engenho Velho	6,299	5,087	0,104	0,132	1,601	3
9	Corr. Barriguda	1,215	3,570	0,473	0,346	1,221	2
10	Corr. Maria Antônia	1,800	4,206	0,237	0,244	1,433	2
11	Grota Cambira	0,558	6,466	0,882	0,333	1,133	1
12	Corr. Chácara	1,589	6,433	0,243	0,401	1,567	2
13	Corr. Bananal	2,737	5,223	0,238	0,252	1,604	2
14	Corr. Almeida	0,528	3,735	0,536	0,298	1,135	2
15	Corr. Capão Seco	0,896	2,509	0,532	0,265	1,055	2
16	Rib. da Contagem	13,940	3,484	0,076	0,076	1,388	3
17	Corr. Queima Lençol	4,860	3,924	0,181	0,221	1,726	2
18	Corr. Lajinha	1,158	3,352	0,514	0,481	1,526	1

Gsf = 1, baixa suscetibilidade; Gsf = 2, média suscetibilidade; Gsf = 3, alta suscetibilidade

A Figura 4.26 apresenta a distribuição do Gsf das sub-bacias presentes no SHF e identifica os córregos principais. Pode-se notar que a maior parte das sub-bacias apresenta um grau de

suscetibilidade médio à ocorrência de inundações. As bacias mais significativas em questão de densidade de ocupação e tamanho, como a do Ribeirão Engenho Velho e do Ribeirão da Contagem, apresentam alta suscetibilidade à ocorrência de inundações.

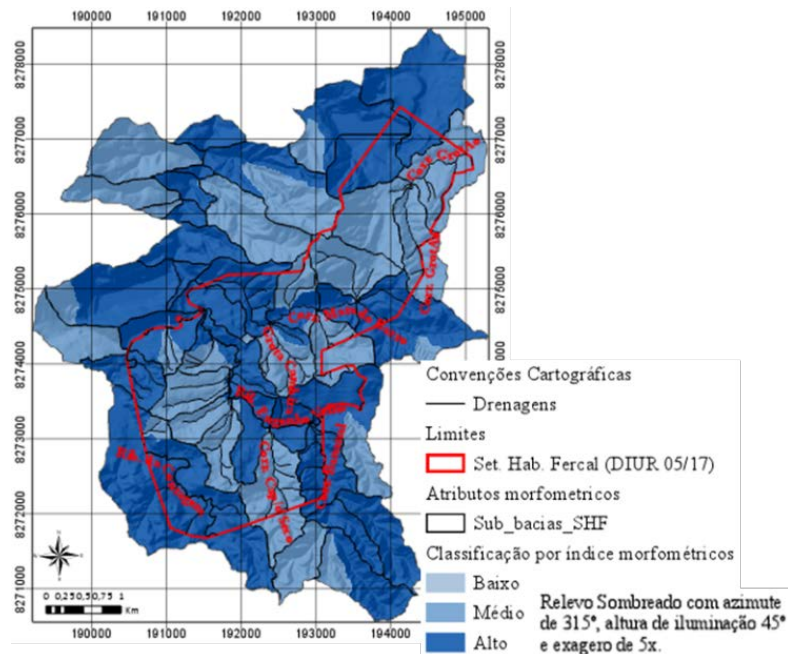


Figura 4.26 - Grau de susceptibilidade final (Gsf).

4.12 CARTA DE USO E OCUPAÇÃO

A Carta de Uso e Ocupação (Apêndice J), apresentada na Figura 4.27, mostra o uso e ocupação na área de estudo. O mapeamento foi inicialmente realizado para toda a bacia do Ribeirão Contagem. Sendo, portanto, apresentado aqui apenas um recorte desta classificação. Com base nesta consideração, a classificação como área urbana pouco densa deve ser entendida no contexto maior. Uma vez que as edificações do SHF foram mapeadas uma a uma e utilizadas para as análises sobre densidade em áreas urbanas, não se viu necessidade em alterar a classificação utilizada para carta de uso e ocupação.

A Figura 4.28 apresenta graficamente a distribuição de (%) de área do SHF por uso e ocupação. Pode-se perceber uma predominância de formações savânicas, cerrado e cerradão, sobre as demais. A mineração e a área urbana pouco densa apresentam uma distribuição bem próximas.

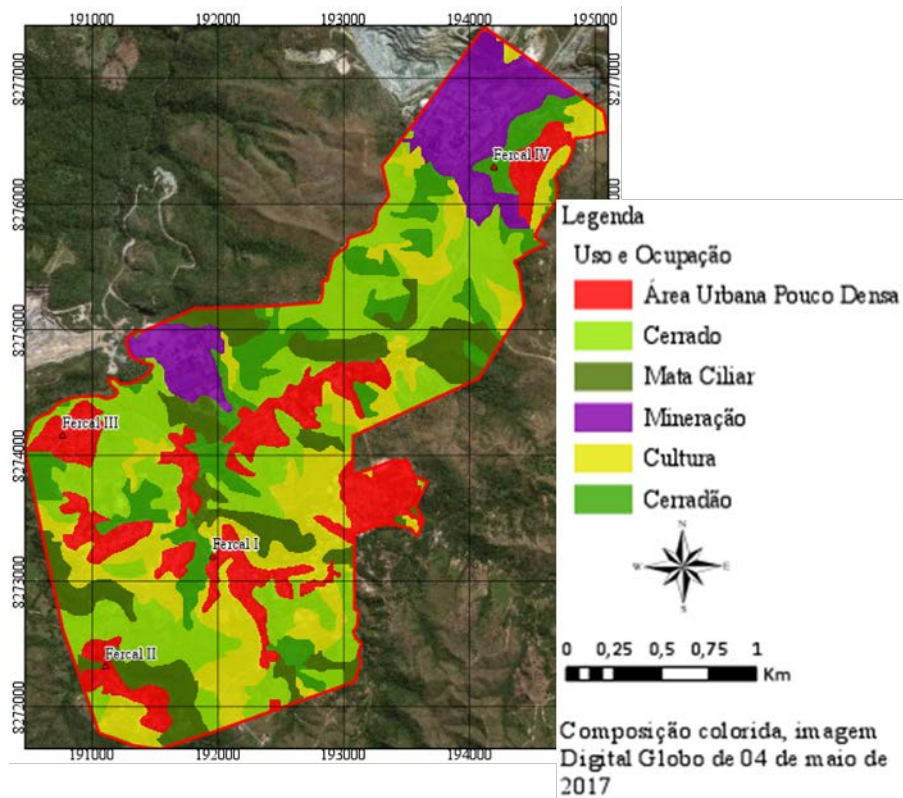


Figura 4.27 - Carta de Uso e Ocupação

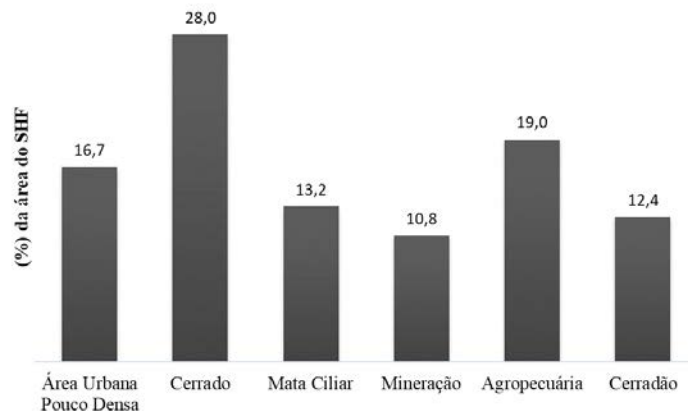
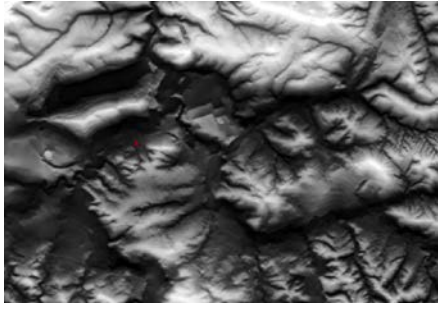


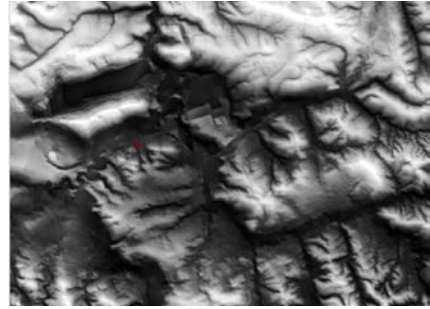
Figura 4.28 - (%) de área do SHF por uso e ocupação

4.13 POTENCIAL QUALIDADE DO AR

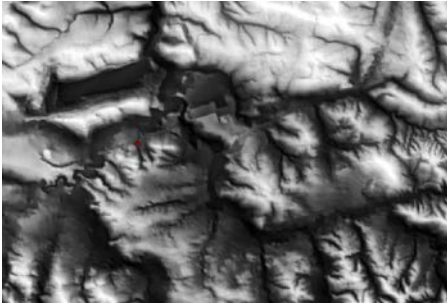
Conforme apresentado na metodologia, para considerar os efeitos da topografia na dispersão de partículas sólidas totais foi gerado o Índice de Exposição ao Vento para cada uma das direções de vento medidas pela estação da Votorantim, localizada na ARIS Fercal I, apresentados por cada direção medida na estação na Figura 4.29.



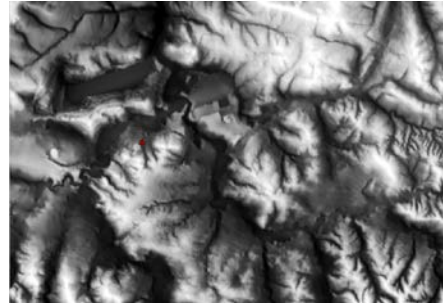
0° (N)



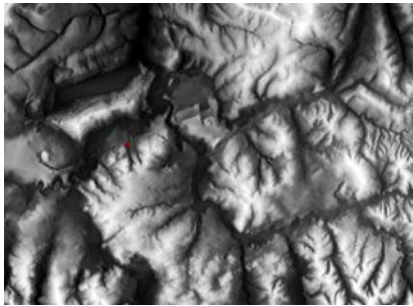
22,5° (NNE)



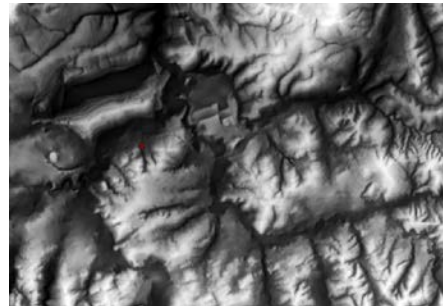
45° (NE)



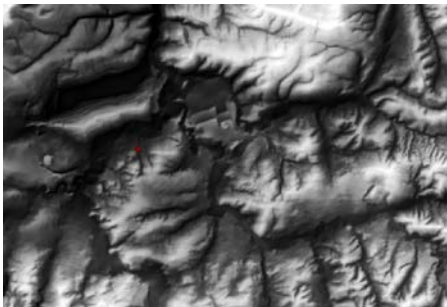
67,5° (ENE)



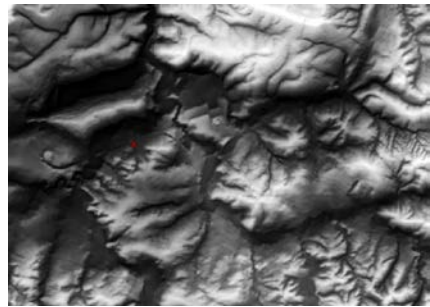
90° (E)



112,5° (ESSE)



135° (SE)



157,5° (SSE)

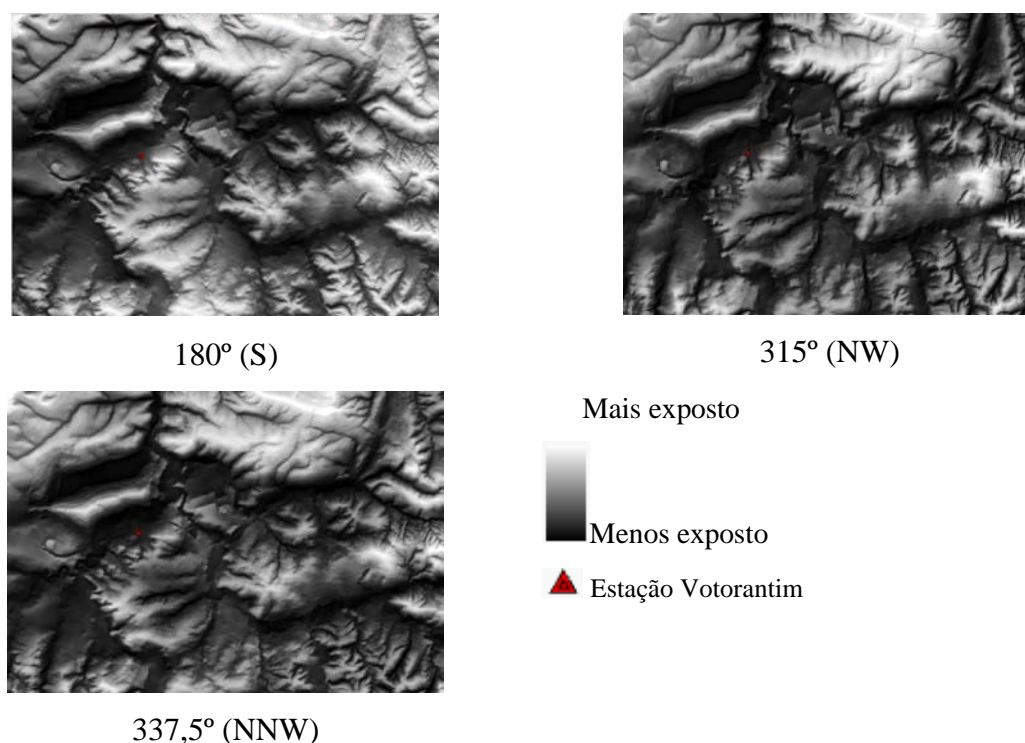


Figura 4.29 - Índice Exposição ao Vento para as direções de vento determinadas pelas série de dados do Plano de Controle Ambiental (PROMINER, 2016)

A A Figura 4.30 apresenta graficamente a distribuição da porcentagem de área total por faixa de IQAR para partículas totais em suspensão (PTS). Nota-se que apenas aproximadamente 16,26% da região apresenta uma potencial qualidade boa ou regular para PTS. Do restante, aproximadamente 40,28% da região, a maior porção apresenta um potencial IQAR crítico.

Tabela 4.14 apresenta as faixas de IQAR com suas respectivas áreas em Km² e em porcentagem da área amostrada e da área total do Set. Hab. Fercal, conforme definido no DIUR 05 (GDF, 2017). Três estações na área de estudo foram utilizadas para a interpolação dos dados, abrangendo aproximadamente 56,54% da área total de estudo.

A Figura 4.30 apresenta graficamente a distribuição da porcentagem de área total por faixa de IQAR para partículas totais em suspensão (PTS). Nota-se que apenas aproximadamente 16,26% da região apresenta uma potencial qualidade boa ou regular para PTS. Do restante, aproximadamente 40,28% da região, a maior porção apresenta um potencial IQAR crítico.

Tabela 4.14 - Faixas de IQAR com suas respectivas áreas em Km² e em porcentagem.

IQAR	Área		
	[Km ²]	(%) Amostra	(%) Total
Boa	0,65	10,08	5,70
Regular	1,20	18,68	10,56
Inadequada	1,23	19,23	10,87
Má	0,91	14,16	8,01
Péssima	0,85	13,19	7,46
Crítica	1,58	24,65	13,94
Total	6,42		56,54

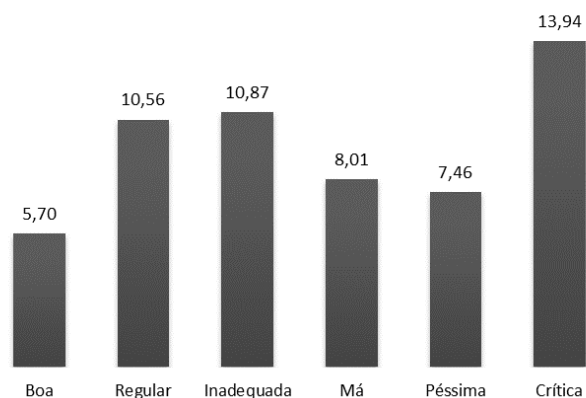


Figura 4.30 - Porcentagem da área total do SHF por faixa de IQAR.

A Carta de Potencial Qualidade do Ar (Apêndice K) mostra uma maior concentração das áreas críticas no canto Nordeste. Apesar do fato da estação com maior representatividade na área estar consideravelmente mais próxima à mineradora CIPLAN e que, além de apresentar as maiores concentrações também apresenta a maior altitude entre as três estações consideradas, conseqüentemente uma maior exposição. Há de se considerar que o maior número de relatos de problemas respiratórios ocorrerem nesta mesma área e corrobora com a espacialização apresentada, conforme pode-se notar na Figura 4.31.

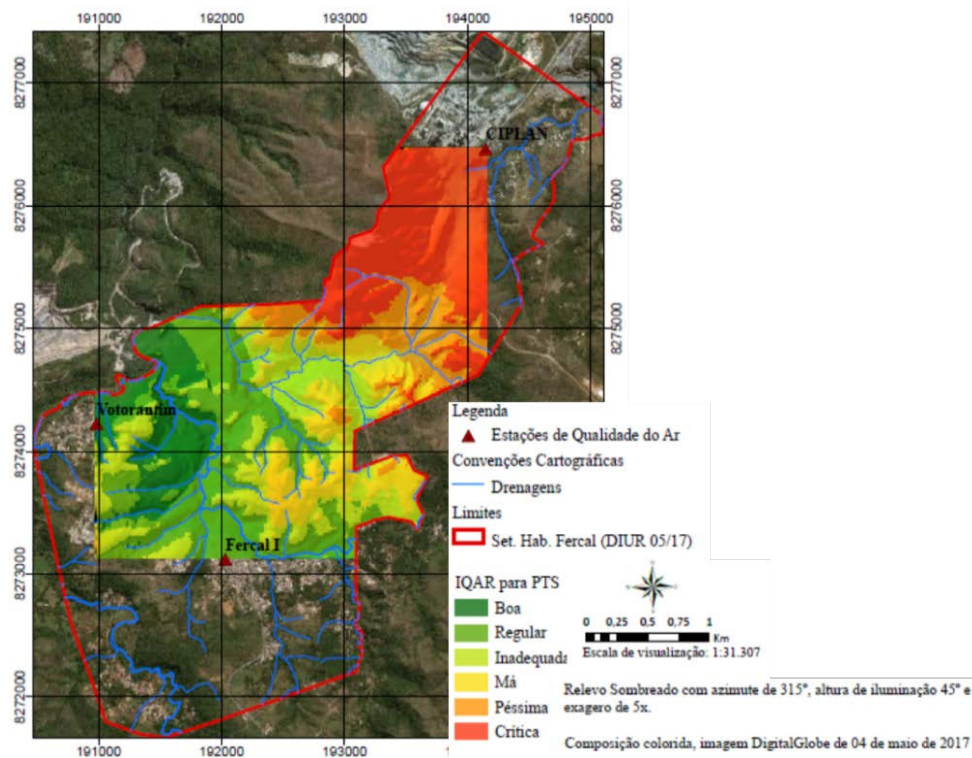


Figura 4.31 - Carta de IQAR.

4.14 CARTA DE RESTRIÇÕES AMBIENTAIS

A Figura 4.32 apresenta a mapa de restrições ambientais definidas por Lei e presentes no SHF. Foram delimitadas áreas a 30 m dos corpos d'água, a um raio de 50 m para as nascentes e as áreas com declividade >45%, conforme o Código Florestal Lei N° 12.651/2012.

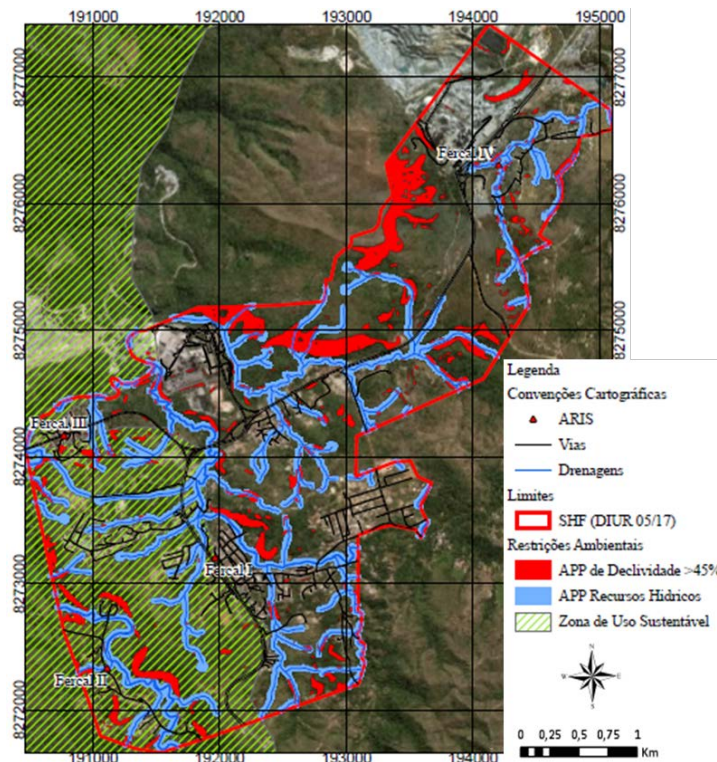


Figura 4.32 –Mapa de Restrições Ambientais.

4.15 CARTA DE SUSCETIBILIDADE À INUNDAÇÃO

A Figura 4.33 apresenta a carta de suscetibilidade à inundação, resultado da integração da classificação de grau de suscetibilidade final à inundação, conforme proposto por BITAR et al. (2014) e das áreas com declividade entre 0 e 15%, uma vez que todas as ocorrências do fenômeno na área de estudo foram encontradas nessa faixa de declividade.

Vale notar que para elaboração da carta de suscetibilidade à inundação não houve separação das áreas urbanas e rurais, no sentido de que uma das possibilidades de uso da mesma seja a avaliação das áreas de expansão urbana. Assim, as áreas não ocupadas, ou com muito baixa ocupação, tiveram sua suscetibilidade à inundação classificadas segundo os critérios encontrados em áreas com significativa taxa de ocupação para a região de estudo. Nesse sentido, qualquer consideração sobre a suscetibilidade a inundação expressa nesse trabalho deve levar em conta os efeitos da urbanização presente no Setor Habitacional Fercal até a presente data.

Conforme nota-se na Figura 4.34 a maior parte das áreas planas encontram-se em zonas com alta suscetibilidade à inundação.

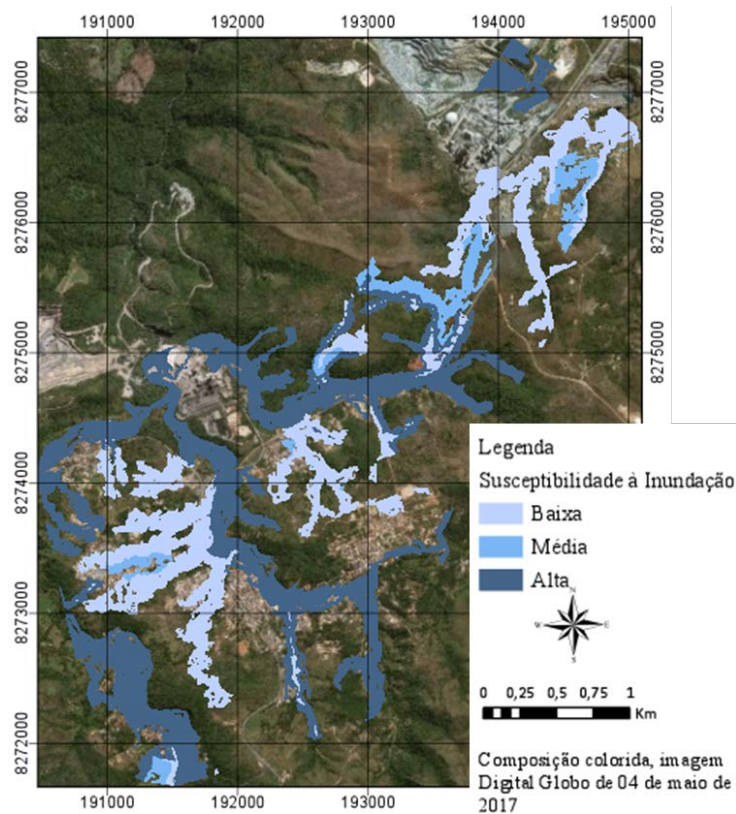


Figura 4.33 - Carta de susceptibilidade à inundação.

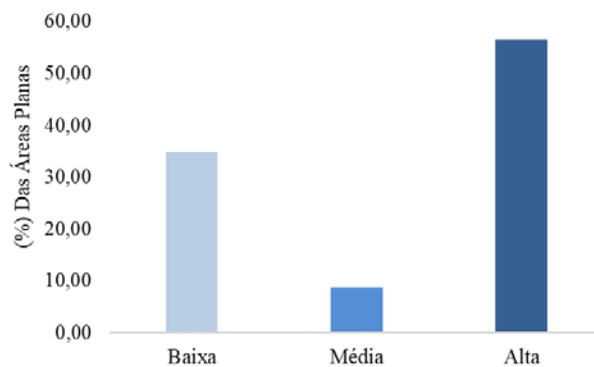


Figura 4.34 - (%) das áreas planas por classificação de susceptibilidade à inundação.

4.16 CARTA DE SUSCETIBILIDADE À MOVIMENTO DE MASSA

A Figura 4.35 apresenta a Carta de Suscetibilidade a Enxurradas e a Corridas de Massa elaborada conforme a metodologia de BITAR et al. (2014). A Figura 4.36 mostra graficamente a relação entre as classes de susceptibilidade e a (%) de área do SHF correspondente a cada classificação de susceptibilidade. Nota-se que a susceptibilidade a enxurradas é expressivamente

maior que à corrida de massa na área de estudo. Fato que corrobora com as observações de campo e os relatos dos moradores sobre eventos geodinâmicos.

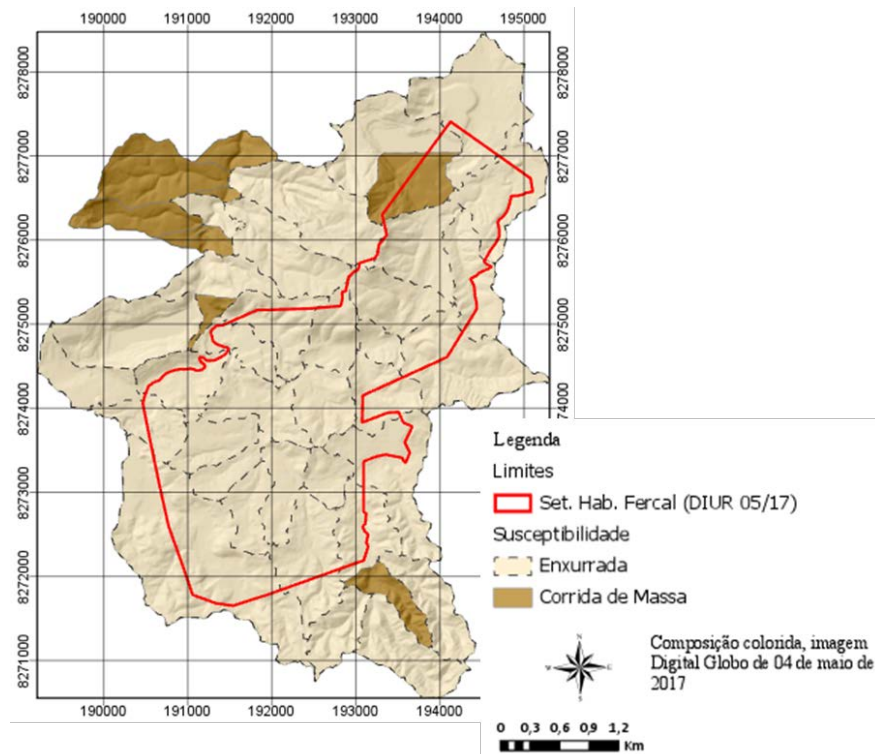


Figura 4.35 – Carta de suscetibilidade à enxurrada e corrida de massa.

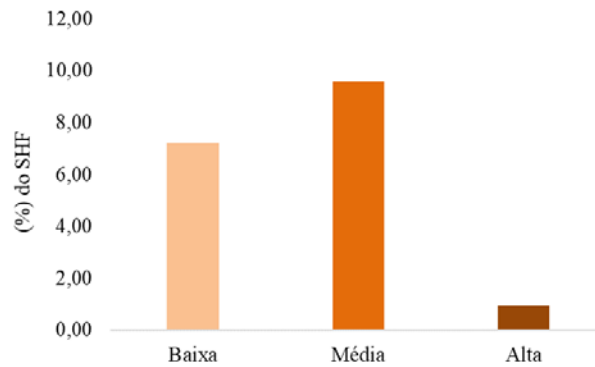


Figura 4.36 - (%) do SHF por faixa de suscetibilidade à movimento de massa.

4.17 DINÂMICA EROSIVAS NA ÁREA DE ESTUDO

Conforme consta no DIUR 05 (GDF, 2017) o projeto urbanístico deve identificar as erosões existentes e incluir propostas de recuperação, bem como apontar locais críticos de escoamento que possam desencadear processos erosivos. Além das implicações no estudo e projeto da

infraestrutura urbana, o entendimento da dinâmica dos processos erosivos de uma região permitem uma análise mais fidedigna de sua dinâmica hidrológica.

BRAGA et al. (2015) estudaram os controles que a litologia, pedologia, vegetação, declividade e proximidade de canais e estradas exercem sobre o desenvolvimento de feições erosivas na Bacia do Ribeirão Contagem. Utilizando-se das fotos aéreas da Terracap (GDF, 2010), do software Google Earth e do Software *ArcGis 9.3* os autores mapearam em polígonos 204 feições erosivas e as classificaram, segundos os critérios especificados na Tabela 4.15, que também apresenta um quantitativo das feições:

Tabela 4.15 – Características e quantitativo das feições erosivas analisadas por BRAGA et al. (2015) na Bacia do Ribeirão Contagem

Feição	Critérios de Classificação	Ocorrências	
		Un.	(%)
Voçorocas	Feições incisas e de características retilínea onde o solo é exposto e há conexão com a rede de canais	90	44
Ravinas	Áreas de solo exposto, sem forte incisões de canais e, portanto, sem contato com a rocha;	57	28
Sulcos	Desgaste leve das superfícies de solo exposto, onde se nota a presença de sulcos, com menor escala em relação às demais feições mapeadas;	42	21
Deslizamentos	Movimentos de massa rasos em encostas íngremes ou profundos em encostas suaves;	15	7

Os autores buscaram analisara os diferentes controles de formação aos quais as feições analisadas estavam sob efeito por meio do cruzamento. A área das feições e a frequência de ocorrência foram contrapostos à área de cada litologia, ao tipo de solo, à declividade, à proximidade de canais e à de estradas.

Segundo os autores o mapeamento da Terracap somou 486,2 km de canais, resultando em uma densidade de 3,3 km/km². Enquanto que, com a restituição de canais feita pelos mesmos, a soma foi de 825 km de canais, correspondente a densidade de 5,6 km/km². A diferença foi motivada,

conforme explicado pelos autores, pela hierarquização do mapeamento. Uma vez que a Terracap considerou basicamente os canais de margens duplas e seus afluentes principais, deixando de fora a maioria dos canais de primeira ordem, identificados por BRAGA et al. (2015). A Tabela 4.16 representa um quadro resumo dos resultados obtidos no estudo.

Tabela 4.16 - Resumo dos resultados das análises realizadas por BRAGA et al. (2015)

	Área/Área da bacia (%)	Feições Erosivas Presentes (%)			
		Voçoroca	Ravina	Sulcos	Deslizamentos
Litologia					
PsamoPelito Carbonatada	48	45	26	17	6
Metassilito	15	24	11	14	4
Calcifilitos	16	7	12	3	3
Clorita Filitos	4,8	9	6	3	1
Quartzito Médio	10	5	1	1	1
Lentes Carbonáticas		0	0	4	0
Classe de Solo					
Cambissolo Hálpico	48,6	77	46	37	12
Nitossolo Vermelho	31,3	10	5	5	2
Latossolo Vermelho-Amarelo	10,5	2	4	0	1
Latossolo Vermelho		0	2	0	0
Plintossolo Pétrico		1	0	0	0
Argissolo Vermelho-Eutrófico		0	0	0	0
Uso e Ocupação					
Campo	35	41	35	28	5
Cerrado	26,6	33	14	10	6
Pasto	17,6	9	3	1	1
Mata	21	0	0	0	2
Área Limpa		1	0	0	0
Declividade					
0° - 10°	47	41	35	28	5
10° - 20°	23,1	35	14	3	0

20° -35°	23,9	28	10	1	0
>35°	5,9	5	6	1	2
<i>Buffer</i> de 20 m					
de estradas	11,8	18	13	2	3
de canais	27,4	70	27	21	10

A maioria das feições erosivas encontram-se em áreas de baixa declividade e na litologia Clorita Filito de solos profundos, apesar desta se fazer presente em apenas 4,8% da bacia. A litologia supracitada apresenta 3,94 feições/km², podendo oferecer, segundo os autores, um fator controlador para feições erosivas. A maioria dos elementos identificados como deslizamentos encontram-se em litologias carbonatas, em Cambissolo Háplico, e nota-se que se localizam especialmente na calha do Ribeirão Contagem, onde encontram-se litologias Metassiltito Argiloso e PsamoPelito Carbonatado, ambas partes do Grupo Paranoá de idade Mesoproterozóica (CAMPUS et al., 2013). MARTINS et al. (2002) notaram a distribuição de Nitossolos Vermelhos nos vales fluviais e Cambissolos Háplicos nas altas vertentes e divisores. BRAGA et al. (2017) destacaram que os Latossolos, apesar de serem bastante argilosos, podem adquirir características estruturais porosas, assemelhando-se em comportamento à solos arenosos, tornando-se muito permeáveis.

Para os autores as feições erosivas distribuem-se de forma desigual sobre a vegetação, e concentram-se onde não há muita densidade de cobertura vegetal e pouca interceptação (campo, cerrado e pastos), de modo a abrir caminho para o início do processo erosivo pelas águas da chuva.

Quanto a declividade, a maioria das feições encontram-se na classe 0°-10°, que também é a mais abrangente na bacia. Vale ressaltar que, no estudo em questão, na classe de declividade >35° foram mapeadas apenas ocorrência de deslizamentos translacionais e rasos e que as classes mais baixas apresentaram deslizamentos rotacionais e profundos.

Segundo BRAGA et al. (2017), a opção de um *buffer* de 20 m de estradas e canais foi devida à primazia de apresentar uma cobertura mais realista em relação à abrangência e propagação dos processos erosivos. Observou-se então que 63% das feições estão concentradas a uma distância

máxima de 20 m dos canais, denotando uma forte correlação entre feições erosivas e canais. O mesmo não foi observado no *buffer* de 20 m de estradas.

Em suma, esse trabalho notou uma predominância de voçorocas em relação às demais feições e ressaltou a correlação entre esta feição, a litologia Clorita Filitos e sua alta frequência em regiões de relativa baixa declividade, o que por sua vez condiz com a literatura que corrobora a presença de voçorocamentos em baixa e médias declividades próximas a canais. Com relação a pedologia, o cruzamento dos dados não denota controle aparente, visto que a maior parte das feições se encontram na classe Cambissolo, que abrange a maior área da bacia.

Apesar da área ser consideravelmente maior que a área do Setor Habitacional Fercal, conforme delimitada pelo DIUR 05 (GDF, 2017), o fato de estar inserida no contexto físico permite notar algumas semelhanças. Exceto pelas feições erosivas identificadas nas vias não pavimentadas, ou àquela motivadas pela ação antrópica, pode-se notar uma ocorrência significativa de cicatrizes em declividades baixas e moderadas. Contudo, há de se considerar que, pela quantidade de áreas requeridas à mineração e, conseqüentemente dinâmica de prospecção dessas áreas, e também pelas alterações promovidas pelo processo de urbanização irregular, as alterações causadas por fatores antrópicos têm maior influência que no restante da bacia, que é predominantemente rural.

A relação de proximidade entre cicatrizes de processos erosivos e a rede de drenagem identificada por BRAGA et al. (2016) para a Bacia do Ribeirão Contagem, também foi notada no SHF, sobretudo nas áreas mais urbanizadas. Segundo o autor a grande quantidade de voçorocas conectadas à rede de canais é uma evidência de possível nova configuração do sistema de drenagem, resultado de um ajuste de declives causados por fatores antrópicos advindos da acelerada urbanização da região.

4.18 PLANEJAMENTO URBANO

A Secretaria de Gestão do Território do Distrito Federal (SEGETH), responsável pela elaboração do Plano de Ordenamento Territorial (PDOT), e das Diretrizes Urbanísticas (DIUR) para novos parcelamentos urbanos, no exercício de suas competências na região deste estudo

elaborou o DIUR SEI-GDF nº 05/2017, processo SEI 00390-0000534/2017-19, onde constam as diretrizes urbanísticas do SHF (DIUR, 2017).

Segundo o documento supracitado analisado neste trabalho, a estratégia de ordenamento para a Fercal dá prioridade a regularização fundiária, provendo o ordenamento da ocupação das Área de Regularização de Interesse Social (ARIS), que reconhecidamente ocorreu de forma irregular. Na Fercal, esta estratégia reconhece duas categorias de assentamento as áreas de regularização social e setor habitacional de regularização.

Os Setores Habitacionais de Regularização correspondem à agregação de áreas de regularização e áreas não parceladas e tem por objetivo auxiliar no ordenamento territorial a partir da definição de diretrizes mais abrangentes quanto aos parâmetros urbanísticos, de estruturação viária e de endereçamento (PDOT, 2009)

As áreas de regularização correspondem a unidades territoriais que reúnem assentamentos informais a partir de critérios de proximidade, de faixa de renda dos moradores e de similaridades das características urbanas e ambientais, com objetivo de integrá-los ao processo de regularização com características urbanas. As ARIS, são uma subclassificação das áreas de regularização marcadas pela ocupação predominante de população de baixa renda, até cinco salários mínimos (PDOT, 2009).

O projeto de parcelamento do setor deve dar enfoque à estruturação de seu sistema viário, à definição de áreas para implantação de equipamentos públicos urbanos e comunitários, e à necessidade de realocação de moradias que estão em áreas de risco e em áreas de preservação permanente, conforme definido pelas diretrizes urbanas do SHF (GDF, 2017).

Em suas diretrizes, consta que novos parcelamentos ficam sujeitos à elaboração de estudo específico a ser solicitado na ocasião do Licenciamento Ambiental do empreendimento e que deve constar, entre outros, da identificação das áreas onde não pode ocorrer a ocupação urbana devido a poluição do ar, com delimitação de raios de segurança para instalação de residências, comércio e serviços e indicação de critérios acerca dos limites de densidade populacional.

O projeto urbanístico deve atender às disposições previstas no Zoneamento das APAS do Planalto Central e do Cafuringa na área; deve identificar as erosões existentes e incluir propostas de recuperação, bem como apontar locais críticos de escorregamento que possam desencadear processos erosivos.

Legalmente, conforme o PDOT, Lei Complementar nº 803 de 2009 (BRASIL, 2009), a região está localizada na Zona Urbana de Uso Controlado II, que reúne áreas de significativa sensibilidade ambiental, por conseguinte, exigem um disciplinamento do uso e ocupação do solo no sentido de proteger seus atributos naturais.

O ordenamento territorial nessa zona visa compatibilizar o uso urbano com a conservação dos recursos naturais, promover a recuperação ambiental e a proteção dos recursos hídricos. Para alcançar tal objetivo, compõe suas diretrizes específicas de planejamento territorial ações como reforçar o uso habitacional de baixa e média densidade, estabelecer medidas de controle ambiental para proteção das unidades de conservação e do entorno de unidades de proteção integral, regularizar assentamentos informais de modo a minimizar os danos ambientais e planejar a infraestrutura. Vale notar que a inserção da região da Fercal nesta zona deveu-se totalmente aos impactos da atividade industrial desenvolvida em sua área (PDOT 2009).

Anteriormente, a sua consagração como RA XXXI, o SHF era classificado como Subzona Habitacional 9 – SZH9, conforme o Plano Diretor Local de Sobradinho (LC nº 56 /1997). Vale destacar algumas definições do antigo zoneamento para área, conforme consta no PDL supracitado algumas diretrizes para a SZH9, como:

“Art. 69 - Na SZH 9, é permitido o uso predominantemente residencial com atividades comerciais, industriais e institucionais, de abrangência local.

§ 1º - O parcelamento da área garantirá a densidade bruta máxima de vinte habitantes por hectare.

§ 2º - Ficam excluídas do cômputo da densidade bruta máxima as áreas com declividade superior a vinte e cinco por cento, não passíveis de ocupação urbana”

4.18.1 ZONEAMENTO AMBIENTAL

O Setor Habitacional Fercal está inserido dentro da APA do Planalto Central e tem parte da sua macrozona urbana inserida na APA do Cafuringa, de forma que qualquer consideração em termos de planejamento e análise do meio físico da área de estudo deve levar em conta tanto a presença e influência da atividade mineira, quanto das unidades de conservação ambiental, incluindo suas peculiaridades, restrições e limitações apresentadas nos respectivos Planos de Manejo e zoneamento, apresentados nos tópicos seguintes.

4.19 APA DO PLANALTO CENTRAL

De acordo com o Zoneamento da APA do Planalto Central, a área de estudo está localizada na Zona de Uso Sustentável (ZUS) e na Zona de Proteção do PARNA de Brasília e da REBIO da Contagem (ZPPR).

No Plano de Manejo da APA do Planalto Central, a ZUS é caracterizada como área com ocupação do solo predominante de produção rural, mas com importância para conservação dos solos e da água. Enquanto a ZPPR tem por objetivo “minimizar os impactos ambientais gerados na região do entorno do Parque Nacional – PARNA - de Brasília e da Reserva Biológica – REBIO - da Contagem que possam afetá-los negativamente”.

No tocante aos parcelamentos urbanos, o Plano de Manejo da ZUS define que os parcelamentos urbanos deverão adotar medidas de proteção do solo, de modo a impedir processo erosivos e assoreamento de nascentes e cursos d’água e que as atividades e empreendimento urbanos devem favorecer a recarga natural e artificial de aquíferos. O plano de manejo da ZPPR limita o uso urbano exclusivamente à Macrozona Urbana definida no Plano Diretor, veta qualquer alteração de densidade de ocupação e de gabarito de construções daquelas definidas e a implantação de prédios espelhados e de novas edificações maiores do que quatro andares (LC nº 803/2009).

4.19.1 APA DO CAFURINGA

Criada pelo Decreto 11.123/1988 (BRASIL, 1988a) e alterada pelos Decreto nº 11.251/1988 (BRASIL, 1988b) e Decreto nº 24.255/2003 (BRASIL, 2003), a APA do Cafuringa enquadra-se no grupo de unidades de conservação para uso sustentável, compreende solos do tipo

Latosolo Vermelho, Argilosos, Neossolos Quartzarênicos e Nitossolo Vermelho e quase toda as fitofisionomias do cerrado - campo limpo, campo sujo, cerrado *stricto sensu*, cerradão, mata galeria e matas estacionais. Além de uma fauna e flora diversa e composta por espécies em extinção, como a “onça-pintada” (*Panthera onca*) (IBRAM, 2018).

A APA encontra-se inserida na Bacia Hidrográfica do Rio Maranhão, e conta com a sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Contagem, o maior curso d’água dentro da APA e integrante substancial do sistema de captação Sobradinho/Planaltina. Segundo NETO et al. (2005) o relevo íngreme e acidentado, com cotas variando de 800 a 1.300 m de altitude, somado ao tipo de solo, torna alta a suscetibilidade a processos erosivos.

O Plano de Manejo e o Zoneamento da APA estão estabelecidos no Decreto 24.255/2003 (BRASIL, 2003), apesar da RA Fercal está apenas parcialmente inserida na APA do Cafuringa, a proximidade torna imprescindível que sejam feitas considerações sobre as influências antrópicas na unidade, sobretudo quanto às áreas urbanizadas e a presença das indústrias e da atividade mineira.

Quanto ao zoneamento, vale notar, que parte da poligonal da APA concomitante ao Setor Habitacional Fercal está definido como Zona de Uso Urbano Controlado II (ZUUC II) destinada a disciplinar a expansão urbana por meio do uso controlado. Esta área tem por diretrizes específicas de uso a predominância habitacional de baixa densidade e condicionada ao licenciamento ambiental; a recuperação de APPs; a implementação de sistema de coleta de disposição final de resíduos sólidos, de sistemas de esgotamento sanitário, de sistemas de abastecimento de água e de drenagem pluvial e de sistema de recarga de aquíferos. O zoneamento proíbe o reparcelamento ou fracionamento de lotes definidos no projeto urbanístico; a implementação e operação de indústrias, bem com exercício de atividades causadoras de erosão e de outras formas de degradação ambiental; a deposição de efluentes não tratados, resíduos sólidos, agrotóxicos e fertilizantes nas nascentes e outros cursos d’água; as atividades de produção agrícola em escala comercial; a prática de queimadas; as atividades de terraplanagem, dragagem, e escavação que venham a causar danos ou degradação ao meio ambiente; a utilização de resíduos de construção civil e lixo para preenchimento e recuperação de erosões.

Há de se destacar também a Zona Uso Especial de Mineração – ZUEM – prioritariamente destinada às atividades de exploração mineral de calcário e argila mediante apresentação de EIA/RIMA, com diretrizes específicas de conciliar a operação de atividades minerárias já instaladas e com direito minerário assegurado com a conservação ambiental.

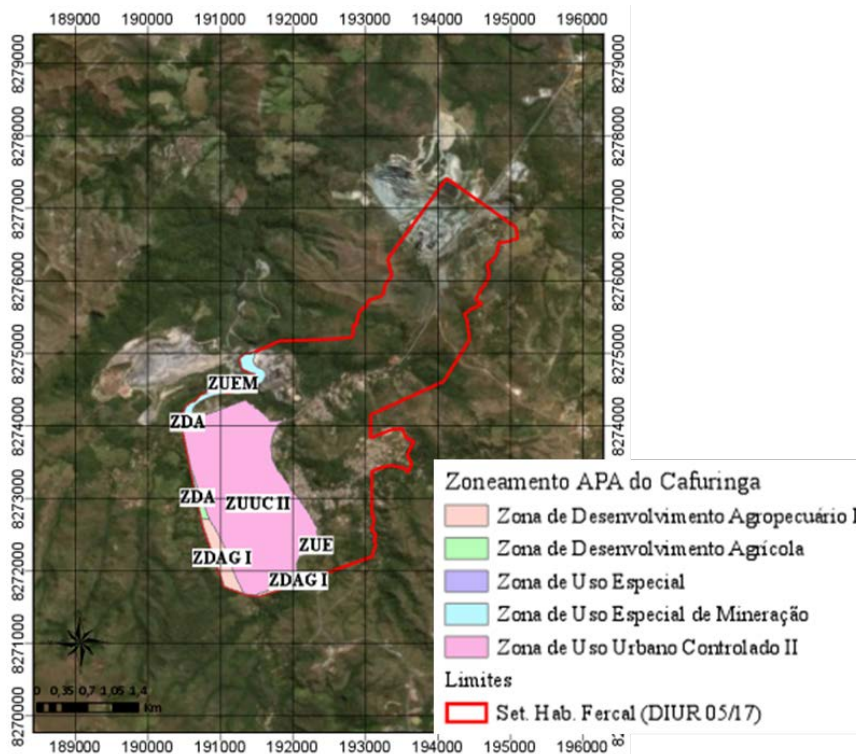


Figura 4.37 – Zona de intersecção entre a APA do Cafuringa e o SHF. Escala 1:60.000, imagem Digital Globe de 04 de maio de 2017 (ESRI, 2019)

4.20 DIAGNÓSTICO DAS ATIVIDADES MINERÁRIAS

A presente etapa destinou-se à caracterização das atividades mineiras na área de estudo, objetivando buscar informações relevantes para análise de conflitos entre a atividade minerária e à expansão da urbanização, almejando contribuir para a coexistência de ambas sob a perspectiva do desenvolvimento sustentável.

A Figura 4.38 mostra os dados relativos quanto ao status e o minério de interesse dos empreendimentos localizados na RA XXXI cadastrados no Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM). Analisando tais dados, apresentados no ANEXO III, nota-se que a atividade mineira ocupa 38,46% da área da RA. Essa expressividade em área somada aos

significativos impactos e alteração inerentes a esse tipo de empreendimento no meio ambiente e na dinâmica de uso e ocupação de seus entornos, os torna, imprescindivelmente, fatores relevantes nas análises da região. Ao se considerar, por exemplo, áreas de expansão urbana, é preciso verificar a adequação com a presença atual e futura da atividade mineira. Ou, em se tratando de áreas de risco, é importante verificar a influência da atividade mineira nas mesmas.

Pode-se observar na Tabela 4.17 que a maior parte da área relacionada aos empreendimentos mineiros encontra-se em fase de concessão de lavra. Apesar dos usos específicos não terem sido informados, as qualificações de uso sugerem que a maioria das mineradoras na RA estão ligadas à extração de calcário e argila para fins de materiais de construção civil.

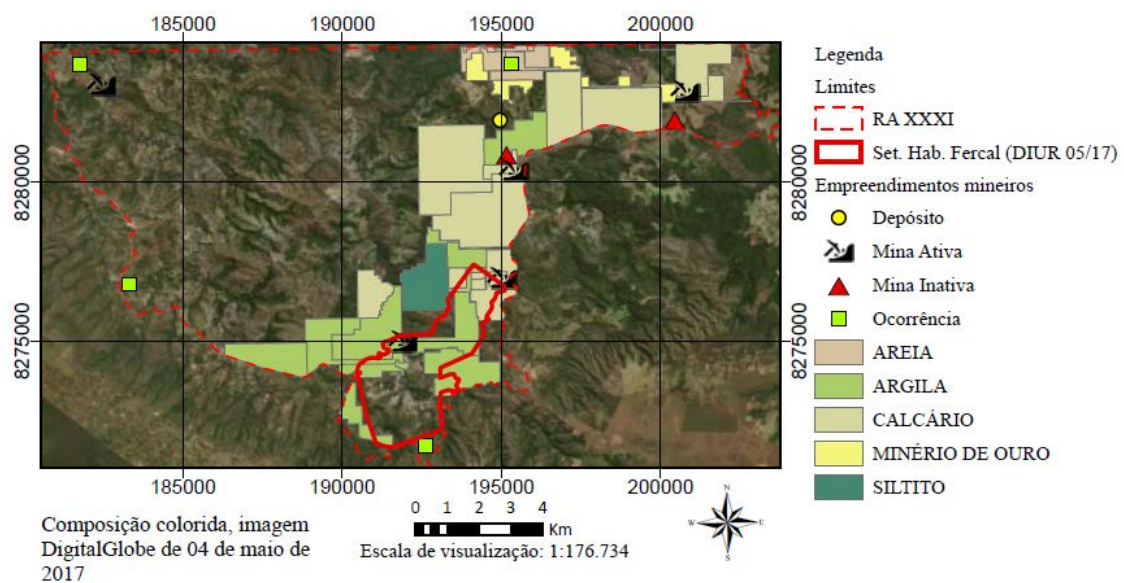


Figura 4.38 - Situação dos empreendimentos mineiros na RA XXI.

Tabela 4.17 - Síntese dos dados dos empreendimentos mineiros na RA XXI apresentados no ANEXO I

		Relação de área (%)
Fase	Concessão de lavra	22,27

	Requerimento de lavra	16,19
	Não informado	28,16
Uso	Construção civil	1,22
	Industrial	5,48
	Fabricação de cimento	3,54
	Brita	0,05
	Materiais pra construção	14,70
Classe	Rochas e Minerais Industriais	21,83
	Minerais metálicos	1,93
	Calcário	20,28
Minério	Areia	1,92
	Minério de ouro	1,93
	Argila	12,78
	Siltito	1,55

A Tabela 4.18 apresenta informações contidas na Carta de Empreendimentos Mineiros na Área de Estudo (Apêndice N) sobre os as poligonais de empreendimentos mineiros registradas no DNPM e que intersectam a área do Setor Habitacional Fercal (DIUR 05/2017), graficamente representadas na Tabela 4.20.

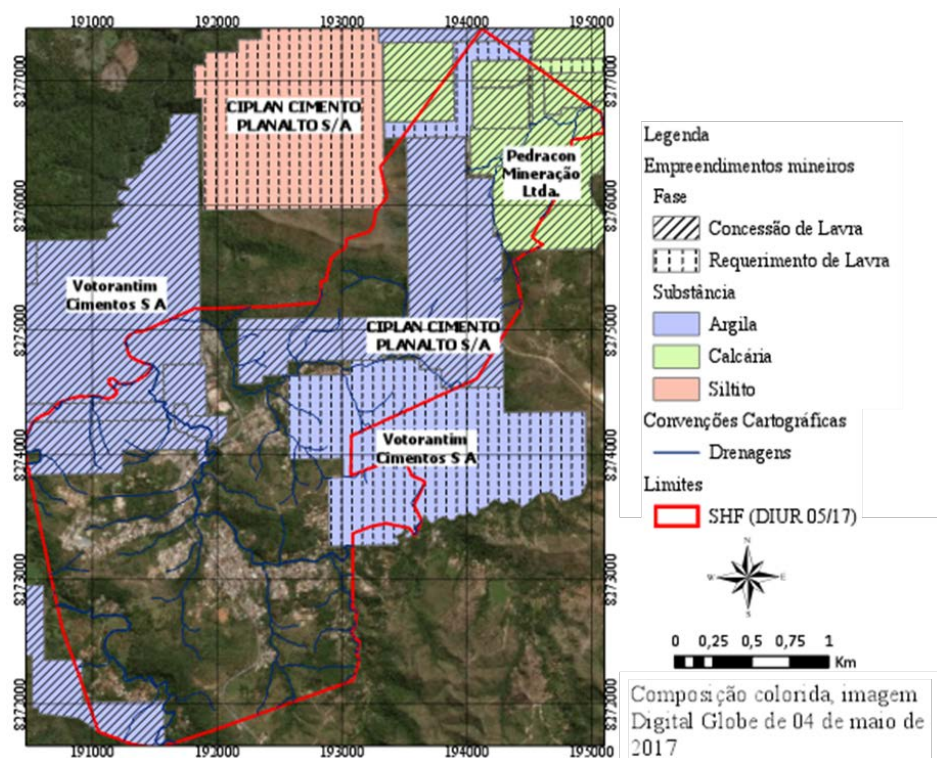


Figura 4.39 - Empreendimentos mineiros no contexto urbano do Setor Habitacional Fercal (DIUR 5/2017).

Tabela 4.18 - Empreendimentos mineiros inseridos ou no entorno do Setor Habitacional Fercal.

Ano	Área Total (Ha)	Fase do Empreendimento	Nome	Mineral	Classe	Porcentagem da área da RA (%)
1968	9,38				Rochas e	0,82
1968	35,44			Calcário	minerais	0,61
1971	15,06	Concessão de lavra	CIPLAN		industriais	1,32
1970	184,58		cimento		Materiais	15,72
1971	80,65		planalto	Argila	de	0,10
2010	25,64		S/A		Construção	1,70
2003	246,21	Requerimento de lavra		Siltito	Rochas e Minerais Industriais	0,03

1991	281,94	Requerimento de lavra				8,93
1971	8,34		Votorantim		Materiais	0,73
1967	283,92		Cimentos	Argila	de	2,61
1993	306,53	Concessão de lavra	S/A		construção	6,34
1982	203,17					1,64
1988	347,62		Pedracon			5,81
1983	14,98	Concessão de lavra	Mineração Ltda.		Rochas e	0,55
			Pedreira	Calcário	minerais	
2010	8,4	Requerimento de lavra	Pedra Negra Ltda.		industriais	0,14

Fonte: SIGMINE/DNPM (Acessado em nov/2018)

Conforme nota-se na Tabela 4.18, a maioria destes registros é para mineração de argila (37,78%), seguida de calcário (9,26%) e silito (0,03%). Quanto às empresas, a CIPLAN possui 20,3%, a Votorantim 20,3%, a Pedracon 6,4 e a Pedreira Pedra Negra 0,14% de suas poligonais inseridas no Setor Habitacional Fercal.

A Votorantim Cimentos S/A tem a maioria da área de poligonais registradas no contexto do urbano e, conforme apresentado no item 1.4, é um dos empreendimentos fomentadores da ocupação do Setor Habitacional da Fercal, sendo também um dos mais antigos da região. Por tais fatores, optou-se por analisar os impactos ambientais deste empreendimento.

Vale ressaltar que os empreendimentos atuantes na região utilizam modo de operação similares, de forma que, salvo especificidades e o grau de proporcionalidade, há similaridade entre os impactos ambientais causados pelas mesmas.

4.20.1 CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO TIPO E IMPACTOS AMBIENTAIS

As informações apresentadas a seguir quanto à caracterização do empreendimento e dos impactos ambientais resultantes do mesmos são baseadas nos seguintes documentos: EIA/RIMA dos Blocos I e II (TERRA, 1998); Planos de Controle Ambiental do Bloco III (PCA, 2016) – bloco ainda não implantado -; no relatório de auditoria interna da Votorantim e no Plano de Recuperação de Área Degradadas (PRAD) do Bloco I e II (TERRA, 1998) fornecido pelo IBRAM.

Em síntese, o empreendimento consiste basicamente em exploração e britagem de calcário e extração de argila para abastecer a fábrica de cimento. Tanto o calcário quanto a argila são extraídos a céu aberto, em cava e meia encosta, na forma bancadas. As operações de lavra adotadas na exploração dos da calcário e argila são: decapeamento do solo, remoção do estéril e envio para a pilha de estéril, escavação mecânica e transporte de argila para o britador de argila na fábrica de cimento, desmonte do calcário com uso de explosivos, carregamento e transporte do calcário para a britagem e, posteriormente, para a fábrica de cimento. Além das atividades supracitadas, são realizadas operações auxiliares: a abertura e manutenção de vias internas, a drenagem da cava, a manutenção de equipamentos, o recebimento e o armazenamento de combustíveis e insumos.

O EIA/RIMA dos Blocos I e II, relativos ao ano de 1998 (TERRA, 1998), destaca que o diagnóstico ambiental trata de uma caracterização geral do meio ambiente da área de influência do empreendimento e que a análise dos impactos ambientais do mesmo avalia as inter-relações entre os fatores ambientais descritos e a caracterização do empreendimento. Neste documento são identificadas as áreas de influência direta nas propriedades e nas comunidades Fercal I e Rua do Mato e de forma indireta na RA Sobradinho e na APA do Cafuringa. A Tabela 4.19 evidencia estes efeitos relativos à fase de operação das minerações de calcário e argila na Fercal.

Tabela 4.19 - Efeitos e Impactos Ambientais gerados na mineração de calcário e argila

Atividades								Efeitos				Impactos											
Lavra de calcário				Britagem		outras						Físico		Biótico		Antrópico							
Remoção da vegetação	Decapamento	Perfuração	Desmonte	Carregamento e	Disposição de estéreis	Drenagem da cava	Britagem	Classificação	Estocagem	Manutenção e Lavagem	Abastecimento de	Qualidade das águas	Regime de escoamento	Qualidade do ar	Qualidade do solo	Habitats terrestres	Deslocamento de fauna	Ecosistemas aquáticos	Impacto visual	Desconforto ambiental	Saúde do trabalhador	Arrecadação tributária	
X	X	X																					
X	X									X													
						X				X							X						
X	X				X												X						
X	X				X											X	X						
	X	X	X	X	X	X								X								X	
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X												X	
			X																				
				X													X						
	X														X								
X																	X	X		X			

		X	Incremento comercial			X
			Geração de impostos			X

Vale ressaltar que os PCA (2016) e no EIRA/RIMA(TERRA, 1998), identificam como impacto negativo mais relevante a emissão de material particulado das chaminés dos fornos.

Um impacto significativo nas visitas de campo foi a quantidade de erosões de solos em áreas expostas e movimentos de terras ligados à supressão da vegetação devido ao decapeamento realizado pelas mineradoras ou pela construção de estradas pelas mesmas, conforme exemplificado na Figura 4.40. Não houve confirmação dos motivos por parte das mesmas. Nota-se que em boa parte dos polígonos de mineração que fazem divisa com o perímetro urbano movimentos de massas e supressão da vegetação. Próximo à essas áreas nota-se o assoreamento de planícies de inundação e obstrução dos cursos.



(a) em áreas de mineração que fazem divisa

(b) próximo a rodovias que cruzam o perímetro urbano

Figura 4.40 – Supressão da vegetação encontrados nas proximidades das áreas urbanas

4.21 DIAGNÓSTICO DA INFRAESTRUTURA URBANA E DOMICILIAR

Conforme mencionado na metodologia, buscou-se caracterizar a infraestrutura urbana e domiciliar baseando-se nas visitas de campo, nos relatos passados pelos funcionários da Administração e nas referências bibliográficas, sobretudo nos relatórios das agências reguladoras e companhias fornecedoras de serviços públicos e nas avaliações da Pesquisa Distrital por Amostra de Domicílio (PDAD) realizados pela Companhia de Planejamento do Distrito Federal (CODEPLAN).

4.21.1 ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Segundo Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal (ADASA, 2016), uma das primeiras comunidades a passar pelo procedimento de hidrometração na RA foi a comunidade Queima Lençol. Contudo, a cobrança pelo abastecimento de água tratada só começou em janeiro de 2013. Fato que demonstra que, apesar de ser uma das cidades mais antigas do Distrito Federal, a coleta de dados sobre a região Fercal é recente e bem limitada.

A Tabela 4.20 mostra o histórico de consumo de água per capita na RA Fercal segundo o relatório da evolução histórica do consumo per capita em L/Hab.dia no Distrito Federal (ADASA, 2019) e a Tabela 4.21 mostra a apreciação do tipo de abastecimento de água por domicílio mostrada no PDAD 2013 e 2015 (CODEPLAN, 2013, 2015 e 2018).

Tabela 4.20 - Consumo de água per capita da RA Fercal

Consumo Per Capita de água (L/Hab.dia)	Ano						
	2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013
	120	105	130	124	139	141	146

Fonte: Relatório com evolução histórica do consumo per capita no DF (ADASA, 2019)

Tabela 4.21 - Domicilio ocupados, segundo o abastecimento de água na RA Fercal

	PDAD 2013		PDAD 2015		PDAD 2018	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%
Rede geral - Caesb	2.034	86,66	2.191	93,6	1.566	68,0
Poço/cisterna	42	1,78	5	0,2	141	6,1
Poço artesiano	256	10,89	89	3,8	671	29,1
Outros	16	0,67	56	2,4	191	8,3
Total	2.348	100	2.341	100	2.569	112

Fonte: Modificado de CODEPLAN – Pesquisa Distrital por Amostra de Domicílios (PDAD) 2013, 2015 e 2018 (CODEPLAN, 2013,2015,2018)

Em outubro de 2016, a ADASA fez uma fiscalização não programada da cobrança de água na região da Fercal pela Caesb, prestadora do serviço. No documento em questão, são citadas como

comunidades cadastradas no sistema comercial da Caesb: o Setor Bananal, Escola Classe Ribeirão, Córrego do Ouro, Catingueiro, Boa vista, Fercal Leste, Engenho Velho, Bela Vista, Queima Lençol. Destas, são consideradas áreas rurais o Catingueiro, Boa Vista, Córrego do Ouro e a Escola Classe Ribeirão. Até a data desta vistoria, na Fercal Oeste e na Rua do Mato não foram encontrados hidrômetros. Na ocasião os agentes da ADASA foram informados pelo Presidente da Associação de Moradores que a região era abastecida por uma mina e que a Concessionária fazia o tratamento simplificado dessa água, sem cobrança do serviço. De acordo com as informações contidas nesse relatório, muitos moradores, quando questionados sobre a prestação do serviço, alegaram desconhecimento sobre a prestação do serviço. Entre as conclusões obtidas neste documento está a aparente inter relação entre a baixa escolaridade e renda apontada pelos indicadores sociais da região com a dificuldade de compreender que a fatura está relacionada com o próprio consumo, o que poderia levar a população a negligenciar o uso, permitindo vazamentos aparentes e gastos desnecessários.

Durante as visitas de campos relativas a esta pesquisa, realizadas em 2018 e 2019, notou-se a presença de hidrômetros na maioria das comunidades, mesmo naquelas sem rede instalada, como Morro do Piauí. Contudo, não se obteve informação a respeito da cobrança, instalação ou fornecimento de água tratada.

4.21.2 ESGOTAMENTO SANITÁRIO E COLETA DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Em 18 de setembro de 2013, o Jornal R7 – Distrito Federal (R7, 2013) publicou em seu site uma matéria sobre a ausência de rede de esgoto na Fercal ter se tornado um problema de saúde pública. Segundo a reportagem, pelo menos 20% das habitações realiza o esgotamento sanitário diretamente na rua, contaminando os solos e corpos d'água próximos, que, por sua vez, servem de apoio à população, em vista da frequente falta de abastecimento de água. A reportagem ressaltou a necessidade por parte da Administração do incentivo à construção de fossas sépticas, consideradas, por eles, ecologicamente corretas.

Nota-se pelos dados do PDAD dos anos 2013, 2015 e 2018 (CODEPLAN, 2013; 2015; 2018) apresentados e nas Tabela 4.22, pode-se perceber um aumento progressivo na utilização de fossas sépticas na região. Observa-se também aumento das residências ligadas a rede coletora de esgoto da Caesb entre os anos de 2013 e 2018. Nota-se um aparente decréscimo no ano de

2015, que possivelmente poderia estar relacionado a modelagem estatística utilizada para o estudo ou as referências de estudo utilizadas na obtenção dos dados.

Tabela 4.22 – Domicílios ocupados segundo a tipologia de esgotamento sanitário e coleta de lixo na RA Fercal

Tipo de Esgotamento	PDAD 2013		PDAD 2015		PDAD 2018	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%
Rede geral	162	6,89	75	3,2	444	19,3
Fossa séptica	1.059	45,11	1.231	52,6	1.831	79,5
Fossa rudimentar	1.122	47,78	1.035	44,2	407	17,7
Esgotamento a céu aberto	5	0,22	0	0	90	3,9
Outros	-	-	0	0		
Total	2.348	100	2.341	100	2.772	120,4²
Tipo de Coleta	PDAD 2013		PDAD 2015		PDAD 2018	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%
SLU sem coleta seletiva	2.306	98,22	2.196	93,8	2.222	96,5
SLU com coleta seletiva	5	0,22	140	6	106	4,6
Jogado em local impróprio	5	0,22	0	0		
Outro destino ¹	21	0,59	5	0,2	75	3,3
Total	2.348	100	2.341	100	2.403	104²

¹ No PDAD de 2013 o Tipo de Coleta Queimado ou enterrado é especificado; no PDAD de 2015, esta tipologia foi somada à Outro destino.

² Nota-se algumas inconsistências nos dados

Fonte: Modificado de CODEPLAN – Pesquisa Distrital por Amostra de Domicílios PDAD 2013, 2015 e 2018

Nos domicílios desta região, a quase totalidade conta com serviços de limpeza urbana, conforme nota-se na Tabela 4.21. Entretanto, é constante a presença de lixo e o acúmulo de entulho próximo às vias de acesso às residências e nas calhas naturais de drenagem, o que contribui para a proliferação de insetos e animais transmissores de doença, dificulta a drenagem da água da chuva e aumenta a suscetibilidade aos riscos de ruptura de taludes e movimentos de massa.

4.21.3 ABASTECIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA

Em maio de 2019, segundo noticiado pelo Sinduscon-DF (SINDUSCON, 2019), o Morro do Piauí recebeu 30 postes de energia solar sustentável por meio de um projeto da organização Litro de Luz Brasil, que ilumina comunidades sem acesso adequado à rede elétrica. O projeto foi financiado pela Bancobrás e pela Votorantim Cimentos e espera atender cerca de 300 moradores do local.

A Tabela 4.23 faz alusão ao abastecimento de energia elétrica na RA Fercal. Segundo a CODEPLAN (PDAD, 2013; 2015) praticamente a totalidade dos domicílios contam com abastecimento de energia elétrica.

Tabela 4.23 - Domicílios ocupados, segundo o abastecimento de energia elétrica na RA Fercal

	PDAD 2013		PDAD 2015		PDAD 2018	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%
Rede Geral - CEB	2.317	98,67	2.332	99,6	2.293	99,6
Próprio (Gerador, Bateria)	5	0,22	9	0,4		
Gambiarra	26	1,11	0	0		
Total	2.348	100	2.341	100		

Fonte: Modificado de CODEPLAN – Pesquisa Distrital por Amostra de Domicílios (PDAD) 2013, 2015 e 2018

4.21.4 CARACTERIZAÇÃO DOMICILIAR

Para se entender a vulnerabilidade de uma população e dos elementos em risco é preciso caracterizá-los. A Tabela 4.24 mostra alguns aspectos levantados pelos PDAD 2013, PDAD 2015 e PDAD 2018 (CODEPLAN, 2013; 2015; 2018) quanto ao tipo, espécie, situação de ocupação, situação de regularização, materiais constituintes e problemas dos domicílios na RA Fercal.

Tabela 4.24 - Condição do domicílio da RA Fercal segundo diversos aspectos

Condição do Domicílio		PDAD 2013		PDAD 2015		PDA 2018	
		Nº	%	Nº	%	Nº	%
Tipo de domicílio	Casa	2.291	97,6	2.289	97,8	2.205	95,7
	Barraco	16	0,7	14	0,6	-	-
	Quitinete / apartamento / outros	51	1,7	38	1,6	-	-
Espécie de domicílio	Permanente	2.228	94,9	2.210	94,4	2.295	99,6
	Improvisado	16	0,7	14	0,6	-	-
	Permanente em construção	104	4,4	117	5,0	-	-
Situação de ocupação	Próprio, já pago	115	4,9	1.694	72,4	1.909	82,9
	Alugado	292	12,4	515	22,0	312	13,5
	Cedido por outro	120	5,1	132	5,6	79	3,4
Regularização	Não regularizados	1.821	77,6	1.507	64,4	2.183	94,8
	Regularizados	-	-	89	3,8	105	4,5
Material predominante nas paredes externas	Alvenaria com revestimento	2.297	97,8	-	-	1.994	86,5
	Alvenaria sem revestimento	51	2,2	-	-	290	12,6
Material predominante no piso do domicílio	Cerâmica / madeira / outros	1.539	65,6	-	-	1.932	83,9
	Cimento alisado	767	32,7	-	-	272	11,8
	Contra piso	42	1,8	-	-	86	3,7
Material predominante na cobertura (telhado) do domicílio	Telha, exceto fibrocimento sem laje	203	8,7	-	-	1.450	63,0
	Fibrocimento sem laje	2.025	86,2	-	-	573	24,9
	Telha, exceto fibrocimento com laje	42	1,8	-	-	183	7,9
Tem Problemas nas Cercanias	Erosão	809	34,4	941	40,2	-	-
	Área em declive	1.247	53,1	1.573	67,2	-	-
	Entulho	804	34,2	1.203	51,4	1.030	44,7
	Esgoto a céu aberto	42	1,8	112	4,8	90	3,9
	Áreas alagadas (chuva)	250	10,7	19	0,8	673	29,2
	Ruas esburacadas			997	42,6	1.790	77,7
Total estimado de domicílios urbanos		2.348		2.341		2.395	

Fonte: Modificado de CODEPLAN – Pesquisa Distrital por Amostra de Domicílios (PDAD) 2013, 2015 e 2018

Os assentamentos precários são, por definição, espaços construídos e habitados sem um planejamento prévio, e, portanto, não regida por valores ou ideias subjacentes. De forma que para se entender os problemas locais e, principalmente, para se entender as soluções possíveis, é preciso compreender o entorno em diversos aspectos. Dado a temática do presente trabalho, é indispensável um diagnóstico urbano-ambiental da região.

Como não há qualquer tipo de endereçamento na área de estudo, as análises de diagnósticos urbano foram baseadas nas delimitações das ARIS propostas no DIUR 05 (GDF, 2017) e na estimativa das edificações no Setor Habitacional Fercal, realizada conforme descrito na metodologia deste estudo e cujo mapeamento foi exemplificado na Figura 4.41.

Vale ressaltar que nas análises considerou-se como áreas urbanizadas àquelas delimitadas no DIUR 05 (GDF, 2017) como ARIS e os conjuntos de edificações limítrofes às delimitações supracitadas que apresentaram densidades, características e nível de indicação de urbanização compatíveis com as áreas inscritas na delimitação apresentada pelo documento supracitado.

Assim, pode se considerar como área urbanizada as áreas delimitadas pelo DIUR 05 (GDF, 2017) como áreas de relevante interesse social adicionadas às áreas limítrofes a essas e que compartilhavam características de infraestrutura urbana e de densidade de edificações similares às mesmas e subtraindo-se das mesmas as áreas que apresentavam densidades visivelmente menores.

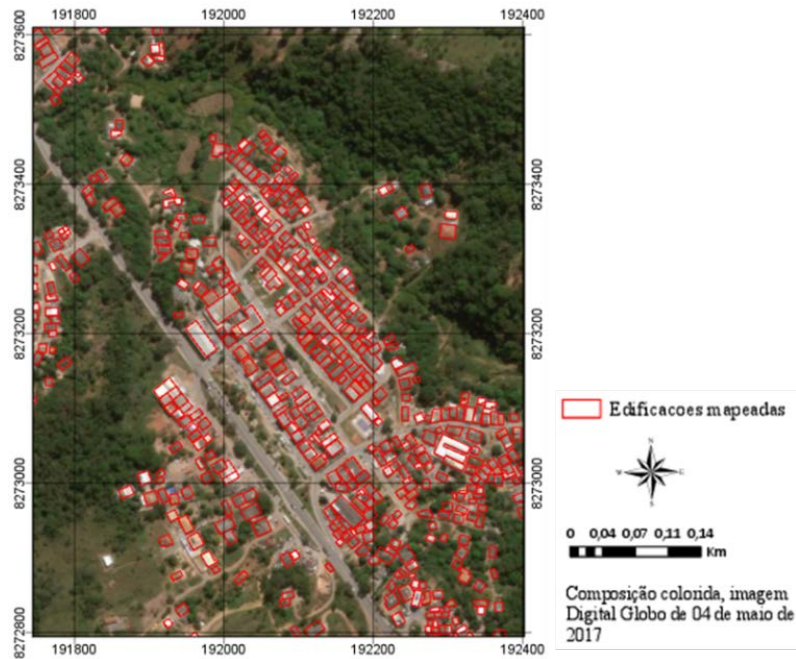


Figura 4.41 - Amostra do mapeamento das edificações na área de estudo utilizando uma imagem datada de 04 de maio de 2017, com resolução de 1m, escala de visualização de 1:5.000 (fonte: ESRI, 2019)

Neste caso, as edificações presentes nessas áreas foram identificadas como edificações isoladas. A Figura 4.42 mostra A Carta de Densidade de Edificações (Apêndice O) no SHF. A Tabela 4.25 traduz numericamente os resultados expressos no mapa de densidade de edificações, a quantificação das edificações nas áreas urbanas mostrou-se consistente com os resultados do PDAD 2013, 2015 e 2018 (CODEPLAN, 2013; 2015; 2018).

Nota-se que praticamente a maioria (49,8 %) das edificações estão localizadas na ARIS Fercal I, que também apresenta a maior área, tornando-a assim uma prioridade para processo de urbanização. Em seguida, tem-se uma parcela significativa de edificações isoladas (33,7 %), o que corrobora com as características rurais da RA, e que deve ser notado nas políticas públicas implementadas na área. Em seguida, tem-se, a Fercal III (6,5 %), a Fercal IV (5,3 %) e a Fercal II (5,3 %), respectivamente, que são áreas que apresentam um número menor de edificações e de área e também de infraestrutura. A ocupação mais densa referente à Fercal I parece ter feito com que as políticas anteriores favorecessem essa área, sendo a ARIS que mais apresenta infraestrutura urbana, diversidade de comércio, equipamentos públicos entre outros.

Tabela 4.25 - Densidade de edificações em maio de 2017 na área de estudo

		Área (m ²)	Nº de edificações mapeadas	(%)	Total
Áreas Urbanizadas	Fercal I	2076,5	2172	49,8	2890
	Fercal II	239,5	203	4,7	
	Fercal III	168,9	282	6,5	
	Fercal IV	333,9	233	5,3	
Edificações isoladas			1469	33,7	
Total					4359

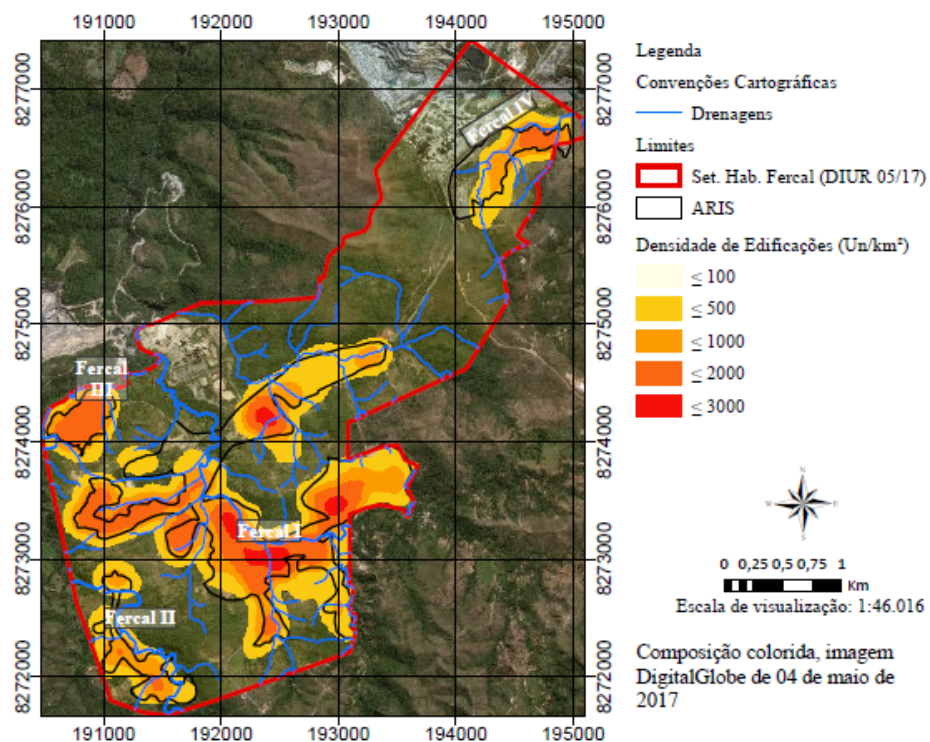


Figura 4.42 - Densidade de edificações na área de estudo até maio de 2017.

As Figura 4.43, Figura 4.44, Figura 4.45 e Figura 4.46 apresentam as delimitações das ARIS Fercal I, Fercal II, Fercal III e Fercal IV, respectivamente, conforme apresentado pelo DIUR 05 (GDF, 2017).



Figura 4.43 - Fercal I, escala de visualização 1:20.000 (fonte: ESRI, 2019).



Figura 4.44 - Fercal II, escala de visualização 1:9.000 (fonte: ESRI, 2019).



Figura 4.45 - Fercal III, escala de visualização 1:5.000 (fonte: ESRI, 2019).



Figura 4.46 - Fercal IV, escala de visualização 1:7.000 (fonte: ESRI, 2019).

4.22 INVENTÁRIO

Conforme comentado anteriormente, a identificação das áreas de risco foi realizada tomando como base trabalhos acadêmicos, relatórios da Defesa Civil, matérias jornalísticas, relatos dos moradores e vistorias de campo sempre com a perspectiva de elencar o maior número possível de informações relevantes para caracterizar os eventos e as áreas de risco.

Apesar da diversidade de fontes, cabe destacar a escassez e até mesmo a imprecisão das informações e dados sobre ocorrências de desastres na região. O fato da região ter assentamentos irregulares e apenas recentemente passar a ter uma administração própria, e ligada às questões locais, somado às características físicas distintas do resto do Distrito Federal e propícias à ocorrência de eventos parecer ter levado a população local a adotar uma postura conivente à ocorrência desses eventos. Assim, esta condição de conformismo consequente, parece ter contribuído para uma postura mais branda quanto ao tratamento desses eventos por parte dos órgãos de defesa civil e dos meios midiáticos e da própria população que em muitos momentos se queixa do abandono e da exclusão. Neste contexto, percebe-se que todos estes fatores prejudicaram a acurácia e precisão das informações registradas, sobretudo quanto a distribuição espacial e temporal das ocorrências.

4.22.1 MATÉRIAS JORNALISTICAS, VISITA DE CAMPO E RELATOS DOS MORADORES

O Ministério Público do Distrito Federal e Territórios (MPDFT), conforme a secretária de comunicação do próprio órgão informou em seu site, em uma matéria publicada no dia 30 de janeiro de 2008 (MPDFT, 2019), que realizou uma audiência pública no dia 30 de janeiro de 2008 para tratar da remoção de moradores em áreas de risco na Fercal. Na ocasião a Subsecretaria de Defesa Civil do DF apresentou ao MPDFT um levantamento realizado entre setembro e dezembro de 2007 que apontava 48 áreas de risco na região (MPDFT, 2019). As operações de remoção começaram no dia 18 de janeiro de 2008 e, até aquele momento, já contava com 30 casas demolidas e 170 identificadas em situações de risco.

Outra matéria, publicada no dia 31 de janeiro de 2008, também no site do MPDFT (MPDFT, 2009), apresentou informações sobre uma inspeção na Fercal realizada por representantes do Ministério Público, para avaliar o processo de remoção dos moradores das áreas de risco. Os representantes visitaram todas as comunidades atingidas pela inundação do Córrego Engenho Velho: Comunidade Prainha 1 e 2, Comunidade Boca do Lobo e Comunidade Bananal. Na ocasião os Membros do MPDFT tomaram conhecimento de um relatório da Defesa Civil elaborado entre os anos de 2003 e 2005 que apontava a necessidade de implantação de um sistema de captação de água na Comunidade Boca de Lobo. A reportagem afirma que o

documento supracitado afirmava que, na época, os residentes já sofriam com inundações e apresenta o último balanço da Defesa Civil na área, sem especificar a data: 77 casas já demolidas e 170 famílias cadastradas para deixar o local. A Secretaria de Desenvolvimento e Trabalho por meio de sua representante, Sra. Eliana Pedrosa, afirmou na ocasião que, preferencialmente, as pessoas que têm vínculos de trabalho com a Fercal deverão continuar residindo na região e as demais que necessitarem serão transferidas para loteamentos em Samambaia.

As Figura 4.47, Figura 4.48 e Figura 4.49 mostram o Córrego do Engenho Velho e as comunidades que vivem em suas margens nos anos de 2006, 2010 e 2019, respectivamente. É possível notar uma parte das residências demolidas e/ou retiradas devido a inundação de 2007, pela diferença entre os anos de 2006 e os anos de 2010 e 2019.



Figura 4.47 - Imagem Google Earth da área do Ribeirão Engenho Velho do ano de 2006.



Figura 4.48 - Imagem Google Earth da área do Ribeirão Engenho Velho do ano de 2010.



Figura 4.49 - Imagem Google Earth da área do Ribeirão Engenho Velho do ano de 2019.

Associado a estas informações foram realizadas entrevistas com Sr. Vandefilson, morador da Fercal há 38 anos e funcionário da administração da RA designado para acompanhar as visitas de campo à área inundada pelo Córrego do Engenho Velho. Segundo o mesmo, em 2007 o Ribeirão Engenho Velho transbordou, destruindo várias residências e avariou dezenas de outras. Acrescentou que além de comprometer a ponte que interligava uma margem à outra, notável na imagem de 2006. Esta situação, deixou, na ocasião, algumas pessoas isoladas por mais de 48 horas na outra margem do córrego. O funcionário relatou que muitas pessoas que foram retiradas e realocadas em Samambaia voltaram alguns anos depois para suas residências nas mesmas áreas de risco, muitas vezes resgatando os próprios destroços remanescentes da inundação e se realocando novamente nos mesmos locais. Ele ressaltou também que no primeiro trimestre do ano de 2019, houve mais um episódio de inundação na área, porém com menores proporções comparados ao evento de 2006. A Figura 4.50 apresenta os registros fotográficos da área em questão.



(a) Resto de edificação às margens do Ribeirão Engenho Velho



(b) Estrada vicinal às margens do córrego e residências



(b) Erosão às margens do Rib. Eng. Velho



(d) Casa com alto padrão construtivo em área de risco



(e) obstruções na calha do Rib. Eng.Velho



(f) descarte de lixo na calha do Rib.



(g) obstruções na calha do Rib. Eng.Velho

Figura 4.50 – Registro de campo do Ribeirão Engenho Velho.

4.22.2 RELATÓRIOS DA DEFESA CIVIL

Segundo Instrução Normativa N° 02/2016 do Ministério da Integração (BRASIL, 2016), a proteção e defesa civil compreende conjunto de ações de prevenção, de mitigação, de preparação, de resposta e de recuperação destinada a evitar e minimizar desastres e seus impactos sobre a população e a promover o retorno à normalidade social, econômica ou ambiental. Entre suas ações, destacam-se a identificação dos riscos e o planejamento preventivo. Seguindo as determinações da Política Nacional de Defesa Civil, a Secretaria de Defesa Civil do DF (SEDEC/DF) elabora anualmente um levantamento das principais áreas de risco para subsidiar o Plano de Contingência de Proteção e Defesa Civil (PLANCON).

Em outubro de 2012, SEDEC/DF, por meio de sua Assessoria de Comunicação, noticiou em seu blogspot (SEDEC, 2012) a aplicação de uma nova metodologia de mapeamento de áreas de risco e resumidamente apreciou seus resultados. O estudo indicou que, entre 2010 e 2012, a secretaria fez 261 notificações e 92 interdições de residências. Cerca de 3,4 mil pessoas viviam em 860 casas em área de “alto risco” de deslizamentos e desabamentos no DF, por estarem localizadas em solo arenoso, argiloso ou próximas a encostas ou à beira de rios. Essas residências foram localizadas em 37 pontos de 16 RA’s do DF (Regiões Administrativas do Distrito Federal), sendo a R.A. Fercal a que possuía a maior quantidade de pontos de risco, isto é, sete áreas de risco, conforme mostra a Tabela 4.26.

Tabela 4.26 - Levantamento de áreas de Risco 2012.

Local	Risco
Área 9 - Bairro Alto Bela Vista	Os condicionantes geológico, geotécnicos, biológicos, aspectos de engenharia civil predisponentes e o nível de intervenção no setor são de muito alta potencialidade para o desenvolvimento de processos de ameaças, conforme observado. Os sinais/feições/evidências de instabilidade são expressas e estão presentes em grande número ou magnitude. Processo de desestabilização em avançado estágio de desenvolvimento. É a condição mais crítica, sendo impossível monitorar a evolução do processo, dado seu elevado estágio de desenvolvimento; Mantidas as condições existentes, é muito possível a ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas, no período compreendido por uma estação chuvosa.
Área 10 - Bairro Bananal	
Área 11 - Bairro Boca de Lobo	
Área 12 - Bairro Fercal Leste	
Área 13 - Bairro Queima lençol	
Área 14 - Bairro Morro do Piauí	
Área 16 - Bairro Rua do Mato	

Fonte: Blogspot da defesa civil.

No estudo supracitado foram identificados como principais problemas: ocupação irregular do solo; falta de sistema de drenagem de águas pluviais; falta de saneamento básico; lixo e entulho; esgoto a céu aberto; estrutura precária das casas; fixação dos telhados das casas inadequada; águas servidas são jogadas nas encostas; casas próximas a erosão; lixos e esgoto jogados em córregos e difícil acesso dos bombeiros.

Em novembro de 2016, o Jornal Digital G1 (G1, 2016) noticiou a vistoria pelo Corpo de Bombeiros e pela Defesa Civil das áreas de risco de desabamento na região da Fercal. Segundo a reportagem, as visitas tiveram caráter preventivo e com o objetivo de alertar os moradores sobre erosões e eventuais danos associados. Durante a vistoria os técnicos dos órgãos constataram risco de deslizamento de terras no Morro do Piauí, onde há casas construídas a dois metros do local suscetível à erosão. A reportagem também cita uma das medidas paliativas a serem tomadas para contornar as dificuldades de acesso à região pelo carro da corporação dos bombeiros seria o desvio do córrego Engenho Velho, que danifica a ponte Flor de Liz em períodos de cheia (G1, 2016).

Na visita ao morro do Piauí, realizada em junho de 2019 no contexto desta pesquisa, o engenheiro da atual gestão da Administração da RA XXXI, Eng. Francisco Wanderson, comentou que o Morro do Piauí havia sido interditado e desocupado em 2017, mas que após o período de chuvas, a população voltou a ocupar o morro.

Um levantamento realizado pela Coordenação de Planejamento, Monitoramento e Controle da Subsecretaria de Sistema de Defesa Civil (SUDEC) para compor o Relatório de Levantamento de Áreas de Risco de 2017, realizado de acordo com o Plano Plurianual (PPA), com objetivo de mapear 25% por ano da área do Distrito Federal, identificou, conforme mostrado na *Tabela 4.27*, oito áreas de risco na região. Cabe ressaltar que o documento ainda não foi publicado em nenhum meio oficial e nem cedido na íntegra pelo órgão. Contudo, foi possível o acesso à versão resumida do mesmo via a Administração Regional da Fercal.

Vale notar que, segundo a Administração da RA da Fercal nas visitas realizadas em 2019, não há delimitação oficial das comunidades como demonstrado no resumo Relatório de Vistoria da Defesa Civil enviado a Administração da Região Administrativa da Fercal, uma vez que não há endereçamento oficial da região. O resumo infelizmente não faz alusão aos métodos de

classificação de risco ou aos critérios de delimitação. Ainda assim, para manter a uniformidade e continuidade das análises, salvo alguma correção baseada no conhecimento e vivência da área e corroborada pelos servidores da Administração, procurou-se neste estudo manter as delimitações e identificação das áreas de risco em comum com a comunicação da Defesa Civil do Distrito Federal.

Tabela 4.27 - Levantamento de áreas de risco 2017

Local	Solicitação	Classificação	Nº de residências	Riscos
Área 9 - Bairro Alto Bela Vista	Monitoramento de áreas de risco	Muito Alto	103	Edificações precárias, residências próximas a taludes, riscos de deslizamento, enxurradas, destelhamentos e danos às residências e à população.
Área 10 - Bairro Bananal	Monitoramento de áreas de risco	Muito Alto	75	Residências próximas a córregos, em "bacias" com risco de alagamento, enxurradas, danos às residências e às pessoas.
Área 11 - Bairro Boca de Lobo	Monitoramento de áreas de risco	Muito Alto	55	Declividade acentuada, residências construídas com materiais inadequados e frágeis, risco de desmoronamento, enxurradas e danos às pessoas e ao seu patrimônio.
Área 12 - Bairro Fercal Leste	Monitoramento de áreas de risco	Muito Alto	44	Ausência de saneamento básico, falta de drenagem pluvial, declive acentuado, residências com baixa qualidade construtiva.
Área 13 - Bairro Queima lençol	Monitoramento de áreas de risco	Muito Alto	50	Residências próximas a taludes, locais com declive acentuado com risco de deslizamento, enxurradas e pontos de alagamento.
Área 14 - Bairro Morro do Piauí	Monitoramento de áreas de risco	Muito Alto	48	Residências próximas a taludes, locais com declive acentuado fragilidade construtiva, podem ocasionar desmoronamento e enxurradas com danos significativos.
Área 15 - Bairro Engenho Velho	Monitoramento de áreas de risco	Muito Alto	55	Residências próximas a taludes, locais com declive acentuado com risco de deslizamento, enxurradas e pontos de alagamento.
Área 16 - Bairro Rua do Mato	Monitoramento de áreas de risco	Muito Alto	24	Residências em encostas, taludes com corte e ausência de saneamento e drenagem pluviais podem ocasionar

	deslizamentos, enxurradas.	soterramentos	e
Total	454		

Fonte: Resumo Relatório de Vistoria do Setor Habitacional Fercal, 2017.

Tabela 4.28 - Registro fotográfico que compõe o resumo do Relatório de Vistoria do Setor Habitacional Fercal, 2017.

Área 9 – Bairro Alto Bela Vista	
	Foto 1 – Residência em local com declividade acentuada, baixo padrão construtivo e material de fácil propagação do fogo.
Área 10 – Bairro Bananal	
	Foto 3 – Edificações próximas a barrancos, risco de enxurrada, baixo padrão construtivo.
	Foto 4 – Edificações em locais íngremes e descobertos de vegetação, dificuldades de manobra de veículos de grande porte.
Área 12 – Bairro Fercal Leste	
	Foto 8 – Ruas sem pavimentação e sem drenagem de águas pluviais.
Área 13 – Bairro Queima Lençol	
	Foto 9 – Ausência de drenagem de águas pluviais, declividade acentuada, baixa qualidade construtiva.
Área 14 – Bairro Morro do Piauí	



Foto 12 – Residências próximas a taludes, sem drenagem de águas pluviais.

Área 15 – Bairro Engenho Velho



Foto 13 – Ausência de drenagem pluvial, construção de edifício com vários pavimentos, sem identificação de responsável técnico e apresentando falhas estruturais.

Área 16 – Bairro Rua Mato

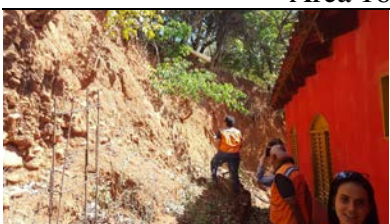


Foto 16 – Construções em taludes, sem drenagem pluvial, acompanhamento da equipe de empresa vinculada à CODHAB e equipe de arquitetura da Defesa Civil.

Fonte: Resumo Relatório de Vistoria do Setor Habitacional Fercal, 2017.

O Plano Distrital de Saneamento Básico e de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (GDF, 2017), elaborado pela SERENCO Serviços de Engenharia Consultiva, em seu prognóstico sobre a drenagem e o manejo de águas pluviais urbanas, faz uma apreciação sobre o subprograma Defesa Civil. No Plano supracitado é descrito que as ocorrências de alagamentos, inundações e deslizamentos foram registradas por técnicos da Defesa Civil e repassados ao software *Google Earth*, para melhor localização e definição das ações de monitoramento. No entanto, o mapeamento enviado pela Defesa Civil – Secretaria de Estado de Segurança Pública e da Paz Social (SSP) –, encontra-se com dados inconsistentes, com pontos indicados como área de risco, mas sem apreciar o tipo de risco relacionado, dificultando uma análise mais detalhada.

Quanto aos dados fornecidos pela Defesa Civil, as mesmas dificuldades e inconsistências foram encontradas durante os estudos e avaliações destes documentos realizados nesta pesquisa e parece ser uma crítica constante aos dados e resultados dos trabalhos acadêmicos fundamentados nestas informações e dados destes relatórios relativos à área de estudos e as mesmas regiões de risco.

4.23 RELATÓRIO DE CAMPO

A Tabela 4.29 apresenta uma compilação das observações de campo, descritas e com acompanhamento fotográfico no Apêndice. As Figura 4.51, Figura 4.52 e Figura 4.53 apresentam, respectivamente, a distribuição espacial dos registros fotográficos nas ARIS Fercal III, Fercal IV e Fercal I.

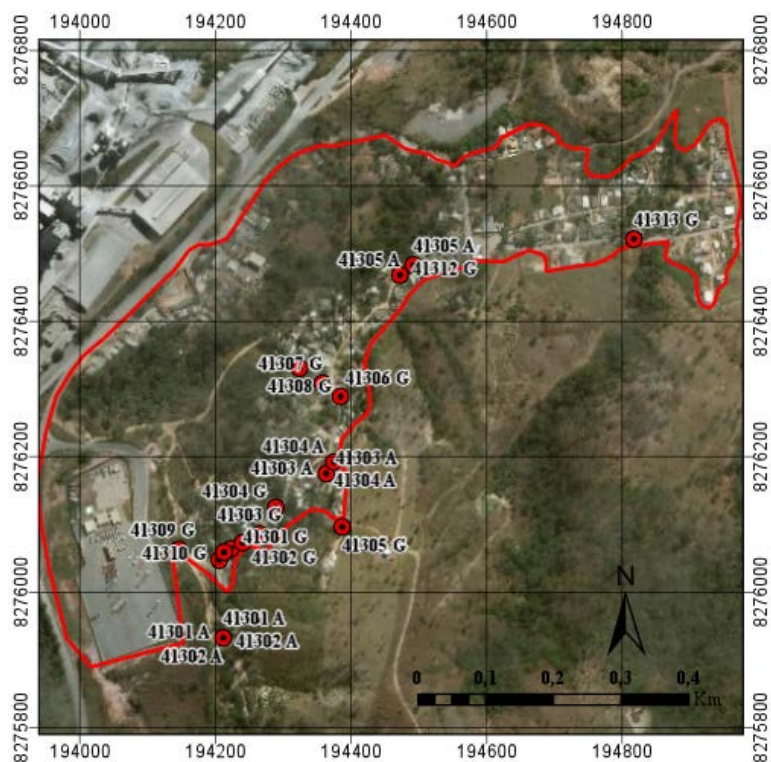


Figura 4.51 - Espacialização dos registros fotográficos da Fercal III.

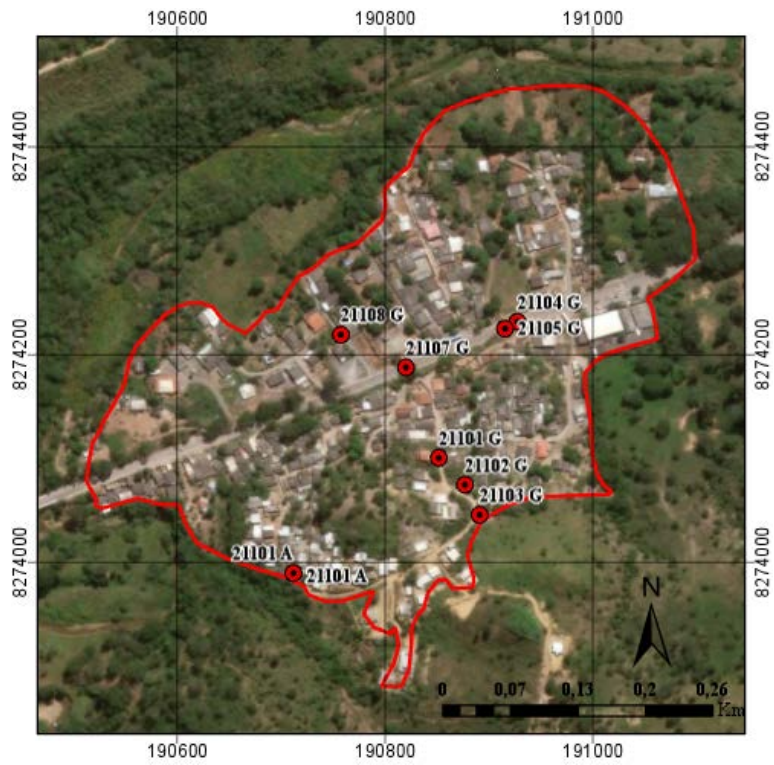


Figura 4.52 - Espacialização dos registros fotográficos da Fercal IV.

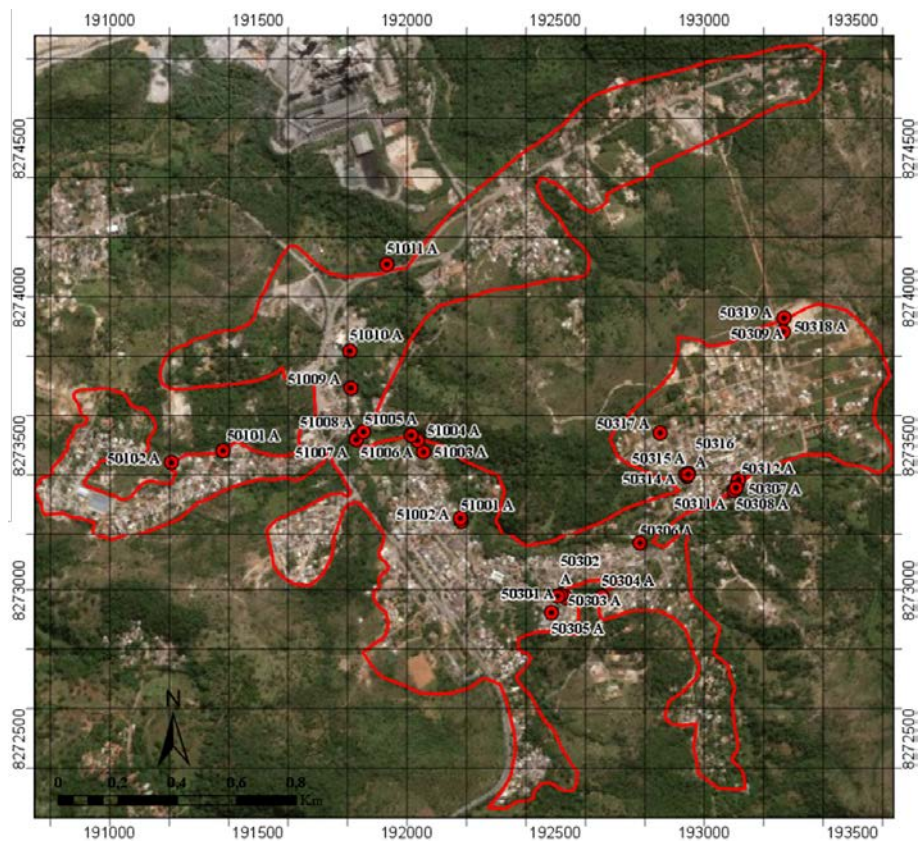


Figura 4.53 - Espacialização dos registros fotográficos da Fercal I.

É importante destacar que esta proposta representa uma avaliação inicial e teve como base a identificação dos problemas, riscos e vulnerabilidades mais eminentes na área levantados no campo no ano de 2018 e por meio de registro fotográfico disponível no Google *Street View* 2009. Assim, foram avaliadas as situações mais comuns encontradas durante as visitas de campo, físico e virtual de forma a orientar a avaliação das ocorrências da ocupação e deficiências no processo de urbanização.

A classificação proposta das observações foi feita com intuito de sintetizar os dados identificar as condições mais significativas do ponto de vista de segurança, estabilidade, vulnerabilidade e impactos ambientais e sempre de forma a ser reforçada pelos relatos dos moradores e dos funcionários da administração. Com base nestas considerações, a Tabela 4.29 apresenta uma proposta inicial de identificação e classificação dos problemas, riscos e vulnerabilidades da forma de ocupação do SHF e de deficiências no processo de urbanização.

Tabela 4.29 - Classificação das observações de campo

Classificação das observações de campo	Nº de ocorrências				(%) das observações específicas			
	Declividade		Presença de lixo ou entulho	Baixa	Declividade		Presença de lixo ou entulho	Baixa
	Acentuada	Moderada			Acentuada	Moderada		
Edificações próximas à talude, com corte irregular, sem drenagem de águas pluviais, com ou sem proteção	28	8	6	18	65,1	18,6	14,0	41,9
Edificações próximas a barrancos, com risco de enxurrada.	14	10	1	10	73,7	52,6	5,3	52,6
Edificações em local com declive acentuado e sob aterro irregular, bota-fora	15	11	0	10	88,2	64,7	0,0	58,8

Vias não pavimentadas em declividade acentuada. Sujeitas ao desenvolvimento de processos erosivos.	17	8	0	7	73,9	34,8	0,0	30,4
Obstrução da drenagem natural pelas edificações ou por lixo, ou entulho.	6	0	1	4	54,5	0,0	9,1	36,4
Indícios, ou desenvolvimento, de processos erosivos	25	5	1	18	78,1	15,6	3,1	56,3
Remoção de cobertura de encostas	37	11	1	31	63,8	19,0	1,7	53,4

Pelo fato de a região ser muito acidentada, a presença de uma variação de declividade é sentida no processo de urbanização e, por tal, mostrou-se uma boa variável para correlação dos problemas encontrados na urbanização com o ambiente físico. A discretização em acentuada, moderada e baixa foi subjetiva, visto que parte do mapeamento foi realizado com fotos disponíveis no *Street View*. Para se mensurar o caráter subjetivo dessa classificação a tabela com descrição e seus respectivos registros fotográficos são apresentadas no Apêndice R.

Nota-se que há uma concentração dos problemas de edificações implantadas em áreas com declividade acentuada. Fato que torna necessário executar uma terraplanagem dos terrenos para implantação dos loteamentos, estes cortes via de regra ficam expostos vários anos até que a ocupação se dê por completa, além disso, os materiais cortados são utilizados para bota-foras, o que propicia a remoção dos materiais finos expostos, que são carregados pelas águas da chuva. Por conseguinte, sem uma drenagem eficiente, acaba por incorrer em problemas de assoreamento dos corpos d'água presentes na região.

Nesse sentido, apesar das classes não esgotarem os problemas encontrados no SHF, algumas sugestões podem ser feitas para mitigar os efeitos deletérios do processo de urbanização, como por exemplo, que as obras de terraplanagem sejam feitas pelo método gradação das formas de relevo desenvolvido por SCHOR (1993) e SCHOR e GRAY (1995). A Figura 4.46 ilustra bem a diferença substancial que um tratamento minimamente adequado pode fazer na evolução de alguns processos. Sugere-se também que os projetos de drenagens das encostas sejam as linhas

de queda da encosta natural sempre que possível, ou que sejam encaixados em combinações especiais de cortes e bermas. E que paisagismo deve ser executado em processos de revegetação em padrões que ocorrem na natureza, como árvores e arbustos concentrados em áreas côncavas.



(a)

(b)

Figura 4.54 – Mesmo processo escorregamento em área urbana (a) com tratamento de agradiação das formas de relevo e (b) sem tratamento.

Este trabalho é pioneiro na compilação dos dados relativos ao diagnóstico urbano desta região em face a proposta de urbanização trazida no DIUR 05/2017 (GDF, 2010). Desta forma, esta classificação visa dar subsídios aos futuros mecanismos de intervenção e a consequente minimização dos processos de ocupação irregular. Ressalta-se que esta proposta de classificação objetiva simplesmente dar uma visão do contexto dos problemas do Setor Habitacional Fercal.

5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

A análise integrada da sociedade-natureza mostrou-se mais uma vez de extrema relevância para subsidiar o planejamento urbano, e sobretudo para reforçar um caminho sustentável de coexistência dos elementos que o integram. Corroborando com Ross (1992) que argumentou a favor da necessidade do desenvolvimento do planejamento físico-territorial na perspectiva econômico-social e ambiental, que deve levar em consideração a potencialidade dos recursos naturais e humanos e a fragilidade face os diferentes usos antrópicos.

A utilização da cartografia geotécnica já mostrou sua importância destinada ao planejamento urbano em aplicações nos grandes centros urbanos. E, apesar de ainda sutil, sua aplicação em áreas de assentamentos irregulares não mostrou menos potencial.

No caso do Setor Habitacional Fercal os mapas derivados e as cartas corroboraram com as avaliações de campo e com o inventário realizado na área quanto as potencialidades e dificuldades do processo de urbanização na região, o que reafirma o potencial da cartografia como ferramenta para o planejamento urbano e atinge o objetivo geral do trabalho, subsidiar informações para o planejamento do ordenamento territorial urbano e mineral do SHF.

Este trabalho constou com o levantamento de uma grande quantidade de informações, com espacialização espacial e temporal diversa. Foram feitas visitas de campo, consultas aos documentos oficiais da Administração e aos de algumas empresas minerárias e entrevistas. Além de uma compilação dos trabalhos e artigos acadêmicos realizados na área. A quantidade de informação levantada e a diversidade das fontes permitiu a criação de um banco de dados consistente sobre o SHF, que era um dos objetivos específicos deste trabalho.

O levantamento de alguns atributos físicos particulares foi possível graças à compilação dos documentos gerados para áreas de mineração, muitas vezes adjacentes à área de ocupação. Apesar de este trabalho não utilizar análises diretas das áreas, exceto pelas medidas de concentração de poluentes no ar e velocidade do vento, a integração dos dados de áreas mineiras às considerações e análises das áreas adjacentes mostrou-se potencialmente frutífera. O SHF compartilha de uma porção considerável de sua área com a presença de empresas mineiras que

possuem uma vasta quantidade de dados sobre as potencialidades e fragilidades da área que certamente auxiliariam no planejamento do ordenamento territorial.

Algumas informações foram levantadas a partir de banco de dados ligados à *softwares* gratuitos, como *Google Earth*, *Google Street View*, e *QGIS*. Mostrando o potencial desta metodologia de mapeamentos à baixo custo, em especial a parte de diagnóstico urbano. Esses *softwares* permitiram não só um mapeamento temporal da ocupação, substancial para o entendimento de seu desenvolvimento e da evolução dos problemas urbanos identificados, mas também a visita virtual de área potencialmente perigosas – uma dificuldade recorrente em assentamentos precários.

O inventário de ocorrência de eventos mostrou a deficiência das matérias jornalísticas em referenciar espacialmente, ou mesmo temporalmente, a ocorrência de eventos geodinâmicos na região do SHF. Infelizmente, o mesmo se reproduziu nas informações da Defesa Civil do Distrito Federal sobre as áreas de risco na região, ao menos no resumo do relatório ao qual o acesso foi concedido e nas inúmeras tentativas de contato.

Comentadas as dificuldades de se elaborar um banco de dados coerente, vale ressaltar a importância da contribuição da Administração Regional da Fercal e dos moradores. Ávidos a ter resoluções sobre os problemas da região, todos se mostraram muito empenhados em contribuir com informações para elaboração dos estudos na área.

A associação entre os dados levantados em campo e no trabalho de escritório, os dados gerados nas cartas interpretativas e na fotointerpretação de imagens de satélite mostrou-se uma ferramenta essencial na compreensão das relações entre a forma de uso e ocupação, os atributos físicos e a influência da variável econômica, na presença das empresas mineiras, no desenvolvimento do processo de urbanização do SHF. No sentido que é possível notar uma preferência pela ocupação das áreas planas nos fundos dos vales e das áreas próximas aos empreendimentos mineiros.

Vale ressaltar a importância do planejamento urbano na resolução de conflitos de uso e ocupação da região. Uma parte considerável do SHF tem previsão para ser explorada pela

atividade mineira. Nesse sentido, o planejamento adequado é essencial para resolução de conflitos e a compatibilização de usos presentes e futuros.

A identificação e classificação das áreas suscetíveis à eventos de inundação e corrida de massa, ao corroborar com o encontrado em campo e nos relatos históricos coletados, indicou que a metodologia aplicada foi satisfatória quanto o mapeamento e zoneamento das áreas suscetíveis. A Carta Síntese de Suscetibilidade, apresentada na Figura 5.1, consubstancia os resultados obtidos na avaliação da suscetibilidade da área à ocorrência de eventos geodinâmicos.

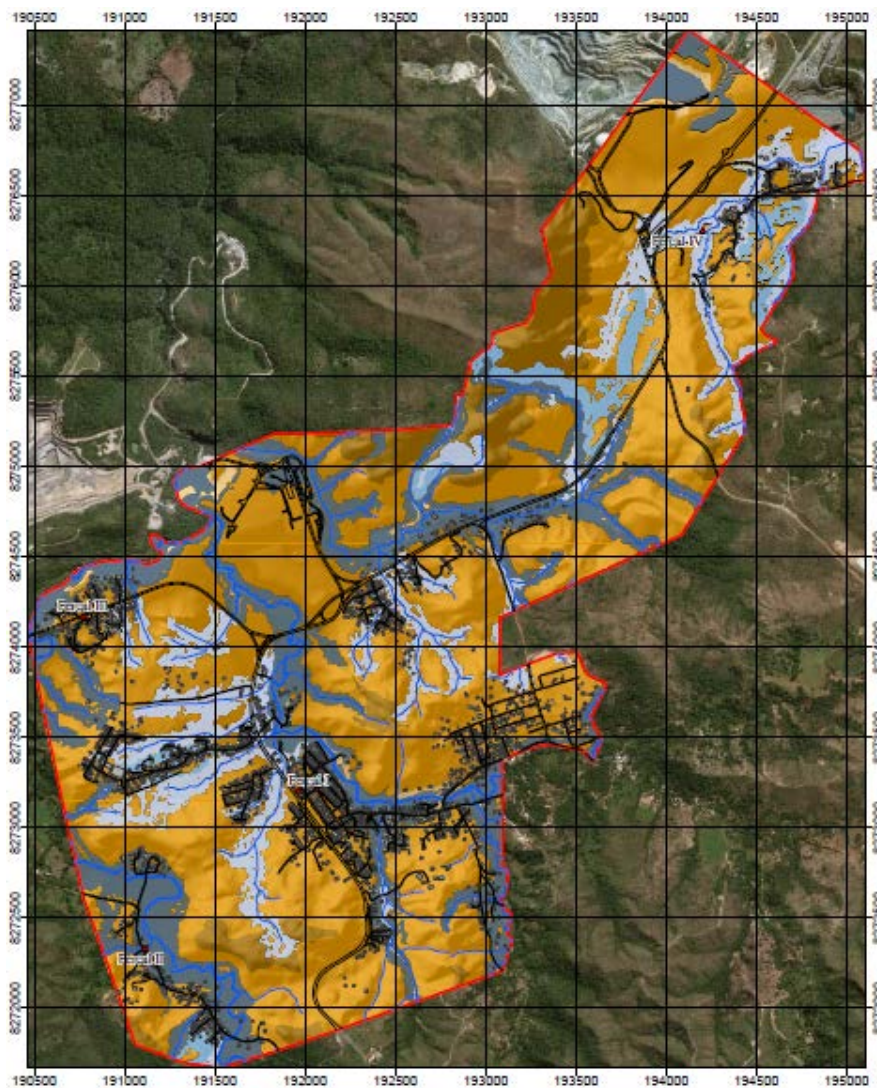


Figura 5.1 - Carta Síntese de Suscetibilidade à Eventos Geodinâmicos.

Tabela 5.1 - Quadro legenda de suscetibilidade à inundação.

Classe	Descrição predominante		Área	
	Locais	Bacias	Km ²	(%)
Alta	Relevo: Planícies e Terraços Fluviais; solos hidromórficos em terrenos situados ao longo de cursos d'água; Declividade <3%; Altura da inundação até 2,0 m em relação à borda da calha.	Ac grande; Formato: tendendo à circular; Densidade de drenagem: alta; Canais tendendo ao sinuoso; Amplitude alta e canal principal longo;	1,44	34,8
Média	Relevo: Planícies e Terraços Fluviais; solos hidromórficos ou não; Declividade 3 a 10%; Altura da inundação até 6,0 m em relação à borda da calha.	Ac intermediária; Formato: circular a alongado; Padrão dos canais: sinuosos a retilíneo; Amplitude média e canal principal intermediário.	0,36	8,7
Baixa	Relevo: Planícies e Terraços Fluviais; solos hidromórficos ou não; Declividade 3 a 10%; Altura da inundação até 10 m em relação à borda da calha.	Ac pequena; Formato: tendendo alongado; Densidade de drenagem: baixa; Amplitude alta e canal curto.	2,34	56,5

Tabela 5.2 - Quadro legenda de suscetibilidade à movimentos de massa.

Classe	Descrição predominante	Área	
		Km ²	(%)
Alta	Relevo: Morros e Serras baixas; Topos de morros; Amplitude >100; Declividade > 40%; Formas de encostas: convexo-côncavos dissecadas e com topos aguçados ou arredondados; solos majoritariamente rasos	0,95	8,37
Média	Relevo: Colinas Dissecadas e Morros Baixos; Vertentes Recobertas por Rampas de Colúvio e Rampas de Talús Amplitude: 10 a 100; Declividade: 10 a 100%; Formas de encostas: convexo-côncavos dissecadas e com topos aguçados ou arredondados; Solos majoritariamente profundos	9,58	84,43
Baixa	Relevo: Planícies Fluviais e Terraços Fluviais Amplitude: 0 a 10; Declividade: 0 a 20%; Formas de encostas: convexas suavizadas ou retilíneas Solos em geral hidromórficos	0,82	7,2

Com base nas dificuldades, nos resultados obtidos e nas avaliações realizadas foi possível perceber alguns pontos que seriam importantes para continuidade deste trabalho, tanto no sentido de ampliar a gama de informações a respeito do SHF quanto no de reforçar os objetivos

aqui propostos, são propostas algumas sugestões para pesquisas futuras e conseqüentemente subsidiar os possíveis avanços na melhoria da qualidade do processo de urbanização da região.

- Buscar uma maior parceria entre as mineradoras da região no sentido de subsidiar os dados e informações relevantes a complementação deste estudo;
- Fazer uma avaliação mais específica da qualidade das edificações e bem como os métodos construtivos adotados;
- Buscar obter uma melhor avaliação dos processos erosivos existentes na região e sua correlação com os parâmetros geotécnicos, tipos de solos e geomorfologia;
- Buscar resgatar mais dados históricos que possam promover o maior entendimento do processo de ocupação da área;
- Promover formas de conscientização da população a respeito dos riscos da ocupação irregular e buscar um maior comprometimento da comunidade na minimização dos mesmos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- ABREU, A. E. S. de; AUGUSTO FILHO, O. (2007) Mapeamento geotécnico para subsidiar a gestão municipal de Analândia – SP com base nas abordagens da EESC/USP, do IPT e da UNESP – Rio Claro. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA E GEOAMBIENTAL, 6, Uberlândia. Anais... Uberlândia: ABGE, p. 711-724.
- ANDRADE, R. F. de. (2005). Mapeamento geotécnico preliminar em escala de semi-detalhe (1:25.000) da área de expansão urbana de Uberlândia-MG. Tese (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia Civil – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 114 p.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). (2010). Sistema de Informações Hidrológicas Versão 1.2 (Compilação 1.2.1.280). Brasília, DF, ANA, 2010.
Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br>>. Acesso em: 31 ago. 2019.
- ÁGUA e TERRA. (2008). Consultoria e Planejamento ambiental. EIA-RIMA Bloco III e Granja Aprazível. Votorantim, 389 p.
- AVELINE, I.; BODENS, J.; BRAGA, L. (2011). A formação do “urbano” na Fercal a partir de agentes sociais: um estudo de caso em regiões esquecidas do Distrito Federal. Revista Geográfica de América Central. Número Especial EGAL, 2011. Costa Rica, p. 1 – 14.
- BRAGA, L. M. (2015). Análise geomorfológica e geotécnica de encostas suscetíveis a movimentos de massa – bacia hidrográfica do Ribeirão Contagem. Tese (Mestrado em Geografia) – Departamento de Geografia – Universidade de Brasília, Brasília, 68 p.
- BRASIL, (1988) Decreto nº 11.123 de 7 de junho de 1988; que “Dispões sobre a criação da Área de Proteção Ambiental – APA de Cafuringa”. 1988.
- _____. (2007), Ministérios da Cidades. Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT. Mapeamento de riscos em encostas e margem de rios / Celson Santos Carvalho,

Eduardo Soares de Macedo e Agostinho Tadashi Ogura, organizadores. Brasília: Ministérios da Cidade; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT

_____. (2008). Ministério das Cidades. Política habitacional e a integração de assentamentos precários: parâmetros conceituais, técnicos e metodológicos. Brasília: Ministério das cidades,

_____. (2008). Ministério Público do Distrito Federal. Acessado em: <http://www.mpdft.mp.br/portal/index.php/comunicacao-menu/noticias/notcias-2008-mainmenu-342/123-representantes-do-mpdft-realizam-inspecao-na-fercal>

_____, 2010. Ministério das cidades. Guia para o mapeamento e caracterização de assentamentos precários, 82 p.

_____. (2012) Plano de Ordenamento Territorial Urbano do Distrito Federal – PDOT. Brasília

BITAR, Y. O., FILHO, N. F., BRAGA, T. O. (1990) A inserção da análise de risco geológico em estudos de impacto ambiental – EIA: considerações a partir do caso de mineração em áreas urbanas. I simpósio latino-americano sobre risco geológico urbano. 20 p.

BITAR, Y. O. (2014). Carta de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundações: 1:25.000. Nota técnica explicativa, IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo; CPRM – Serviço Geológico do Brasil, Brasília, DF, 50 p.

BIZZI, L. A.; VIDOTTI, C. S. R. M.; GOLÇALVEZ, J. H. (Org) (2003). Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil: texto, mapas e SIG. Brasília: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 692 p.

CARDOSO, A. L. (2016) Assentamentos precários no brasil: discutindo conceitos.

CARVALHO, C.S. (1998). Risco geotécnico em favelas. *In*: Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, 11, Brasília, DF, 1998. Anais... Brasília, DF, ABMS, v. 4, p. 123-141.

CERRI, L.E.S. (1990). Carta geotécnica: contribuições para uma concepção voltada as necessidades brasileiras. In: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, 6, 1990, ABGE, Salvador, Anais..., Bahia: ABGE, 1990, p. 309-317.

CERRI, L. E. S.; AKIOSSI, A.; AUGUSTO FILHO, O.; ZAINE, J. E. Cartas e mapas geotécnicos de áreas urbanas: reflexões sobre as escalas de trabalho e proposta de elaboração com o emprego do método de detalhamento progressivo. In: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, 8, 1996, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: ABGE, 1996, v.2, p. 537-548.

CERRI, L.E.S. e AMARAL, C. P. (1998). Riscos Geológicos. *In*: Oliveira, A.M.S. e Brito, S.N.A. (ed.). Geologia de Engenharia. São Paulo, SP, Associação Brasileira de Geologia de Engenharia (ABGE), p. 301-310.

CHRISTOFOLETTI, A. (1980). Geomorfologia. São Paulo, SP, Ed. Edgard Blücher, 1980. p. 1-127.

COMPANHIA DE PLANEJAMENTO DO DISTRITO FEDERAL (CODEPLAN). (1976). Projeto do sistema cartográfico do Distrito Federal - SICAD. Brasília, DF, GDF/Codeplan, 213 p.

_____. (2013) Anuário Estatístico do Distrito Fderal.

_____. (2015) Anuário Estatístico do Distrito Fderal.

_____. (2018) Anuário Estatístico do Distrito Fderal.

CUNHA, M. A. (1991). Ocupação de Encostas. Instituto de Pesquisas Tecnológicas, São Paulo, SP, 216 p.

DANTAS, M. R. (2012). Biblioteca de relevo do território brasileiro. Geodiversidade do Estado de Minas Gerais, M. F. Machado & S. F. Silva, CPRM, Belo Horizonte, MG, Apêndice II. 136 p.

- DEARMAN, W. R. (1991). Engineering geological mapping. Butterworth-Heinemann Ltd., London, UK. V.1, 137 p.
- DINIZ, N.C. (2012). Cartografia Geotécnica por Classificação de Unidades de Terreno e Avaliação de Suscetibilidade e Aptidão. Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, São Paulo, SP, v. 2, n. 1, p. 29-77.
- DINIZ, N. C.; FREITAS, C. G. L. (2013). Cartografia Geotécnica. Capítulo 7 In: Parâmetros para cartografia geotécnica e diretrizes para medidas de intervenção de áreas sujeitas a desastres naturais. In: Coutinho, R. Q. (Coord. e Org.). Ministério das Cidades – Programas Urbanos, Cartografia Geotécnica / UFPE – GEGEP/DECivil. Documento Técnico.
- DNPM. SIGMINE (2018). Disponível em <http://sigmine.dnpm.gov.br/webmap/>. Acesso em Nov/2018.
- FELL, R.; COROMINAS, J.; BONNARD, C.; CASCINI, L.; LEROI, E.; SAVAGE, W. Z. (2008) Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land use planning. Engineering Geology, 102: p. 99-111.
- FRANCO, G. B., MARQUES, E. A., CALIJURI, M. L.; GOMES, R. L. (2010). Cartografia Geotécnica: Estágio Atual do Conhecimento. (I. d. Geografia, Ed.) Caminhos de Geografia - Revista on-line, 11(35), 158-172.
- FREITAS, C. G. L. (2000) Cartografia geotécnica de planejamento e gestão territorial: proposta teórica e metodológica. Tese (Doutorado) – Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 238 p.
- FREITAS-SILVA, F. H.; CAMPOS, J. E. G. (1998). Hidrogeologia do Distrito Federal. In: IEMA/SEMATEC/UnB 1998. Inventário Hidrogeológico e dos Recursos Hídricos Superficiais do Distrito Federal. IEMA/SEMATEC/UnB. Vol. 4, 234p.
- G1 (2016). GDF vistoria nove áreas de risco de desabamento por chuvas até março, novembro/2016. Disponível em: < <http://g1.globo.com/distrito->

federal/noticia/2015/03/chuva-alaga-rua-do-df-e-inundacao-atrapalha-caminhao-carro-e-moto.html> Acessado em: 08 de março de 2019.

GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL (GDF). (2010). Mapa índice articulação SICAD 1:10.000 SIRGAS. Secretária de Habitação, Regularização e Desenvolvimento Urbano (SEDHAB/DF), Brasília, DF, Escala 1:10.000. Formato digital. Disponível em: <http://www.sedhab.df.gov.br/mapas_sicad/index2.htm>. Acesso em: 01 ago. 2010.

_____. (2017) Diretrizes urbanísticas do Setor Habitacional Fercal RA XXXI (DIUR 05/17). Distrito Federal, 2017.

GUERRA, A.T e GUERRA, A.J.T. (2008). Novo dicionário geológico-geomorfológico. Rio de Janeiro, RJ, Ed. Bertrand Brasil Ltda., 6 ed., 652 p.

GRIMM, N.; GROVE, M.; PICKETT, S.T.A.; REDMAN, C. (2008). Integrated Approaches to Long-Term Studies of Urban Ecological Systems. 10.1007/978-0-387-73412-5_8.

INTERNATIONAL ASSOCIATION OF ENGINEERING GEOLOGY (IAEG), (1976). Engineering geological maps: a guide to their preparation. Paris, FRA, the Unesco Press, v. 15, 79 p.

IBRAM. (2011) Relatório de qualidade do ar de 2011. Acessado em: www.ibram.df.gov.br.

KANG, S. e ZHENG, X. (2019) Método multiescala integrado para obter estatísticas precisas da área de superfície de florestas grandes. Geo-Inf. 2019), 58 p.; <https://doi.org/10.3390/ijgi8020058>

LEMOS, A. C. N.; CAMPOS, H. C. N. S.; BITAR, O. Y.; MONOFORTE, R. (1986). Planejamento e manejo minerário municipal: uma proposta para a participação do município no ordenamento e desenvolvimento da mineração. São Paulo: Sudelpa – Boletim Técnico, 26 p.

LIPORACI, S. R. e ZUQUETTE, L. V. (1995). Metodologia de mapeamento geotécnico para identificar e cadastrar impactos ambientais causados por obras civis e mineração,

- aplicação no município de Poço de Caldas (MG). In: Simpósio Brasileiro de Geotecnia Ambiental - REGEO, 4, São José dos Campos. Anais... São Paulo: ABMS, 1999.
- MARINI, O. J.; FUCK, R., A.; DARDENNE, M. A.; DANNI, J. C. (1984). Província Tocantins, setores central e sudeste. In: Almeida, F. F. M.; Hasui, Y. (Coord.). O Pré-Cambriano do Brasil. São Paulo: Edgard Blucher, p. 205 – 264.
- MARTINS, E.S. e BAPTISTA, G.M.M. (1998). Compartimentação geomorfológica e sistemas morfodinâmicos do Distrito Federal. Inventário hidrogeológico e dos recursos hídricos superficiais do Distrito Federal. Brasília, DF, Governo do Distrito Federal (GDF/SEMATEC/IEMA/UnB), cap. 1, 52 p.
- NETZBAND, M.; STEFANOV, W.; REDMAN, C. (2007). Remote Sensing as a Tool for Urban Planning and Sustainability. Applied Remote Sensing for Urban Planning, Governance and Sustainability. 1-23. 10.1007/978-3-540-68009-3_1.
- NOBRE, A. D.; CUARTAS, L. A.; HODNETT, M.; RENNÓ, C. D.; RODRIGUES, G.; SILVEIRA, A. WATERLOO, M.; SALESKA, S. (2011). Height above the nearest drainage, a hydrologically relevant new terrain model. Journal Hydrology, 404(1-2): p. 13 – 29.
- NOGUEIRA, F. R.; PAIVA, C. F. E. (2018) Uma contribuição ao tratamento de riscos em urbanização de assentamentos precários. Dossiê o futuro dos assentamentos precários na américa latina.
- NOVAES PINTO, M. (1994) Caracterização geomorfológica do Distrito Federal. In: NOVAES PINTO, M. (org). Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas. Brasília, DF, Editora UnB. 2ª ed. p. 285-320.
- OLIVEIRA, L.M. (2010) Acidentes Geológicos Urbanos. MINEROPAR – Serviço Geológico do Paraná, Curitiba. Paraná, 1ªed, 2010. 78 p.
- PAULA, B. L. de; CERRI, L. E. da S. (2008). Proposta de representação cartográfica para cartas geotécnicas. Revista Geotecnica, São Paulo, n. 112, p. 11-26.

- PRANDINI, F. L.; NAKAZAWA, V. A.; FREITAS, C. G. L.; DINIZ, N. C. (1995) Cartografia geotécnica nos planos diretores regionais e municipais. In: BITAR, O. Y. (Coord). Curso de geologia aplicada ao meio ambiente. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia (ABGE) e Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), p. 187-202.
- REATTO, A., MARTINS, E.S., FARIAS, M.F.R., SILVA, A.V. e CARVALHO JÚNIOR, O.A. (2004). Mapa pedológico digital SIG atualizado do Distrito Federal Escala 1:100.000 e uma síntese do texto explicativo. Planaltina, DF, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), Embrapa Cerrados, Documentos 120, 1 ed., 29 p.
- RECKZIEGEL, E. W. (2012). Identificação e mapeamento das áreas com perigo de movimento de massa no município de Porto Alegre – RS. Tese de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências, Programa de Pós Graduação em Geografia, 90 p.
- RENNÓ, C. D. NOBRE, A. D.; CUARTA, L. A.; SOARES, J. V.; HODNETT, M. G.; TOMASELLA, J.; WATERLOO, M. J. (2008). HAND, a new terrain descriptor using SRTM-DEM: Mapping terra-firme rainforest environments in Amazônia. Remote Sensing of Environment, 112: p. 3469 – 3481.
- ROSS, J. L. S. (1992). O registro cartográfico dos fatos geomorfológicos e a questão da taxonomia do relevo. In: Revista do Departamento de Geografia – Universidade de São Paulo. Vol. 6, 17-29. doi:10.7154/rdg.1992.0006.0002.
- R7 (2013). Falta de rede de esgoto vira problema de saúde pública na Fercal. Disponível em:< <https://noticias.r7.com/distrito-federal/falta-de-rede-de-esgoto-vira-problema-de-saude-publica-na-fercalnbsp-18092013>>. Acessado em 08 de março de 2019.
- SANTOS, M. M. (2005). Avaliação hidrogeológica para determinação da vulnerabilidade natural do aquífero freático em área selecionada na cidade de Londrina – PR. Tese de Mestrado em Geociências, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade do Estado de São Paulo, Rio Claro, 159 p.

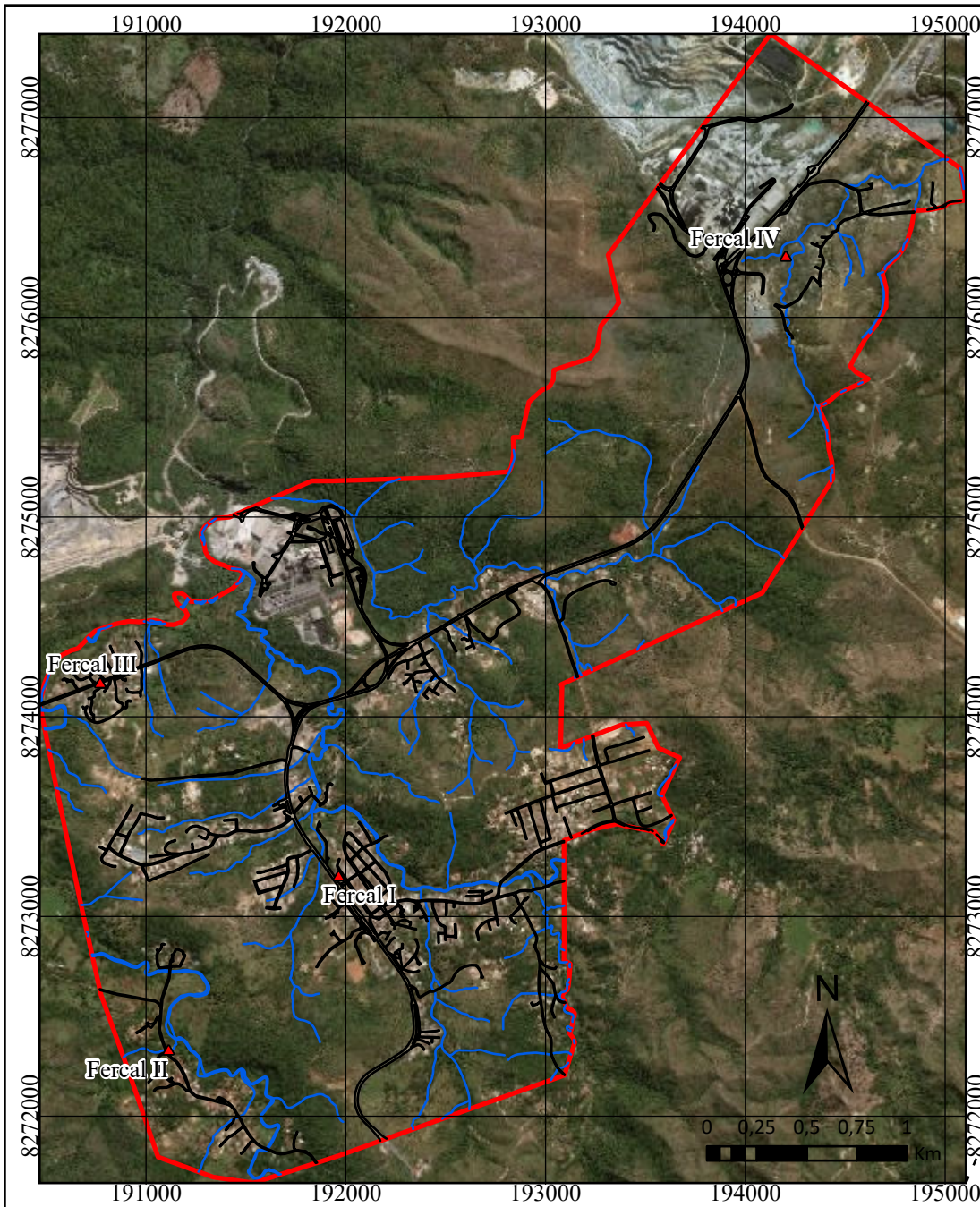
- SANTOS, C. M. (2011). Biomonitoramento passivo utilizando casca de aroeira vermelha (*Myracrodoun urundeuva*): estudo de caso da região da Fercal – DF. Tese de Mestrado em Geociências - Instituto de Geociências – Universidade de Brasília, 110 p.
- SANTOS, A. R. (2017). Cidades e Geologia: Discussão Técnica e Proposição de Projetos de Lei de Grande Interesse para as Populações Urbanas. Rudder, São Paulo, 136 p.
- SILVA, A. F. da. (2003). Mapeamento geotécnico e análise dos processos erosivos na bacia do córrego Tuncum, São Pedro – SP, escala 1:10.000. Tese (Mestrado em Geotecnia) – Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, São Carlos. 131 p.
- SNIC, Sindicato Nacional da Indústria do Cimento. (2013) Relatório Anual 2013. Acessado: 08 de abril de 2018. Acesso em: 4 de março de 2018, < <http://snic.org.br/numeros-relatorio-anual.php>>
- SOARES-FILHO, B. S.; SONTER, L.; MORAN, C. J.; BARRETT, D.; (2013). Mining, deforestation and conservation opportunities: A case study of the Quadrilátero Ferrífero land use change dynamics. In: Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), Foz do Iguaçu, Paraná, 8 p.
- SOBREIRA, F.G. e SOUZA, L.A. (2012). Cartografia geotécnica aplicada ao planejamento urbano. Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, São Paulo, SP, v. 2, n. 1, p. 79-97.
- SOBREIRA, F.G. e SOUZA, L.A. (2014). Guia . Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, São Paulo, SP, v. 2, n. 1, p. 79-97.
- SONTER, L. J.; MORAN, C. J.; BARRETT, D. J. e SOARES-FILHO, B.S. (2014), The processes of land use change in mining regions, Journal of Cleaner Production (2014), doi: 10.1016/j.jclepro.2014.03.084.
- TERRA Ltda. (1998) EIA/RIMA Bloco I e II da Votorantim Cimentos.
- TOMINAGA, R; SANTORO, J.; AMARAL, R. (2009) Desastres Naturais: conhecer para prevenir. Instituto Geológico. São Paulo, 2009.

- YANG, S., ZHANG, Y. e CHEN, S. (2018) Extraction of Terrain Relief Amplitude Based on GIS and Change Point Theory. International Conference on Physics, Computing and Mathematical Modeling (PCMM 2018) ISBN: 978-1-60595-549-0, 13 p.
- ZUQUETTE, L.V. (1987) Análise crítica da cartografia geotécnica e proposta metodológica para condições brasileiras. Tese de Doutorado em Geociências – Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, 219 p.
- _____. (1993) Importância do mapeamento geotécnico no uso e ocupação do meio físico: fundamentos e guia para elaboração, 1993. Tese (Livre Docência) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2 v., 369 p.
- ZUQUETTE, L.V. e GANDOLFI, N. (2004). Cartografia Geotécnica. Oficina de Textos, São Paulo, Brasil, v. 1, 190 p
- ZEE – Zoneamento Ecológico Econômico do Distrito Federal (2011). Relatório técnico, Subproduto 3.1, volume 2, Distrito Federal, Brasília, 172 p. Disponível em: www.zee.df.gov. Acessado em dezembro de 2018.





APÊNDICE

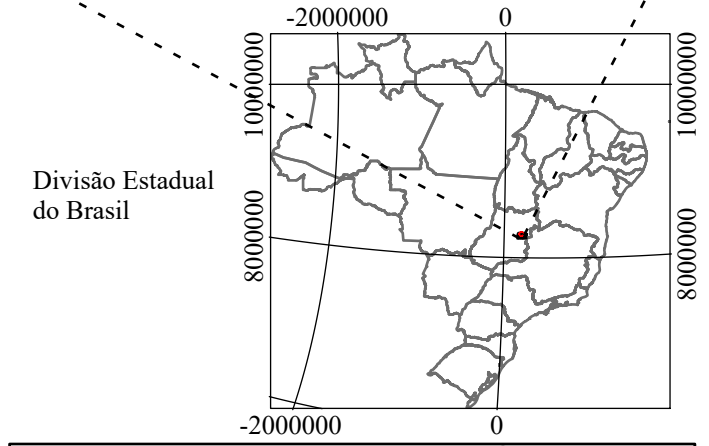
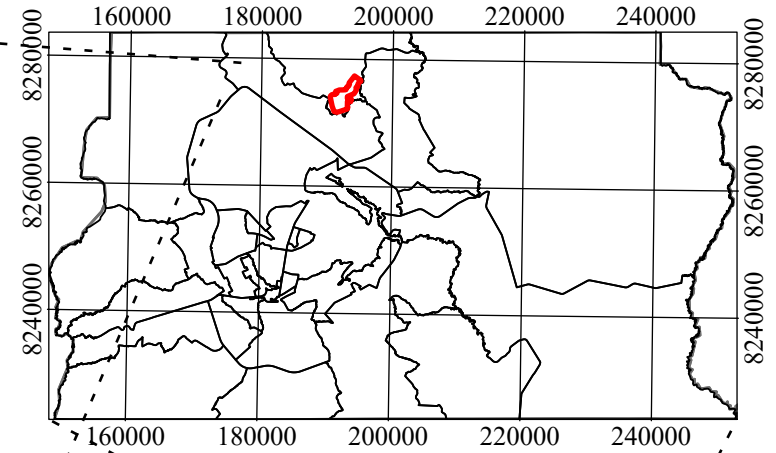
APÊNDICE

A. CARTA DE LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO



Proposta de Regiões Administrativas do Distrito Federal

- Legenda
- Convenções Cartográficas
-  ARIS
 -  Vias
 -  Drenagens
- Limites
-  SHF (DIUR 05/17)



APLICAÇÃO DA CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA COMO SUBSÍDIO PARA PLANEJAMENTO URBANO NO SETOR HABITACIONAL FERCAL

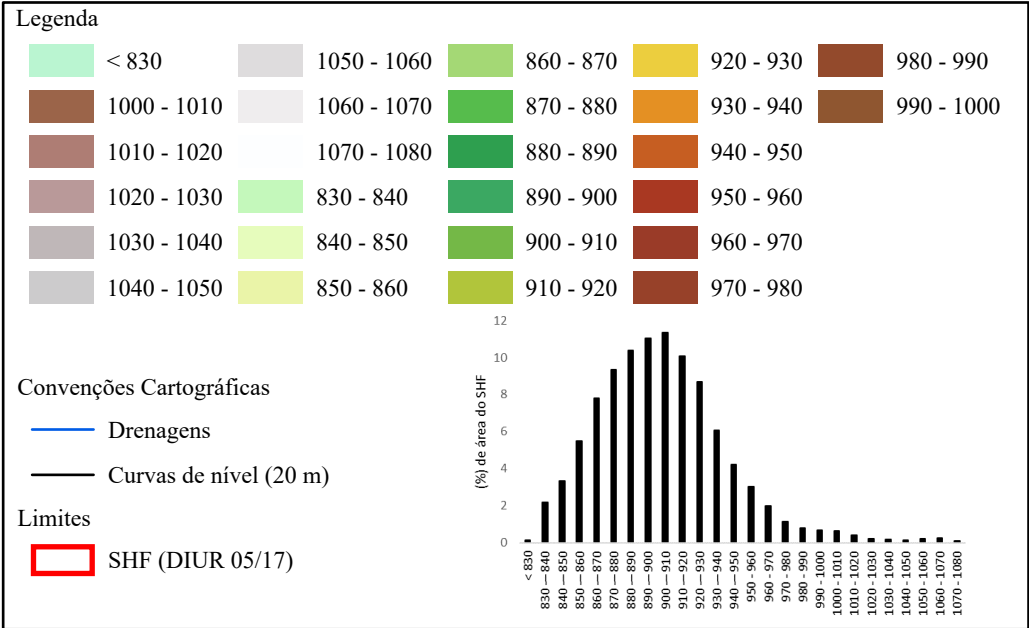
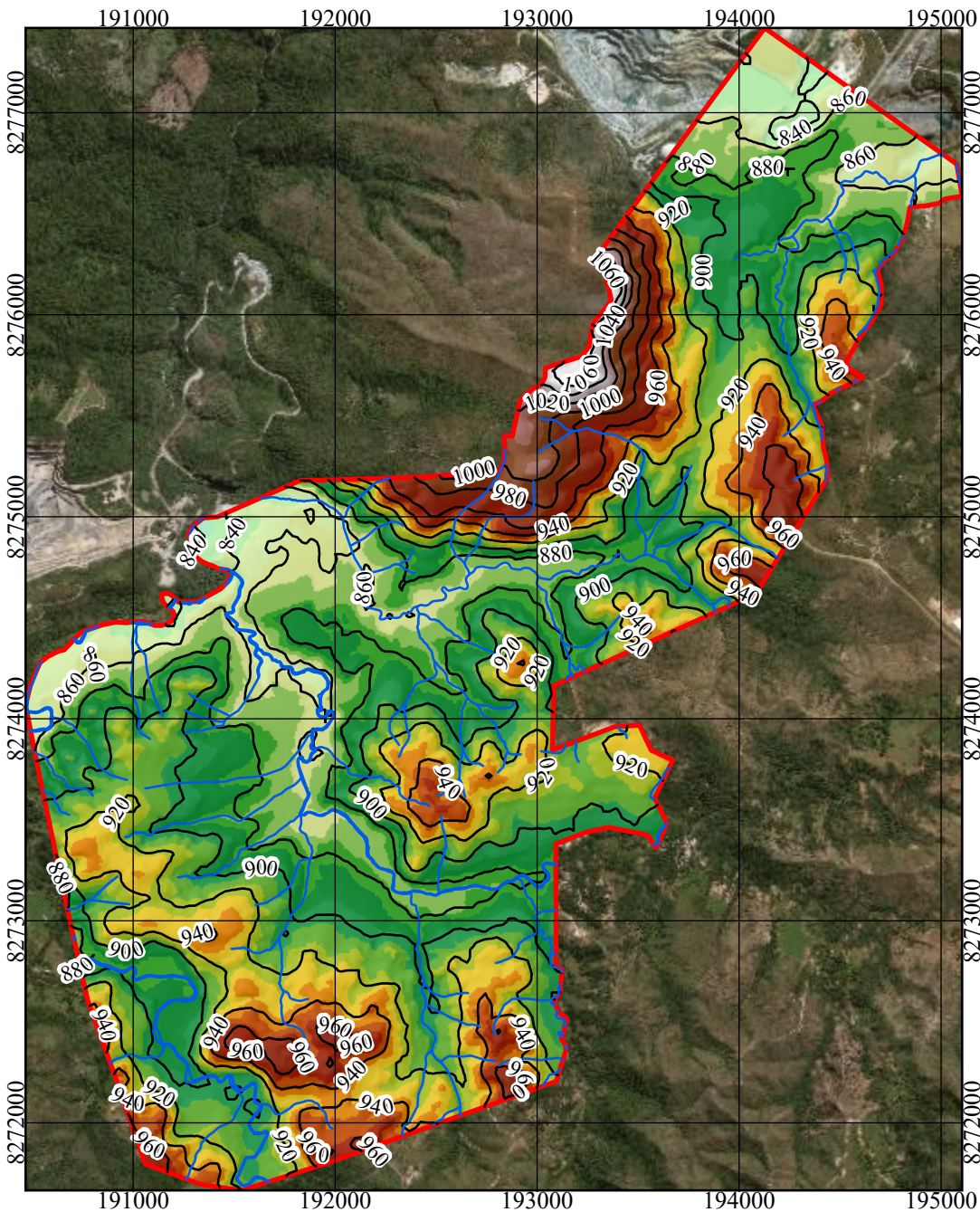
Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Geotecnia (PPG - UnB)

CARTA DE LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Autor: Luango A. F. Ahualli
 Orientador: Prof. Dr. Newton Moreira de Souza
 Co-orientador: Prof. PhD. Luís Fernando Martins

Projeção Transversa de Mercator
 Datum horizontal: SIRGAS 2000 Zona 23 Sul
 Meridiano Central 45° WGr

B. CARTA DE HIPSOMETRIA DA ÁREA DE ESTUDO



Notas:

N

0 0,25 0,5 0,75 1 Km

Escala de visualização: 1:33.879

Projeção Transversa de Mercator

Datum horizontal: SIRGAS 2000 Zona 23 Sul

Meridiano Central 45° WGr

APLICAÇÃO DA CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA COMO SUBSÍDIO PARA PLANEJAMENTO URBANO NO SETOR HABITACIONAL FERCAL

Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Geotecnia (PPG - UnB)

CARTA DE HIPSOMETRIA DA ÁREA DE ESTUDO

Fonte:

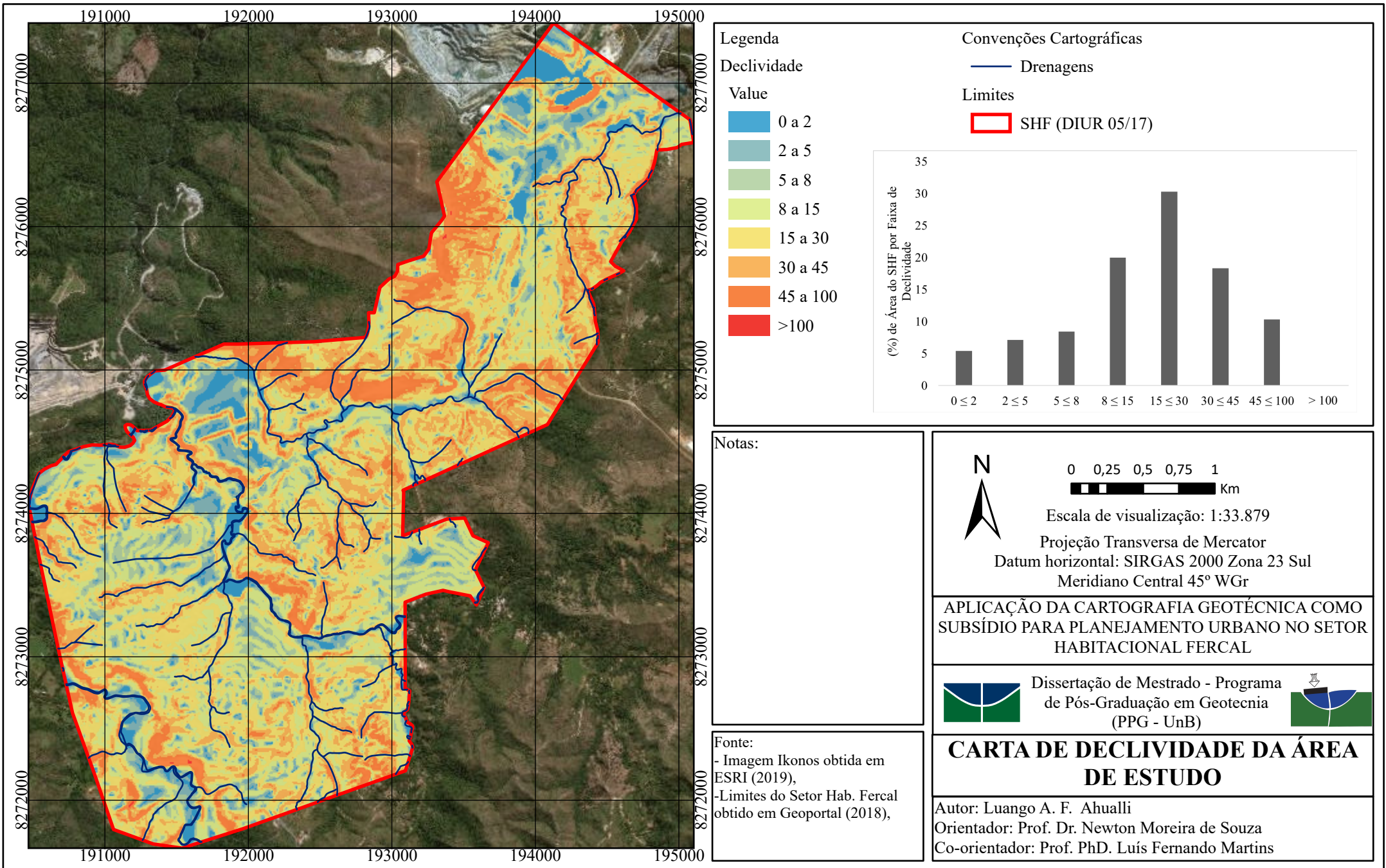
- Imagem Ikonos obtida em ESRI (2019),
- Limites do Setor Hab. Fercal obtido em Geoportal (2018);
- Curvas de Nível de 20 m obtidas em Moraes et al. (2014)

Autor: Luango A. F. Ahualli

Orientador: Prof. Dr. Newton Moreira de Souza

Co-orientador: Prof. PhD. Luís Fernando Martins

C. CARTA DE DECLIVIDADE DA ÁREA DE ESTUDO



Legenda

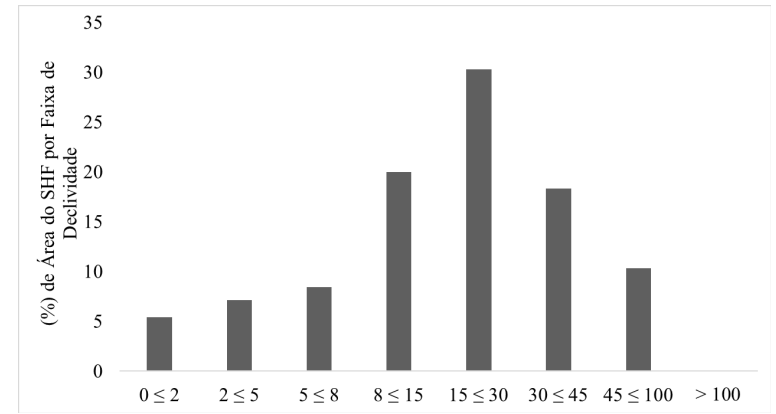
Declividade

Value

- 0 a 2
- 2 a 5
- 5 a 8
- 8 a 15
- 15 a 30
- 30 a 45
- 45 a 100
- >100


Convenções Cartográficas

- Drenagens
- Limites
- SHF (DIUR 05/17)





Notas:

Notas:


 0 0,25 0,5 0,75 1 Km
 Escala de visualização: 1:33.879
 Projeção Transversa de Mercator
 Datum horizontal: SIRGAS 2000 Zona 23 Sul
 Meridiano Central 45° WGr

APLICAÇÃO DA CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA COMO
 SUBSÍDIO PARA PLANEJAMENTO URBANO NO SETOR
 HABITACIONAL FERCAL

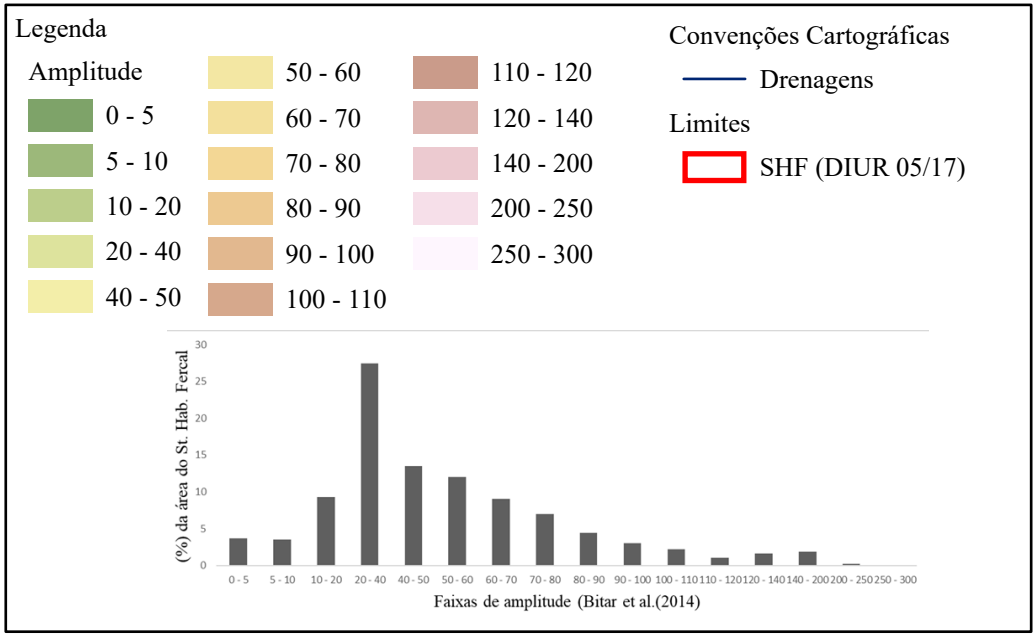
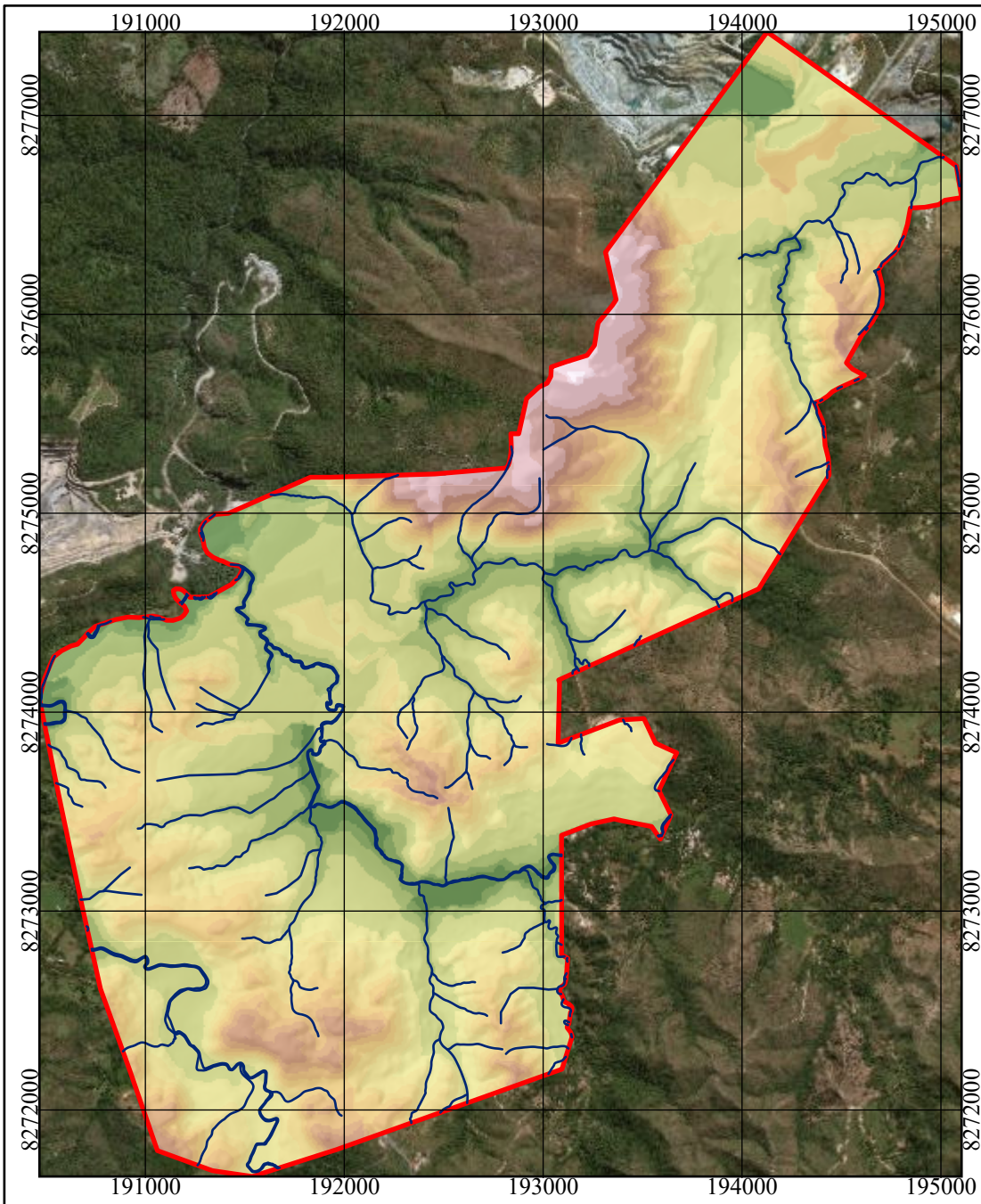

 Dissertação de Mestrado - Programa
 de Pós-Graduação em Geotecnia
 (PPG - UnB)
 

CARTA DE DECLIVIDADE DA ÁREA DE ESTUDO


Fonte:
 - Imagem Ikonos obtida em ESRI (2019),
 - Limites do Setor Hab. Fercal obtido em Geoportal (2018),

Autor: Luango A. F. Ahualli
 Orientador: Prof. Dr. Newton Moreira de Souza
 Co-orientador: Prof. PhD. Luís Fernando Martins


D. CARTA DE AMPLITUDE RELATIVA DE RELEVO DA ÁREA DE ESTUDO



Notas:


 0 0,25 0,5 0,75 1 Km
 Escala de visualização: 1:33.879
 Projeção Transversa de Mercator
 Datum horizontal: SIRGAS 2000 Zona 23 Sul
 Meridiano Central 45° WGr

APLICAÇÃO DA CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA COMO
 SUBSÍDIO PARA PLANEJAMENTO URBANO NO SETOR
 HABITACIONAL FERCAL

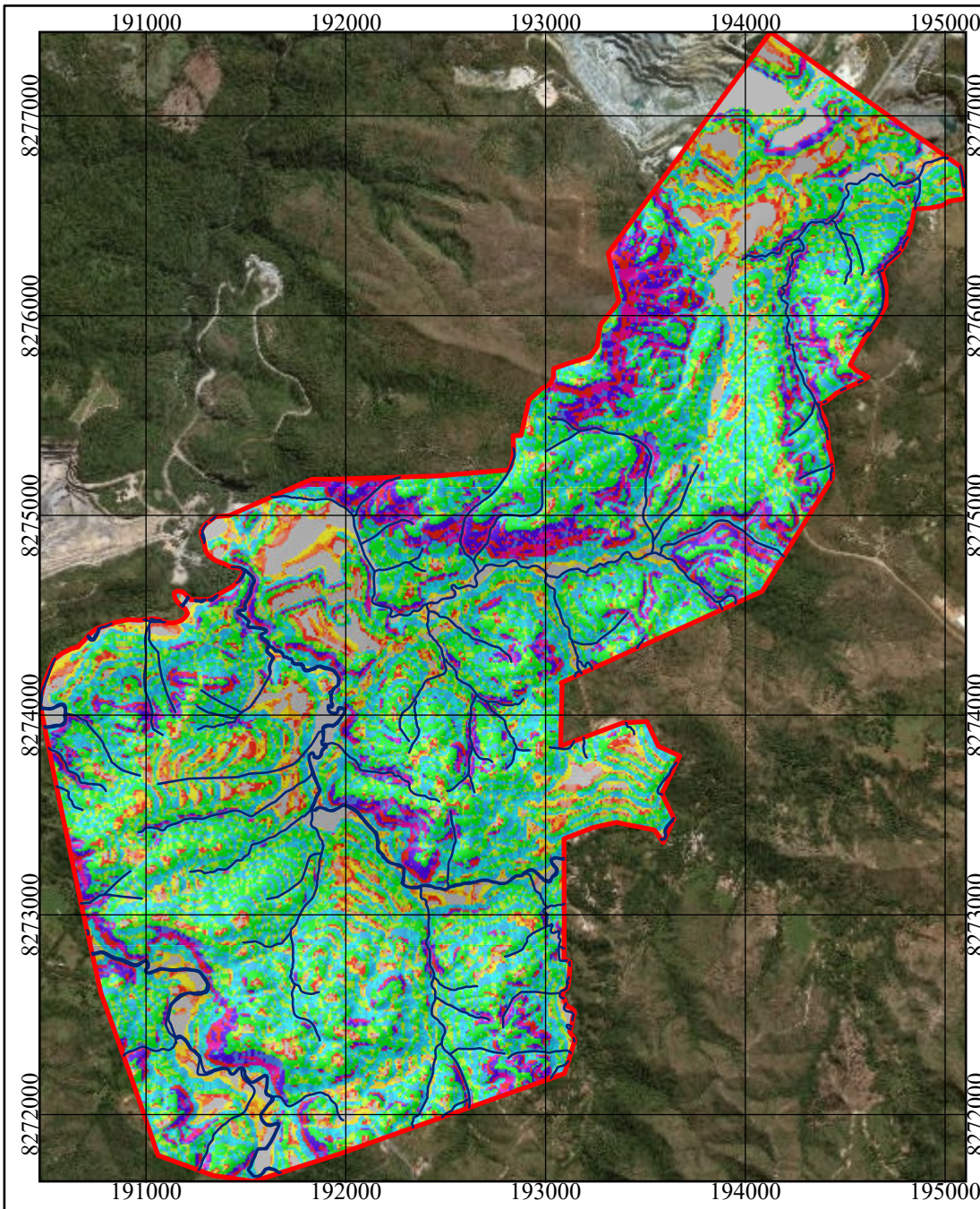

 Dissertação de Mestrado - Programa
 de Pós-Graduação em Geotecnia
 (PPG - UnB)

CARTA DE AMPLITUDE RELATIVA DE RELEVO DA ÁREA DE ESTUDO

Fonte:
 - Imagem Ikonos obtida em
 ESRI (2019),
 - Limites do Setor Hab. Fercal
 obtido em Geoportal (2018),

Autor: Luango A. F. Ahualli
 Orientador: Prof. Dr. Newton Moreira de Souza
 Co-orientador: Prof. PhD. Luís Fernando Martins

E. CARTA DE FORMAS DE VERTENTES DA ÁREA DE ESTUDO



Convenções Cartográficas

— Drenagens

Limites

□ SHF (DIUR 05/17)

Formas de vertentes por faixa de declividade

3 < Declividade < 8 (%)	8 < Declividade < 40(%)	Declividade > 40 (%)
Convergente - Côncava	Convergente - Côncava	Convergente - Côncava
Planar - Côncava	Planar - Côncava	Planar - Côncava
Divergente - Côncava	Divergente - Côncava	Divergente - Côncava
Convergente - Retilínea	Convergente - Retilínea	Convergente - Retilínea
Planar - Retilínea	Planar - Retilínea	Planar - Retilínea
Divergente - Retilínea	Divergente - Retilínea	Divergente - Retilínea
Convergente - Convexa	Convergente - Convexa	Convergente - Convexa
Planar - Convexa	Planar - Convexa	Planar - Convexa
Divergente - Convexa	Divergente - Convexa	Divergente - Convexa
	Horizontalizada (Declividade < 3%)	

Notas:

N

0 0,25 0,5 0,75 1 Km

Escala de visualização: 1:33.879

Projeção Transversa de Mercator

Datum horizontal: SIRGAS 2000 Zona 23 Sul

Meridiano Central 45° WGr

APLICAÇÃO DA CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA COMO SUBSÍDIO PARA PLANEJAMENTO URBANO NO SETOR HABITACIONAL FERCAL

Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Geotecnia (PPG - UnB)

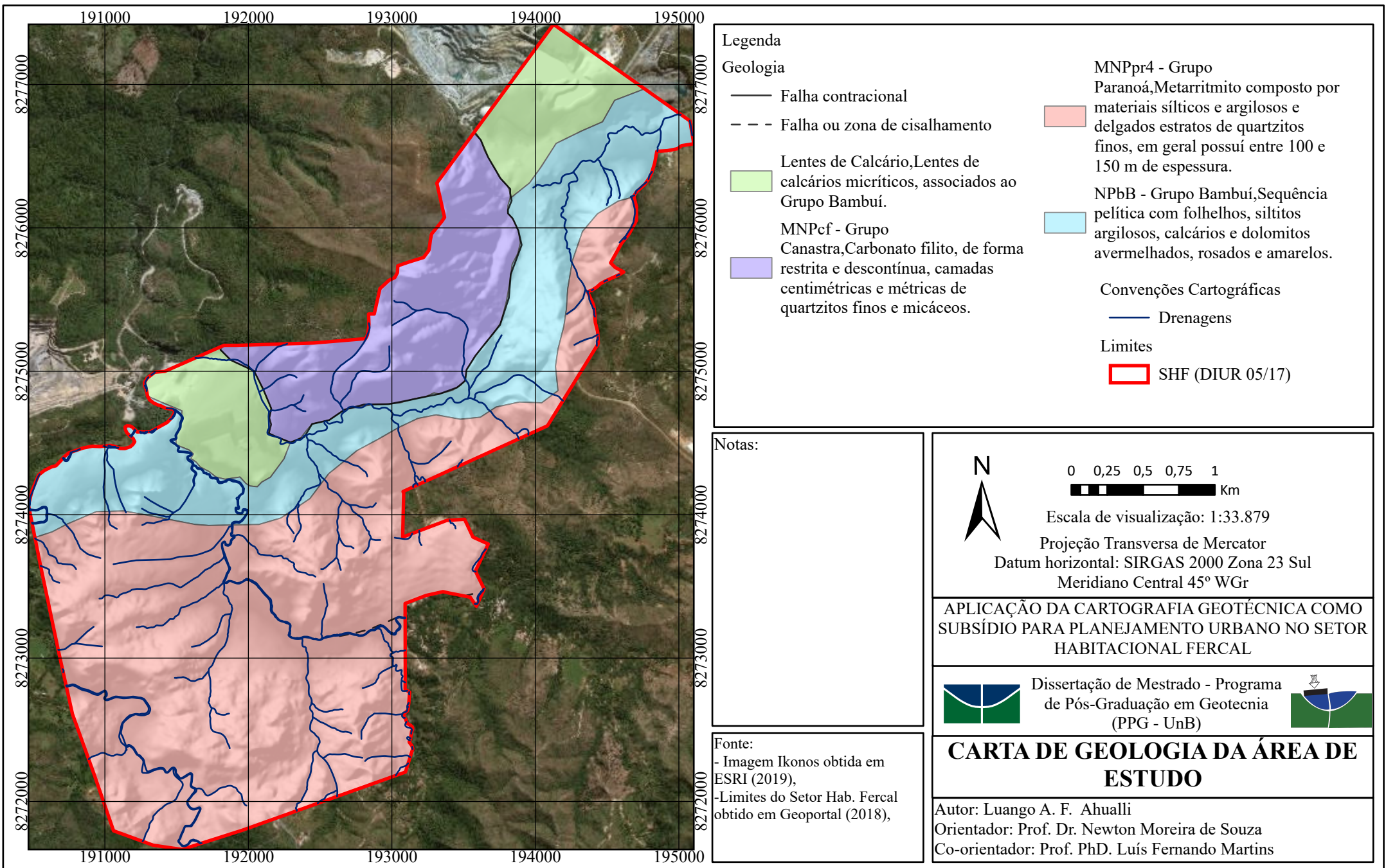
CARTA DE FORMAS DE VERTENTES DA ÁREA DE ESTUDO

Autor: Luango A. F. Ahualli
 Orientador: Prof. Dr. Newton Moreira de Souza
 Co-orientador: Prof. PhD. Luís Fernando Martins

Fonte:

- Imagem Ikonos obtida em ESRI (2019),
- Limites do Setor Hab. Fercal obtido em Geoportal (2018),

F. CARTA DE GEOLOGIA DA ÁREA DE ESTUDO



Legenda

Geologia

- Falha contraccional
- - - Falha ou zona de cisalhamento
- Lentes de Calcário, Lentes de calcários micríticos, associados ao Grupo Bambuí.
- MNPcf - Grupo Canastra, Carbonato filito, de forma restrita e descontínua, camadas centimétricas e métricas de quartzitos finos e micáceos.
- MNPpr4 - Grupo Paranoá, Metarritmito composto por materiais silteicos e argilosos e delgados estratos de quartzitos finos, em geral possui entre 100 e 150 m de espessura.
- NPbB - Grupo Bambuí, Sequência pelítica com folhelhos, siltitos argilosos, calcários e dolomitos avermelhados, rosados e amarelos.


Convenções Cartográficas

- Drenagens

Limites



- SHF (DIUR 05/17)

Notas:


0 0,25 0,5 0,75 1
Km

Escala de visualização: 1:33.879
 Projeção Transversa de Mercator
 Datum horizontal: SIRGAS 2000 Zona 23 Sul
 Meridiano Central 45° WGr

**APLICAÇÃO DA CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA COMO
 SUBSÍDIO PARA PLANEJAMENTO URBANO NO SETOR
 HABITACIONAL FERCAL**


Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Geotecnia (PPG - UnB)


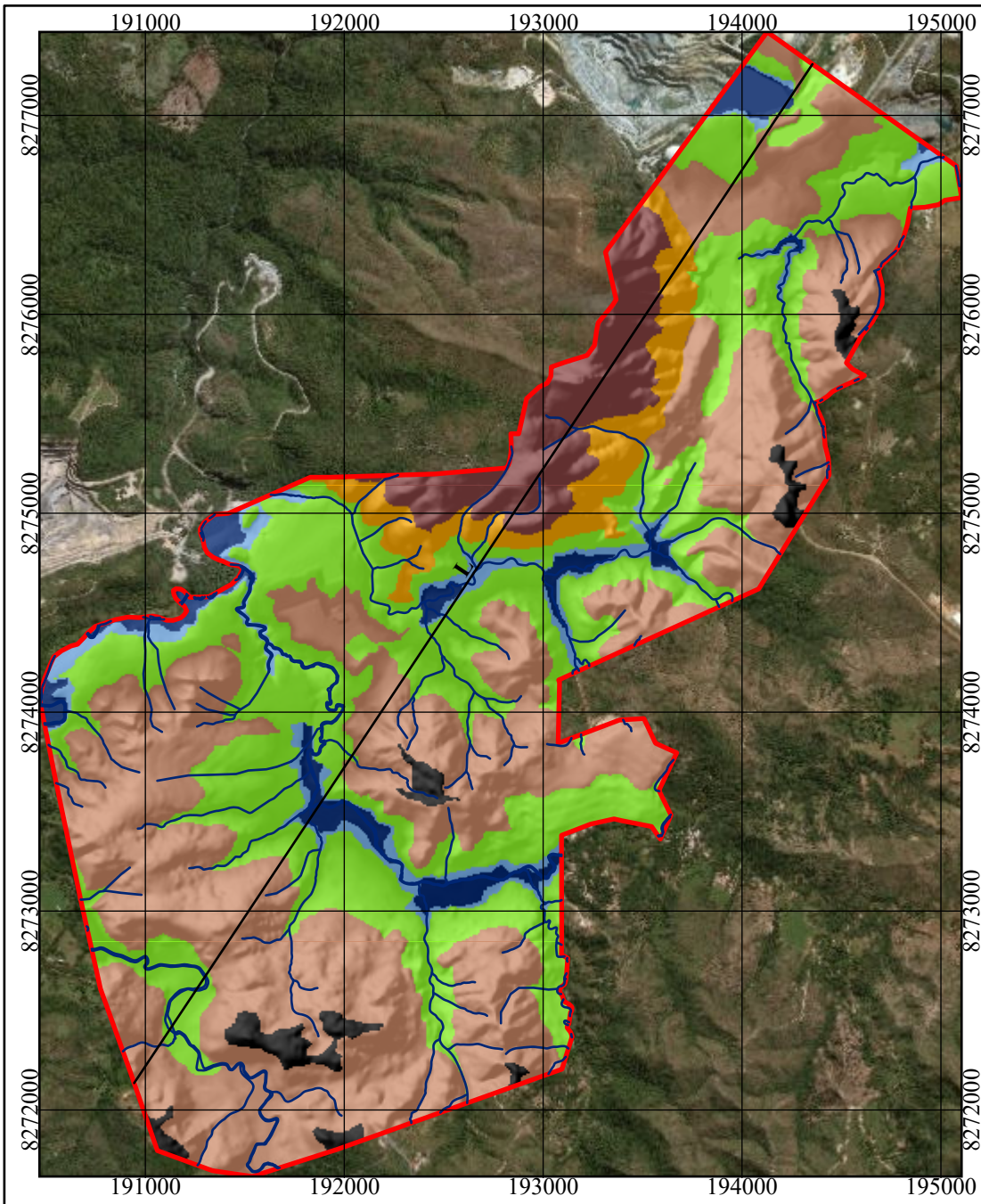
CARTA DE GEOLOGIA DA ÁREA DE ESTUDO

Autor: Luango A. F. Ahualli
 Orientador: Prof. Dr. Newton Moreira de Souza
 Co-orientador: Prof. PhD. Luís Fernando Martins

Fonte:

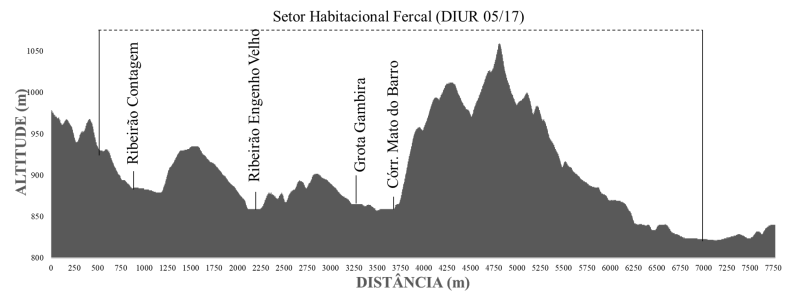
- Imagem Ikonos obtida em ESRI (2019),
- Limites do Setor Hab. Fercal obtido em Geoportal (2018),

G. CARTA GEOMORFOLÓGICA DA ÁREA DE ESTUDO



Legenda

- Formas de relevo (4º táxon)**
- Colinas Dissecadas e Morros Baixos
 - Morros e Serras Baixas
 - Planícies Fluviais
 - Rampa de Colúvios
 - Rampas de Tálus
 - Terraços Fluviais
 - Topos de Morros
- Convenções Cartográficas**
- Linha do Perfil
 - Drenagens
- Limites**
- SHF (DIUR 05/17)



Notas:

0 0,25 0,5 0,75 1
Km
 Escala de visualização: 1:33.879
 Projeção Transversa de Mercator
 Datum horizontal: SIRGAS 2000 Zona 23 Sul
 Meridiano Central 45° WGr

**APLICAÇÃO DA CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA COMO
 SUBSÍDIO PARA PLANEJAMENTO URBANO NO SETOR
 HABITACIONAL FERCAL**

Dissertação de Mestrado - Programa
de Pós-Graduação em Geotecnia
(PPG - UnB)

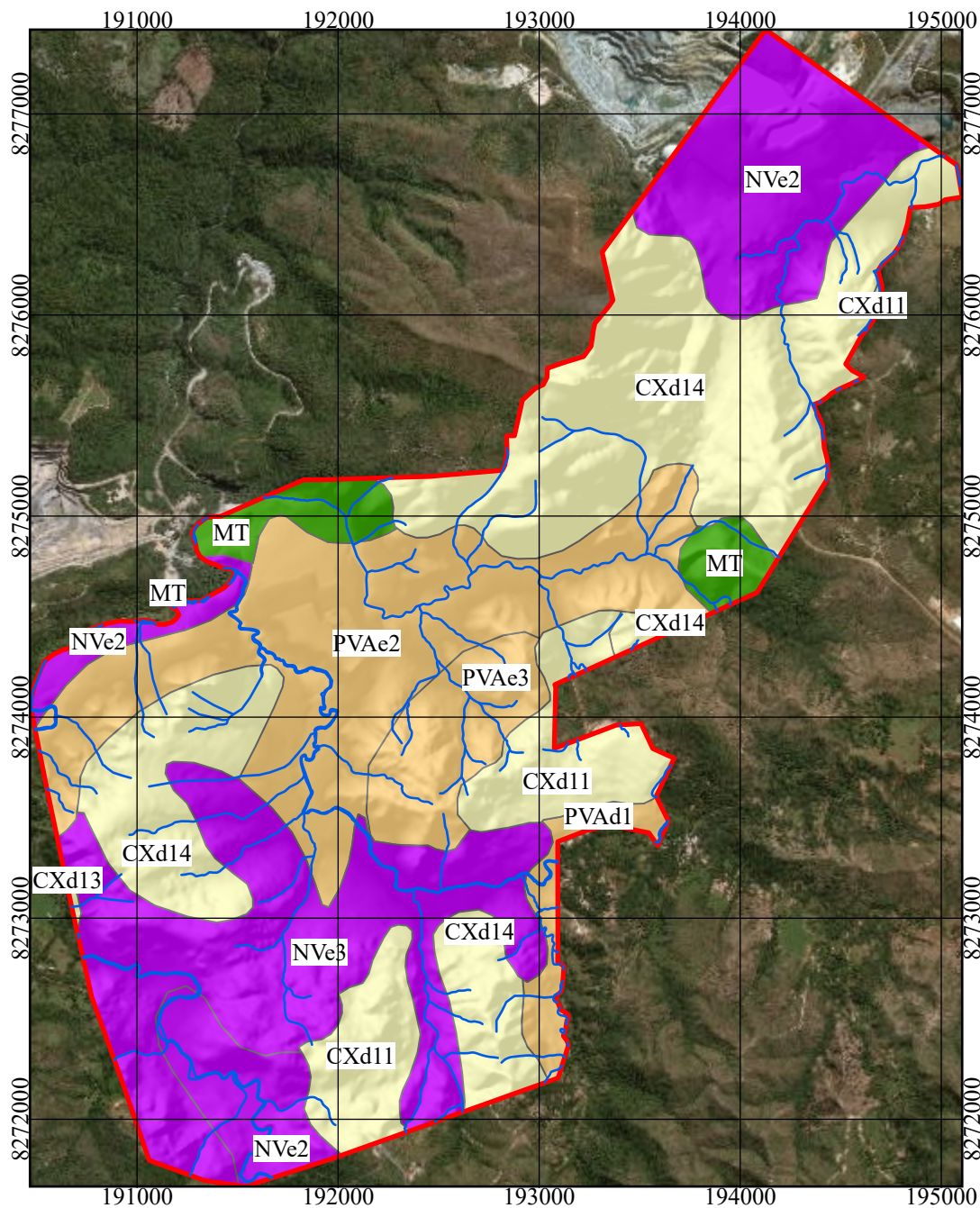
**CARTA DE GEOMORFOLOGIA DA
 ÁREA DE ESTUDO**

Fonte:

- Imagem Ikonos obtida em ESRI (2019),
- Limites do Setor Hab. Fercal obtido em Geoportal (2018),

Autor: Luango A. F. Ahualli
 Orientador: Prof. Dr. Newton Moreira de Souza
 Co-orientador: Prof. PhD. Luís Fernando Martins

H. CARTA PEDOLÓGICA DA ÁREA DE ESTUDO



Legenda

Pedologia

- CXd11, >35 e <=60% - argiloso cascalhento concrecionirio, 20-50 cm - raso
- CXd13, >35 e <=60% - argiloso cascalhento concrecionirio, 20-50 cm - raso
- CXd14, >35 e <=60% - argiloso cascalhento concrecionirio, 20-50 cm - raso
- MT, >35 e <=60% - argiloso, >50 e <=100 cm - pouco profundo
- NVe2, >35 e <=60% - argiloso, >50 e <=100 cm - pouco profundo
- NVe3, >35 e <=60% - argiloso, >50 e <=100 cm - pouco profundo
- PVAe1, >35 e <=60% - argiloso cascalhento, >50 e <=100 cm - pouco profundo
- PVAe2, >35 e <=60% - argiloso, >50 e <=100 cm - pouco profundo
- PVAe3, >35 e <=60% - argiloso, >50 e <=100 cm - pouco profundo

Convenções Cartográficas Limites

- Drenagens
- SHF (DIUR 05/17)

Notas:



0 0,25 0,5 0,75 1
Km

Escala de visualização: 1:33.879

Projeção Transversa de Mercator

Datum horizontal: SIRGAS 2000 Zona 23 Sul

Meridiano Central 45° WGr

**APLICAÇÃO DA CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA COMO
SUBSÍDIO PARA PLANEJAMENTO URBANO NO SETOR
HABITACIONAL FERCAL**



Dissertação de Mestrado - Programa
de Pós-Graduação em Geotecnia
(PPG - UnB)



**CARTA PEDOLOGIA DA ÁREA DE
ESTUDO**

Fonte:

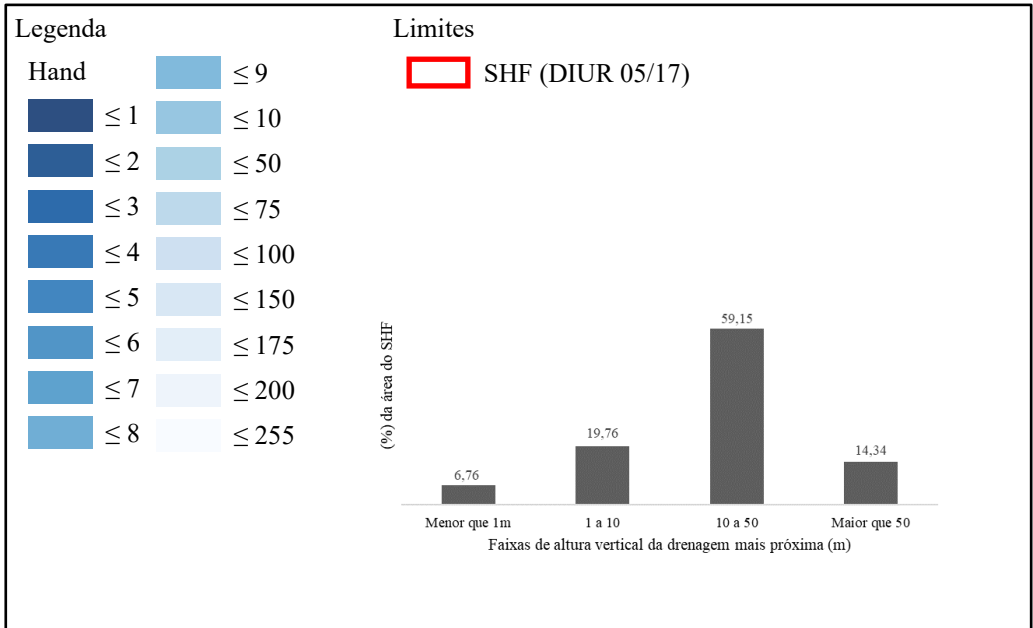
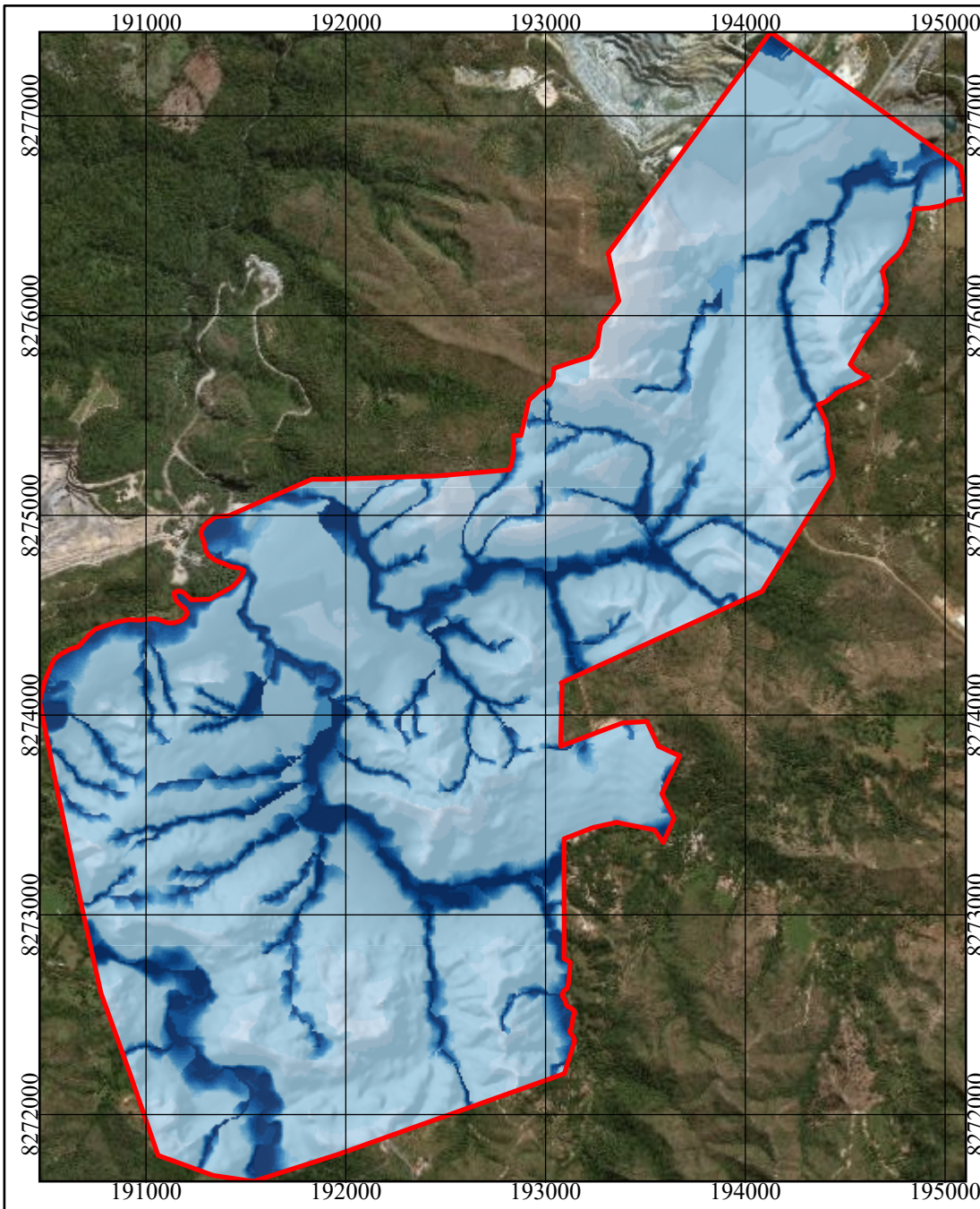
- Imagem Ikonos obtida em ESRI (2019),
- Limites do Setor Hab. Fercal obtido em Geoportal (2018);
- Dados originais ZEE (2011), escala 1:100.000

Autor: Luango A. F. Ahualli

Orientador: Prof. Dr. Newton Moreira de Souza

Co-orientador: Prof. PhD. Luís Fernando Martins

I. CARTA DE ALTURA VERTICAL DA ÁREA DE ESTUDO



Notas:

N

0 0,25 0,5 0,75 1 Km

Escala de visualização: 1:33.879

Projeção Transversa de Mercator

Datum horizontal: SIRGAS 2000 Zona 23 Sul

Meridiano Central 45° WGr

APLICAÇÃO DA CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA COMO SUBSÍDIO PARA PLANEJAMENTO URBANO NO SETOR HABITACIONAL FERCAL

Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Geotecnia (PPG - UnB)

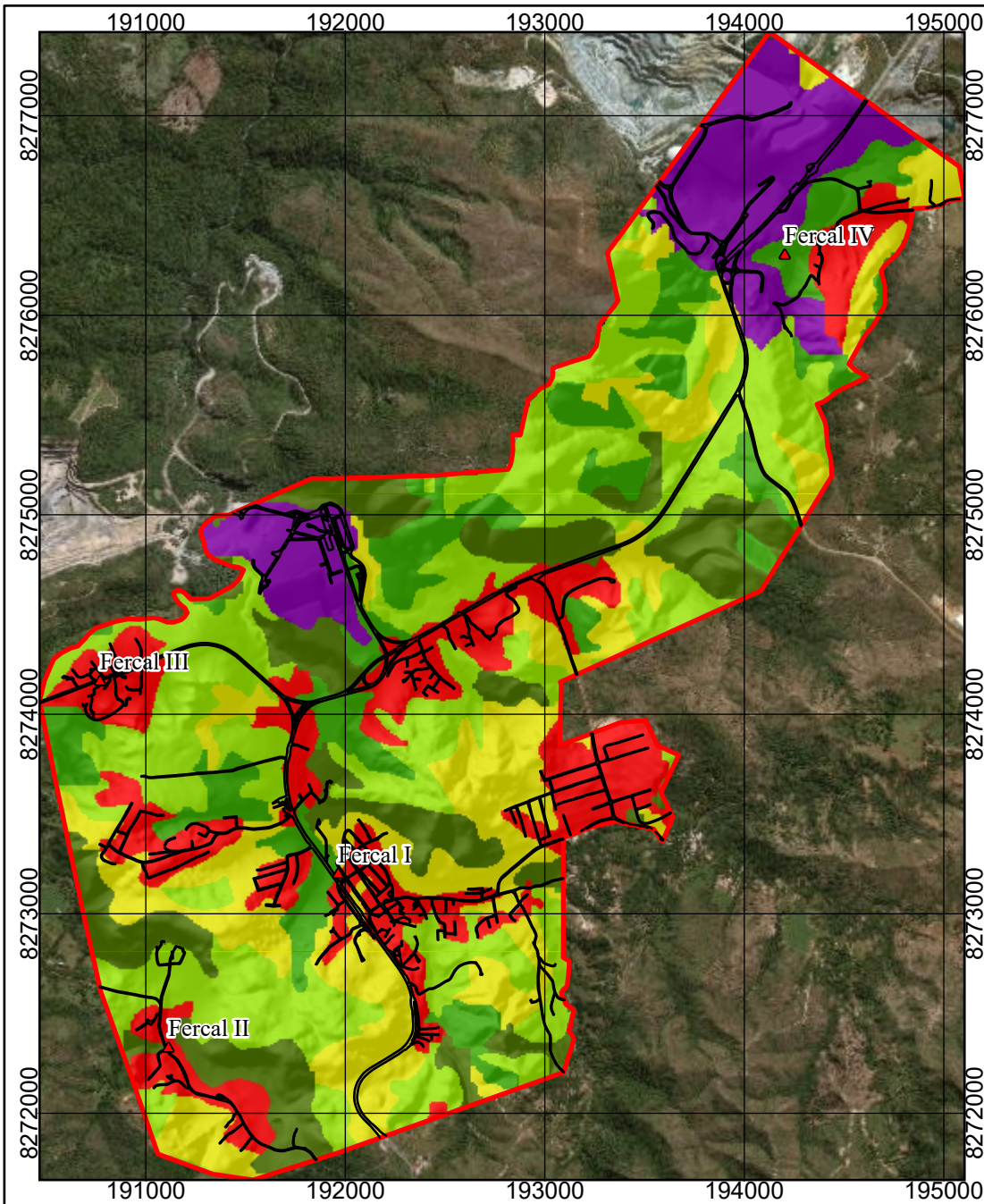
CARTA DE ALTURA VERTICAL DA DRENAGEM MAIS PRÓXIMA

Fonte:

- Imagem Ikonos obtida em ESRI (2019),
- Limites do Setor Hab. Fercal obtido em Geoportal (2018);

Autor: Luango A. F. Ahualli
 Orientador: Prof. Dr. Newton Moreira de Souza
 Co-orientador: Prof. PhD. Luís Fernando Martins

J. CARTA DE USO E OCUPAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO



Legenda

Uso e Ocupação

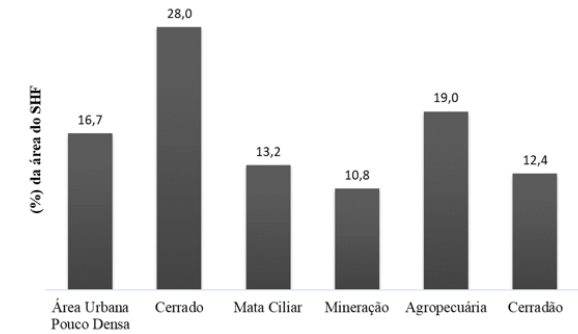
- Área Urbana Pouco Densa
- Cerrado
- Mata Ciliar
- Mineração
- Cultura
- Cerradão

Convenções Cartográficas

- ARIS
- Vias
- SHF (DIUR 05/17)

Limites

- SHF (DIUR 05/17)



Notas:

Notas:



0 0,25 0,5 0,75 1

Km

Escala de visualização: 1:33.879

Projeção Transversa de Mercator

Datum horizontal: SIRGAS 2000 Zona 23 Sul

Meridiano Central 45° WGr

APLICAÇÃO DA CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA COMO
SUBSÍDIO PARA PLANEJAMENTO URBANO NO SETOR
HABITACIONAL FERCAL



Dissertação de Mestrado - Programa
de Pós-Graduação em Geotecnia
(PPG - UnB)



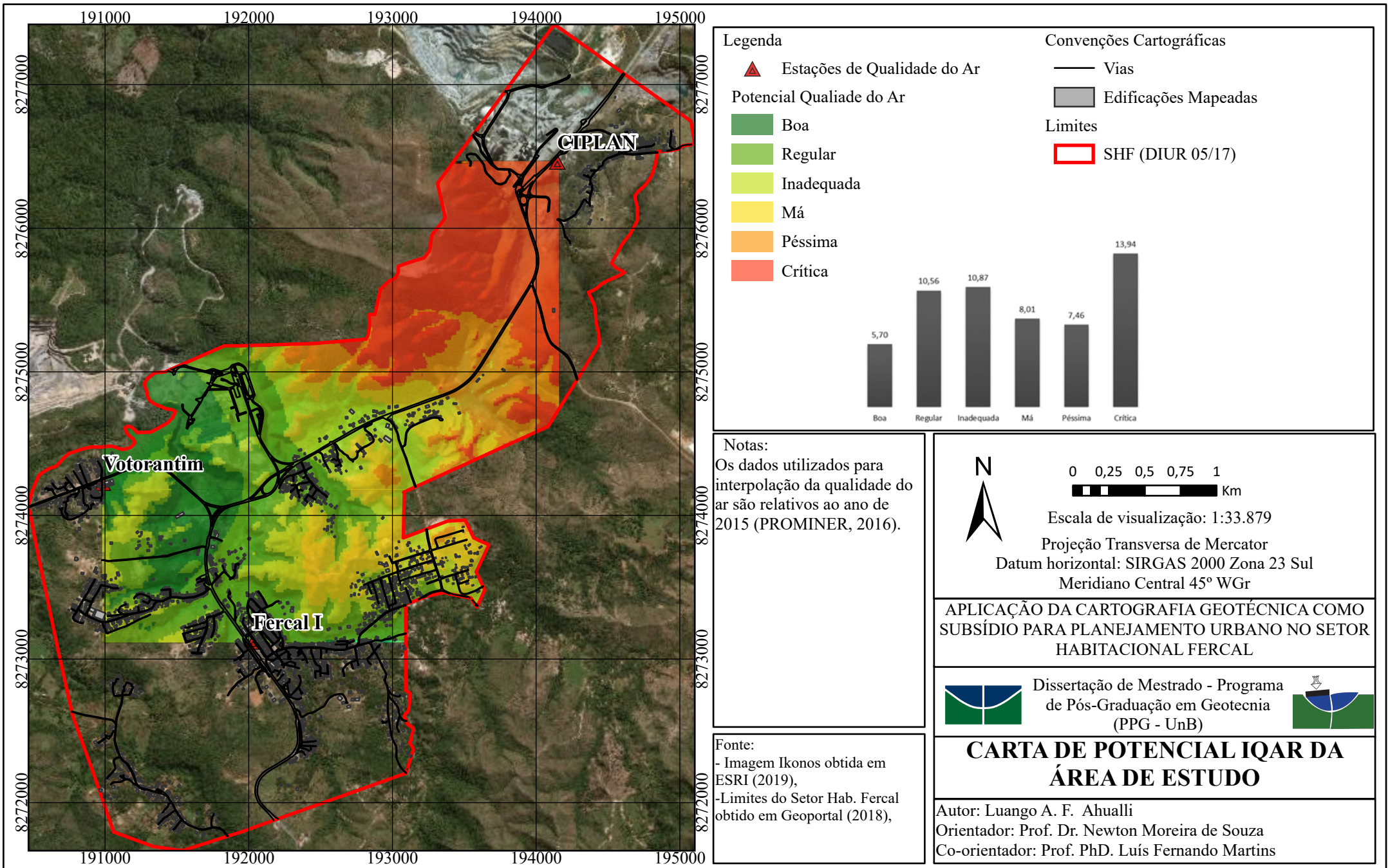
**CARTA DE USO E OCUPAÇÃO DA
ÁREA DE ESTUDO**

Fonte:

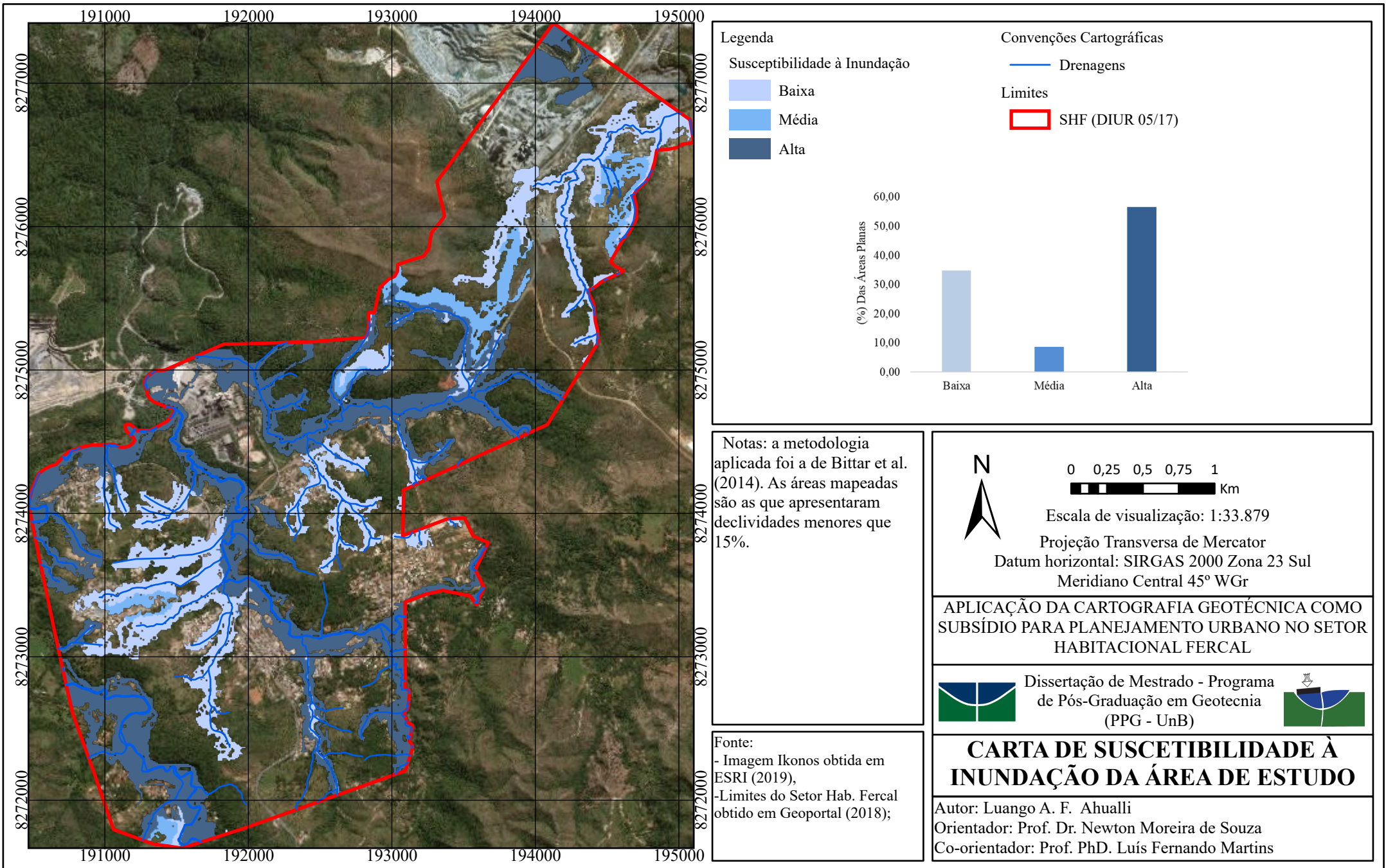
- Imagem Ikonos obtida em ESRI (2019),
- Limites do Setor Hab. Fercal obtido em Geoportal (2018),

Autor: Luango A. F. Ahualli
Orientador: Prof. Dr. Newton Moreira de Souza
Co-orientador: Prof. PhD. Luís Fernando Martins

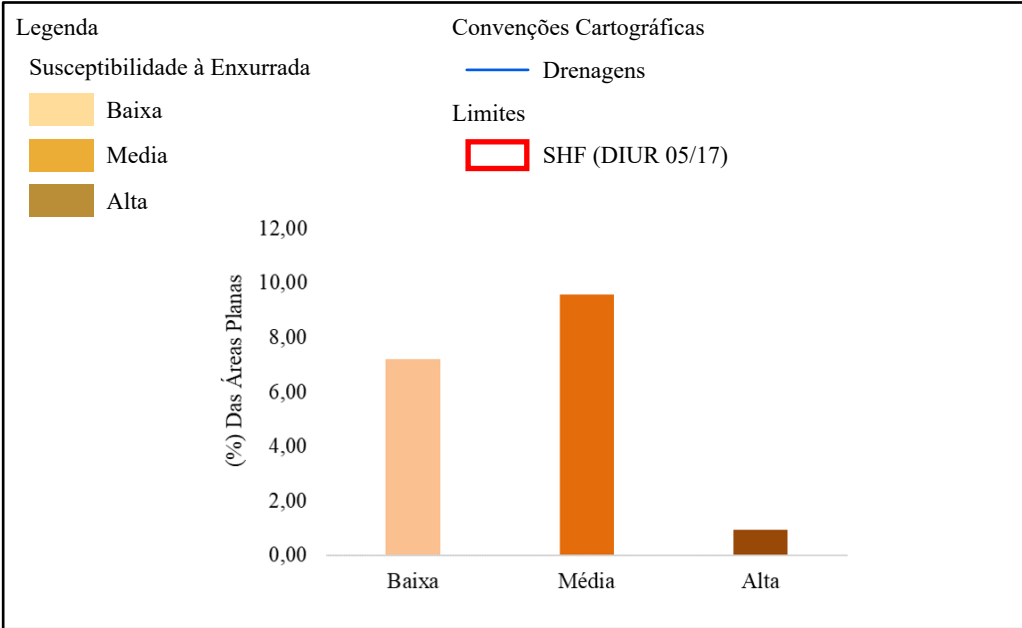
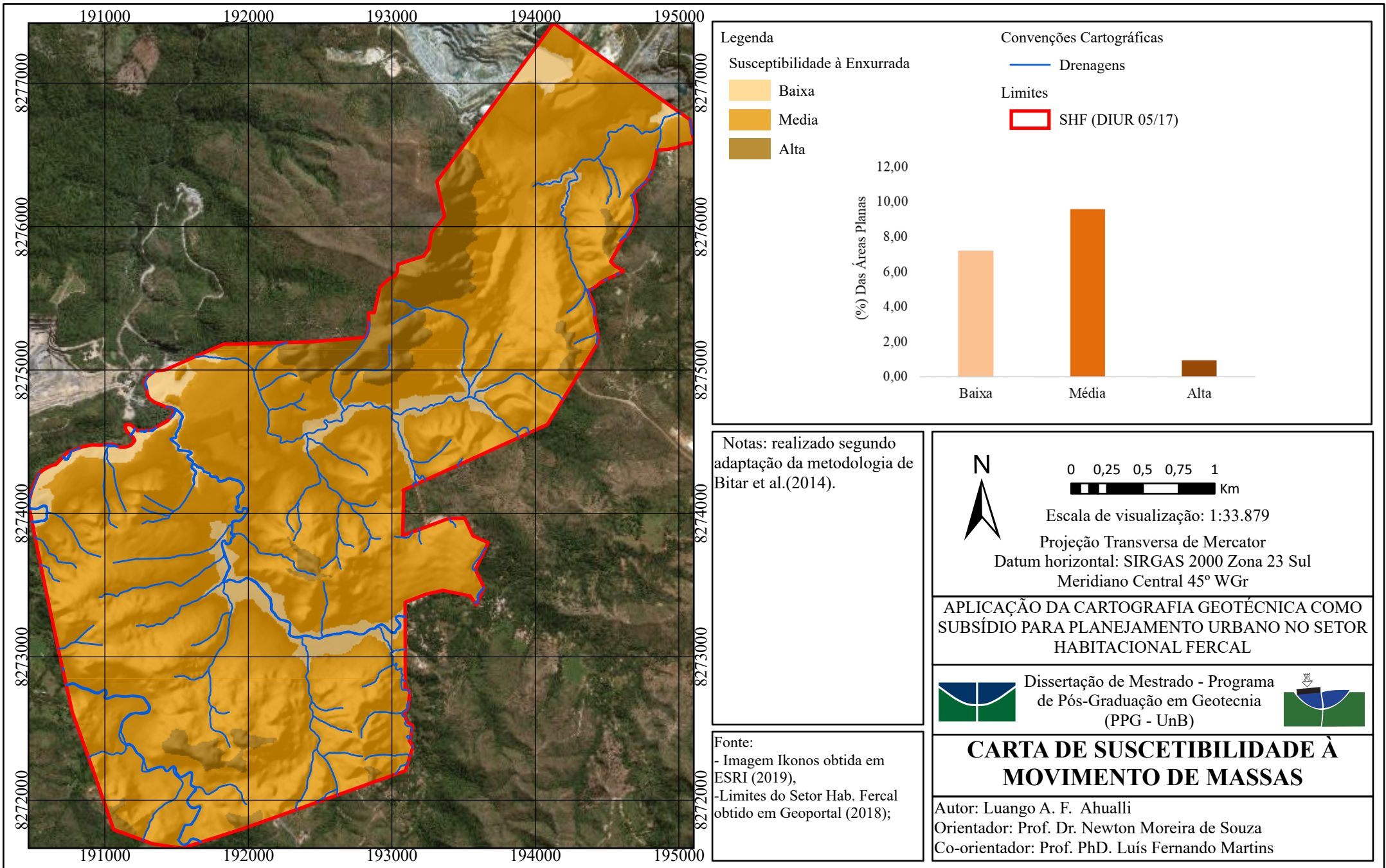
K. CARTA DE POTENCIAL QUALIDADE DO AR DA ÁREA DE ESTUDO



L. CARTA DE SUSCETIBILIDADE À INUNDAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO



M. CARTA DE SUSCETIBILIDADE À MOVIMENTO DE MASSAS



Notas: realizado segundo adaptação da metodologia de Bitar et al.(2014).

Fonte:

- Imagem Ikonos obtida em ESRI (2019),
- Limites do Setor Hab. Fercal obtido em Geoportal (2018);

N

0 0,25 0,5 0,75 1 Km

Escala de visualização: 1:33.879

Projeção Transversa de Mercator

Datum horizontal: SIRGAS 2000 Zona 23 Sul

Meridiano Central 45° WGr

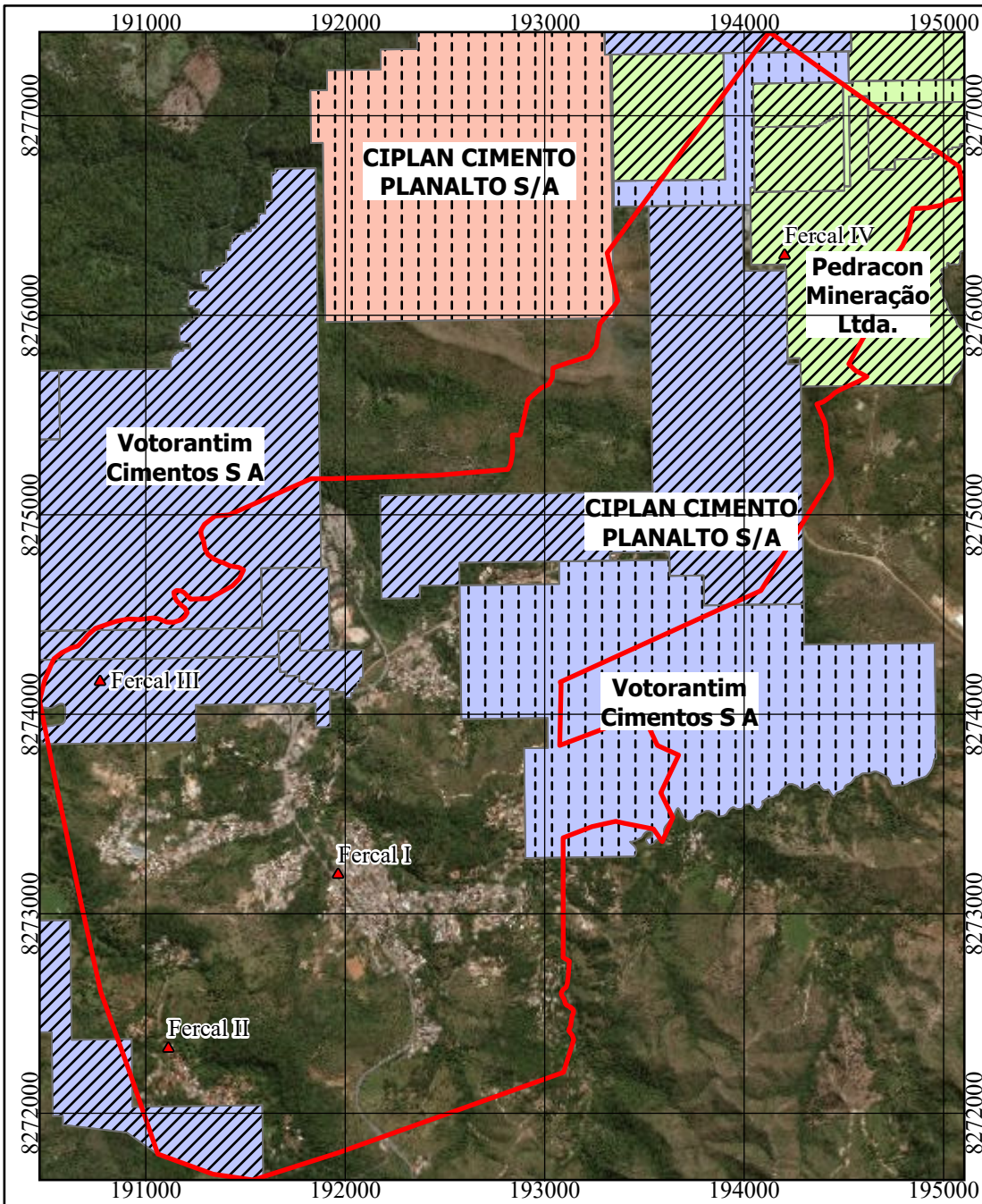
APLICAÇÃO DA CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA COMO SUBSÍDIO PARA PLANEJAMENTO URBANO NO SETOR HABITACIONAL FERCAL

Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Geotecnia (PPG - UnB)

CARTA DE SUSCETIBILIDADE À MOVIMENTO DE MASSAS



Autor: Luango A. F. Ahualli
 Orientador: Prof. Dr. Newton Moreira de Souza
 Co-orientador: Prof. PhD. Luís Fernando Martins

N. CARTA DE FASE E SUBSTANCIA REQUERIDA NA ÁREA DE ESTUDO






Legenda

Fase

-  Concessão de Lavra
-  Requerimento de Lavra


Substância

-  Argila
-  Calcária
-  Silito

Convenções Cartográficas

 ARIS


Limites

 SHF (DIUR 05/17)

		Relação de área (%)
Fase	Concessão de lavra	22,27
	Requerimento de lavra	16,19
Uso	Não informado	28,16
	Construção civil	1,22
	Industrial	5,48
	Fabricação de cimento	3,54
Classe	Brita	0,05
	Materiais pra construção	14,70
	Rochas e Minerais Industriais	21,83
Minério	Minerais metálicos	1,93
	Calcário	20,28
	Areia	1,92
	Minério de ouro	1,93
	Argila	12,78
	Silito	1,55



Fonte: Modificado de SIGMINE – DPNM (2018)

Notas:


0 0,25 0,5 0,75 1
Km

Escala de visualização: 1:33.879
 Projeção Transversa de Mercator
 Datum horizontal: SIRGAS 2000 Zona 23 Sul
 Meridiano Central 45° WGr

APLICAÇÃO DA CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA COMO SUBSÍDIO PARA PLANEJAMENTO URBANO NO SETOR HABITACIONAL FERCAL


 Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Geotecnia (PPG - UnB)
 

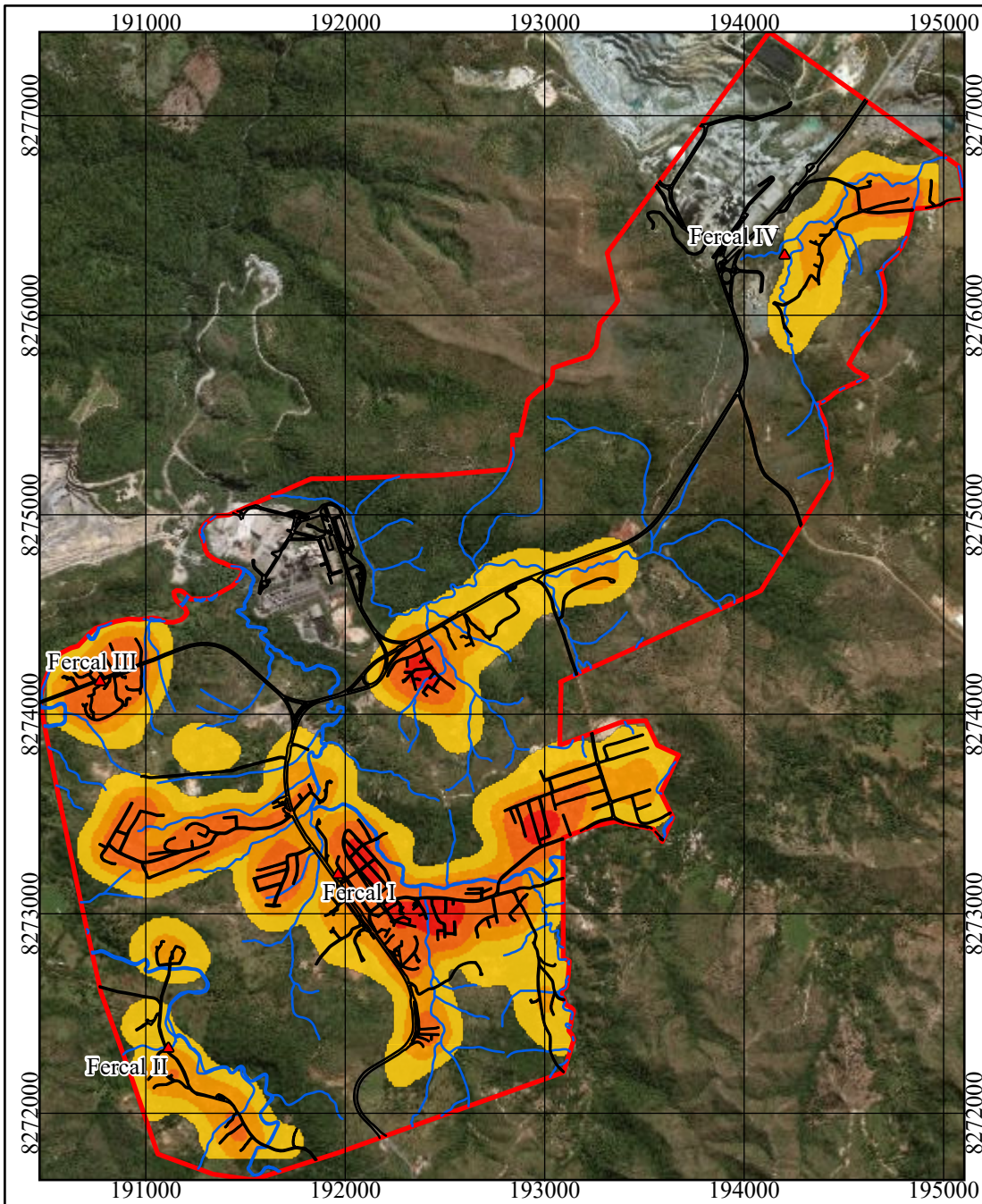
CARTA DE FASES E SUBSTÂNCIAS REQUERIDAS NA ÁREA DE ESTUDO

Autor: Luango A. F. Ahualli
 Orientador: Prof. Dr. Newton Moreira de Souza
 Co-orientador: Prof. PhD. Luís Fernando Martins

Fonte:

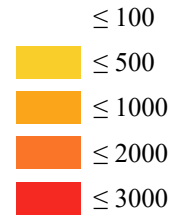
- Imagem Ikonos obtida em ESRI (2019),
- Limites do Setor Hab. Fercal obtido em Geoportal (2018);
- Dados Mineiros SIGMINE/DPNM (2018)

O. CARTA DE DENSIDADE DE EDIFICAÇÕES

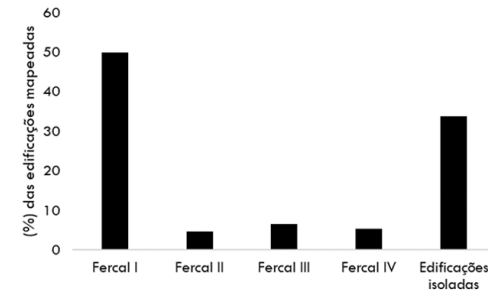
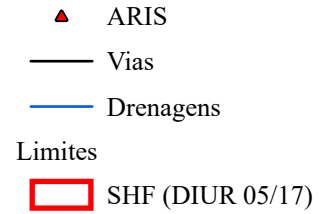


Legenda

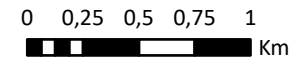
Densidade de Edificações (Un/km²)



Convenções Cartográficas



Notas: o mapeamento das edificações foi realizado sobre uma imagem Ikonos (ESRI, 2019) de 04 de maio de 2017.



Escala de visualização: 1:33.879

Projeção Transversa de Mercator
Datum horizontal: SIRGAS 2000 Zona 23 Sul
Meridiano Central 45° WGr

APLICAÇÃO DA CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA COMO SUBSÍDIO PARA PLANEJAMENTO URBANO NO SETOR HABITACIONAL FERCAL



Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Geotecnia (PPG - UnB)



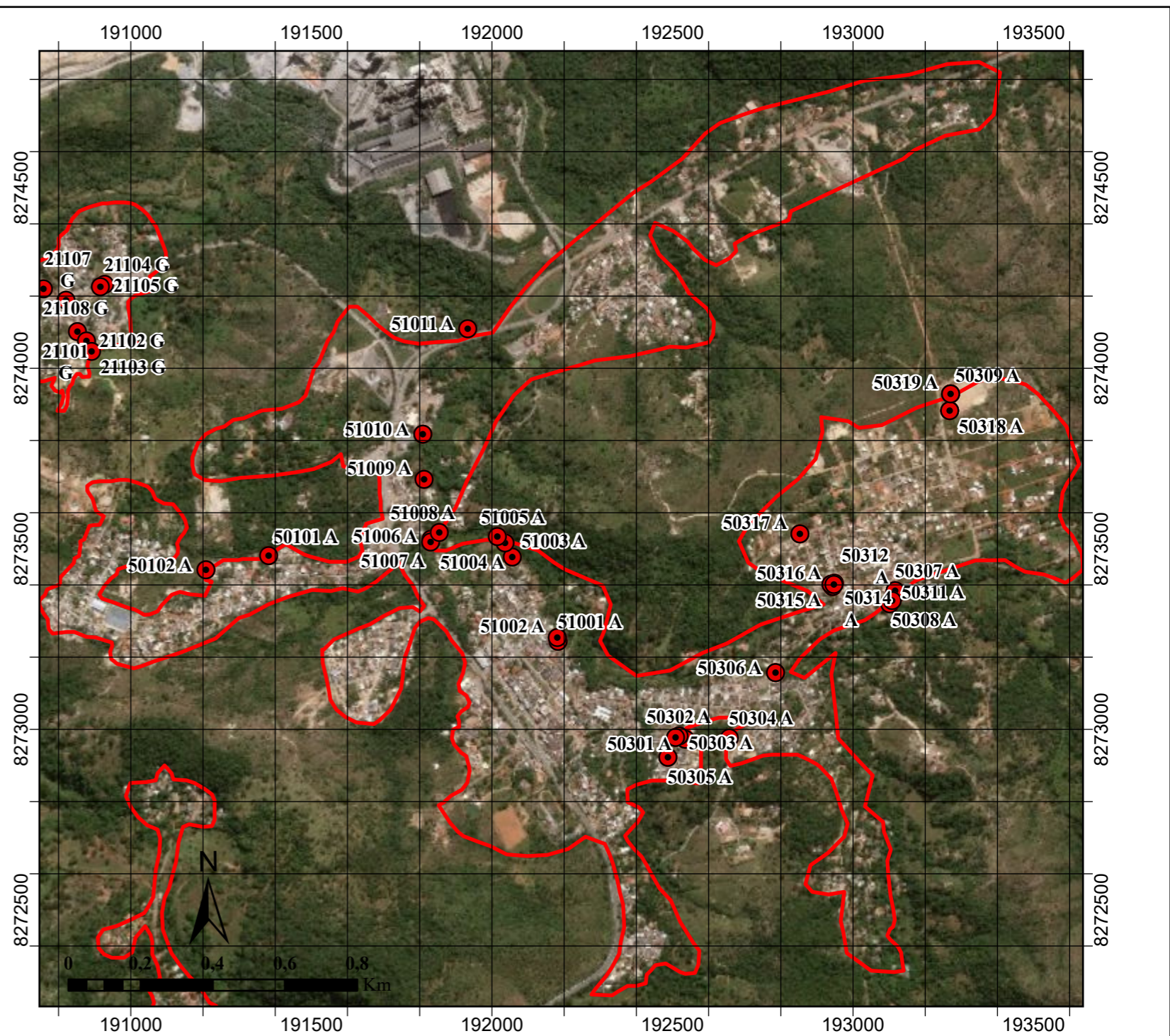
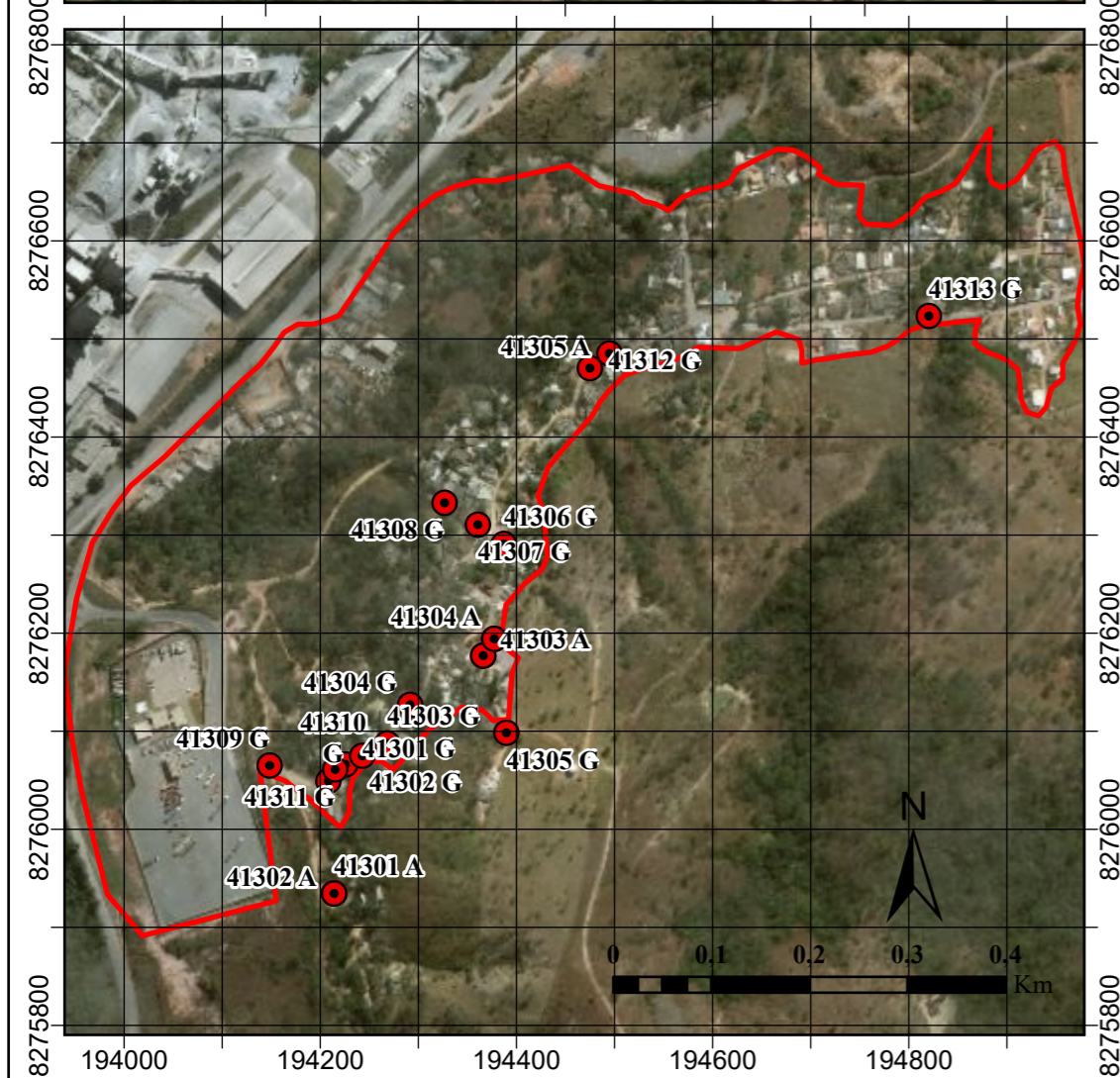
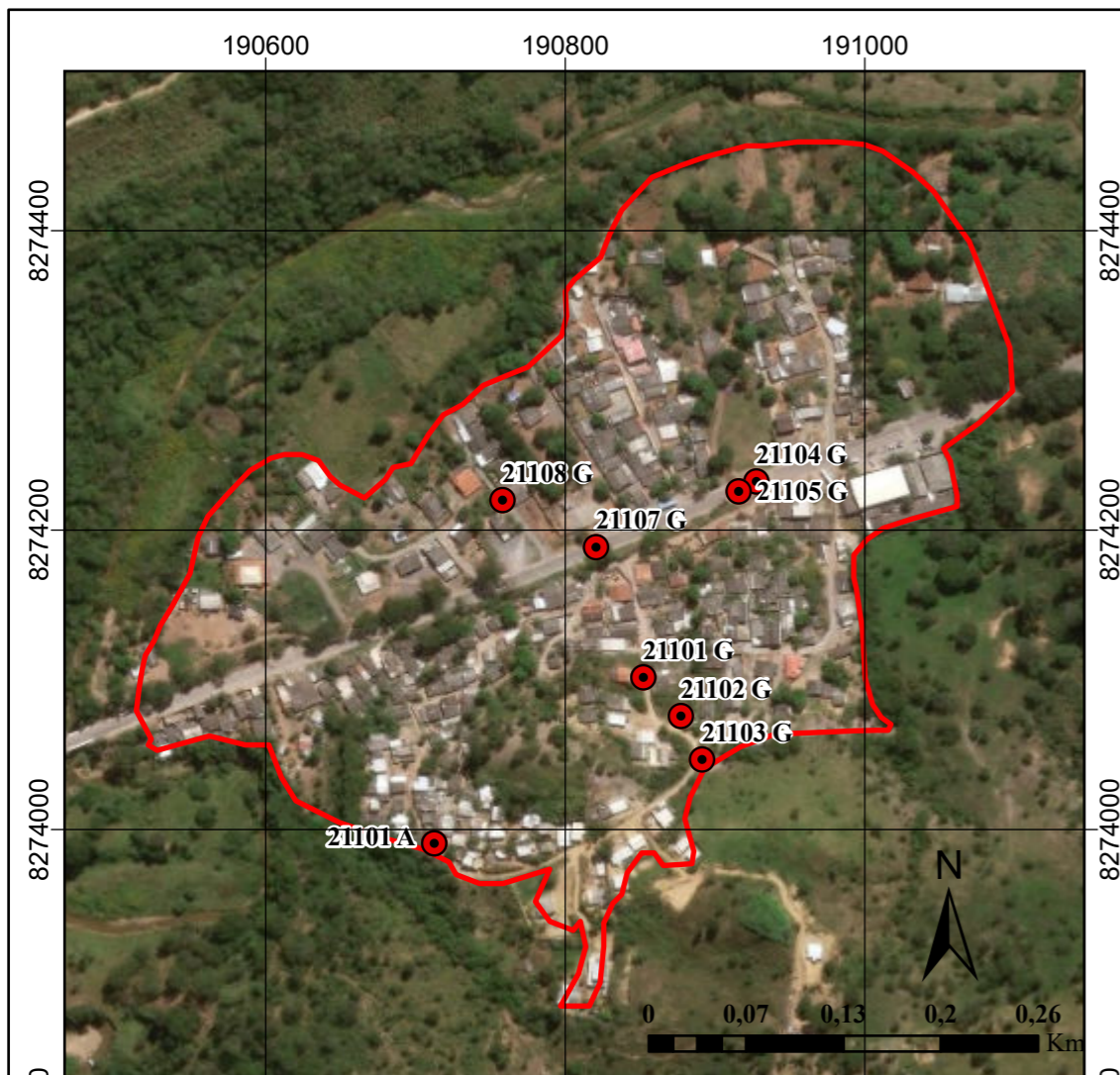
CARTA DE DENSIDADE DE EDIFICAÇÕES

Autor: Luango A. F. Ahualli
Orientador: Prof. Dr. Newton Moreira de Souza
Co-orientador: Prof. PhD. Luís Fernando Martins

Fonte:

- Imagem Ikonos obtida em ESRI (2019),
- Limites do Setor Hab. Fercal obtido em Geoportal (2018);

P. MAPA DE DISTRIBUIÇÃO DO INVENTÁRIO DE DIAGNÓSTICO URBANO



Legenda

- Registros Fotográficos

Limites

- Fercal IV
- Fercal III
- Fercal II
- Fercal I

Notas: Os algarismos e letras na ID (identificação) de cada foto seguem a seguinte lógica [ARIS][ÁREA IDENTIFICADA PELA DEFESA CIVIL/DF] [NÚMERO DA FOTO][FONTE], sendo A – Acervo do autor – e G – Google Street View.

Fonte:
 - Imagem Ikonos obtida em ESRI (2019),
 - Limites do Setor Hab. Fercal obtido em Geoportal (2018),



0 0,07 0,13 0,2 0,26 Km

Escala de visualização: 1:7.634

Projeção Transversa de Mercator

Datum horizontal: SIRGAS 2000 Zona 23 Sul

Meridiano Central 45° WGr

APLICAÇÃO DA CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA COMO SUBSÍDIO PARA PLANEJAMENTO URBANO NO SETOR HABITACIONAL FERCAL



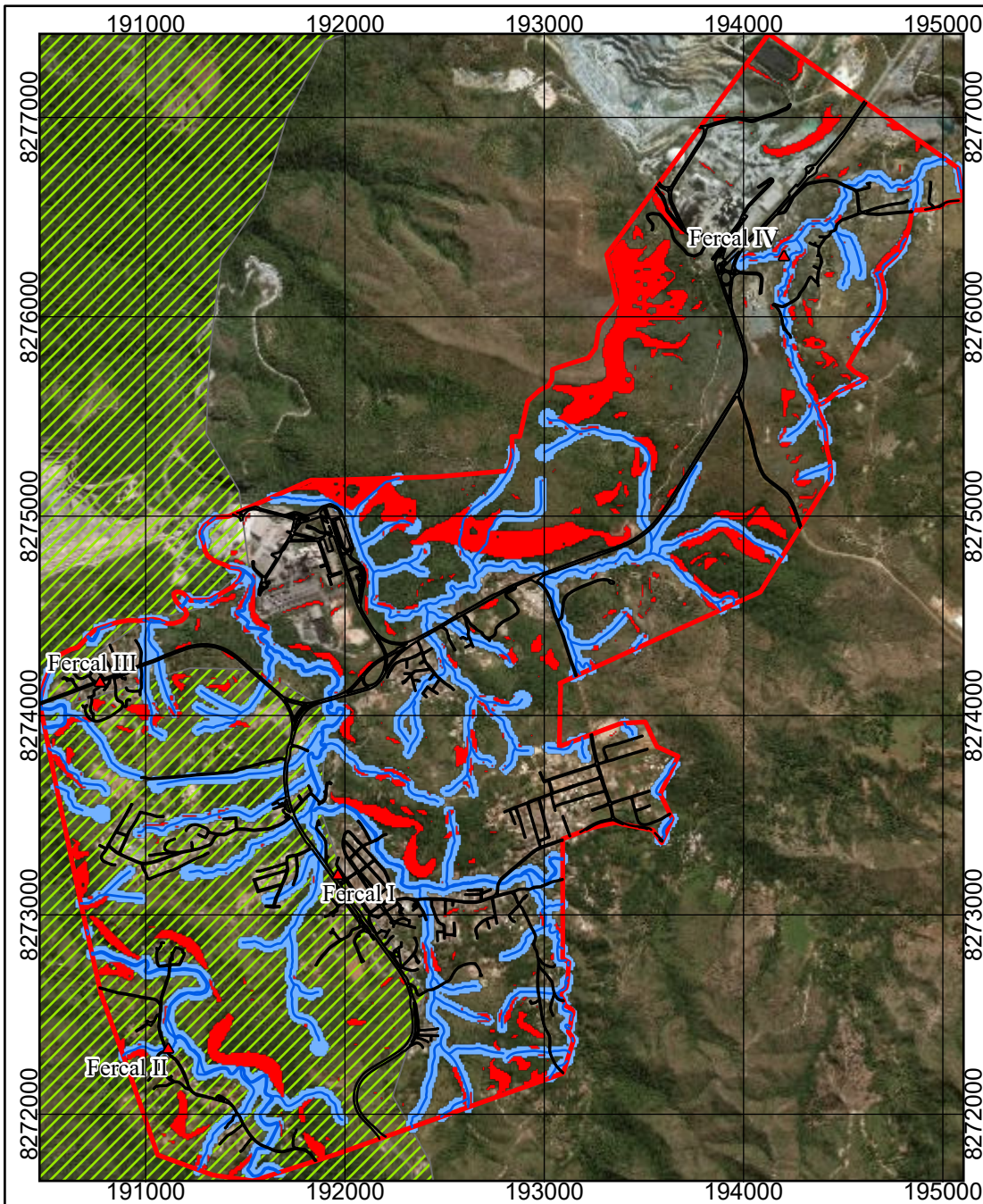
Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Geotecnia (PPG - UnB)



MAPA DE DISTRIBUIÇÃO DO INVENTÁRIO DE DIAGNÓSTICO URBANO

Autor: Luango A. F. Ahualli
 Orientador: Prof. Dr. Newton Moreira de Souza
 Co-orientador: Prof. PhD. Luís Fernando Martins

Q. CARTA DE RESTRIÇÕES AMBIENTAIS



Legenda

Convenções Cartográficas

- ARIS
- Vias
- Drenagens

Limites

- SHF (DIUR 05/17)

Restrições Ambientais

- APP de Declividade >45%
- APP Recursos Hidricos
- Zona de Uso Sustentável

Notas:

Fonte:

- Imagem Ikonos obtida em ESRI (2019),
- Limites do Setor Hab. Fercal obtido em Geoportal (2018),

Escala de visualização: 1:33.879
 Projeção Transversa de Mercator
 Datum horizontal: SIRGAS 2000 Zona 23 Sul
 Meridiano Central 45° WGr

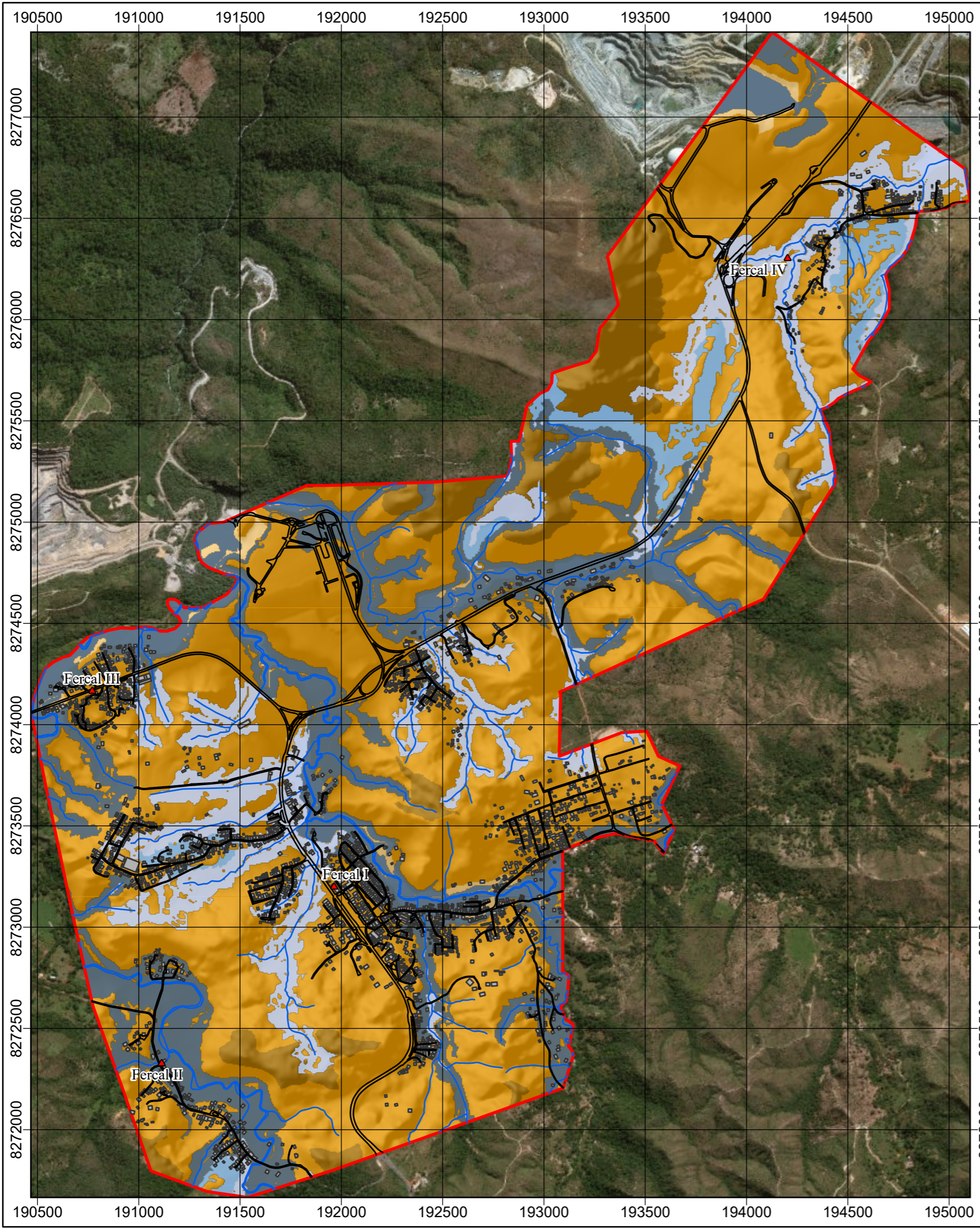
**APLICAÇÃO DA CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA COMO
 SUBSÍDIO PARA PLANEJAMENTO URBANO NO SETOR
 HABITACIONAL FERCAL**

Dissertação de Mestrado - Programa
 de Pós-Graduação em Geotecnia
 (PPG - UnB)

**CARTA DE RESTRIÇÕES
 AMBIENTAIS**

Autor: Luango A. F. Ahualli
 Orientador: Prof. Dr. Newton Moreira de Souza
 Co-orientador: Prof. PhD. Luís Fernando Martins

R. CARTA SÍNTESE



Quadro legenda A - Suscetibilidade à Inundação

Classe	Descrição predominante		Área	
	Locais	Bacias	Km ²	(%)
Alta	<ul style="list-style-type: none"> Relevo: Planícies e Terraços Fluviais; Solos hidromórficos em terrenos situados ao longo de cursos d'água; Declividade <3% Altura da inundação até 2,0 m em relação à borda da calha 	<ul style="list-style-type: none"> Ac grande; Formato: tendendo ao circular; Densidade de drenagem: alta; Canais tendendo ao sinuoso; Amplitude alta e canal principal longo 	1,44	34,8
Média	<ul style="list-style-type: none"> Relevo: Planícies e Terraços Fluviais; Solos hidromórficos ou não; Declividade 3 a 10% Altura da inundação até 6,0 m em relação à borda da calha 	<ul style="list-style-type: none"> Ac intermediária; Formato: circular a alongado; Padrão dos canais: sinuosos a retilíneo; Amplitude média e canal principal intermediário 	0,36	8,7
Baixa	<ul style="list-style-type: none"> Relevo: Planícies e Terraços Fluviais; Solos hidromórficos ou não; Declividade 3 a 10% Altura da inundação até 10 m em relação à borda da calha 	<ul style="list-style-type: none"> Ac pequena; Formato: tendendo alongado; Densidade de drenagem: baixa; Amplitude alta e canal curto 	2,34	56,5

Quadro legenda B - Suscetibilidade à Movimentos Gravitacionais de Massa

Classe	Descrição predominante	Área	
		Km ²	(%)
Alta	<ul style="list-style-type: none"> Relevo: Morros e Serras baixas; Topos de morros; Amplitude >100; Declividade > 40%; Formas de encostas: convexo-côncavos dissecadas e com topos aguçados ou arredondados; Solos majoritariamente rasos 	0,95	8,37
Média	<ul style="list-style-type: none"> Relevo: Colinas Dissecadas e Morros Baixos; Vertentes Recobertas por Rampas de Colúvio e Rampas de Talús Amplitude: 10 a 100; Declividade: 10 a 100%; Formas de encostas: convexo-côncavos dissecadas e com topos aguçados ou arredondados; Solos majoritariamente profundos 	9,58	84,43
Baixa	<ul style="list-style-type: none"> Relevo: Planícies Fluviais e Terraços Fluviais Amplitude: 0 a 10; Declividade: 0 a 20%; Formas de encostas: convexas suavizadas ou retilíneas Solos em geral hidromórficos 	0,82	7,2

Localização da área de estudo

Convenções Cartográficas

- Drenagens
- ▲ Centróide ARIS
- Vias
- Limites
- Edificações Mapeadas
- SHF (DIUR 05/17)

Relevo Sombreado com azimute de 315°, altura de iluminação 45° e exagero de 5x.

Composição colorida, imagem Digital Globe de 04 de maio de 2017 de 5x.

Notas: a metodologia utilizada para determinação das classes de suscetibilidade e identificação das áreas foi uma adaptação daquela proposta por Bitar et al. (2014).

Fonte:
 - Imagem Ikonos obtida em ESRI (2019),
 - Limites do Setor Hab. Fercal e vias obtidos em Geoportal (2018),
 - Dados originais ZEE (2011)

N

0 0,25 0,5 0,75 1 Km

Escala de visualização: 1:1.974.721

Projeção Transversa de Mercator

Datum horizontal: SIRGAS 2000 Zona 23 Sul

Meridiano Central 45° WGr

APLICAÇÃO DA CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA COMO SUBSÍDIO PARA PLANEJAMENTO URBANO NO SETOR HABITACIONAL FERCAL

Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Geotecnia (PPG - UnB)

CARTA SÍNTESE DE SUSCEPTIBILIDADE A EVENTOS GEODINÂMICOS

Autor: Luango A. F. Ahualli
 Orientador: Prof. Dr. Newton Moreira de Souza
 Co-orientador: Prof. PhD. Luís Fernando Martins

S. IDENTIFICAÇÃO, DESCRIÇÃO E LOCALIZAÇÃO DOS REGISTROS DE PROBLEMAS URBANOS

Id	A R I S	Comunidade		Elementos de risco				Localização		Data
		Identificação	CODF 1	Pavimentação	Declivida de	Lixo e/ou entulho	Descrição de Campo	Latitude	Longitude	
41301G	4	Queima lençol	13	Não pavimentada	Acentuada	Ausente	Residência em declividade acentuada, sistema de proteção/contenção inibindo o fluxo de água, sistemas de contenção de taludes precário (madeira, chapa de zinco, pedra de mão), inexistência de sistema de drenagem superficial	15°34'28.86"S	47°51'3.46"O	Jul/05
41302G	4	Queima lençol	13	Não pavimentada	Acentuada	Ausente	Residência em madeira em declividade acentuada, inexistência de sistema de drenagem superficial, possibilidade de ocorrência de processo erosivo	15°34'28.58"S	47°51'2.88"O	Set/11
41303G	4	Queima lençol	13	Não pavimentada	Acentuada	Ausente	Residência no topo e no pé da encosta descoberta, indícios de processo erosivo na encosta próxima a edificação	15°34'28.18"S	47°51'2.02"O	Set/11
41304G	4	Queima lençol	13	Não pavimentada	Acentuada	Presente	Via não pavimentada e com feições erosivas devido a falta de sistema de drenagem lateral da via	15°34'26.91"S	47°51'1.22"O	Set/11
41305G	4	Queima lençol	13	Não pavimentada	Acentuada	Presente	Residências em aterro não compactado (bota-fora), sem drenagem e em declividade acentuada, feições erosivas pequenas devido a inclinação do talude e falta de sistemas de drenagem e proteção, indícios de entulho no aterro	15°34'27.88"S	47°50'57.94"O	Set/11

41306G	4	Queima lençol	13	Não pavimentada	Acentuada		Residência no pé de talude de corte, estrutura de contenção frágil	15°34'21.62"S	47°50'57.94"O	Set/11
41307G	4	Queima lençol	13	Não pavimentada	Acentuada	Ausente	Residência em declividade acentuada sobre aterro não compactado	15°34'20.97"S	47°50'58.82"O	Set/11
41308G	4	Queima lençol	13	Não pavimentada	Acentuada	Presente	Queimada em encosta natural, feições erosivas na região que ocorre a drenagem natural	15°34'20.23"S	47°50'59.95"O	Set/11
41309G	4	Queima lençol	13	Não pavimentada	Acentuada	Ausente	Feição erosiva (ravina), corte irregular, perda da vegetação natural, exposição do solo	15°34'28.86"S	47°51'6.05"O	Set/11
41310G	4	Queima lençol	13	Não pavimentada	Acentuada	Ausente	Talude de corte sem proteção e com bananeiras (difícil de ver a dimensão, mas se for alto o corte é acentuado)	15°34'29.40"S	47°51'4.05"O	Set/11
41311G	4	Queima lençol	13	Não pavimentada	Acentuada		Residências em taludes de corte e com declividade acentuada, há outra edificação bem abaixo e próxima da encosta, inexistência de sistema de drenagem superficial da via, sistema de contenção irregular	15°34'29.02"S	47°51'3.81"O	Set/11
41312G	4	Queima lençol	13	Não pavimentada	Acentuada	Presente	Via não pavimentada com encostas naturais de ambos os lados, ruptura de talude remanescente na parte direita da via, risco de evoluir devido as chuvas e a inexistência de sistemas de drenagem superficial e proteção do talude	15°34'15.83"S	47°50'54.92"O	Set/11
41313G	4	Queima lençol	13	Pavimentada	Acentuada	Ausente	Feição erosiva em encosta natural, corte irregular e de inclinação elevada, sem proteção e sistema de drenagem, ao fundo pode-se perceber um pequeno processo de deslizamento	15°34'14.25"S	47°50'43.31"O	Set/11
41301A	4	Queima lençol	13	Não pavimentada	Acentuada	Ausente	Construção próxima a talude de corte sem contenção	15°34'33.13"S	47°51'3.91"O	Jun/19

41302A	4	Queima lençol	13	Não pavimentada	Acentuada	Presente	Residência obstruindo calha de drenagem natural, córrego canalizado, residência próxima á encosta natural	15°34'33.13"S	47°51'3.90"O	Jun/19
41303A	4	Queima lençol	13	Não pavimentada	Acentuada	Ausente	Via não pavimentada, sem drenagem, residências	15°34'25.31"S	47°50'58.70"O	Jun/19
41304A	4	Queima lençol	13	Não pavimentada	Acentuada	Ausente	Feições erosivas em aterro de bota-fora próximo à via não pavimentada	15°34'24.76"S	47°50'58.31"O	Jun/19
21101G	2	Morro do Piauí	11	Não pavimentada	Acentuada	Ausente	Via não pavimentada, residências próximas a encostas naturais, taludes naturais com indícios de processos iniciais de erosão superficial, cortes com inclinação acentuada e existência de bota-fora em áreas próximas a edificação principal, águas servidas na via, inexistência de sistema de captação de água e sistemas de drenagem	15°35'31.24"S	47°52'57.48"O	Set/11
21102G	2	Morro do Piauí	11	Não pavimentada	Acentuada	Ausente	Residência sobre aterro em declividade acentuada (bota-fora), edificação muito próxima da encosta, risco de deslizamento devido a baixa compactação do aterro na forma de bota-fora, risco de ocorrer erosão superficial devido a falta de sistema de drenagem e coleta de água	15°35'32.09"S	47°52'56.65"O	Set/11
21103G	2	Morro do Piauí	11	Não pavimentada	Acentuada	Ausente	Via não pavimentada, residências próximas a encostas naturais, águas servidas na via, cortes irregulares e de grande inclinação, falta de sistema de drenagem superficial para proteger a via	15°35'33.04"S	47°52'56.19"O	Set/11
21104G	2	Morro do Piauí	11	Pavimentada	Acentuada	Presente	Encosta com bananeiras, alta declividade e próxima a via de trânsito intenso, existência de lixo na encosta, inexistência de sistema de drenagem na lateral da via pavimentada	15°35'27.02"S	47°52'54.89"O	Jan/19

21105G	2	Morro do Piauí	11	Pavimentada	Acentuada	Presente	Encosta com bananeiras, alta declividade e próxima a via de trânsito intenso, lixo e entulho descartado na encosta, edificações próximas aos taludes	15°35'27.23"S	47°52'55.29"O	Jan/19
20906G	2	Fercal oeste	9	Pavimentada	Acentuada	Presente	Encosta com feições erosivas, próximo à rodovia, cortes irregulares e sem sistemas de proteção ou drenagem superficial, assoreamento da via pavimentada, edificações próximas aos cortes,	15°35'27.62"S	47°52'56.62"O	Set/11
20907G	2	Fercal oeste	9	Pavimentada	Moderada	Ausente	Talude de corte com feições erosivas, processo iminente de deslizamento remanescente, inexistência de sistemas de drenagem superficial	15°35'28.40"S	47°52'58.50"O	Jan/19
20908G	2	Fercal oeste	9	Não pavimentada	Acentuada	Ausente	Fossa séptica, água servida, declividade acentuada, edificações logo abaixo do talude, risco de contaminação (fossa)	15°35'27.35"S	47°53'0.58"O	Set/11
21101A	2	Morro do Piauí	11	Não pavimentada	Acentuada	Ausente	Habitações próximas à talude de corre e talude natural, construídas com material frágil (madeira), descarte incorreto de esgoto, vias sem drenagem	15°35'34.78"S	47°53'2.21"O	Jun/19
31401G	3	Rua do mato	14	Pavimentada		Ausente	Escoamento da água da chuva para vegetação próxima à via	15°36'45.39"S	47°52'32.69"O	Set/11
50101G	5	Alto bela vista	1	Pavimentada	Acentuada	Ausente	Talude de corte com alta declividade, porém pouca altura e com edificação próxima	15°35'48.71"S	47°52'29.29"O	Set/11
50102G	5	Alto bela vista	1	Pavimentada	Acentuada	Presente	Presença de edificação construída sobre aterro e talude de corte	15°35'56.00"S	47°52'42.55"O	Set/11
50103G	5	Alto bela vista	1	Pavimentada	Acentuada	Ausente	Talude de corte com alta declividade e pequena altura	15°35'58.18"S	47°52'50.39"O	Set/11
50104G	5	Alto bela vista	1	Pavimentada	Moderada	Presente	Talude de entulho	15°35'56.23"S	47°52'58.59"O	Set/11
50105G	5	Alto bela vista	1	Pavimentada	Baixa	Presente	Lixo na rua	15°35'56.14"S	47°52'58.93"O	Set/11
50106G	5	Alto bela vista	1	Pavimentada	Moderada	Presente	Residência próxima à encosta e sobre aterro não compactado	15°35'57.00"S	47°53'0.12"O	Set/11

50107G	5	Alto bela vista	1	Pavimentada	Moderada	Presente	Encosta com lixo	15°35'57.94"S	47°53'0.48"O	Set/11
50108G	5	Alto bela vista	1	Pavimentada	Moderada	Presente	Entulho próximo à encosta	15°35'58.43"S	47°52'59.93"O	Set/11
50109G	5	Alto bela vista	1	Pavimentada	Moderada	Ausente	Residência próxima à talude de corte sem contenção	15°35'53.87"S	47°52'57.02"O	Set/11
50110G	5	Alto bela vista	1	Pavimentada	Acentuada	Ausente	Via pavimentada com drenagem	15°35'52.35"S	47°52'54.76"O	Set/11
50111G	5	Alto bela vista	1	Pavimentada	Baixa	Ausente	Via não pavimentada com drenagem	15°35'57.17"S	47°52'52.63"O	Set/11
50112G	5	Alto bela vista	1	Pavimentada	Moderada	Ausente	Talude de corte com residência próxima	15°35'57.29"S	47°52'49.82"O	Set/11
50113G	5	Alto bela vista	1	Pavimentada	Baixa	Presente	Drenagem informal da água da chuva	15°35'54.19"S	47°52'41.02"O	Set/11
50114G	5	Alto bela vista	1	Pavimentada	Moderada	Ausente	Residência próxima a talude de corte com água servida	15°35'53.01"S	47°52'43.13"O	Set/11
50115G	5	Alto bela vista	1	Pavimentada	Acentuada	Presente	Residência próximo à talude de corte sem contenção com baixa altura	15°35'52.70"S	47°52'45.03"O	Set/11
50301A	5	Bananal	3	Não pavimentada	Acentuada	Presente	Edificações próximas à talude de corte, edificações sobre aterro não compactado, falta de drenagem	15°36'8.68"S	47°52'1.54"O	Jun/19
50302A	5	Bananal	3	Não pavimentada	Acentuada	Ausente	Edificações próximas à talude de corte, alto risco de escorregamento, presença de feições erosivas, falta de drenagem	15°36'8.38"S	47°52'2.11"O	Jun/19
50333A	5	Bananal	3	Não pavimentada	Acentuada	Presente	Edificação próxima à talude de corte, direcionamento incorreto de águas pluviais, feições erosivas próxima edificação	15°36'8.50"S	47°52'2.44"O	Jun/19
50344A	5	Bananal	3	Não pavimentada	Acentuada	Ausente	Edificações construídas muito próximas em terreno de acentuada declividade	15°36'8.62"S	47°51'57.44"O	Jun/19
50355A	5	Bananal	3	Não pavimentada	Acentuada	Presente	Acesso sem drenagem, construções em declividade acentuada e próximas à talude de corte, direcionamento indevido de águas cinzas	15°36'10.28"S	47°52'3.17"O	Jun/19
50366A	5	Bananal	3	Não pavimentada	Acentuada	Presente	Obstrução da drenagem, desgastes da fundação da ponte	15°36'2.79"S	47°51'53.07"O	Jun/19

50307A	5	Bananal	3	Não pavimentada	Acentuada	Presente	Via não pavimentada, lançamento indevido de esgoto e águas pluviais em via pública	15°35'55.56"S	47°51'41.86"O	Jun/19
50308A	5	Bananal	3	Não pavimentada	Acentuada	Presente	Escorregamento	15°35'56.45"S	47°51'42.14"O	Jun/19
21101A	2	Morro do Piauí	11	Não pavimentada	Acentuada	Ausente	Habitações próximas à talude de corre e talude natural, construídas com material frágil (madeira), descarte incorreto de esgoto, vias sem drenagem	15°35'34.78"S	47°53'2.21"O	Jun/19
51001A	5	Vila azul	10	Pavimentada	Baixa	Presente	Via com acumulo de entulho, via sem drenagem	15°35'59.71"S	47°52'13.23"O	Jun/19
51002A	5	Vila azul	10	Não pavimentada	Acentuada	Presente	Descarte inadequado de águas servidas na calha natural de drenagem, habitação próxima à encosta natural	15°35'59.37"S	47°52'13.29"O	Jun/19
51003A	5	Vila azul	10	Não pavimentada	Baixa	Presente	Acumulo de entulho na planície de inundação do córrego	15°35'52.06"S	47°52'17.38"O	Jun/19
51004A	5	Vila azul	10	Não pavimentada	Acentuada	Ausente	Feição erosiva às margens do córrego	15°35'50.78"S	47°52'18.03"O	Jun/19
51005A	5	Vila azul	10		Baixa	Presente	Leito do rio com lixo	15°35'50.20"S	47°52'18.74"O	Jun/19
51006A	5	Vila azul	10		Baixa	Presente	Ponte destruída durante inundação de 2007	15°35'50.36"S	47°52'24.89"O	Jun/19
51007A	5	Vila azul	10	Não pavimentada	Acentuada	Ausente	Feição erosiva no talude da encosta natural e com habitação com alto padrão construtivo próxima	15°35'50.61"S	47°52'24.94"O	Jun/19
51008A	5	Vila azul	10	Não pavimentada	Acentuada	Presente	Feição erosiva no talude da encosta natural e com habitação com alto padrão construtivo próxima	15°35'49.76"S	47°52'24.13"O	Jun/19
51009A	5	Vila azul	10	Não pavimentada	Moderada	Presente	Feições erosivas na via, via curta e sem drenagem	15°35'44.96"S	47°52'25.47"O	Jun/19

51010A	5	Vila azul	10		Baixa	Presente	Lixo jogado no leito do córrego	15°35'40.90"S	47°52'25.53"O	Jun/19
51011A	5	Vila azul	10		Baixa	Ausente	Saída da drenagem na área da Votorantim	15°35'31.46"S	47°52'21.23"O	Jun/19
50101A	5	Alto bela vista	1	Não pavimentada	Baixa	Presente	Muro de contenção comprometido por escorregamento, habitações próximas à talude de corte;	15°35'51.64"S	47°52'40.00"O	Jun/19
50102A	5	Alto bela vista	1	Não pavimentada	Acentuada	Presente	Residência em próximas à encostas naturais	15°35'52.84"S	47°52'45.85"O	Jun/19
50311A	5	Bananal	3	Pavimentada	Acentuada	Presente	Deslizamento de encosta em área urbana, próxima da pista	15°35'56.74"S	47°51'42.38"O	Jun/19
50322A	5	Bananal	3	Pavimentada	Acentuada	Presente	Deslizamento de encosta em área urbana, próxima da pista	15°35'56.00"S	47°51'41.96"O	Jun/19
50303A	5	Bananal	3		Baixa	Presente	Canalização de córrego em meio urbano, descarte inadequado de águas servidas e de lixo	15°35'54.82"S	47°51'47.49"O	Jun/19
50304A								15°35'55.11"S	47°51'47.66"O	Jun/19
50305A								15°35'54.91"S	47°51'47.81"O	Jun/19
50306A								15°35'54.92"S	47°51'47.54"O	Jun/19
50377A	5	Bananal	3	Não pavimentada	Acentuada	Ausente	Feições erosiva na via, falta de drenagem	15°35'50.33"S	47°51'50.63"O	Jun/19
50388A	5	Bananal	3	Não pavimentada	Acentuada	Ausente	Habitações próximas à talude de corte, considerável presença de feições erosivas	15°35'39.41"S	47°51'36.57"O	Jun/19
50309A	5	Bananal	3	Não pavimentada	Acentuada	Presente	Residências próximas à encosta	15°35'37.91"S	47°51'36.46"O	Jun/19
50310A	5	Bananal	3	Não pavimentada	Acentuada	Presente	Residências em aterros não compactados em áreas de acentuada declividade, presença de entulho e lixo, residências obstruindo drenagem natural.	15°35'41.92"S	47°51'36.58"O	Jun/19

50201G	5	Alto bela vista - expansão	2	Pavimentada	Acentuada	Ausente	Residência próxima à talude com alta inclinação e baixa altura	15°36'6.15"S	47°52'32.48"O	Set/11
50202G	5	Alto bela vista - expansão	2	Pavimentada	Acentuada	Presente	Construção de contenção de talude de corte por morador	15°36'2.57"S	47°52'30.66"O	Set/11
50801G	5	Fercal leste	8	Pavimentada	Acentuada	Ausente	Talude de corte próximo à edificação	15°35'33.77"S	47°52'15.30"O	Set/11
50802G	5	Fercal leste	8	Pavimentada	Acentuada	Ausente	Talude de corte sem contenção próximo à via de circulação	15°35'20.43"S	47°51'58.27"O	Set/11
50803G	5	Fercal leste	8	Pavimentada	Acentuada	Ausente	Talude em área de circulação sem proteção	15°35'27.35"S	47°52'11.05"O	Set/11
50804G	5	Fercal leste	8	Pavimentada	Acentuada	Ausente	Talude em área de circulação sem proteção	15°35'30.76"S	47°52'1.11"O	Set/11
51001G	5	Vila azul	10	Não pavimentada	Moderada	Presente	Talude sem contenção em área de circulação	15°35'55.03"S	47°52'10.92"O	Set/11
51002G	5	Vila azul	10	Não pavimentada	Moderada	Ausente	Obstrução da drenagem	15°35'54.41"S	47°52'11.15"O	Set/11
51003G	5	Vila azul	10	Não pavimentada	Moderada	Ausente	Residência próximo a talude sem contenção	15°35'57.41"S	47°52'15.37"O	Set/11

1) CODF – refere-se ao código utilizado pela Defesa Civil para identificar cada comunidade mapeada conforme o Resumo do Relatório de Áreas de Risco 2017

Obs: Os algarismos e letras na ID (identificação) de cada foto seguem a seguinte lógica [ARIS][ÁREA IDENTIFICADA PELA DEFESA CIVIL][NÚMERO DA FOTO][FONTE], sendo A – Acervo do autor – e G – *Google Street View*.

I. REGISTROS FOTOGRÁFICOS DE DIAGNÓSTICO URBANO



41301G



41302G



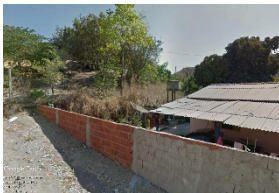
41303G



41304G



41305G



41306G



41307G



41308G



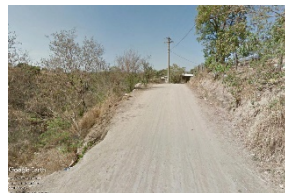
41309G



41310G



41311G



41312G



41313G



41301A



41302A



41303A



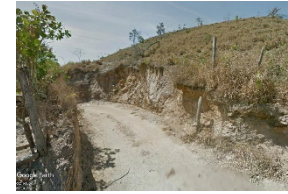
41304A



21101G



21102G



21103G



21104G



21105G



20906G



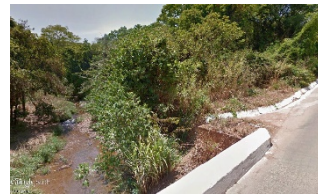
20907G



20908G



21101A



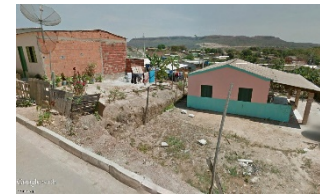
31401G



50101G



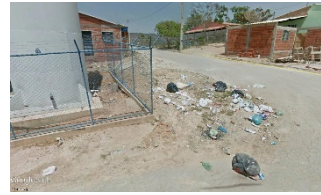
50102G



50103G



50104G



50105G



50106G



50107G



50108G



50109G



50110G



50111G



50112G



50113G



50114G



50115G



50301A



50322A



50303A



50344A



50305A



50366A



50307A



50308A



51001A



51002A



51003A



51004A



51005A



51006A



51007A



51008A



51009A



51010A



51011A



50101A



50102A



50302A



50333A



50304A



50355A



50366A



50377A



50388A



50309A



50310A



50201G



50202G



50801G



50802G



50803G



50804G



51001G



51002G



51003G

ANEXO

I. DADOS DOS EMPREENDIMENTOS MINEIROS NA RA XXXI

ID	DNPM	ANO	FASE	NOME	MINÉRIO	USO	CLASSE	Relação de área (%)
1	821.197	1971	Concessão de lavra	Map Mineração Agropecuária Ltda.	Calcário	Não informado	Rochas e Minerais Industriais	2,83
2	811.707	1976	Requerimento de lavra	BHJ MINERAÇÃO LTDA.	Areia	Não informado	Materiais de Construção	0,15
3	811.708	1976	Requerimento de lavra	BHJ MINERAÇÃO LTDA.	Areia	Não informado	Materiais de Construção	0,12
4	811.709	1976	Requerimento de lavra	BHJ MINERAÇÃO LTDA.	Areia	Não informado	Materiais de Construção	0,13
5	860.833	2000	Requerimento de lavra	Planalto Extração de Areia Ltda	Areia	Construção civil	Materiais de Construção	0,14
6	860.846	2005	Requerimento de lavra	Planalto Extração de Areia Ltda	Areia	Construção civil	Materiais de Construção	0,28
7	860.847	2005	Requerimento de lavra	Planalto Extração de Areia Ltda	Areia	Construção civil	Materiais de Construção	0,28
8	860.883	2005	Requerimento de lavra	G.R.extração de Areia e Transportes Ltda	Areia	Construção civil	Materiais de Construção	0,31
9	860.662	2000	Concessão de lavra	Planalto Extração de Areia Ltda	Areia	Não informado	Materiais de Construção	0,31
10	860.896	2003	Requerimento de lavra	G.R.extração de Areia e Transportes Ltda	Minério de ouro	Industrial	Minerais Metálicos	0,30
11	860.454	2008	Requerimento de lavra	Planalto Extração de Areia Ltda	Minério de ouro	Industrial	Minerais Metálicos	0,30

12	802.167	1968	Concessão de lavra	CIPLAN CIMENTO PLANALTO S/A	Calcário	Não informado	Rochas e Minerais Industriais	0,06
13	803.762	1968	Concessão de lavra	CIPLAN CIMENTO PLANALTO S/A	Calcário	Não informado	Rochas e Minerais Industriais	0,22
14	803.461	1972	Concessão de lavra	CIPLAN CIMENTO PLANALTO S/A	Calcário	Não informado	Rochas e Minerais Industriais	2,91
15	810.657	1970	Concessão de lavra	CIPLAN CIMENTO PLANALTO S/A	Argila	Não informado	Materiais de Construção	1,16
16	806.811	1971	Concessão de lavra	CIPLAN CIMENTO PLANALTO S/A	Calcário	Não informado	Rochas e Minerais Industriais	3,39
17	800.425	1971	Requerimento de lavra	CIPLAN CIMENTO PLANALTO S/A	Calcário	Não informado	Rochas e Minerais Industriais	2,41
18	802.843	1971	Concessão de lavra	CIPLAN CIMENTO PLANALTO S/A	Argila	Não informado	Materiais de Construção	0,51
19	814.070	1971	Concessão de lavra	CIPLAN CIMENTO PLANALTO S/A	Calcário	Não informado	Rochas e Minerais Industriais	0,09
20	860.570	1986	Requerimento de lavra	CIPLAN CIMENTO PLANALTO S/A	Calcário	Não informado	Rochas e Minerais Industriais	1,70
21	861.122	1988	Concessão de lavra	Pedracon Mineração Ltda.	Calcário	Não informado	Rochas e Minerais Industriais	2,19
22	861.627	1983	Concessão de lavra	Pedracon Mineração Ltda.	Calcário	Não informado	Rochas e Minerais Industriais	0,09
23	860.595	2007	Requerimento de lavra	G.r.extração de Areia e Transportes Ltda	Minério de ouro	Industrial	Minerais Metálicos	1,03
24	861.597	2010	Requerimento de lavra	Planalto Extração de Areia Ltda	Minério de ouro	Industrial	Minerais Metálicos	0,30
25	861.109	2012	Requerimento de lavra	Pedreiras Contagem Ltda.	Calcário	Fabricação de cimento	Rochas e Minerais Industriais	0,31
26	861.124	1991	Requerimento de lavra	Votorantim Cimentos S A	Argila	Não informado	Materiais de Construção	1,77

27	861.305	2004	Requerimento de lavra	CIPLAN CIMENTO PLANALTO S/A	Argila	Industrial	Materiais de Construção	1,33
28	805.460	1971	Concessão de lavra	Votorantim Cimentos S A	Argila	Não informado	Materiais de Construção	0,05
29	860.747	2003	Requerimento de lavra	CIPLAN CIMENTO PLANALTO S/A	Siltito	Não informado	Rochas e Minerais Industriais	1,55
30	7.607	1960	Concessão de lavra	Lafargeholcim (brasil) S.a.	Calcário	Não informado	Rochas e Minerais Industriais	0,79
31	3.967	1967	Concessão de lavra	Votorantim Cimentos S A	Argila	Não informado	Materiais de Construção	1,79
32	860.504	2014	Requerimento de lavra	CIPLAN CIMENTO PLANALTO S/A	Argila	Industrial	Materiais de Construção	0,14
33	860.807	2010	Requerimento de lavra	CIPLAN CIMENTO PLANALTO S/A	Argila	Industrial	Materiais de Construção	0,16
34	861.082	2011	Requerimento de lavra	CIPLAN CIMENTO PLANALTO S/A	Calcário	Fabricação de cimento	Rochas e Minerais Industriais	3,23
35	861.206	2010	Requerimento de lavra	Pedreira Pedra Negra Ltda.	Calcário	Brita	Rochas e Minerais Industriais	0,05
36	860.027	1988	Concessão de lavra	Votorantim Cimentos S A	Argila	Não informado	Materiais de Construção	2,66
37	861.171	1993	Concessão de lavra	Votorantim Cimentos S A	Argila	Industrial	Materiais de Construção	1,93
38	860.062	2014	Requerimento de lavra	Planalto Extração de Areia Ltda	Areia	Construção civil	Materiais de Construção	0,20
39	860.845	1982	Concessão de lavra	Votorantim Cimentos S A	Argila	Não informado	Materiais de Construção	1,28
							Total:	38,46

SIGMINE - DNPM. Disponível em <http://sigmine.dnpm.gov.br/webmap/>

II. DADOS DAS ESTAÇÃO PLUVIOMÉTRICAS

Ano/Mês	Precipitação total (mm) Estação pluviométrica - Contagem													
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média	Total
1971	70,1	136,6	153,6	80	58,1	12,7	19,2	0,2	86,5	346,5	465,1	271,5	141,7	1700,1
1972	72,8	121,9	135,5	131,6	25,2	0	21,7	2,5	35,8	59,1	203,6	513,3	110,3	1323
1973	169,9	142,5	301,6	104,9	20,2	11,6	0	0	149,5	231,7	160,1	158,3	120,9	1450,3
1974	57,6	163,4	459,1	179,3	24,8	0	0	19	1,7	203,2	221,7	301,8	136	1631,6
1975	151,2	158	115,4	248,9	26,5	0	7,7	0	12,8	91,2	177	272	105,1	1260,7
1976	72,4	312,8	224,1	29,5	71,5	0	11,5	0	67,6	204,1	480,4	245,9	143,3	1719,8
1977	297,7	234,6	112,8	182,7	47,1	46	0	0	23,7	72,8	144,5	276	119,8	1437,9
1978	350,2	261,9	176,4	188,6	49,2	0,7	1,3	0	8,4	125,6	187,1	228,7	131,5	1578,1
1979	784,3	375,2	303,8	71,5	60,7	0	0	19,7	13,1	112,2	140,7	202	173,6	2083,2
1980	440,9	423,8	87,1	213,3	118,7	9	0	0	89,2	2,8	237,5	250	156	1872,3
1981	225,5	120,8	354,4	40,6	37,8	45,5	19,2	12,4	6	400,5	351,1	87,2	141,8	1701
1982	418,7	78,9	352,4	121,1	101,9	0	0	12,4	6	403,7	337,8	134,6	164	1967,5
1983	321,6	367	259,6	150,9	42,4	0	22,9	0	52,7	182,3	294,9	173,9	155,7	1868,2
1984	167,4	159,2	299,7	174	6,9	0	0	30,1	63	186,6	87	164,4	111,5	1338,3
1985	367,2	146	255,4	80	29,7	0	0	0	10,4	236,6	146,6	399	139,2	1670,9
1986	215,2	138,5	143,8	35,4	9,3	0	14,4	65,6	8,6	167,2	108,4	226,1	94,4	1132,5
1987	74,2	150,9	388,2	126,3	61,8	0,5	0	0	79,2	87,3	200,8	373,2	128,5	1542,4
1988	107,3	256,1	287,1	165,2	24,1	1,6	0	0	5,2	172,3	346,6	182,2	129	1547,7
1989	199,8	241,5	205,9	51,6	1,2	45,8	25,1	59,7	86,9	207,2	232,9	757,1	176,2	2114,7
1990	152,4	195,6	112,1	107,7	96,9	0	119,7	20,2	129,3	147,6	222	85,2	115,7	1388,7

1991	267,9	192,6	328,5	137,7	4,6	0	0	0	22,6	56,9	222,6	284	126,5	1517,4
1992	352,2	392,2	140,3	168,1	21,2	0	0	41,1	69,3	180,4	302,4	417,5	173,7	2084,7
1993	110,4	206,5	72,9	83,5	20,4	11,6	0	33,4	115,3	69,6	110	309	95,2	1142,6
1994	227,1	131,5	388,2	128,6	35	39,6	0	0	0	54,1	291,1	213,4	125,7	1508,6
1995	150,7	128,5	216,4	162,9	42,4	0	0	0	0	150,7	174,6	357,8	115,3	1384
1996	93,2	75	147,6	90,4	21,3	0	0	113,6	26,3	93,1	254,3	189,7	92	1104,5
1997	516,7	88,9	371,7	178,6	73,6	20	0	0	69,4	57,8	267,1	217,1	155,1	1860,9
1998	240,3	148	208,5	87,4	38,9	16,3	0	3,3	9,4	177,6	282,2	270,4	123,5	1482,3
1999	224,5	49,5	254,5	45,3	23,6	0	0	0	50,3	242,1	353	265,9	125,7	1508,7
2000	205,1	105,9	188	75,8	0	0	0	34,5	39	167,4	229,6	250,8	108	1296,1
2001	68,4	74,2	257,6	116,3	13,6	0	1,4	34,9	68,2	208,2	291,5	353,4	124	1487,7
2002	264,6	181,5	136,6	44,2	5,2	0	1,4	10,4	48,6	13,8	207,6	207,5	93,5	1121,4
2003	332,7	183	277,4	21	3,2	0	0	12,8	40,4	70,6	132,8	180,4	104,5	1254,3
2004	442,3	390,9	315,4	219,2	2,4	0	0	0	1,6	186,5	129,9	126,2	151,2	1814,4
2005	249,6	343,6	344	95,2	35,4	7,6	0	33,3	83	28,5	230,3	436,1	157,2	1886,6
2006	145,1	171,1	294,5	155,9	21,2	0,2	0,1	20,1	38,1	474,9	134,3	98	129,5	1553,5
2007	269,1	270,1	29	26,7	6,6	0	0	0	0	0	0	0	50,1	601,5
2008	235,8	331	251,9	59,2	3,2	0	0	5,3	65,2	21,4	0	244,8	110,7	1217,8
2009	285,3	103,3	129	246,8	47,2	12,4	0	56,2	66,6	264,9	182,9	230	135,4	1624,6
2010	173,4	82,8	235,2	150,9	26	0	0	0	0,8	116,7	257,6	0	87	1043,4
2011	155,4	155,1	203,7	31,4	22,7	6,1	0	0	2,3	310,5	462	405,2	146,2	1754,4
2012	209,7	87,8	119,9	73,1	21,9	0	0,3	0	0	0	0	0	42,7	512,7
2016	0	0	0	10	0	0	33,8	0	0	0	0	0	3,7	43,8

2017	0	0	0	0	0	0	10,5	19,5	0	0	171,3	0	16,8	201,3
2018	171,3	0	0	211	5,3	0	0	10,1	42,2	0	389,4	205,3	86,2	1034,6
2019	46,4	293,2	242,5	46,9	0	0	0	0	0	0	0	0	157,3	629
Média	220,7	182	214,8	111,9	28,8	6,4	6,9	14,9	39,9	146,4	223,2	234,8	120,2	
Máxima	784,3	423,8	459,1	248,9	118,7	46	119,7	113,6	149,5	474,9	480,4	757,1	176,2	

Precipitação total (mm) Estação pluviométrica Engenho Velho

2009	0	0	0	0	0	13,4	0,3	68,1	14,8	27,14	54,4	54	19,345	232,14
2010	15,4	15,2	126	88,9	2,6	0	0	0	0,1	25,5	145,1	90	42,4	508,8
2011	142,6	365,8	636,2	61,6	3,2	6,6	1,8	0	5	330,4	334,4	54,6	161,9	1942,2
2012	0	0	0	0	0	0	0	0	19,4	95,9	7,6	48,4	14,3	171,3
2013	379,78	65	194,6	47,2	27,3	32,8	0	7,4	18,7	154,4	175,7	207	109,2	1309,88
2014	0	90,9	243	143,4	4,3	0,1	0	0	3,2	27,2	117,7	202,4	69,4	832,2
2015	102,6	112,6	258,9	164	41,8	0	0	0	48,3	142,8	15,1	137,7	85,3	1023,8
2016	206,2	20,1	74,4	11,3	0	1	1	1,3	0	0	0	108,9	35,4	424,2
2017	61,2	84	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12,1	145,2
Média	100,9	83,7	170,3	57,4	8,8	6,0	0,3	8,5	12,2	89,3	94,4	100,3	61,0	
Máxima	379,78	365,8	636,2	164	41,8	32,8	1,8	68,1	48,3	330,4	334,4	207	161,9	