

CONTRATO N° 50/2023
PROCESSO N° 00111-00007001/2022-97

SERVIÇOS TÉCNICOS DE ENGENHARIA
NECESSÁRIOS À REGULARIZAÇÃO FUNDIÁRIA DA

ARINE SUCUPIRA,

ENVOLVENDO OS ESTUDOS PARA O
LICENCIAMENTO AMBIENTAL E OS
PROJETOS DE INFRAESTRUTURA

PRODUTO 3

Estudo de Risco
(Ambiental/Geológico/Geotécnico)

GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL - GDF

Ibaneis Rocha
Governador

Celina Leão
Vice-Governadora

AGÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DO DISTRITO FEDERAL – TERRACAP

Izídio Santos Júnior
Presidente

Hamilton Lourenço Filho
Diretor Técnico

Comissão de Gestão do Contrato
Ana Teresa Fernandes Ferreira
Gestora

João Alberto Legey de Siqueira
Gestor

Josias Sampaio Cavalcante Junior
Gestor

Comissão de Fiscalização do Contrato
Arquimedes de Siracusa dos Santos
Fiscal

Iuri da Rocha Marmo de Oliveira
Fiscal

**SERVIÇOS TÉCNICOS DE ENGENHARIA NECESSÁRIOS À REGULARIZAÇÃO
FUNDIÁRIA DA ARINE SUCUPIRA, ENVOLVENDO OS ESTUDOS PARA
LICENCIAMENTO AMBIENTAL E OS PROJETOS DE INFRAESTRUTURA**

PRODUTO 3 - ESTUDO DE RISCO (AMBIENTAL/GEOLÓGICO/GEOTÉCNICO)

Fevereiro de 2024

EQUIPE TÉCNICA**Thiago Peixoto Novais**

Engenheiro Civil

CREA 147.293/D-MG

Geraldo Augusto Novais

Engenheiro Civil

CREA 30.616/D-MG

Pedro Marques Ely

Engenheiro Ambiental

CREA 17.043/D-DF

Renato Nassau Lobo

Engenheiro Florestal

CREA

Marcelo Pedrosa Pinelli

Geólogo

CREA 11.084/D-DF

Fernando Marques Ely

Administrador

CRA 026.034/DF

Getúlio de Assis Gurgel

Biólogo

CRBio 057.574-04/D

Maria Rita Souza Fonseca

Geógrafa

CREA 12.869/D-DF

Ana Cecília Parisi

Arquiteta e Urbanista

CAU A80096-1

Rômulo Bonelli Henrique de Faria

Arquiteto e Urbanista

CAU A29557-4

Carolina de Abreu Marques**Henriques**

Profissional de Arqueologia

Renato Grillo Ely

Engenheiro Civil

CREA 13.611/D-RS

Antônio José de Brito

Engenheiro Civil

CREA 7.965/D-DF

Roberto Tramontina Araújo

Engenheiro Florestal

CREA 20.173/D-DF

Robson Figueiredo Cunha

Engenheiro Agrônomo

CREA 9.693/D-DF

Carlos Christian Della Giustina

Geólogo

CREA 10.864/D-DF

Fernando Luiz Carvalho Dantas

Economista

CORECON 5.664

Sergei Studart Quintas Filho

Biólogo

CRBio

Paulo Cavalcanti de Albuquerque

Arquiteto e Urbanista

CAU A80095-3

Jordan Paulo Meros

Arquiteto e Urbanista

CAU A55153-8

Caio Pinheiro Dell Giustina

Sociólogo

INFORMAÇÕES GERAIS

Dados do Empreendedor	
Razão Social	COMPANHIA IMOBILIÁRIA DE BRASÍLIA – TERRACAP
CNPJ	00.359.877/0001-73
Endereço	Setor de Administração Municipal – SAM, Bloco “F”, Edifício TERRACAP. Brasília – Distrito Federal
Telefone	(61) 3342-1994
Comissão de Gestão do Contrato	Ana Teresa Fernandes Ferreira, João Alberto Legey de Siqueira e Josias Sampaio Cavalcante Junior
Comissão de Fiscalização do Contrato	Arquimedes de Siracusa dos Santos, Iuri da Rocha Marmo de Oliveira

Dados da Empresa Líder do Consórcio	
Razão Social	CONSÓRCIO INFRA-SUCUPIRA
Empresa Líder	Volar Engenharia LTDA
CNPJ	28.812.523/0001-51
Endereço	SHS Quadra 6 Bloco C – Edifício Brasil XXI / sala 301 – Asa Sul – Brasília/DF – CEP: 70.390-055
Telefone	(061) 3532-9205
Responsáveis Técnicos	Thiago Peixoto Novais Fernando Marques Ely Renato Grillo Ely

EQUIPE TÉCNICA

Responsável Técnico

Geólogo Marcelo Pedrosa Pinelli CREA 11.084/D - DF

Eng. Civil Antônio José de Brito – CREA 7.965/D-DF

Equipe Técnica

Eng. Civil Vilmar Herbert de Almeida – CREA 34.749/D-MG

Eng. Civil Caique Dutra Brito - CREA 25.619/D-DF

Eng. Ambiental Regina da Silva Nascimento – CREA 32341/D-DF

Andréia Figueredo – Desenhista

SUMÁRIO

1 APRESENTAÇÃO	13
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO LEGAL	13
1.2 RISCO GEOTECNICO NO DISTRITO FEDERAL	14
1.2.1 CARTAS GEOTÉCNICAS DE APTIDÃO À URBANIZAÇÃO PARA O DF	14
1.2.2 CARTAS DE MOVIMENTO GRAVITACIONAIS E DE INUNDAÇÃO PARA O DF	16
1.2.3 ÁREAS DE RISCO GEOLÓGICO NO DISTRITO FEDERAL	18
1.2.4 DADOS HISTÓRICOS PARA A REGIÃO DO RIACHO FUNDO I	22
2 CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO	24
2.1 ASPECTOS CLIMÁTICOS E METEOROLÓGICOS	24
2.1.1 TEMPERATURA	25
2.1.2 PRECIPITAÇÃO	25
2.1.3 UMIDADE RELATIVA DO AR	26
2.1.4 VENTOS	27
2.2 GEOLOGIA	28
2.2.1 GEOLOGIA DA ÁREA DE INFLUÊNCIA INDIRETA	29
2.2.2 GEOLOGIA DA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA – AID	31
2.3 GEOMORFOLOGIA	39
2.3.1 GEOMORFOLOGIA DA ÁREA DE INFLUÊNCIA INDIRETA	39
2.3.2 GEOMORFOLOGIA DA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA	41
2.3.3 CARACTERIZAÇÃO DAS VERTENTES	43
2.4 PEDOLOGIA	54
2.4.1 PEDOLOGIA DA ÁREA DE INFLUÊNCIA INDIRETA	54
2.4.2 PEDOLOGIA DA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA	56
2.5 VEGETAÇÃO	59
2.5.1 MATA DE GALERIA	61
2.5.2 CERRADO SENTIDO RESTRITO – TÍPICO (ANTROPIZADO)	62
2.5.3 CERRADO SENTIDO RESTRITO - RALO	63
2.5.4 CERRADO RUPESTRE	64
2.5.5 ÁREAS CAMPESTRES	65
2.5.6 ÁREAS ANTROPIZADAS	66
2.5.7 ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE	67
3 ESTUDO CINEMÁTICO	69
3.1 ESTABILIDADE EM MACIÇOS ROCHOSOS	69
3.1.1 ANÁLISE DE ESTABILIDADE DE TALUDE	69
3.2 PROPRIEDADE MECÂNICA DAS ROCHAS	76
3.3 ACAMAMENTO	77
3.4 AVALIAÇÃO CINEMÁTICA DOS TALUDES DA ÁREA DE ESTUDO	78
4 ESTABILIDADE DE TALUDE	87
4.1 AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE DOS TALUDES	87

4.1.1 FATOR DE SEGURANÇA	87
4.1.2 BASE DE DADOS UTILIZADAS NESTA AVALIAÇÃO	89
4.1.3 METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO	89
4.1.4 RESULTADOS	90
4.1.5 AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS	94
5 SUSCEPTIBILIDADE À INUNDAÇÃO	95
5.1 ESTUDO HIDROLÓGICO	96
5.1.1 DEFINIÇÃO DAS BACIAS E SUB-BACIAS DE CONTRIBUIÇÃO	96
5.1.2 AVALIAÇÃO DO TEMPO DE RECORRÊNCIA	97
5.1.3 MODELO CHUVA-VAZÃO	99
5.1.4 PRECIPITAÇÃO DE PROJETO	100
5.1.5 PRECIPITAÇÃO EFETIVA	102
5.1.6 SELEÇÃO DA CURVA NÚMERO	103
5.1.7 INSERÇÃO DOS ELEMENTOS NO HEC-HMS	107
5.1.8 PROPAGAÇÃO DO ESCOAMENTO SUBTERRÂNEO	107
5.1.9 PROPAGAÇÃO DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL	108
5.1.10 RESULTADOS DA SIMULAÇÃO HIDROLÓGICA	110
5.1.11 DEFINIÇÃO DAS SEÇÕES TRANSVERSAIS	111
5.1.12 INSERÇÃO DOS ELEMENTOS NO RAS	111
5.1.13 RESULTADOS DA SIMULAÇÃO HIDRÁULICA DO CANAL	114
5.1.14 MANCHAS DE INUNDAÇÃO	118
6 RISCO GEOTÉCNICO	120
6.1 DESLIZAMENTO PLANAR	120
6.2 QUEDA DE BLOCOS	123
6.3 ATERROS E MUROS DE ARRIMO	127
6.4 CONSOLIDAÇÃO DOS RISCOS GEOTÉCNICOS IDENTIFICADOS NA ÁREA	140
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	142
8 ANEXOS	146

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1 - Mapa de localização da área de avaliação por CPRM, 2022. Fonte: SGB-CPRM, 2022.</i>	14
<i>Figura 2 – Mapa de suscetibilidade à movimento gravitacional. Fonte: CPRM, 2023.</i>	16
<i>Figura 3 - Mapa de suscetibilidade à inundação. Fonte: CPRM, 2023.</i>	17
<i>Figura 4 - Sequência de procedimentos desenvolvidos durante a elaboração das setorizações de áreas de risco geológico. Fonte: DNPM, 2022.</i>	19
<i>Figura 5 - Áreas de Risco conforme levantamentos realizados por CPRM e SUDEC.</i>	22
<i>Figura 6 - Gráfico de temperatura média, mínima e máxima para a estação Brasília. Fonte: Inmet, 2018.</i>	24
<i>Figura 7 – Gráfico de precipitação e dias com chuva para a estação Brasília. Fonte: Inmet, 2018.</i>	25
<i>Figura 8 – Distribuição pluviométrica mensal e trimestral.</i>	25
<i>Figura 9 - Mapa geológico da Área do Influência Indireta do empreendimento.</i>	29
<i>Figura 10 – Relação estratigráfica entre as unidades Ribeirão Contagem, Serra da Meia Noite e Ribeirão do Torto no Grupo Paranoá. Modificado de CAMPOS, DARDENNE, et al. (2013).</i>	29
<i>Figura 11 - Perfis geológicos na área de estudo.</i>	30
<i>Figura 12 - Afloramento de quartzito.</i>	31
<i>Figura 13 - Afloramento de quartzito maciço, de coloração rósea, com duas direções de fraturamento.</i>	31
<i>Figura 14 - Aspecto de quartzito branco à cinza muito fraturado.</i>	32
<i>Figura 15 - Perfil esquemático A-B.</i>	32
<i>Figura 16 - Quartzito branco à cinza muito fraturado (cisalhado). Direção de acamamento N60E e mergulho de 70NW</i>	33
<i>Figura 17 – Afloramento de quartzito maciço com duas direções de fraturamento.</i>	34
<i>Figura 18 – Afloramento de quartzito maciço com direção N80E e mergulho 70SW.</i>	35
<i>Figura 19 – Perfil esquemático C-D.</i>	35
<i>Figura 20 – Afloramento de quartzito maciço com formação de ‘lajes’.</i>	36
<i>Figura 21 – Perfil esquemático EF.</i>	36
<i>Figura 22 - Afloramento de quartzito fraturado.</i>	37
<i>Figura 23 – afloramento de metarritmito argiloso.</i>	37
<i>Figura 24 – Perfil esquemático G – H.</i>	38
<i>Figura 25 - Mapa de Compartimentos Geomorfológicos para a região do empreendimento.</i>	40
<i>Figura 26 - Mapa de direção das vertentes com perfil A-B.</i>	41
<i>Figura 27 - Perfil topográfico A-B perpendicular à direção preferencial das vertentes.</i>	41
<i>Figura 28 - Aspecto da geomorfologia da porção sul da área de estudo.</i>	42
<i>Figura 29 - Declividade na Área Diretamente Afetada.</i>	42
<i>Figura 30 – Vertentes identificadas na área de estudo.</i>	43
<i>Figura 31 - Representação do perfil da vertente 01.</i>	44
<i>Figura 32 - Aspecto da vertente 01 com presença de afloramentos.</i>	44
<i>Figura 33 - afloramento de quartzito maciço fraturado e trecho declivoso.</i>	45
<i>Figura 34 – Representação do perfil da vertente 02 com representação dos trechos 01(em vermelho) e 02 (em verde).</i>	46
<i>Figura 35 - Representação do perfil da vertente 03 com representação dos trechos 01(em vermelho) e 02 (em verde).</i>	47
<i>Figura 36 - Aspecto da vertente 03 em sua parte não ocupada.</i>	47
<i>Figura 37 - Area de elevada declividade em parte não ocupada da vertente 03.</i>	48
<i>Figura 38 - Representação do perfil da vertente 04 com representação dos trechos de menor e maior declividade.</i>	49
<i>Figura 39 – Aspecto da encosta 04 em área não ocupada.</i>	49

Figura 40 - Aspecto da encosta 04 em área ocupada.	50
Figura 41 - Vegetação em área preservada da Vertente 04. Cerrado Rupestre.	50
Figura 42 - Representação do perfil da vertente 05 com representação dos trechos de menor e maior declividade.	51
Figura 43 - Primeira quebra do relevo da vertente 05.	52
Figura 44 - Vertente 05.	52
Figura 45 - Afloramento de rocha na Vertente 05 com presença de lixo e vegetação exótica.	53
Figura 46 - Mapa pedologia da AI nas proximidades do empreendimento. Fonte: Embrapa, 1978.	55
Figura 47 - Mapa de solos na área de influência direta do empreendimento.	56
Figura 48 - Perfil de solo cambissolo na área de estudo com profundidade de ~ 45 cm.	57
Figura 49 - perfil de solo cambissolo na área de estudo com profundidade de ~50 cm.	57
Figura 50. Figura ilustrativa do mapa de Uso do Solo da área de regularização – ARINE Sucupira no Riacho Fundo – DF.	60
Figura 51. Vista da área de mata de galeria.	61
Figura 52. Vista da área de mata de galeria antropizada.	61
Figura 53. Registro do córrego na área de mata de galeria.	61
Figura 54. Registro de planta epífita na área de mata de galeria.	61
Figura 55. Vista geral da área de Cerrado Sentido Restrito - Típico.	62
Figura 56. Vista geral da área de Cerrado Sentido Restrito – Típico próximo as residências.	62
Figura 57. Vista geral da área de Cerrado Sentido Restrito - Típico.	62
Figura 58. Vista geral da área de Cerrado Sentido Restrito - Típico.	62
Figura 59. Vista geral da área de Cerrado Sentido Restrito - Ralo.	63
Figura 60. Vista geral da área de Cerrado Sentido Restrito - Ralo.	63
Figura 61. Registro de blocos de rocha e solo pedregoso – área de Cerrado Rupestre.	64
Figura 62. Vista da área de Cerrado Rupestre – vegetação sobre afloramento rochoso.	64
Figura 63. Vista da área de Cerrado Rupestre – vegetação sobre afloramento rochoso.	64
Figura 64. Vista da área de Cerrado Rupestre – vegetação sobre afloramento rochoso.	64
Figura 65. Vista de parte das áreas campestres da poligonal.	65
Figura 66. Vista de parte das áreas campestres da poligonal.	65
Figura 67. Vista de parte das áreas campestres da poligonal.	65
Figura 68. Vista de parte das áreas campestres da poligonal.	65
Figura 69. Estrada de Terra com edificações.	66
Figura 70. Estrada de Terra com edificações.	66
Figura 71. Vista geral de parte área antropizada.	66
Figura 72. Vista geral de parte área antropizada.	66
Figura 73 - Ruptura circular.	69
Figura 74 - Ruptura planar.	69
Figura 75 - Ruptura em cunha.	69
Figura 76 - Tombamento de blocos.	69
Figura 77 - Representação gráfica de áreas de instabilidade conforme inclinação da vertente.	70
Figura 78 - Representação gráfica de áreas de instabilidade considerando tolerância de deslocamento de $\pm 20^\circ$	70
Figura 79 - Representação gráfica de áreas de instabilidade considerando ângulo de atrito de $\pm 25^\circ$	71
Figura 80 - Representação gráfica de áreas de instabilidade considerando ângulo de atrito de $\pm 25^\circ$	72
Figura 81 - Representação gráfica de áreas de instabilidade para tombamento considerando ângulo de atrito de $\pm 25^\circ$	73

Figura 82 – Diagrama de forças Normal x Cisalhante e gráficos de Hoek e Brown (em vermelho) e Morh (em azul).....	75
Figura 83 – Representação gráfica das direções e mergulho em planos e polos. Valor médio.	76
Figura 84 – Representação gráfica do talude, fraturas e angulo de atrito para o talude 01.	78
Figura 85 – Representação gráfica do talude, fraturas e angulo de atrito para o talude 04.	79
Figura 86 - Representação gráfica do talude, fraturas e angulo de atrito para o talude 03.	80
Figura 87 - Afloramento de quartzito maciço fraturado na área do Talude 03.	81
Figura 88 – Afloramento de quartzito maciço com padrão de fratura em 'X'.....	81
Figura 89 – Metarritmito com acamamento mergulhando subverticalmente.	81
Figura 90 - Representação gráfica do talude, fraturas e angulo de atrito para o talude 04.	83
Figura 91 – Afloramento de metarritmito com formação de lajes de quartzito	84
Figura 92 - Simulação de fator de segurança global para a vertente 01.	89
Figura 93 - Simulação de fator de segurança para o trecho de maior declividade para a vertente 01.	89
Figura 94 - Simulação de fator de segurança global para a vertente 02.	89
Figura 95 - Simulação de fator de segurança para o trecho de maior declividade para a vertente 02.	90
Figura 96 - Simulação de fator de segurança global para a vertente 03.	90
Figura 97 - Simulação de fator de segurança para o trecho de maior declividade para a vertente 03.	90
Figura 98 - Simulação de fator de segurança para o trecho de maior declividade para a vertente 03 com trecho edificado.	91
Figura 99 - Simulação de fator de segurança para o trecho de maior declividade para a vertente 04.	91
Figura 100 - Simulação de fator de segurança para o trecho de maior declividade para a vertente 04 com trecho edificado.	92
Figura 101 - Simulação de fator de segurança global para a vertente 05.	92
Figura 102 - Simulação de fator de segurança para o trecho de maior declividade para a vertente 05 com trecho edificado.	92
Figura 103 – Área de estudo.....	94
Figura 104 - Sub-bacias de contribuição	96
Figura 105 - Risco de ocorrência de enchente maior do que a de projeto durante sua vida útil	98
Figura 106 – Hietograma adotado para TR 10	100
Figura 107 – Hietograma adotado para TR 25	100
Figura 108 – Hietograma adotado para TR 50	101
Figura 109 – Hietograma adotado para TR 100	101
Figura 110 - Uso e ocupação do solo. Fonte: Geoportal - Uso e Cobertura do Solo, 2019.....	103
Figura 111 - Itemização Utilizada para a Bacia no software HEC-HMS.....	106
Figura 112 – Discretização espacial no modelo HEC-RAS.....	112
Figura 113 – Mancha de Inundação para TR10, TR 25, TR 50 e TR 100.....	118
Figura 114 - Representação esquemática para a condição de deslizamento planar. Fonte: CPRM, 2018.	120
Figura 115 - Lotes em área crítica de deslizamento planar.	120
Figura 116 – Áreas com risco de deslizamento planar.	121
Figura 117 – Representação esquemática para a condição de queda de blocos. Fonte: CPRM, 2018.	122
Figura 118 - Lotes em área crítica de queda de blocos.....	123
Figura 119 – Bloco de rocha com risco de queda.....	123
Figura 120 - Aspecto de vertente ocupada com risco de escorregamento de blocos e área de dispersão de queda.....	124
Figura 121 - Lotes vizinhos com muro e sem muro de divisa.....	127
Figura 122 – Lotes consecutivos em nível diferente.....	127
Figura 123 - Muro de divisão de lotes sustentando provável aterro.	128

<i>Figura 124 – Lotes em área de corte-aterro.</i>	<i>129</i>
---	------------

LISTA DE TABELAS

<i>Tabela 1 – Classificação da aptidão à urbanização ao uso e principais características.</i>	<i>16</i>
<i>Tabela 2 - Síntese dos resultados da Setorização de Áreas de Risco Geológico para a RA do Riacho Fundo.</i>	<i>21</i>
<i>Tabela 3 – Grau de Risco, Tipologia, localização e número de imóveis e de pessoas nas áreas de risco na ARINE Sucupira.</i>	<i>21</i>
<i>Tabela 4 - Dados históricos para a Região do Riacho Fundo entre 2015 e 2021</i>	<i>22</i>
<i>Tabela 5 – Chácaras e número de imóveis com risco geotécnico na área de estudo.</i>	<i>22</i>
<i>Tabela 6 – Valores médios, mínimo e máximo para temperatura média mensal para a estação Brasília. Fonte: INMET, 2018.</i>	<i>25</i>
<i>Tabela 7 – Dados de precipitação e dias com precipitação maior que 5mm para a estação Brasília. Fonte: INMET, 2018.</i>	<i>26</i>
<i>Tabela 8 - Normais de umidade relativa do ar média em porcentagem da estação do INMET.</i>	<i>27</i>
<i>Tabela 9 - Direção preferencial dos ventos no período de 2000 a 2010 – (° Grau).</i>	<i>27</i>
<i>Tabela 10 - Velocidade média dos ventos – período de 2000 a 2010 (Estação climatológica Fazenda Água Limpa).</i>	<i>28</i>
<i>Tabela 11 - Designação das unidades do Grupo Paranoá por Faria, 1995 e Campos et al, 2013.</i>	<i>29</i>
<i>Tabela 12 – Classes de solos e características principais.</i>	<i>55</i>
<i>Tabela 13 – Áreas de ocorrência de solos na AID.</i>	<i>56</i>
<i>Tabela 14. Classes de Uso e Ocupação do Solo e suas respectivas áreas em hectares e percentual</i>	<i>60</i>
<i>Tabela 15 – Valores de direção e mergulho de acamamentos medido em campo.</i>	<i>77</i>
<i>Tabela 16 – Valores médio de direção e mergulho dos taludes.</i>	<i>78</i>
<i>Tabela 17. Nível de segurança desejado contra a perda de vidas humanas. Fonte: Tabela 01, ABNT NBR 11682: 2009.</i>	<i>87</i>
<i>Tabela 18. Nível de segurança desejado contra danos materiais e ambientais. Fonte: Tabela 02, ABNT NBR 11682: 2009.</i>	<i>88</i>
<i>Tabela 19. Fatores de segurança mínimos para deslizamentos. Fonte: Tabela 03, ABNT NBR 11682: 2009.</i>	<i>88</i>
<i>Tabela 20 – Valores obtidos para as diferentes simulações realizadas nesse estudo.</i>	<i>94</i>
<i>Tabela 21 - Valores de CN por tipo de utilização ou cobertura do solo.</i>	<i>105</i>
<i>Tabela 22 - Cálculo do CN por tipo de uso e sub-bacia</i>	<i>106</i>
<i>Tabela 23 – Dados das bacias elementares do Córrego.</i>	<i>109</i>
<i>Tabela 24 - Dados fisiográficos dos trechos dos cursos d'Água.</i>	<i>110</i>
<i>Tabela 25 – Vazões de pico.</i>	<i>110</i>
<i>Tabela 26 – Resultados da simulação hidráulica para TR 10</i>	<i>114</i>
<i>Tabela 27 – Resultados da simulação hidráulica para TR 25</i>	<i>115</i>
<i>Tabela 28 – Resultados da simulação hidráulica para TR 50</i>	<i>116</i>
<i>Tabela 29 – Resultados da simulação hidráulica para TR 100</i>	<i>117</i>
<i>Tabela 30 -Endereço dos lotes e altura estimada dos aterros.</i>	<i>130</i>

1 APRESENTAÇÃO

O **CONSÓRCIO INFRA-SUCUPIRA** apresenta o **PRODUTO 3 – ESTUDO DE RISCO (AMBIENTAL, GEOLÓGICO, GEOTECNICO)** referente ao Contrato nº 050/2023 firmado com a COMPANHIA IMOBILIÁRIA DE BRASÍLIA – TERRACAP e que tem como objeto a “estabelecer as condições necessárias para o desenvolvimento dos projetos técnicos a serem contratados, para a realização da Regularização Fundiária Urbana (Reurb) da área denominada “ARINE Sucupira”, envolvendo os estudos para o licenciamento ambiental e projetos de infraestrutura.”

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO LEGAL

Lei Federal nº 12.608/2012 instituiu a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC) e autorizou, entre outras, a criação de sistema de informações e monitoramento de desastres. Dirigida especialmente a municípios sujeitos a desastres naturais associados a processos como deslizamentos, corridas de massa, inundações e enxurradas, a PNPDEC contempla, entre seus princípios fundamentais, as ações de mapeamento e prevenção, bem como sua integração às demais políticas setoriais, como as de ordenamento territorial, desenvolvimento urbano e meio ambiente, entre outras, tendo em vista a promoção do desenvolvimento sustentável no País.

Um dos objetivos centrais da PNPDEC é o de promover a identificação e avaliação das ameaças, suscetibilidades e vulnerabilidades, de modo a evitar ou reduzir a ocorrência de desastres (Artigo 5º). A Lei determina a criação de um cadastro nacional de municípios com áreas suscetíveis a deslizamentos de grande impacto, inundações bruscas ou processos geológicos ou hidrológicos correlatos (Artigo 6º) e inclui o mapeamento dessas áreas entre as ferramentas essenciais à prevenção de desastres (Artigo 22º).

A elaboração das cartas de suscetibilidade prevista no Plano Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres Naturais (PNGRRDN), lançado em agosto de 2012 compreendeu o conjunto de municípios incluídos no cadastro nacional estabelecido pela PNPDEC, inicialmente com 821 municípios. As ações correspondentes foram contempladas no Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) e no Plano Plurianual do Governo Federal (PPA 2012-2015). Na sequência, outros municípios incluídos no cadastro nacional também foram objeto de mapeamento.

No Distrito Federal, o decreto nº 34.513/2013 instituiu o Sistema de Proteção e Defesa Civil do Distrito Federal – SIPDEC/DF, responsável por planejar e promover ações de prevenção de desastres naturais e tecnológicos de maior prevalência no Distrito Federal.

1.2 RISCO GEOTECNICO NO DISTRITO FEDERAL

O Governo Federal, por meio da CPRM e o Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT) estabeleceram parceria técnica para o desenvolvimento de metodologia para realização de cartas de suscetibilidade a processos do meio físico que podem gerar desastres naturais. Os processos do meio físico analisados compreendem os principais tipos de movimentos gravitacionais de massa (deslizamentos; rastejo; quedas, tombamentos, deslocamento e rolamentos de rochas; e corridas de massa) e de processos hidrológicos (inundações e enxurradas), os quais estão frequentemente associados a desastres naturais ocorridos no País.

A região do Distrito Federal foi objeto de avaliação em dois produtos: Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação: município de Brasília – DF. Escala 1:200.000¹ e Carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização do Distrito Federal², ambas acompanhadas de arquivos vetoriais.

1.2.1 Cartas Geotécnicas de Aptidão à Urbanização para o DF

As Cartas Geotécnicas de Aptidão à Urbanização constituem documentos cartográficos que traduzem a capacidade dos terrenos para suportar os diferentes usos frente a diferentes tipos de solicitações para urbanização, além da indicação de aptidões frente a desastres naturais.

No Distrito Federal as áreas de desenvolvimento das Cartas Geotécnicas foram aquelas definidas como áreas de expansão (vetores de crescimento) fornecidas pela Diretoria de Planejamento e Sustentabilidade Urbana (DIPLAN) que compõe a Secretaria de Estado de Desenvolvimento Urbano e Habitação do Distrito Federal (SEDUH).

Com a finalidade de refinar os limites das áreas, alguns trechos foram editados para se adequar a escala de trabalho. Considerando a otimização das etapas de campo alguns vetores de crescimento não foram analisados'. A área total analisada é de aproximadamente 913 km², o que corresponde a 15,77% do território do Distrito Federal.

A interpretação de todos os dados obtidos resultou em dois planos de informação principais: as unidades geotécnicas e as áreas aptas à urbanização. A primeira é a combinação do substrato litológico com as coberturas inconsolidadas. A segunda é a integração entre as áreas classificadas quanto a suscetibilidade a movimentos de

¹<http://www.cprm.gov.br/publique/Gestao-Territorial/Prevencao-de-Desastres/Cartas-de-Susctibilidade-a-Movimentos-Gravitacionais-de-Massa-e-Inundacoes---Distrito-Federal-7887.html>.

² <http://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/23212.html>

massa e inundações e as unidades geotécnicas, resultando em áreas de baixa, média e alta aptidão à urbanização.

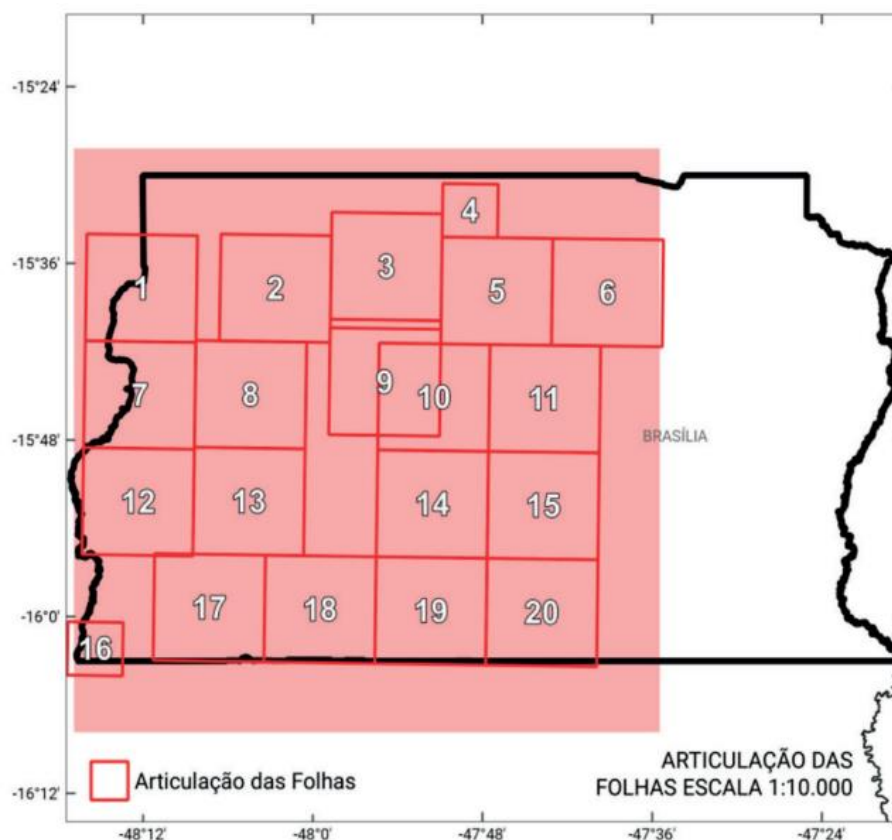


Figura 1 - Mapa de localização da área de avaliação por CPRM, 2022. Fonte: SGB-CPRM, 2022.

Ao total foram identificadas 10 Unidades Geotécnicas no Distrito Federal, sendo que nenhuma unidade específica apresentou características que a tornem inviável para a urbanização. Entretanto, algumas unidades necessitam de estudos específicos para avaliar a necessidade de intervenção, por exemplo a Unidade de Depósitos Aluvionares devido a possibilidade de baixa capacidade de suporte e a de colúvio/ solos residuais sobre carbonatos.

A aptidão à urbanização levou em consideração principalmente as feições morfológicas, as características das unidades geotécnicas, a suscetibilidade e o potencial perigo da ocorrência de eventos geológicos de movimento de massa e inundação. A Tabela 1 sumariza as características para cada classe obtida nesse estudo.

Tabela 1 – Classificação da aptidão à urbanização ao uso e principais características.

Símbolo no mapa	Classe	Características
	Alta	Áreas sem restrição à urbanização ou já consolidadas do ponto de vista geológico-geotécnico
	Média	Áreas com restrições geotécnicas, mas que podem ser ocupadas segundo determinados critérios técnicos e diretrizes (áreas consolidáveis com intervenções estruturantes)
	Baixa	Áreas com severas restrições para a ocupação e/ou áreas caracterizadas como não consolidáveis do ponto de vista geológico-geotécnico, às quais se deve dar outro tipo de uso devido ao alto custo para urbanização

Fonte: Carta geotécnica de aptidão à urbanização: Distrito Federal, DF 2022.

A espacialização da informação permitiu gerar Carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização Frente aos Desastres Naturais para diversas regiões do Distrito Federal (Tabela 1). A bacia hidrográfica do ribeirão do Riacho Fundo foi avaliada e registrada na Folha 013 (ANEXO 01) entretanto essa avaliação não cobriu na área da ARINE Sucupira.

1.2.2 Cartas de Movimento Gravitacionais e de Inundação para o DF

Outro projeto de Setorização de Áreas de Risco Geológico desenvolvido pela CPRM consiste na identificação de áreas com a propensão ao desenvolvimento de um fenômeno ou processo do meio físico que podem ocasionar desastres naturais. A carta produzida tem caráter informativo e foi elaborada para uso exclusivo em atividades de planejamento e gestão do território (ANEXO 02). Segundo a Nota 01 constante no documento,

‘O zoneamento [apresentado] não pode ser utilizado para avaliar a estabilidade dos terrenos, bem como não se destina ao uso em escala que não seja a de origem [1:50000], sendo que tais usos inapropriados podem resultar em conclusões incorretas. Nas áreas urbanizadas/edificadas, ressalva-se o fato de que as classes indicadas podem estar alteradas, para mais ou para menos, a depender do grau de influência da ocupação existente. A incidência de suscetibilidade alta em áreas urbanizadas pressupõe condições com potencial de risco maior e requer estudos específicos.’

Uma área cujos terrenos apresentam características que tendem a favorecer, por exemplo, a ocorrência de deslizamentos, como o predomínio de alta declividade, pode ser considerada propensa a esse tipo de processo, independente de previsão acerca de quando poderá ocorrer um evento e tampouco do grau de certeza atribuível a essa possibilidade. Neste caso a declividade se apresenta como **um dos fatores predisponentes ao desenvolvimento do processo** e, por essa razão, passível de inclusão entre os parâmetros necessários à análise de suscetibilidade. Evidencia-se, assim, o vínculo entre fatores predisponentes e propensão dos

terrenos a processos, base para a compreensão e aplicação do conceito de suscetibilidade (IPT, 2014).

Para os trabalhos de mapeamento, dado o objetivo de construir bases tecnológicas para o desenvolvimento de um modelo de abordagem, considera-se que a suscetibilidade pode ser inicialmente analisada por meio de fatores predisponentes intrínsecos à natureza dos terrenos.

Nesse âmbito, ainda que uma área tenha sido modificada em relação a suas características, seja pela urbanização ou por outros tipos de intervenções e, dessa forma, passe a favorecer ou desfavorecer o desenvolvimento de processos do meio físico, pressupõe-se que os fatores predisponentes podem ainda estar presentes e, portanto, devem ser considerados para fins de planejamento e gestão territorial (IPT, 2014).

A metodologia adotada para obtenção dos referidos mapas considera fatores como geologia, geomorfologia, declividade, pluviosidade, áreas urbanizadas entre outros. Metodologia detalhada utilizada nos estudos pode ser obtido em IPT, 2014.

Este produto, diferente do visto na Carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização Frente aos Desastres Naturais, apresentou avaliação para a área da ARINE Sucupira e são apresentados na Figura 2 e na Figura 3.

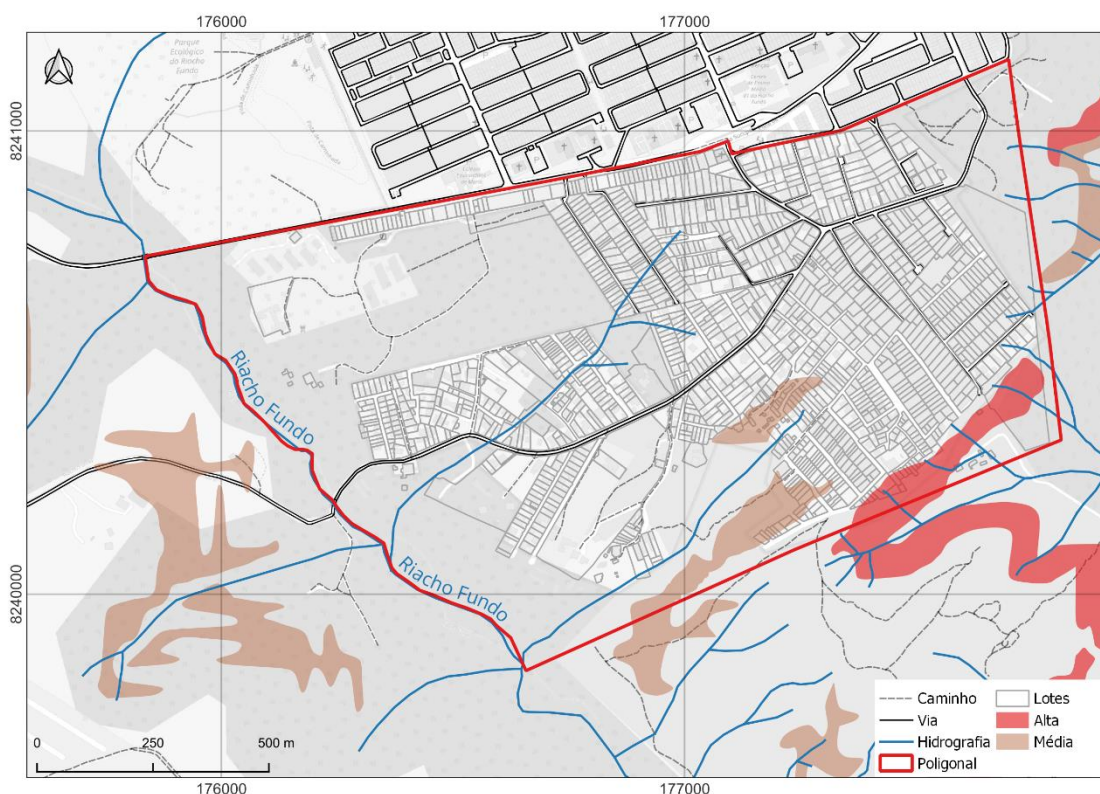


Figura 2 – Mapa de suscetibilidade à movimentação gravitacional. Fonte: CPRM, 2023.

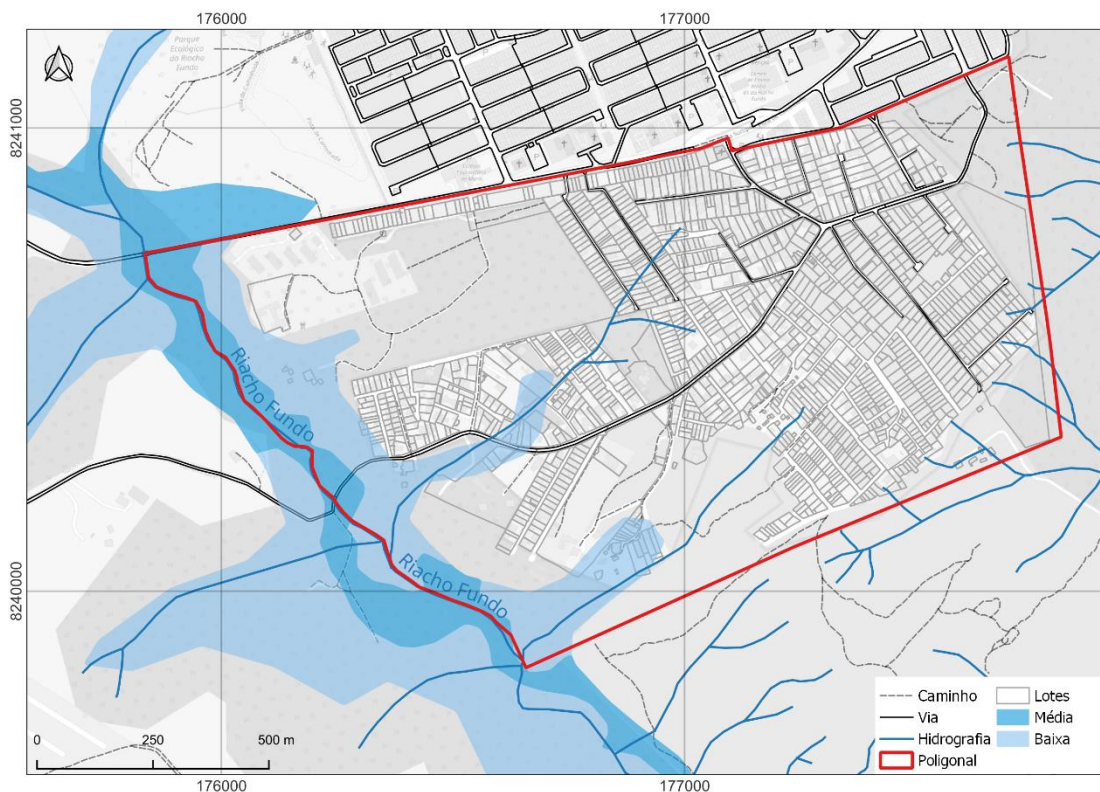


Figura 3 - Mapa de suscetibilidade à inundação. Fonte: CPRM, 2023.

1.2.3 Áreas de Risco Geológico no Distrito Federal

O Serviço Geológico do Brasil-CPRM, em atenção às diretrizes estabelecidas pela Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (Lei 12.608/2012), realizou diagnóstico das áreas de risco do Distrito Federal e apresentou os resultados na forma de relatório³ e dados vetoriais.

Segundo o próprio documento, a Setorização de Áreas de Risco Geológico consiste na identificação e caracterização das porções urbanizadas do território sujeitas a sofrerem perdas ou danos causados por eventos adversos de natureza geológica e objetiva subsidiar a tomada de decisões assertivas relacionadas às políticas de ordenamento territorial e prevenção de desastres. Além disso, destacam-se os seguintes objetivos específicos:

- Gerar informações técnicas a nível nacional com vistas a alimentar a base de dados das instituições responsáveis pelas ações de monitoramento e alerta de desastres provocados por eventos de natureza geológica;
- Contribuir com a definição de critérios para disponibilização de recursos públicos destinados ao financiamento de obras de prevenção e resposta a desastres;

³ <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/22910>

- Embasar as ações dos órgãos de fiscalização voltadas à inibição da expansão das áreas de risco;
- Indicar sugestões gerais de intervenção a fim de orientar a implantação de práticas voltadas à prevenção de desastres;
- Desenvolver documentos cartográficos e relatórios técnicos em linguagem acessível, com foco em alcançar o público geral da forma mais abrangente possível.

O relatório ressalta que *‘os resultados representam as condições observadas no momento da visita de campo, as quais podem se alterar ao longo do tempo. Dessa forma, tendo em vista a dinâmica do crescimento urbano e, conseqüentemente, das áreas de risco geológico, é fundamental que o trabalho seja periodicamente atualizado.’*

Ressalta ainda que a Setorização de Áreas de Risco Geológico não deve ser aplicada para:

- Qualquer aplicação incompatível com a escala cartográfica de elaboração (1:1.000-1:2.000);
- Substituir análises de estabilidade de taludes e encostas;
- Substituir projetos de engenharia destinados à correta seleção, dimensionamento e implantação de obras estruturais em áreas de risco;
- Avaliar a pertinência e eficácia de obras de engenharia de qualquer natureza;
- Substituir estudos censitários específicos para indicar o número e a característica socioeconômica dos habitantes das áreas de risco;
- Indicar quando ocorrerão eventos adversos nas áreas de risco;
- Determinar a energia, alcance e trajetória de movimentos de massa, enxurradas e inundações.

A metodologia empregada se baseou nos procedimentos propostos por Ministério das Cidades & IPT (2007) e por Lana et al. (2021), os quais empregam a abordagem heurística para o mapeamento e classificação das áreas de risco. O trabalho é elaborado em quatro fases conforme Figura 4.

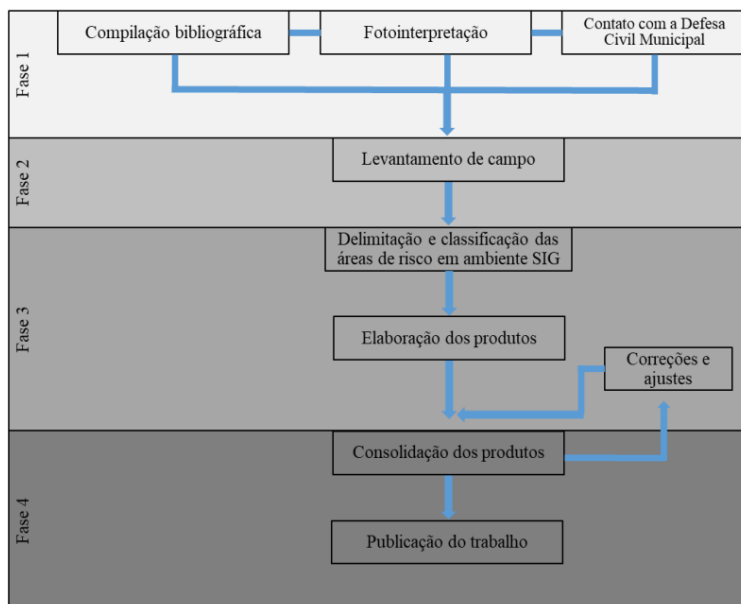


Figura 4 - Sequência de procedimentos desenvolvidos durante a elaboração das setorizações de áreas de risco geológico. Fonte: DNPM, 2022.

Segundo o documento, a setorização de áreas de risco geológico é desenvolvida exclusivamente em regiões onde existem edificações nas quais há permanência humana, como casas, edifícios, hospitais, escolas, estabelecimentos comerciais, dentre outros. Regiões não habitadas como loteamentos em implantação, campos utilizados para atividade esportiva ou agropecuária, terrenos baldios, estradas, pontes, linhas férreas e túneis, não são objeto de mapeamento.

Os resultados delimitam apenas as áreas de risco alto e muito alto, conforme proposta apresentada por Ministério das Cidades e IPT (2004 e 2007), a qual é sintetizada a seguir:

R3 Alto	1. Os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes (inclinação, tipo de terreno, etc.) e o nível de intervenção no setor são de ALTA POTENCIALIDADE para o desenvolvimento de processos de deslizamentos e solapamentos. 2. Observa-se a presença de significativo (s) sinal/ feição/ evidência (s) de instabilidade (trincas no solo, degraus de abatimento em taludes, etc.). Processo de instabilização em PLENO DESENVOLVIMENTO, ainda sendo possível monitorar a evolução do processo. 3. Mantidas as condições existentes, é PERFEITAMENTE POSSÍVEL a ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas, no período compreendido por uma estação chuvosa.
R4 Muito alto	1. Os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes (inclinação, tipo de terreno, etc.) e o nível de intervenção no setor são de muito ALTA POTENCIALIDADE para o desenvolvimento de processos de deslizamentos e solapamentos. 2. Os sinais/feições/evidências de instabilidade (trincas no solo, degraus de abatimento em taludes, trincas em moradias ou em muros de contenção, árvores ou postes inclinados, cicatrizes de deslizamento, feições erosivas, proximidade da moradia em relação a margem de córregos, etc.) são expressivas e estão presentes em grande número ou magnitude. Processo de instabilização em AVANÇADO ESTÁGIO de desenvolvimento. É a condição mais crítica, sendo impossível monitorar a evolução do processo, dado seu elevado estágio de desenvolvimento. 3. Mantidas as condições existentes, e MUITO PROVÁVEL a ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas, no período compreendido por uma estação chuvosa.

Neste documento foram registradas 4 áreas de Risco Geológico Alto (Tabela 2). Dos setores com risco geológico identificados na área da RA Riacho Fundo I, duas encontram-se na área de estudo (Tabela 3)

Tabela 2 - Síntese dos resultados da Setorização de Áreas de Risco Geológico para a RA do Riacho Fundo.

Região Administrativa	Setor de Risco Geológico Alto	Setor de Risco Geológico muito alto	Número aproximado de imóveis	Número aproximado de Pessoas
Riacho Fundo I	4	0	93	372

Fonte: CPRM, 2022.

Tabela 3 – Grau de Risco, Tipologia, localização e número de imóveis e de pessoas nas áreas de risco na ARINE Sucupira.

Código	Grau de Risco	Tipologia	Logradouro	N aproximado de Imóveis	N aproximado de Pessoas
DF_BRASIL_S R_021_CPRM	Alto	Deslizamento Planar	Colônia Agrícola Sucupira, Chácara 24 e 14	21	84
DF_BRASIL_S R_022_CPRM	Alto	Enxurrada, Deslizamento Planar e escorregamento de Blocos	Colônia Agrícola Sucupira, Chácara 22	38	152

Fonte: CPRM, 2022.

1.2.4 Dados Históricos para a Região do Riacho Fundo I

Em consulta feita à Secretaria de Segurança Pública quanto a presença de áreas de risco e realização de atividades de monitoramento, foram encaminhados por e-mail, relatórios de monitoramento realizado pela Coordenação de Planejamento, Monitoramento e Controle da Subsecretaria do Sistema de Defesa Civil - SUDEC, na Região Administrativa - RA XVII – Riacho Fundo I. Estes relatórios identificam 02 áreas de risco que apresentam ameaças e vulnerabilidades geotécnicas, estruturais e ambientais.

Tabela 4 - Dados históricos para a Região do Riacho Fundo entre 2015 e 2021

ANO	ÁREA DE RISCO (Chácara Sucupira)
2015	Colônia Agrícola Riacho Fundo I Chácara 25 e 25a, Chácara 12 e Chácara 26.
2016	Colônia Agrícola Riacho Fundo I Chácara 25 e 25a, Chácara 12 e Chácara 26.
2018	Colônia Agrícola Riacho Fundo I Chácara 25 e 25a, Chácara 12 e Chácara 26.
2019	Colônia Agrícola Riacho Fundo I Chácara 25 e 25a, Chácara 12 e Chácara 26.
2020	Colônia Agrícola Riacho Fundo I Chácara 25 e 25a, Chácara 12 e Chácara 26.
2021	Colônia Agrícola Riacho Fundo I Chácara 25 e 25a, Chácara 12 e Chácara 26.

Fonte: SSP/DF

Segundo os relatórios citados, as áreas de risco abrangem 94 residências, entretanto não há mapeamento ou identificação dessas unidades habitacionais.

Essas informações, somada ao levantamento realizado pelo Serviço Geológico do Brasil-CPRM no ano de 2022 (item 1.2.3) mostram que, em pelo menos 7 chácara, foram identificadas situações de risco em pelo menos um dos relatórios. A localização das chácaras é apresentada na Figura 5.

Tabela 5 – Chácaras e número de imóveis com risco geotécnico na área de estudo.

Estudo	Unidades Afetadas	N de Imóveis Afetados
SUDEC 2015 – 2021	- Chácara 12 - Chácara 25 e 25a - Chácara 26	94
CPRM	- Chácara 14 - Chácara 22 - Chácara 24	59

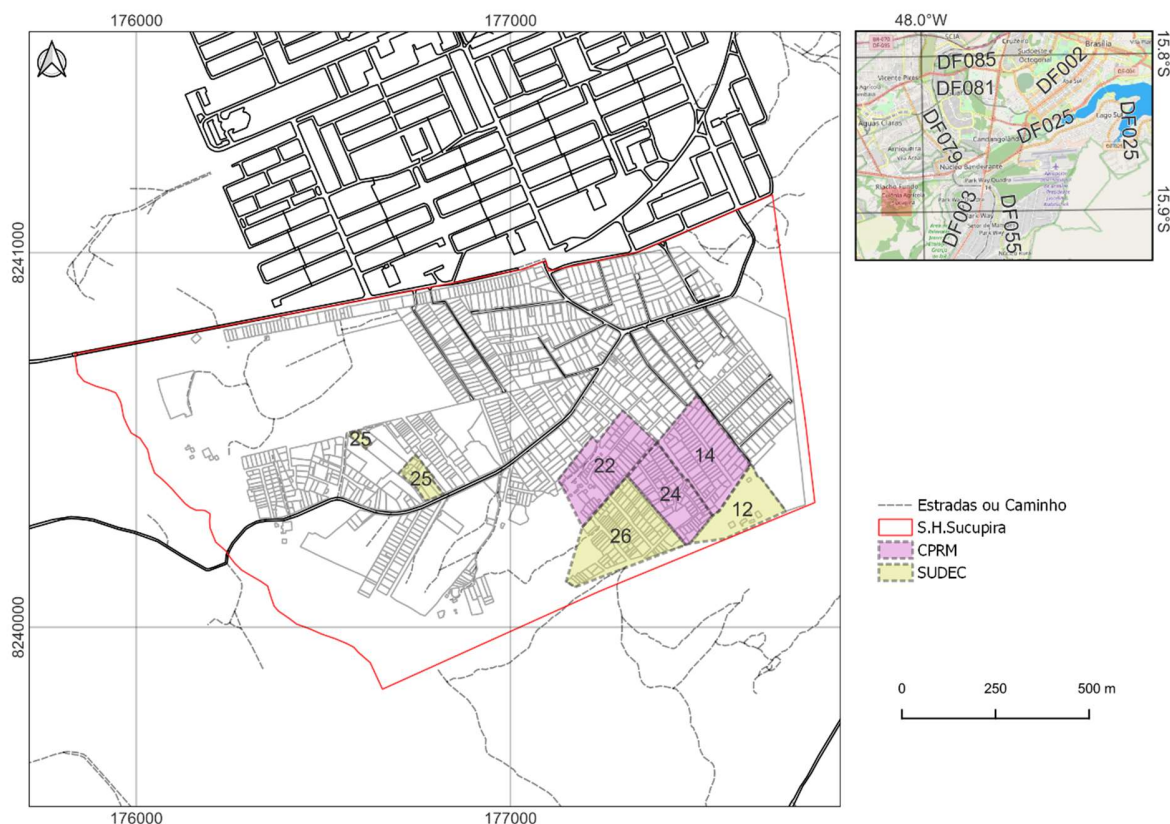


Figura 5 - Áreas de Risco conforme levantamentos realizados por CPRM e SUDEC.

Conforme Tabela 4, os relatórios da Defesa Civil são realizados anualmente desde 2015. A equipe de avaliação é realizada por profissionais da área de geotecnia e profissionais da Defesa Civil do DF. Além desses, a equipe é composta por representante da administração regional do Riacho Fundo, conhecedor da região e da demanda da comunidade. Desta forma, avaliação realizada por essa equipe é mais completa e de contribuição mais importante para o estudo realizado, sobrepujando-se à realização de entrevista com moradores.

2 CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO

O conhecimento do meio físico de uma área permite compreender e explicar os processos que atuam na sua formação como o substrato rochoso, aspectos geomorfológicos, declividade, pedologia e a análise dos processos que atuam no meio a ser investigado, como a erosão, o assoreamento, as áreas de inundação e a instabilidade de encostas.

O mapeamento geotécnico é definido por *DINIZ (1998)* como ‘a técnica de integração, síntese e representação de informações temáticas da área de geologia de engenharia voltada para o planejamento e gestão ambiental urbana e territorial’. Na forma de mapas são representadas as principais características geomecânicas do solo, podendo ser utilizado na previsão do comportamento de polígonos de solos chamados de unidades geotécnicas.

O mapeamento geotécnico permite a formulação de modelos de previsibilidade do comportamento dos terrenos e o estudo de soluções para problemas decorrentes da intervenção de empreendimentos sobre o meio físico o que possibilita a sua aplicação em projetos ambientais e de engenharia. Assim, neste item, serão apresentadas as informações técnicas do meio físico que irão subsidiar as análises realizadas neste estudo.

2.1 ASPECTOS CLIMÁTICOS E METEOROLÓGICOS

A existência do presente tópico é justificada pela sua importância correlata à avaliação geotécnica. O clima, e em especial a pluviometria, é fator fundamental para a análise geotécnica como a ocorrência de processos erosivos e a susceptibilidade ao alagamento.

Segundo a Organização Meteorológica Mundial – OMM, os dados climáticos correspondem ao valor médio suficiente para se pode admitir que ele representa o valor predominante do elemento do clima avaliado para o local. Desta forma, são definidas as “Normais Climatológicas” como “valores médios calculados para um período relativamente longo e uniforme, compreendendo no mínimo três décadas consecutivas” e padrões climatológicos normais como “médias de dados climatológicos calculadas para períodos consecutivos de 30 anos.

Desta forma, esta avaliação climatológica foi realizada utilizando as normais climatológicas do período entre 1981 e 2010, disponibilizadas em março de 2018 pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET na publicação eletrônica “Normais Climatológicas do Brasil para o período de 1981-2010”, disponíveis em www.inmet.gov.br da estação Águas Limpas.

O clima na área pode ser caracterizado como a média das condições climáticas do Distrito Federal e é marcado pela forte sazonalidade, com duas estações contrastantes. A primeira, marcada pelos primeiro e quarto semestre é caracterizada por apresentar os valores mais elevados de temperatura (Figura 6),

acumulam mais de 80% de todo o volume pluviométrico (Figura 8). O segundo período é evidenciado pela baixa taxa de precipitação, baixa nebulosidade e baixas umidades relativas diárias.

2.1.1 Temperatura

O Distrito Federal apresenta temperaturas médias amenas, com temperatura média mensal varia entre 19°C e 22°C. O período mais frio vai de maio a agosto, com mínimas de 13,7 °C. O período mais quente vai de setembro a fevereiro, com valores máximos maiores que 28°C (Tabela 6).

Tabela 6 – Valores médios, mínimo e máximo para temperatura média mensal para a estação Brasília. Fonte: INMET, 2018.

Temp. (°C)	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano
Max.	26,50	27,00	26,70	26,60	25,90	25,00	25,30	26,90	28,40	28,20	26,70	26,30	26,60
Med.	21,60	21,70	21,60	21,30	20,20	19,00	19,00	20,60	22,20	22,40	21,50	21,40	21,00
Min.	18,10	18,00	18,10	17,50	15,60	13,90	13,70	15,20	17,20	18,10	18,00	18,10	16,80

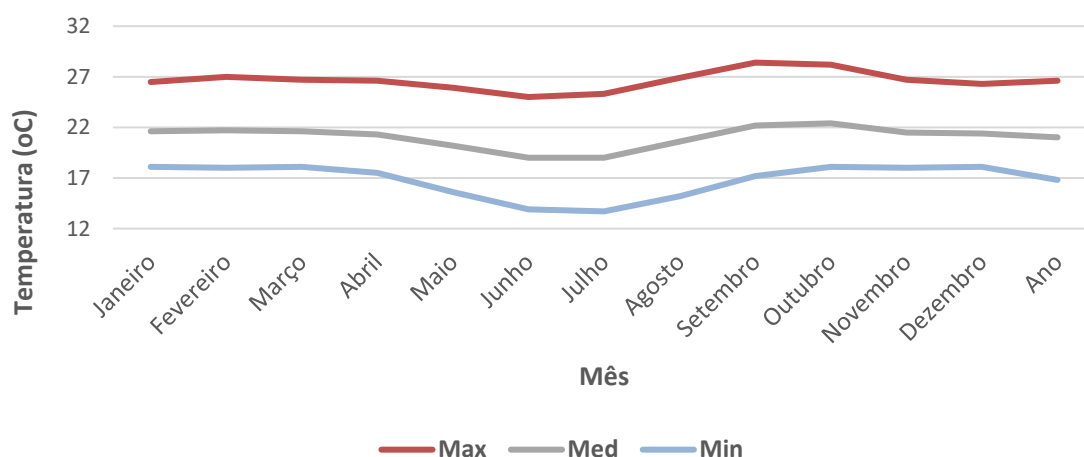


Figura 6 - Gráfico de temperatura média, mínima e máxima para a estação Brasília. Fonte: Inmet, 2018.

2.1.2 Precipitação

A precipitação média anual do DF é da ordem de 1.480 mm e o número de dias com eventos pluviométricos maiores que 5mm varia de 0 a 12 (Tabela 7). O período mais chuvoso vai de outubro a abril, sendo os meses de novembro a março os mais chuvosos. Os meses de junho e julho não registraram eventos chuvosos para o período avaliado na normal climatológica (Tabela 7 e Figura 7).

Tabela 7 – Dados de precipitação e dias com precipitação maior que 5mm para a estação Brasília.
Fonte: INMET, 2018.

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano
Precipitação (mm)	209,4	183,0	211,8	133,4	29,7	4,9	6,3	24,1	46,6	159,8	226,9	241,5	1477,4
Dias com Chuva (>5 mm)	11	9	10	6	2	0	0	1	3	7	11	12	6

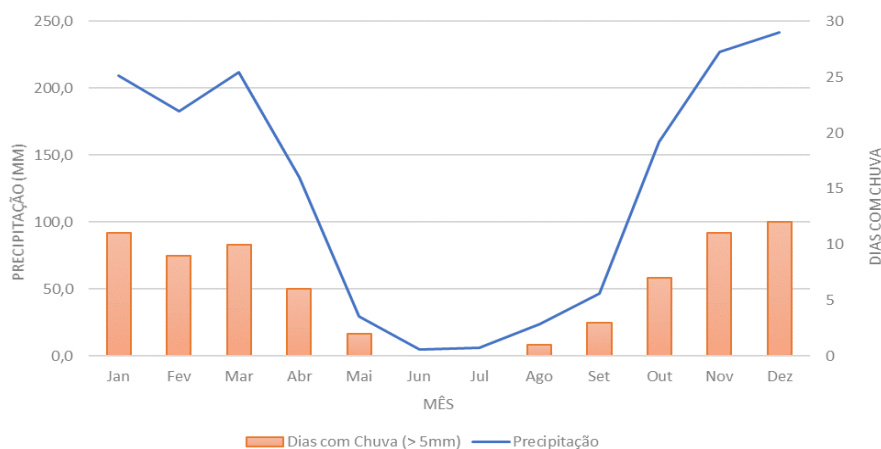


Figura 7 – Gráfico de precipitação e dias com chuva para a estação Brasília. Fonte: Inmet, 2018.

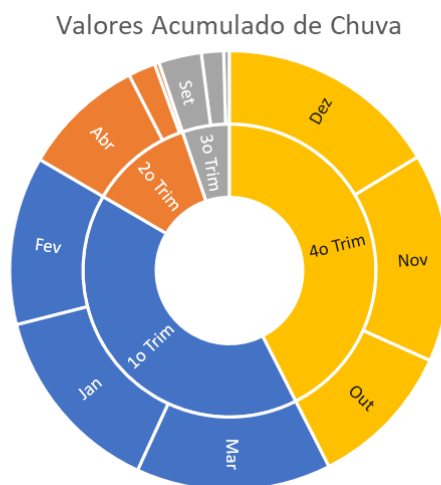


Figura 8 – Distribuição pluviométrica mensal e trimestral.

2.1.3 Umidade Relativa do Ar

A umidade relativa do ar é o parâmetro mais característico do clima do Distrito Federal. Na estação seca, ao contrário do que se possa imaginar, as medidas de umidade relativa do ar, por mês, não chegam a atingir valores extremamente baixos,

porque a média mensal está condicionada à marcha diária das temperaturas que, nesta época do ano, oscila muito.

A Tabela 8 mostra os valores de umidade média mensais, contudo em meses quentes nos horários da tarde os valores podem alcançar o patamar de 14 a 15% (ex. nas tardes dos dias mais quentes do mês de agosto).

Tabela 8 - Normais de umidade relativa do ar média em porcentagem da estação do INMET.

Mês	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago	Set.	Out	Nov.	Dez.
(%)	76.0	77.0	76.0	75.0	68.0	61.0	56.0	49.0	53.0	66.0	75.0	79.0

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%, sendo um ambiente típico de deserto.

As grandes oscilações diárias da temperatura provocam um ganho de umidade nas primeiras horas do dia e durante a noite, quando os termômetros registram menores temperaturas e, conseqüentemente, maiores índices de umidade relativa do ar.

2.1.4 Ventos

A avaliação da direção e velocidade dos ventos foi obtida a partir da estação climatológica Fazenda Água Limpa, considerando apenas o terceiro decêndio da normal climatológica (2000 a 2010). A opção por essa avaliação se deu devido ao melhor detalhamento da informação deste banco de dados quando comparado com a precisão dos dados do INMET.

Para esta estação, os ventos apresentam direção preferencial ao longo do ano que varia de N100 em janeiro à N 146 em dezembro (Tabela 9). A velocidade média de 4,83 m/s no mês de setembro a 3,87 m/s em maio (Tabela 10).

Tabela 9 - Direção preferencial dos ventos no período de 2000 a 2010 – (° Grau).

MÊS	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	MÉDIA MENSAL
Janeiro	35,3	35,5	144,6	187,1	161,7	178,1	139	15,4	15,1	171,1	144,8	112
Fevereiro	41,2	41,3	164,4	129	186,8	167,8	184	30,8	51,1	151,8	146,6	118
Março	36,4	36,5	127,7	144	154,5	159,5	172,4	17,6	121	160,5	176,6	119
Abril	145,1	31,6	130,1	134,5	139,7	132,5	139,5	28,6	139,3	144,6	140,8	119
Mai	148,8	34,4	136,6	149,8	134,5	137	141,8	19,3	140,9	138,7	171,1	123
Junho	130,8	32,5	115,4	125,6	134	138,1	130,3	22	134,6	159,6	145,8	115
Julho	144,9	32,7	141	121,8	135,8	135,6	137,9	24,7	136	146,5	123,7	115
Agosto	143,5	31,3	130,3	148,3	139,6	138,7	147,6	36,5	140,6	136,6	134	119
Setembro	128,9	37,5	146,6	136	130,8	129,9	156,7	51,7	158	157,8	141,5	125
Outubro	145,2	36,9	147	138,7	145,3	145,2	149,7	31,3	146,3	173,4	167,4	128

Novembro	160,5	38,4	156,7	147,7	157,6	156,9	149,2	24,9	164,1	164,9	172,8	132
Dezembro	185,8	34,2	173,9	160,3	175,6	175,4	148,4	16,5	188,6	196,8	185,7	146

Fonte: Estação Climatológica Fazenda Água Limpa (2010) – Normais Climatológicas – 2000 a 2010.

Tabela 10 - Velocidade média dos ventos – período de 2000 a 2010 (Estação climatológica Fazenda Água Limpa).

MÊS	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	MÉDIA
Janeiro	3,8	4,10	4,60	4,00	5,20	4,60	4,68	4,32	4,32	4,32	4,32	4,45
Fevereiro	3,8	3,70	3,50	4,00	4,10	3,90	4,32	4,68	4,32	4,32	4,68	4,15
Março	4,0	3,90	4,00	3,50	3,60	3,80	3,60	4,68	3,96	3,96	4,32	3,93
Abril	3,50	3,40	3,80	3,80	3,40	3,70	3,96	3,96	3,96	3,60	3,96	3,73
Mai	3,40	3,30	3,70	3,80	3,60	4,20	3,60	3,96	3,60	3,60	3,60	3,67
Junho	3,70	3,60	3,90	3,60	3,90	4,00	4,32	4,32	3,96	3,24	3,96	3,86
Julho	4,50	3,70	4,00	4,40	4,60	3,60	4,32	4,32	4,68	3,96	5,04	4,28
Agosto	4,20	4,70	4,80	4,20	4,60	4,40	4,68	6,12	4,68	5,04	5,04	4,77
Setembro	4,80	4,40	4,70	4,60	5,00	4,80	4,68	5,76	4,68	4,32	5,40	4,83
Novembro	4,20	3,70	4,00	4,20	5,00	5,10	5,04	4,68	5,04	4,32	4,32	4,51
Dezembro	4,00	3,80	3,70	4,20	4,20	4,00	5,40	5,04	4,68	4,68	4,32	4,37

Fonte: Estação Climatológica Fazenda Água Limpa (2010) – Normais Climatológicas – 2000 a 2010. Disponível em <http://vsites.unb.br/fal>.

2.2 GEOLOGIA

Do ponto de vista regional a área do empreendimento encontra-se inserido no contexto geológico do Distrito Federal, onde são reconhecidos quatro conjuntos litológicos: os grupos Canastra, Paranoá, Araxá e Bambuí. Destes, apenas o Grupo Paranoá ocorre na área do empreendimento sendo, portanto, avaliado neste estudo. Informações mais detalhadas sobre a geologia do Distrito Federal foge do objetivo deste trabalho e pode ser obtida em (Campos, Dardenne, Freitas-Silva, & Martins-Ferreira, 2013).

O Grupo Paranoá corresponde a uma sucessão psamo-pelito-carbonatada depositada em condições plataformais. A sua estratigrafia foi inicialmente proposta por FARIA (1995), sob a designação de letras-código que inclui 11 unidades. CAMPOS, DARDENNE, et al. (2013) formaliza as unidades e atribui denominação às formações (Tabela 11).

Tabela 11 - Designação das unidades do Grupo Paranoá por Faria, 1995 e Campos et al, 2013.

Faria (1995)	Campos <i>et. al.</i> (2013)
PC	Córrego do Barreiro
<u>R4</u>	<u>Córrego do Sansão</u>
<u>Q3</u>	<u>Ribeirão Contagem</u>
<u>R3</u>	<u>Serra da Meia Noite</u>
A	Ribeirão do Torto
S	Ribeirão Piçarrão
Q2	Serra do Parana
R2	Serra Almécegas
Q1	Serra da Boa Vista
R1	Córrego Cordovil
SM	Ribeirão São Miguel

2.2.1 Geologia da Área de Influência Indireta

Destas unidades, apenas as unidades Serra da Meia Noite (R3 – Metarritmito Arenoso) e Ribeirão do Torto (A – Ardósia) ocorre na área de Influência Indireta do Empreendimento – AII (Figura 9). Segundo CAMPOS, DARDENNE, *et al.* (2013) a Formação Serra da Meia Noite (R3) é caracterizada por:

“alternâncias de estratos centimétricos a métricos de quartzitos finos a médios com níveis geralmente mais delgados de metassiltitos argilosos, metalamitos siltosos e metalamitos micáceos. A quantidade relativa de termos arenosos é sempre importante, justificando, assim, a denominação deste pacote como unidade de metarritmito arenoso”.

Segundo Campos & Freitas-Silva (1998), a unidade Ribeirão do Torto (A) é composta por:

“expressivo conjunto de ardósias roxas, homogêneas, dobradas, com forte clivagem ardosiana e com ocasionais lentes irregulares de quartzitos, que ocupam variadas posições estratigráficas”.

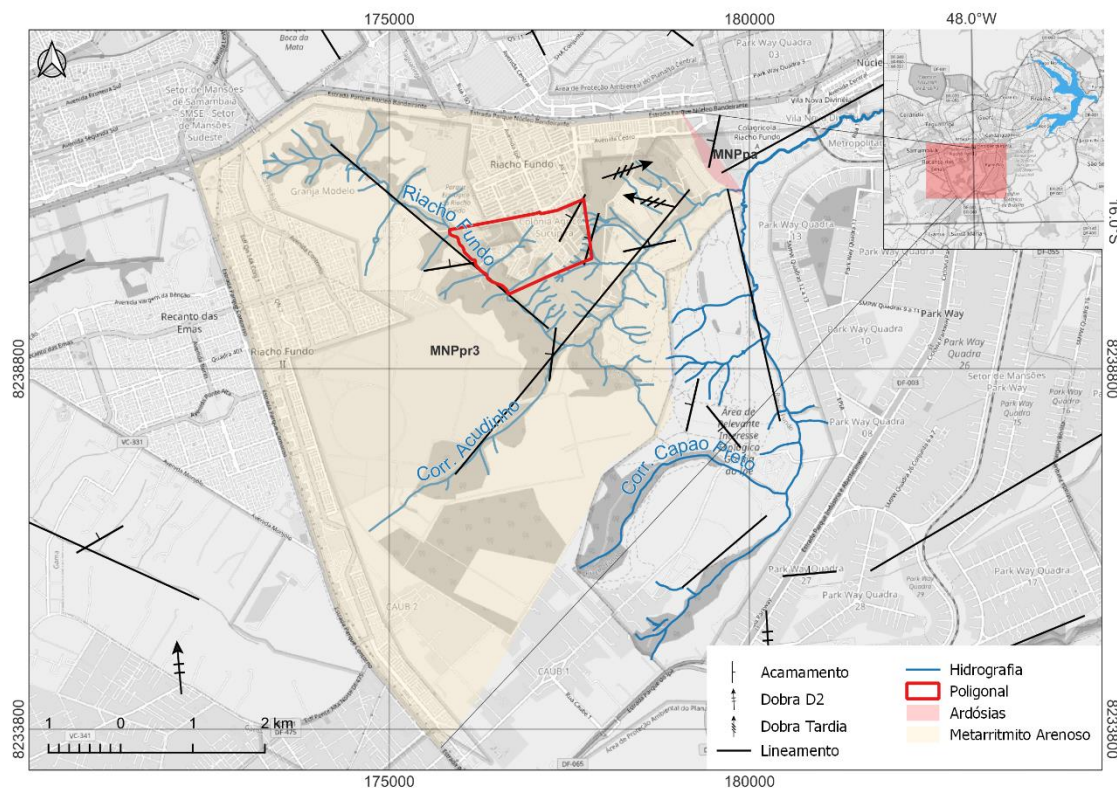


Figura 9 - Mapa geológico da Área de Influência Indireta do empreendimento.

A Figura 10 apresenta a relação estratigráfica entre esta unidade e a formação sotoposta, a.

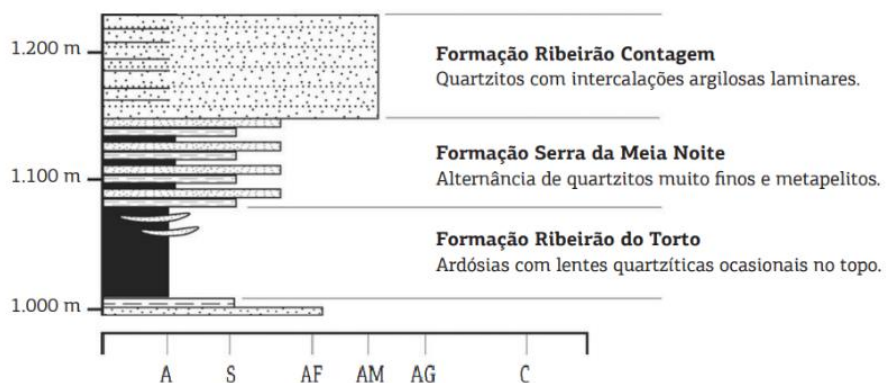


Figura 10 – Relação estratigráfica entre as unidades Ribeirão Contagem, Serra da Meia Noite e Ribeirão do Torto no Grupo Paranoá. Modificado de CAMPOS, DARDENNE, et al. (2013).

Segundo CPRM (2003), “as Formações R₃ (Serra da Meia Noite) e Q (Ribeirão Contagem), essa última não aflorante na área, formam as bordas do Domo de Brasília, marcando os relevos mais movimentados dos vales abruptos e mais encaixados”.

2.2.2 Geologia da Área de Influência Direta – AID

A caracterização do substrato rochoso na área do empreendimento foi realizada a partir dos dados bibliográficos (Campos & Freitas-Silva (1998); CPRM (2003); CAMPOS, DARDENNE, et al. (2013) e em campo.

A AID encontra-se, em boa parte, edificada. Os afloramentos de rocha na área ocorrem na calha do córrego e nas encostas. Os afloramentos são caracterizados por quartzito predominantemente maciços, de coloração cinza à levemente amarelada.

A seguir é apresentada descrição dos afloramentos identificados na área de estudo e os perfis geológicos conforme Figura 11:

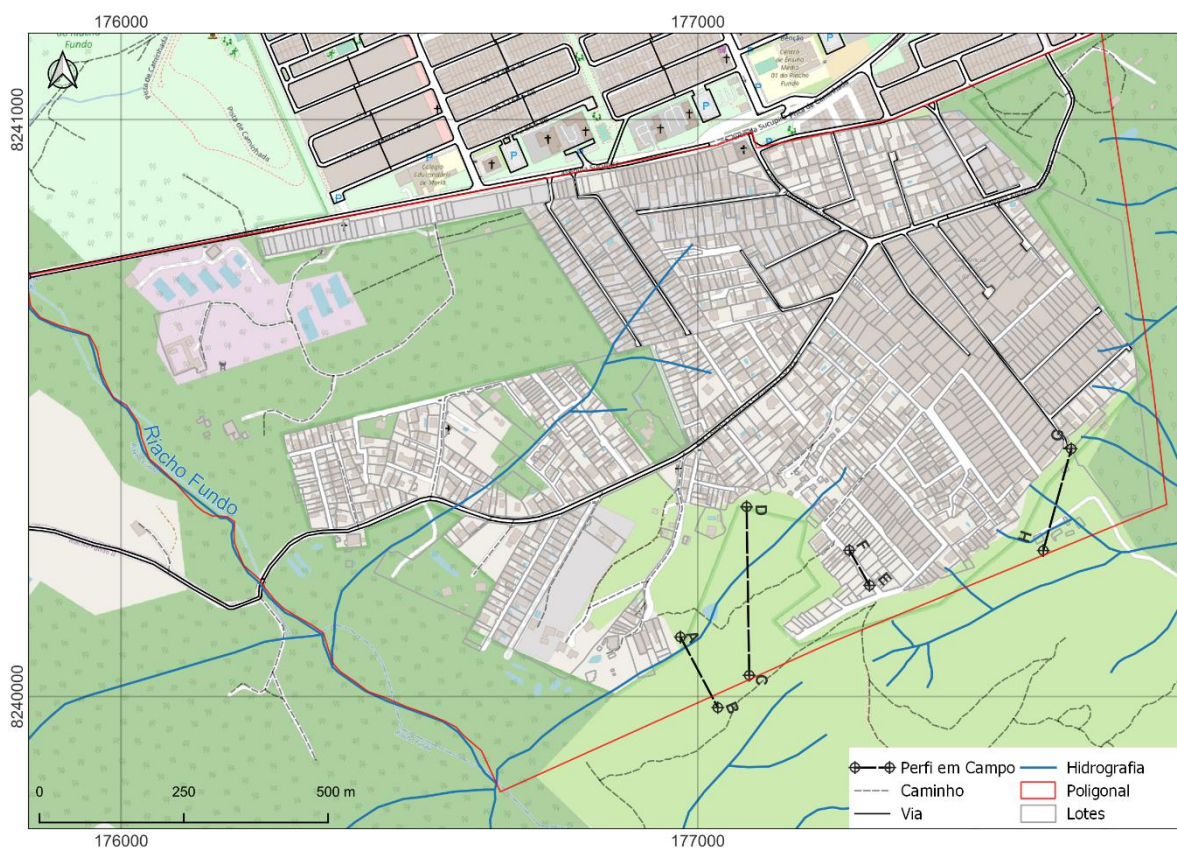


Figura 11 - Perfis geológicos na área de estudo.

Perfil AB – Ponto 01

Quartzito maciço de coloração rósea. Apresenta acamamento com direção N67E e mergulho subvertical (80 NW).



Figura 12 - Afloramento de quartzito.

Perfil AB – Ponto 02

Quartzito maciço de coloração rósea. O afloramento apresenta duas direções de fraturamento N30W e N40E e mergulho subvertical.



Figura 13 - Afloramento de quartzito maciço, de coloração rósea, com duas direções de fraturamento.

Perfil AB – Ponto 03

Quartzito branco à cinza muito fraturado e cisalhado. Direção de acamamento N70E e mergulho de 65NW



Figura 14 - Aspecto de quartzito branco à cinza muito fraturado.

A Figura 15 apresenta perfil esquemático do perfil AB conforme observações dos afloramentos identificados nos itens acima.

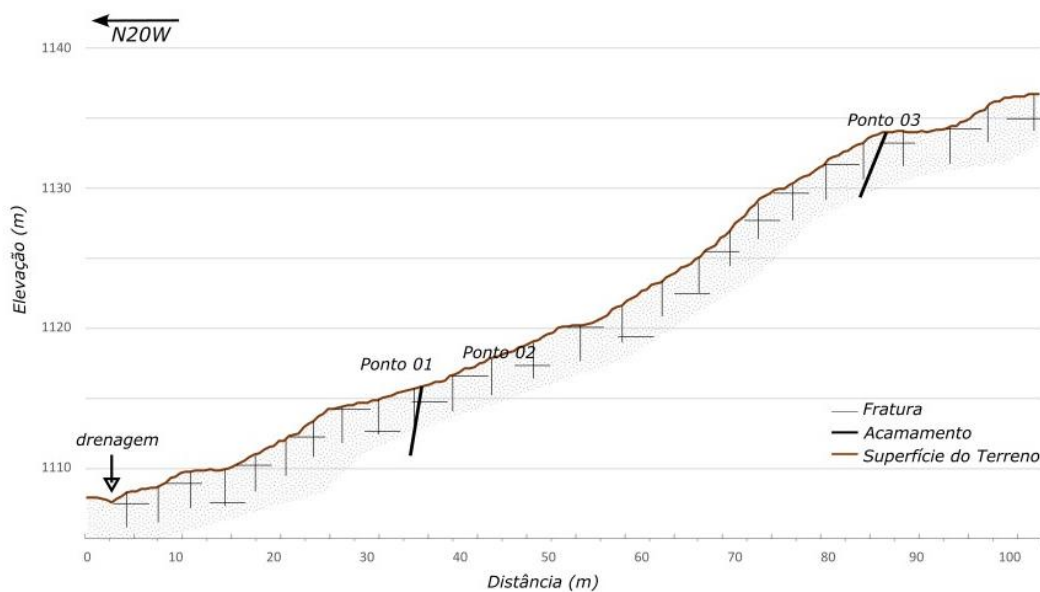


Figura 15 - Perfil esquemático A-B.

Perfil CD – Ponto 1

Quartzito branco à cinza muito fraturado (cisalhado). Direção de acamamento N60E e mergulho de 70NW



Figura 16 - Quartzito branco à cinza muito fraturado (cisalhado). Direção de acamamento N60E e mergulho de 70NW

Perfil CD – Ponto 2

Quartzito branco à cinza maciço fraturado em duas direções (N45W e N22E).
Acamamento na direção N70E/40NW.



Figura 17 – Afloramento de quartzito maciço com duas direções de fraturamento.

Perfil CD – Ponto 3

Afloramento de quartzito róseo maciço com direção N80E e mergulho 70SW.



Figura 18 – Afloramento de quartzito maciço com direção N80E e mergulho 70SW.

Os quartzitos apresentam-se intercalados com material político consolidado por metamorfismo elevado.

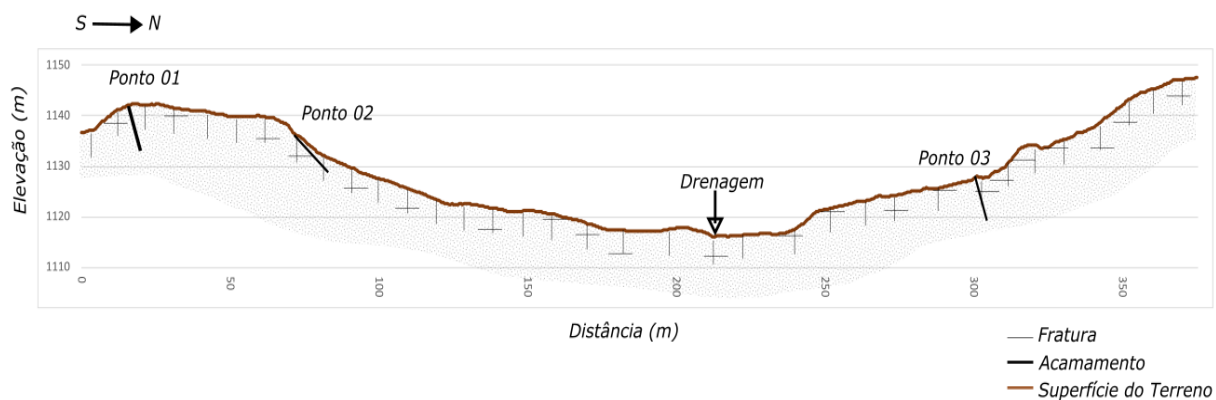


Figura 19 – Perfil esquemático C-D.

Perfil EF – Ponto 1

Afloramento de quartzito esbranquiçado à ocre, maciço, muito fraturado com formação de placas que escorregam sobre plano do acamamento (N70E) e mergulho variando de 70 NW à SV.



Figura 20 – Afloramento de quartzito maciço com formação de 'lajes'.

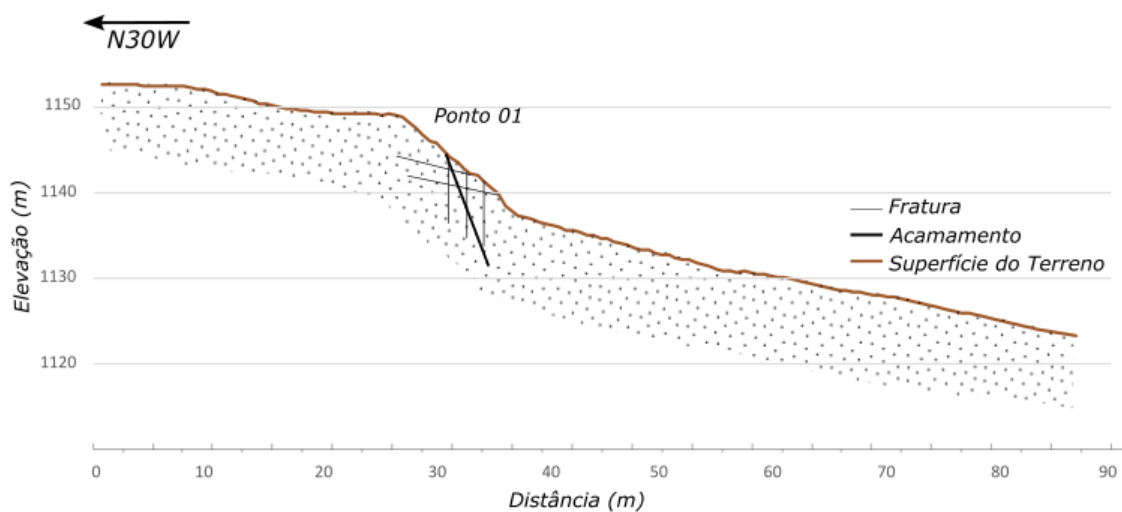


Figura 21 – Perfil esquemático EF.

Perfil G-H – Ponto 1

Afloramento de quartzito castanho à cinza, acamamento com estratos centimétricos e direção E-W. Fraturas sub verticais com persistência de 15 centímetros a 1 metro.



Figura 22 - Afloramento de quartzito fraturado.

Perfil G-H – Ponto 2

Afloramento em corte de estrada rural constituído por metarritmito argiloso com intercalações de metassiltito com direção N65E com mergulho de 75SW à subvertical.



Figura 23 – afloramento de metarritmito argiloso.

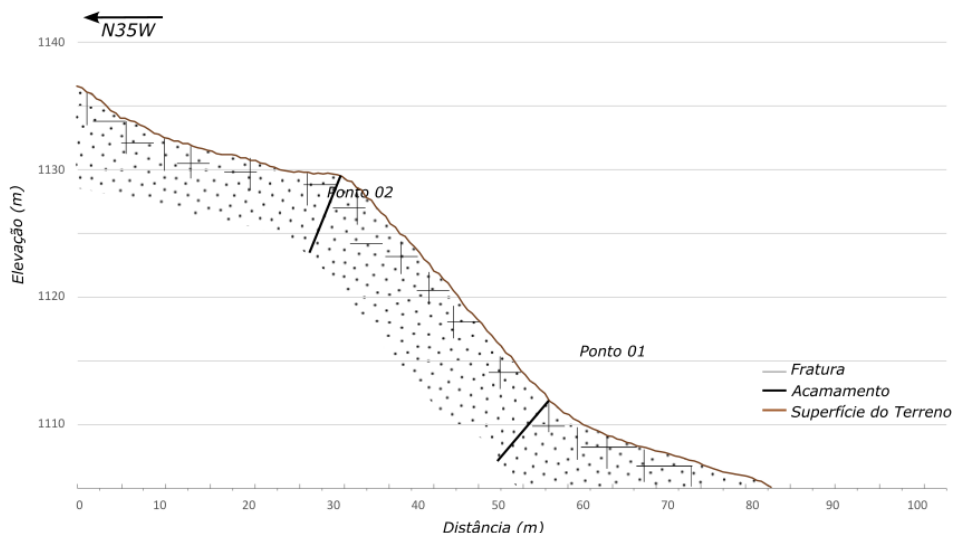


Figura 24 – Perfil esquemático G – H.

Geotecnicamente estas rochas identificadas na área são sãs, coerentes e medianamente fraturadas. As fraturas são, em sua maior parte, abertas e preenchidas por material pelítico.

Os resultados obtidos em campo são representados em mapa geológico da área da ARINE Sucupira (Anexos – Mapa Geológico).

2.3 GEOMORFOLOGIA

A geomorfologia é a característica física do terreno relacionada à sua forma. Está diretamente relacionada à ação dos agentes climáticos sobre o substrato físico ao longo do tempo e, de acordo com suas características físicas e químicas, respondem de forma diferenciada às intempéries, formando o relevo.

2.3.1 Geomorfologia da Área de Influência Indireta

Os primeiros estudos geomorfológicos do Distrito Federal estão associados aos registros da missão de transferência da capital do Brasil para o interior, conhecida como Missão Cruls (Steinke, Sano, Steinke, & Nascimento, 2007). Desde então, diversos trabalhos foram realizados: (Penteado, 1976); (Radam Brasil, 1984); (Maio, 1986), (NOVAES PINTO, 1986, 1993); (Martins & Baptista, 1998); (Carneiro, Mapeamento geotécnico dos materiais de construção do Distrito Federal: uma base de dados para o planejamento e gestão. Tese, 1999) e (Carneiro & Souza, Compartimentação geomorfológica do Distrito Federal, 2001).

Destes, o mapa geomorfológico elaborado com base nos estudos de (Novaes Pinto, 1986) é considerado o de maior repercussão acadêmica. A autora, além de descrever as unidades geomorfológicas identificadas, expôs à discussão o conceito de etchplanação (Steinke, Sano, Steinke, & Nascimento, 2007). O mapa é composto

de três macro unidades geomorfológicas e subdivisões destas em unidades geomorfológicas.

Além dos fatores responsáveis pela evolução morfodinâmica do relevo como o clima, vegetação e a evolução dos perfis de alteração, MARTINS e BAPTISTA (1998) destacam a estruturação neotectônica e os processos de echitplanação. Assim, a proposta de compartimentação geomorfológica elaborada por esses autores foi baseada em dados morfológicos, morfopedológicos, litoestruturais e pedológicos.

Estes autores individualizaram cinco compartimentos geomorfológicos:

- Chapadas Elevadas: são controladas pela presença de tipos petrográficos resistentes a processos erosivos e atribuídas às unidades R3 e Q3 do Grupo Paranoá.
- Regiões de Dissecção Intermediárias: são controladas por rochas pelíticas e atribuídas à Unidade ardósia e R4 do Grupo Paranoá e às rochas do Grupo Bambuí.
- Vales Dissecados: são condicionados por unidades com pequena capacidade de infiltração e grande potencial erosivo. No Distrito Federal são representados por rochas dos grupos Canastra, Araxá e Unidade Psamo-Pelito Carbonatada do Grupo Paranoá.
- Os Rebordos delineiam grande parte dos limites entre os outros compartimentos, individualizando as porções de Chapadas Elevadas e Planos Intermediários. Sua gênese pode estar associada ao controle lito-estrutural, pedológico e hidrodinâmico.
- As Escarpas são bem-marcadas na compartimentação proposta, assim como são bem definidas na compartimentação da CODEPLAN (1984). De gênese erosiva ou estrutural, esta feição é identificada nas porções de contato entre o semidomo de Brasília e as dissecadas das bacias mais importantes, destacando a porção norte.

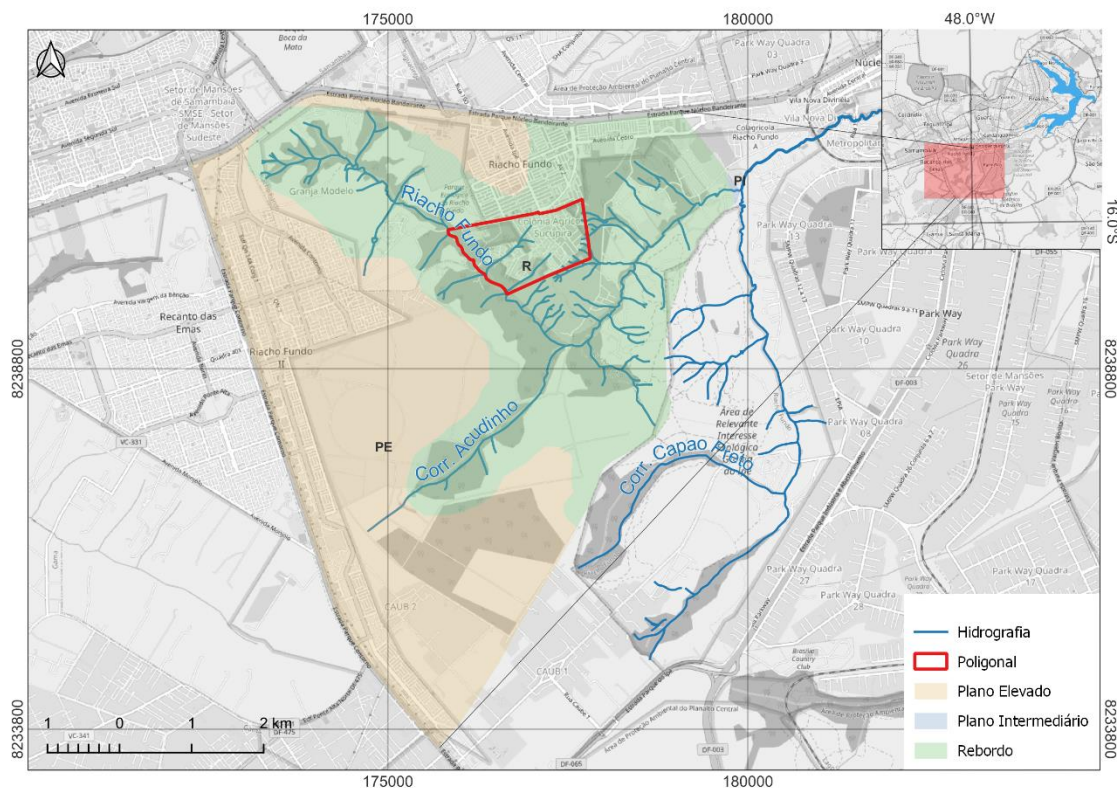


Figura 25 - Mapa de Compartimentos Geomorfológicos para a região do empreendimento.

2.3.2 Geomorfologia da Área de Influência Direta

Segundo o modelo apresentado por MARTINS e BAPTISTA (1998), a área em estudo situa-se sobre a unidade de rebordos. Na área de estudo essa unidade delinea a unidade Planos Elevados, sustentada por litologia mais resistente da Unidade Serra da Meia Noite (metarritmito arenoso).

A hipsometria varia de 1080 m e 1160 m, com amplitude altimétrica de 80 metros. A área possui dois vales de direção NW com formação de vertentes de amplitude aproximada de 40 metros de e declividade maiores que 20% com enclaves maiores que 40%. A orientação das vertentes (expressa a direção, em referência aos pontos cardeais, em que se encontra a vertente) é preferencial para SE e NW.

Na extremidade sudoeste da área, a superfície topográfica, até então com declividade média de 20% é interrompida por degrau topográfico com vertente íngreme (declividade maior que 45%) e controle litoestrutural.

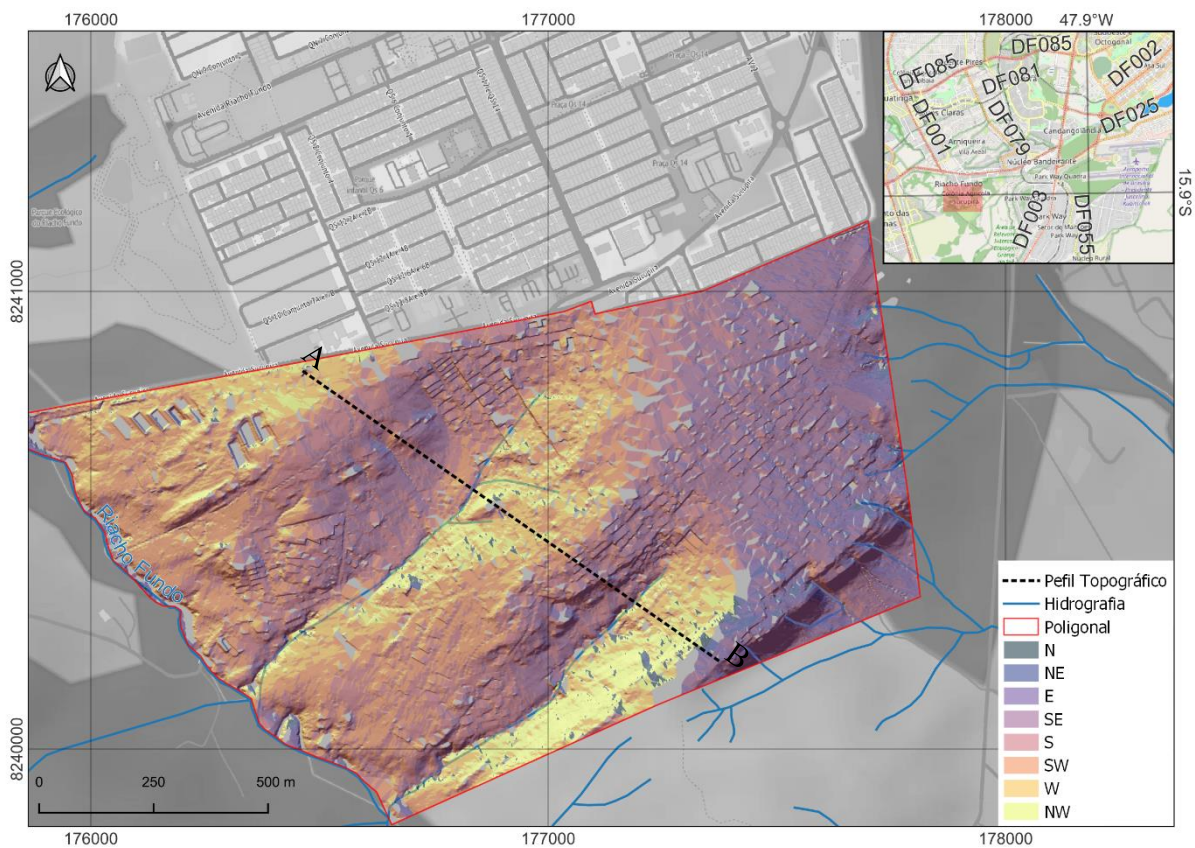


Figura 26 - Mapa de direção das vertentes com perfil A-B.

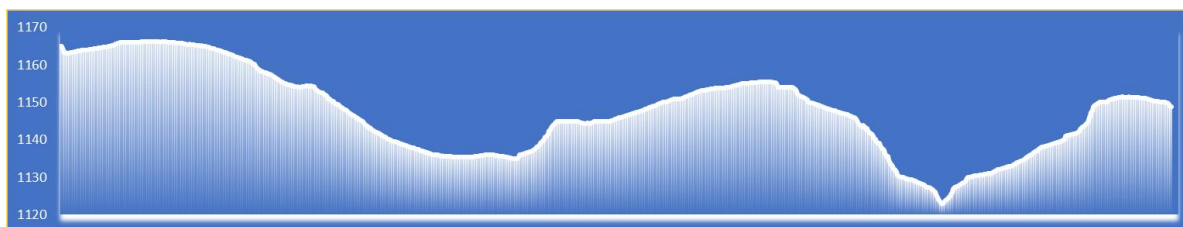


Figura 27 - Perfil topográfico A-B perpendicular à direção preferencial das vertentes.

A avaliação da declividade da área mostra valores predominante entre 10 e 20%.



Figura 28 - Aspecto da geomorfologia da porção sul da área de estudo.

As áreas com declividade entre 10 e 20% ocupam 9,1% e situam-se na parte oeste da poligonal e ao longo da margem do córrego. Áreas com declividades entre 20 e 30% cobrem 1,4% da poligonal e, assim como a faixa anterior, distribuem-se ao longo da margem do córrego. Áreas com declividades acima de 30 % representam 0,4% da poligonal (Figura 29) (Anexos - Mapa de Declividade).

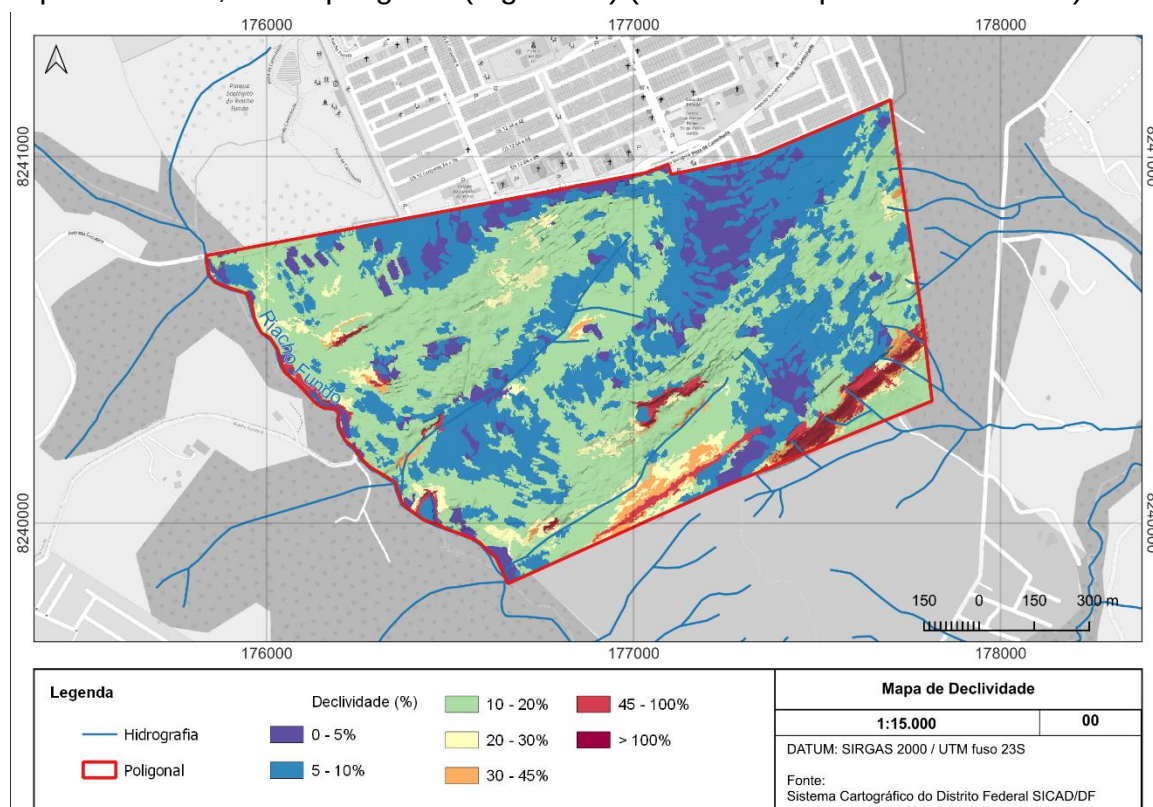


Figura 29 - Declividade na Área Diretamente Afetada.

2.3.3 Caracterização das Vertentes

As vertentes são locais onde ocorrem o intemperismo, o transporte e deposição de materiais. O estudo das encostas e dos processos que nelas ocorrem

requer uma descrição cuidadosa e precisa e geralmente é feita com referência ao seu perfil, ressaltando a sua inclinação e orientação. Na área de estudo foram identificadas cinco vertentes (Figura 26), as quais serão caracterizadas a seguir:



Figura 30 – Vertentes identificadas na área de estudo.

Vertente 01 – Situada na parte noroeste da poligonal, é a vertente da margem direita da primeira linha de drenagem e encontra-se, em boa parte, desocupada. A direção é aproximadamente N50W e largura máxima de 450 metros, na parte mais oeste do empreendimento. Na porção com declividade mais acentuada, possui extensão aproximada de 350 metros. A declividade média para o trecho é de 12,75% e a declividade máxima, de 19 % (considerando áreas de 25 x 25 m). O uso da área é de vegetação natural, fitofisionomia de campo sujo. Não foi identificada a presença de nascentes ou áreas úmidas. Há ocorrência de afloramentos de quartzito maciço (Figura 32 e Figura 33) que, em função da sua resistência à erosão, forma quebra de relevo bem-marcada no levantamento topográfico.

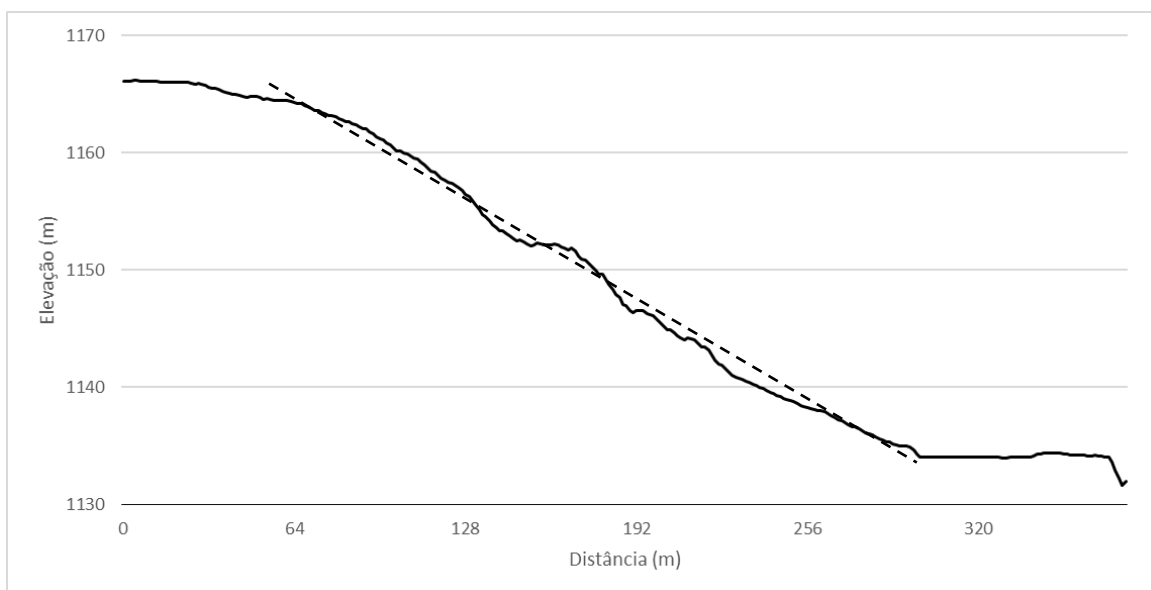


Figura 31 - Representação do perfil da vertente 01.



Figura 32 - Aspecto da vertente 01 com presença de afloramentos.



Figura 33 - afloramento de quartzito maciço fraturado e trecho declivoso.

Vertente 02 – Vertente da margem esquerda da primeira linha de drenagem, encontra-se quase que integralmente ocupada. A direção é aproximadamente N50W e largura máxima de 270 metros, na parte mais oeste do empreendimento. O perfil apresenta quebra de relevo acentuada na distância de aproximadamente 200 m, quando assume valores de declividade mais elevados. Ao longo do perfil avaliado, com área de maior declividade, possui extensão aproximada de 250 metros. A declividade média para o perfil é de 12 %, sendo o primeiro trecho, de 8% e o segundo, de 16,4% (considerando áreas de 25 x 25 m). O uso da área é urbano com enclave de áreas com vegetação natural, fitofisionomia de campo sujo. Não foi identificada a presença de nascentes ou áreas úmidas.

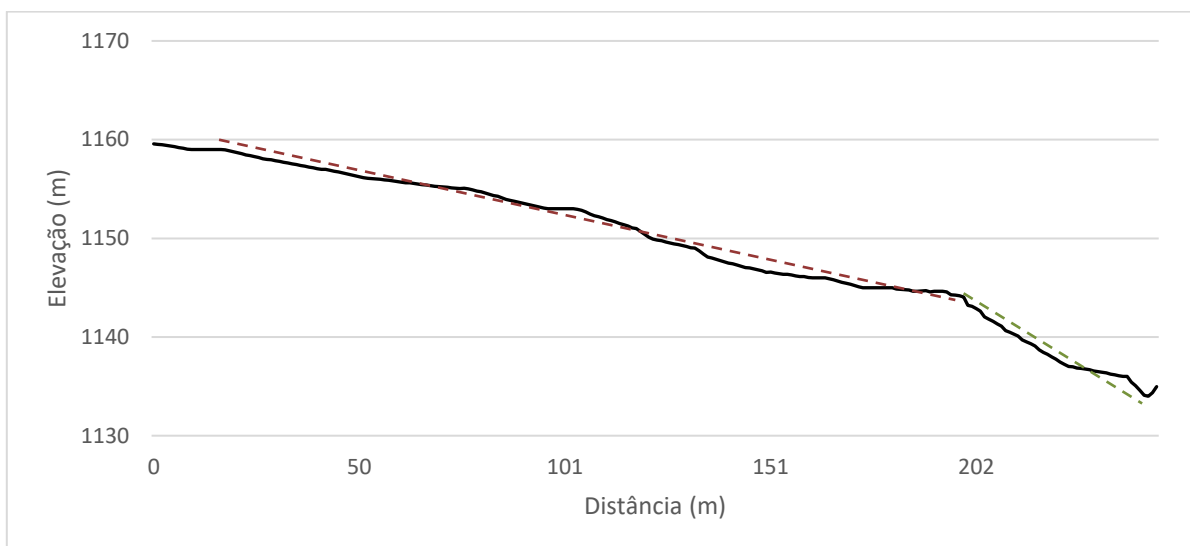


Figura 34 – Representação do perfil da vertente 02 com representação dos trechos 01(em vermelho) e 02 (em verde).

Vertente 03 – Vertente da margem direita da segunda linha de drenagem, encontra-se quase que integralmente ocupada. A direção é aproximadamente N50W e largura de 200 metros, na parte mais oeste do empreendimento. O perfil apresenta diversos platôs oriundos da ocupação. Apresenta quebra de relevo com formação de dois segmentos com declividades distintas (Figura 35). O primeiro, até aproximadamente 100 metros, encontra-se totalmente ocupado. A declividade média é de 10%. A declividade dos taludes formados nos cortes pode chegar a 40%. O segundo trecho, atualmente desocupado, possui declividade média de 20%. Nesta área há formação de pequenos taludes com onde a declividade pode chegar a 50%. Nesta região está situada a Chácara 22, identificado por CPRM como área de Risco Média a ocorrência área de risco médio.

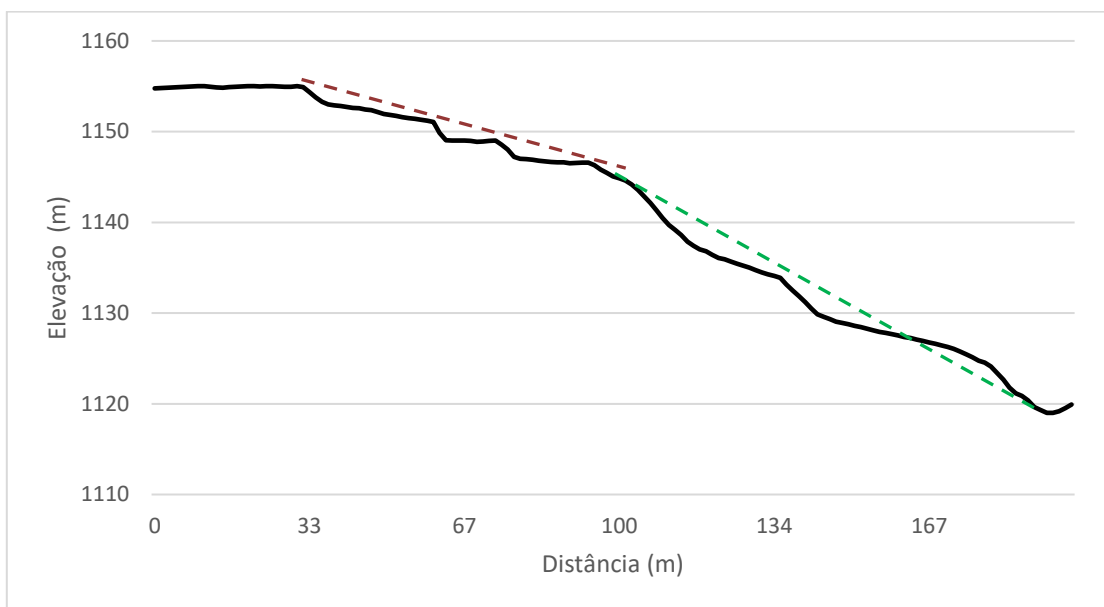


Figura 35 - Representação do perfil da vertente 03 com representação dos trechos 01(em vermelho) e 02 (em verde).



Figura 36 - Aspecto da vertente 03 em sua parte não ocupada.



Figura 37 - Área de elevada declividade em parte não ocupada da vertente 03.

O uso da área é urbano com enclave de áreas com vegetação natural, fitofisionomia de campo sujo. Não foi identificada a presença de nascentes ou áreas úmidas.

Vertente 04 – Vertente da margem esquerda da segunda linha de drenagem, encontra-se ocupada em sua porção mais a montante. A direção é aproximadamente N50W e a largura, de aproximada de 180 metros. O perfil apresenta intercalação de áreas com maior e menor declividade. Nos trechos de menor declividade, essa é da ordem de 10%. Nos trechos de maior declividade, de até 40% (Figura 38).

Nesta região está situada a Chácara 26, identificado como área de Risco pela SUDEC. A área da encosta é caracterizada como área de Risco Média pela CPRM.

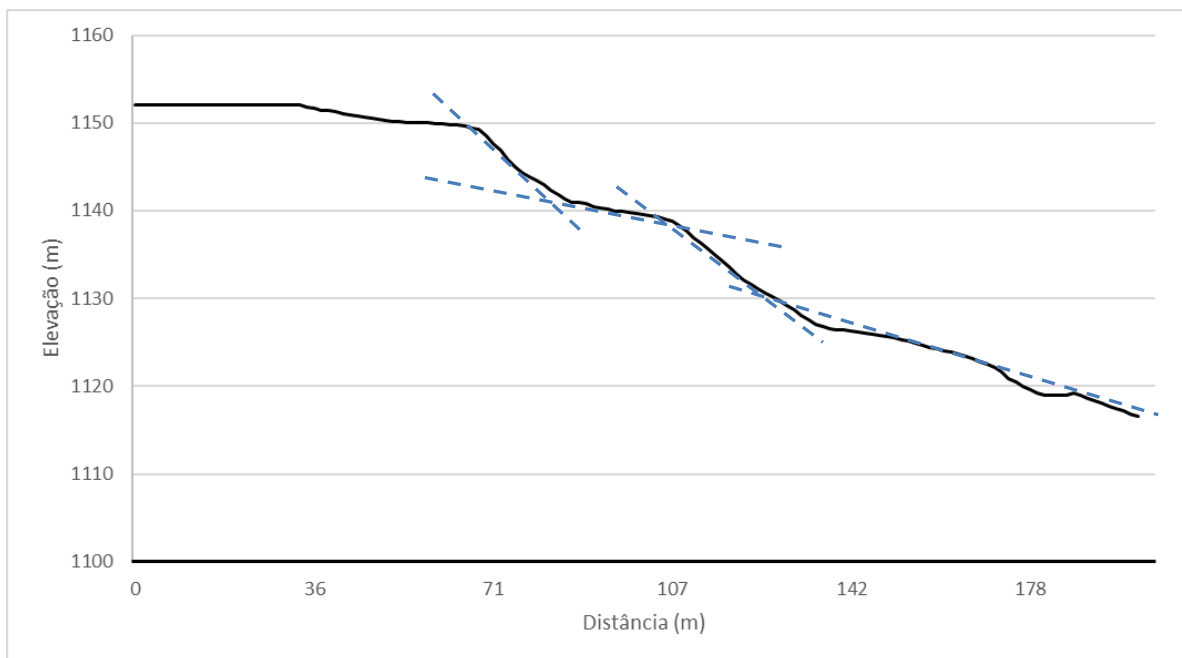


Figura 38 - Representação do perfil da vertente 04 com representação dos trechos de menor e maior declividade.



Figura 39 – Aspecto da encosta 04 em área não ocupada.



Figura 40 - Aspecto da encosta 04 em área ocupada.

O uso é, em boa parte, urbano. Na parte oeste da bacia, onde a vertente apresenta-se coberta por vegetação nativa, ela é caracterizada como cerrado rupestre.



Figura 41 - Vegetação em área preservada da Vertente 04. Cerrado Rupestre.

Vertente 05 – Situada na porção sudeste da área, não está associada a linha de drenagem do interior da poligonal de estudo. A direção é aproximadamente N50W. É a vertente que apresenta maiores valor de declividade na área, de até 50%. É caracterizada por duas quebras de relevo onde a primeira apresenta valores mais baixos de declividade e elevação topográfica (Figura 43). O segundo trecho, de mais alta declividade apresenta gradiente de elevação de aproximadamente 35 metros.

Segundo estudo realizado por CPRM, apresenta risco alto a processos de movimento de terra. Ainda conforme estudo da CPRM, nesta vertente estão situadas as chácaras 14 e 24, com risco de deslizamento planar, enxurradas e escorregamento de blocos. Para a avaliação de risco realizado pela SUDEC, na área estão situadas as chácaras 12 e 26. O uso da área é, em parte urbano áreas com vegetação natural, fitofisionomia de campo sujo. Não foi identificada a presença de nascentes ou áreas úmidas.

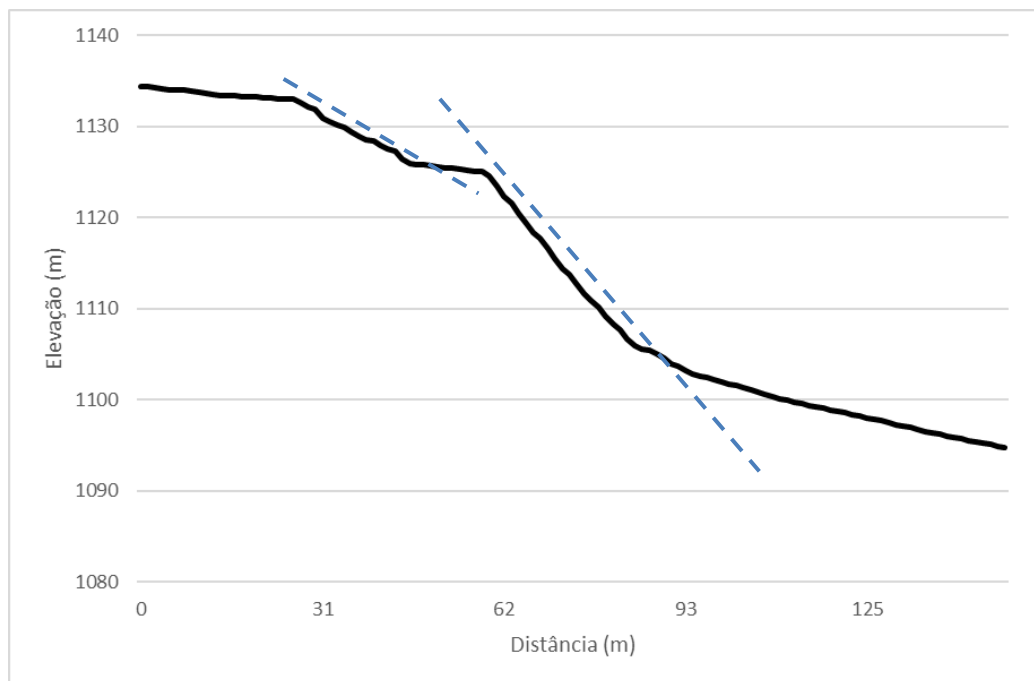


Figura 42 - - Representação do perfil da vertente 05 com representação dos trechos de menor e maior declividade

Na parte mais elevada, o uso é urbano. Na parte mais declivosa, o uso é caracterizado por vegetação natural, fitofisionomia de cerrado. Localmente há presença de vegetação nativa com ocorrência de vegetação exótica. Não foi identificada a presença de nascentes ou áreas úmidas.



Figura 43 - Primeira quebra do relevo da vertente 05.



Figura 44 – Vertente 05.



Figura 45 – Afloramento de rocha na Vertente 05 com presença de lixo e vegetação exótica.

2.4 PEDOLOGIA

O solo é um corpo natural que possui comprimento, largura e profundidade, e se constitui a camada externa da litosfera em contato com a atmosfera. Resulta da ação combinada de vários processos pedogenéticos e é dependente da intensidade de manifestação dos fatores de intemperismo sobre o material de origem durante certo período (OLIVEIRA, 2008; RESENDE et al., 2002).

As inúmeras combinações de intensidades desses fatores condicionam a formação de uma imensidade de tipos de solos que apresentam natureza, composição e comportamento diferenciados, tais como: cor, espessura, textura, constituição química e mineralógica, entre outros.

2.4.1 Pedologia da Área de Influência Indireta

A principal fonte de informações sobre os solos encontrados no Distrito Federal (DF) é o trabalho realizado pelo Serviço Nacional de Levantamento de Solos em 1978, de onde se obteve o mapa pedológico do DF, na escala 1: 100.000, o qual foi atualizado em 2004 (REATTO et al., 2004).

Segundo Souza & Campos (2001), 85 % da cobertura do território do Distrito Federal é por solos Latossolos Vermelho, solos Latossolos Vermelho-Amarelo e solos Cambissolos. Entre os 15 % de solos restantes, podem ser encontrados Plintossolos, Neossolos, Gleissolos, Nitossolos, Argissolos, Chernossolos e Organossolos.

Na área de Influência Indireta do empreendimento, são identificadas as seguintes classes de solos: latossolo vermelho, latossolo vermelho amarelo, cambissolo háplico, nitossolo vermelho, plintossolo pétrico e gleissolo háplico (Figura 46) (Anexos - Mapa Pedológico).

Algumas características destes solos são apresentadas na Tabela 12.

Tabela 12 – Classes de solos e características principais.

CLASSES DE SOLO	CARACTERÍSTICAS GERAIS
<i>Cambissolo (Cb)</i>	Pouco desenvolvidos, presença de horizonte diagnóstico Bi (B incipiente). São extremamente erodíveis e friáveis quando expostos
<i>Gleissolo (G)</i>	Solos argilosos com coloração variada. São permanentes ou periodicamente saturados por água
Nitossolo Vermelho	Solos mineral, não hidromórfico caracterizado pela presença de horizonte nítico em sequência a qualquer tipo de horizonte A.
<i>Latossolo Vermelho (LV)</i>	Textura argilosa; perfis profundos; associado às regiões mais planas. Apresenta estrutura microagregada, macroporosa, colapsível, e alta erodibilidade se submetido a um fluxo de escoamento pluvial concentrado
<i>Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA)</i>	Textura argilosa; boa estruturação. Apresenta características físicas semelhantes ao latossolo vermelho.
<i>Plintossolo Pétrico</i>	Solos constituídos por material mineral que apresentam horizonte plíntico, iniciado dentro dos 40 cm da superfície (ou 200 cm, se precedidos de horizonte Glei

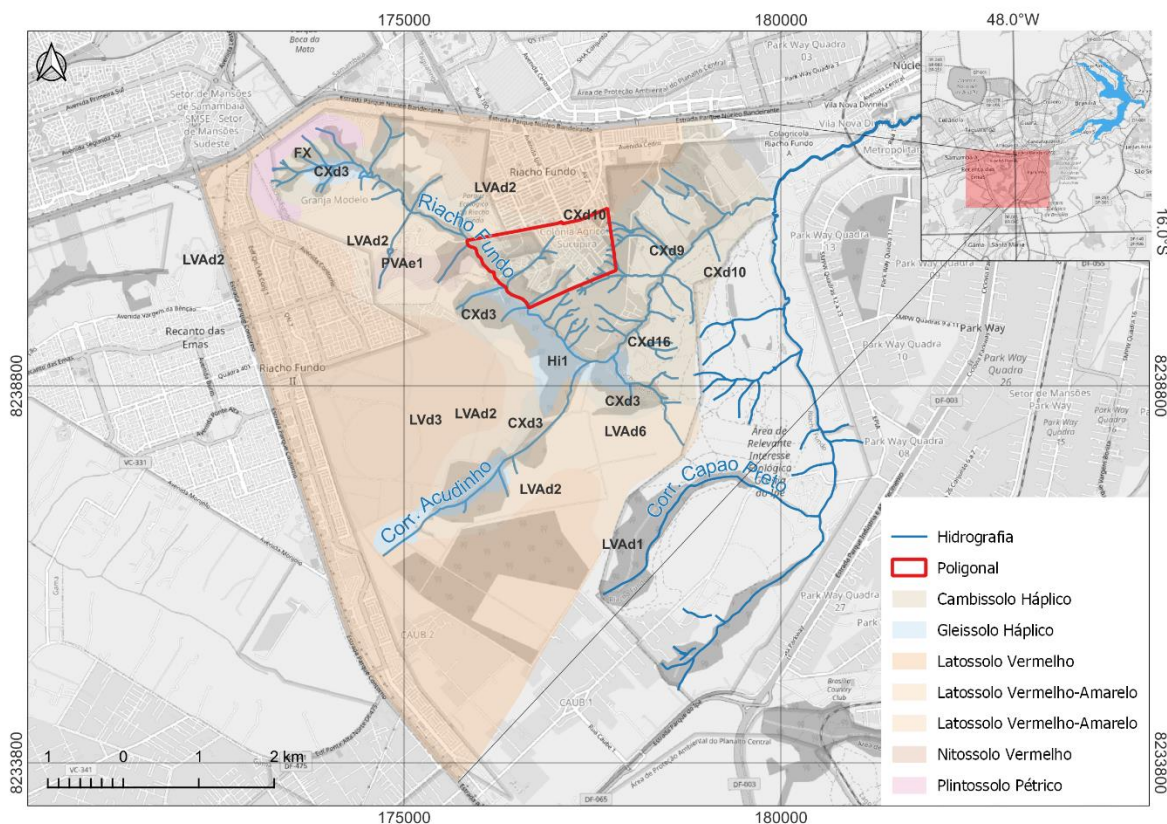


Figura 46 – Mapa pedologia da AII nas proximidades do empreendimento. Fonte: Embrapa, 1978.

2.4.2 Pedologia da Área de Influência Direta

As coberturas identificadas na área de influência direta do empreendimento são formalizadas, segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006), como cambissolo háplico, gleissolo háplico, latossolo vermelho e latossolo vermelho-amarelo. A distribuição desses solos na área de estudo é mostrada na Tabela 13 e Figura 47.

Tabela 13 – Áreas de ocorrência de solos na AID.

SOLO	ÁREA (ha)	%
Cambissolo	113	76,4
Gleissolo	1	0,7
Latossolo vermelho-amarelo	21	14,2
Latossolo Vermelho	13	8,8
TOTAL	148	100,0

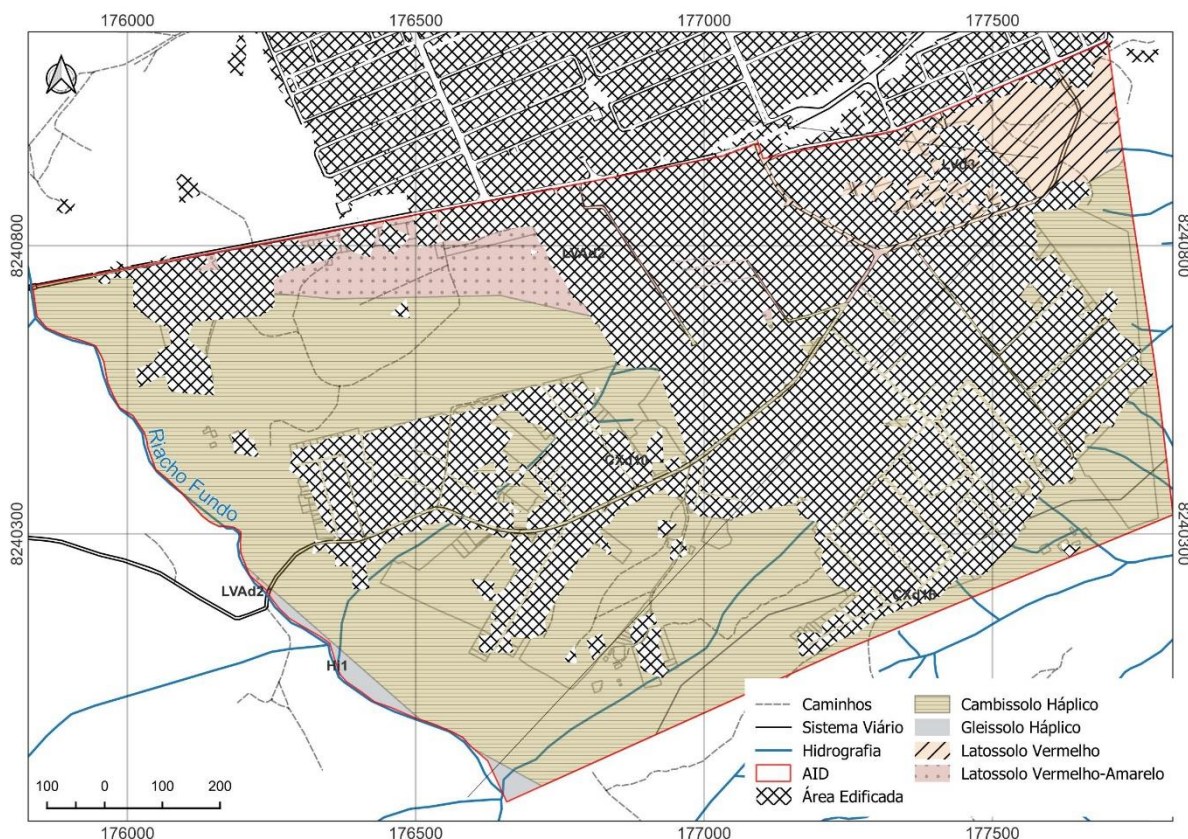


Figura 47 – Mapa de solos na área de influência direta do empreendimento.

2.4.2.1 Cambissolos

Os cambissolos constituem a classe de maior incidência na área de estudo com 113 ha, representando 76% da gleba do empreendimento (Tabela 13 e Figura 47). Os cambissolos estão associados às áreas de maior declividade com relevo suave ondulado a ondulado. Esses solos apresentam pouca alteração em relação ao material de origem, apresentam textura pedregosa. As espessuras registradas na área são inferiores a 1 (um) metro (Figura 48 e Figura 49).



Figura 48 – Perfil de solo cambissolo na área de estudo com profundidade de ~ 45 cm.



Figura 49 – perfil de solo cambissolo na área de estudo com profundidade de ~50 cm.

2.4.2.2 Latossolos

Representa um solo com intenso desenvolvimento pedogenético, intensa transformação e remoção de elementos móveis por meio de reações de dissolução e oxirredução, além de significativas quantidades de óxidos/hidróxidos de ferro e alumínio devido à coloração avermelhada.

O horizonte A contém estrutura granular, que se forma por meio da bioturbação. A presença de estrutura no topo é mais evidente por ter mais atividade biológica. A espessura desse horizonte é de aproximadamente 20 cm. Na área em estudo ocorrem latossolo vermelho e latossolo amarelo (Figura 46). Essas classes de solo estão limitadas a duas porções a norte da área em estudo, em área de 8 para os latossolos vermelho e 14 ha para os latossolo vermelho-amarelo (Tabela 13 e Figura 47).

2.4.2.3 Solo Glei Háplico

Os solos Glei háplico são solos que se encontram permanente ou temporariamente saturados por água, forte gleização e, em decorrência do regime de umidade redutor, virtualmente livre de oxigênio dissolvido, em razão da saturação por água durante todo o ano, ou pelo menos por um longo período, associado à demanda de oxigênio pela atividade biológica.

São definidos pelo SiBCS (Embrapa, 2006) como solos hidromórficos, constituídos por material mineral, que apresentam horizonte Glei, que pode ser um horizonte subsuperficial (C, B ou E) ou superficial A. O horizonte superficial apresenta cores desde cinzentas até pretas, espessura normalmente entre 10 e 50 cm e teores médios a altos de carbono orgânico.

Esses solos estão restritos à faixa lateral ao córrego Riacho Fundo, em área não superior a 1ha (Tabela 13 e Figura 47).

2.5 VEGETAÇÃO

A caracterização e mapeamento da vegetação na área foram realizados a partir da análise das ortofotos georreferenciadas no Sistema de Projeção Cartográfica (UTM) Fuso 23 Sul, disponíveis no sítio eletrônico da SEDUH (<https://www.geoportal.segeth.df.gov.br/mapa/#>) para o ano de 2021 e atividade de campo.

A identificação das características da vegetação, a composição florística e em especial o relevo do terreno e disponibilidade hídrica, também foram utilizadas como embasamento para a classificação das fitofisionomias ocorrentes na área. A caracterização das fitofisionomias foi baseada na classificação proposta por Ribeiro e Walter (2008) para os tipos de vegetação do bioma Cerrado, a qual leva em consideração a florística, a estrutura, as formas de crescimento e as mudanças estacionais da vegetação.

Os resultados apresentados neste estudo fazem resumo daqueles apresentados no EIA/RIMA desenvolvido para regularização do Setor. Estes mostram que na área ocorrem fragmentos de vegetação nativa do bioma Cerrado. As espécies encontradas são comuns à formação savânica do bioma. Nas áreas antropizadas foram observadas ocorrências de espécies nativas e espécies exóticas introduzidas por moradores e ocupantes dessas áreas. As áreas de ocorrência de cada classe são apresentadas na Tabela 14 e na Figura 50.

Tabela 14. Classes de Uso e Ocupação do Solo e suas respectivas áreas em hectares e percentual

Classes de uso e ocupação do solo	APP	Área Total	
	Hectares	Hectares	%
Mata de Galeria	7,42	11,54	7,78%
Mata de Galeria - Antropizada	1,97	10,63	7,17%
Cerrado Sentido Restrito - Ralo	0,00	3,03	2,04%
Cerrado Rupestre	0,00	2,36	1,59%
Cerrado Sentido Restrito - Típico - Antropizado	1,11	6,06	4,09%
Área Campestre - Antropizada	0,39	19,54	13,18%
Espelho d'água	0,00	0,04	0,02%
Área Antropizada	1,51	95,03	64,11%
Total	12,41	148,22	100,00%

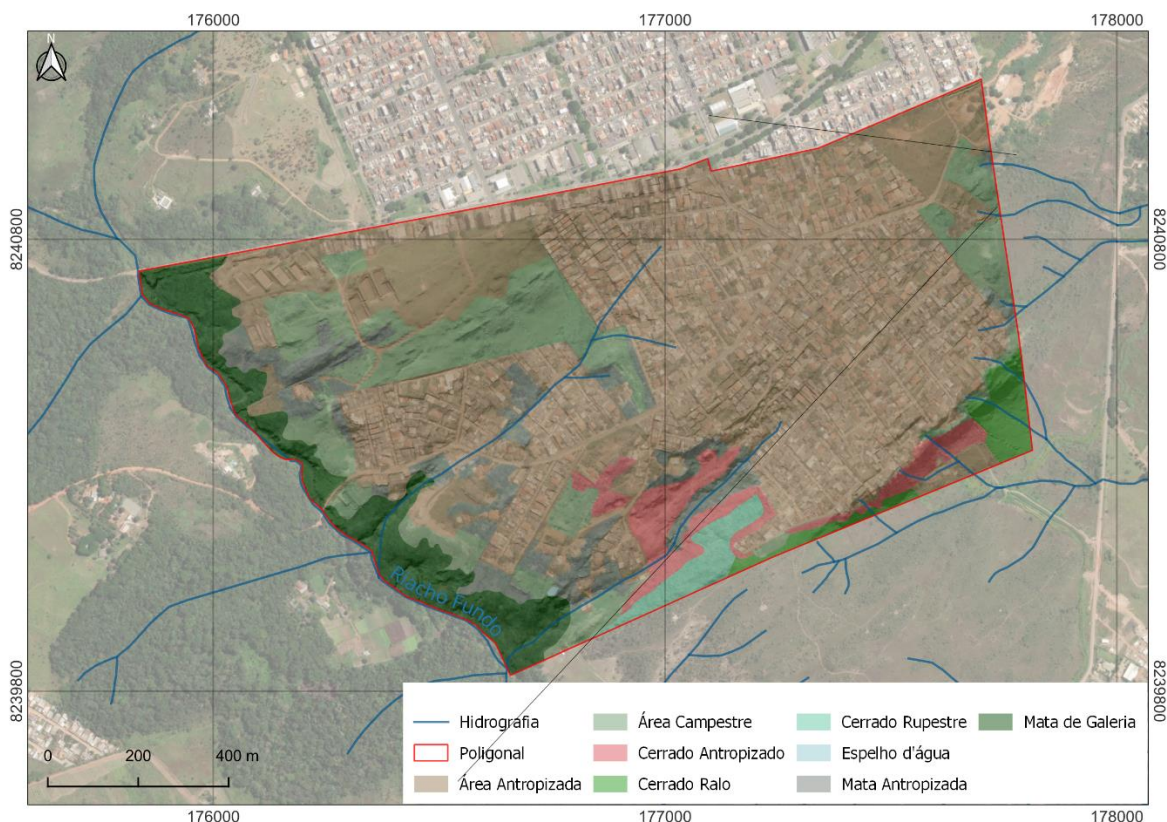


Figura 50. Figura ilustrativa do mapa de Uso do Solo da área de regularização – ARINE Sucupira no Riacho Fundo – DF

2.5.1 Mata de Galeria

As Matas de Galeria ocorrem nas margens do Riacho Fundo, em diferentes estágios de regeneração natural. Ocupam 11,54 ha da área da ARINE e 10,63 há em área de mata de galeria antropizada. Em vistoria foi possível identificar a presença das seguintes espécies: *Aegiphila integrifolia*, *Alchornea glandulosa*, *Anadenathera colubrina*, *Annona crassiflora*, *Copaifera langsdorfii*, *Cupania vernalis*, *Matayba guianensis*, *Mycia tomentosa*, *Tapirira guianensis* e *Vismia guianensis*. Na área de ocorrência de Mata de Galeria Antropizada foram identificadas as seguintes espécies: *Cecropia pachystachya*, *Guapira noxia*, *Hirtela glandulosa*, *Piper aduncum* e *Vochysia thyrsoidea*.



Figura 51. Vista da área de mata de galeria.



Figura 52. Vista da área de mata de galeria antropizada.

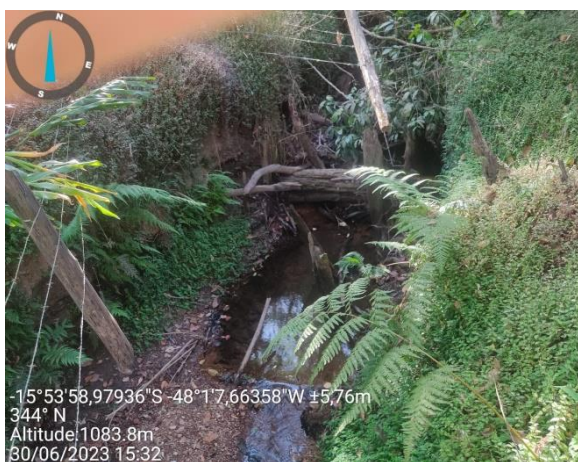


Figura 53. Registro do córrego na área de mata de galeria.

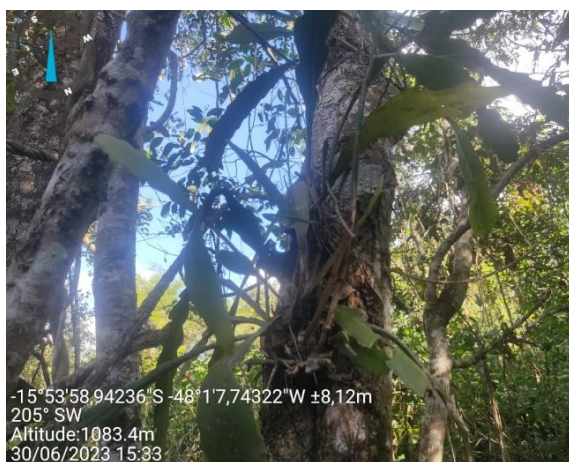


Figura 54. Registro de planta epífita na área de mata de galeria.

2.5.2 Cerrado Sentido Restrito – Típico (Antropizado)

De acordo com Ribeiro e Walter (2008), esta fitofisionomia é a principal e que mais caracteriza o bioma Cerrado. Caracteriza-se pela presença de árvores baixas, 20 a 50% de cobertura arbórea, e uma altura média de três a cinco metros, sendo que algumas espécies podem chegar até 10 m (Ribeiro & Walter, 2008; Marimon-Junior & Haridasan, 2005).

Na área em estudo ocupa 6,06 hectares (4,09%). As avaliações mostram que esse ambiente se encontra mal-conservado por estar em contato direto com as áreas antropizadas e com construções, apresentando baixa densidade de indivíduos e ocorrência de gramíneas e outras espécies invasoras.

Durante vistoria foi possível identificar indivíduos das espécies como *Aegiphila verticillata*, *Handroanthus ochraceus*, *Pera glabrata*, *Psidium guajava*, *Senna multijuga*, *Sizygium cumini*, *Solanum lycocarpum*, *Tithonia diversifolia*, *Vernonanthura ferrugínea* dentre outras espécies.



Figura 55. Vista geral da área de Cerrado Sentido Restrito - Típico.



Figura 56. Vista geral da área de Cerrado Sentido Restrito – Típico próximo as residências.



Figura 57. Vista geral da área de Cerrado Sentido Restrito - Típico.



Figura 58. Vista geral da área de Cerrado Sentido Restrito - Típico.

2.5.3 Cerrado Sentido Restrito - Ralo

O Cerrado Sentido Restrito - Ralo é um subtipo de vegetação arbóreo-arbustiva, com cobertura de 5% a 20% e altura média de dois a três metros. Representa a forma menos densa e baixa de Cerrado Sentido Restrito. Os estratos arbustivo e herbáceo são mais evidentes, com a presença significativa de gramíneas (Ribeiro e Walter, 2008). As áreas classificadas e agrupadas na classe de uso do solo denominada de Cerrado Sentido Restrito – Ralo ocupam 3,03 hectares. Na diferenciação dos dois subtipos de Cerrado Sentido Restrito, nas áreas de

ocorrência desta fitofisionomia verifica-se a ocorrência de árvores menores e mais espaçadas em meio às demais árvores do Cerrado Sentido Restrito.

Durantes a vistoria de campo foi possível registrar a presença das seguintes espécies ocorrentes na área: *Bowdichia virgilioides*, *Byrsonima pachyphylla*, *Caryocar brasiliensis*, *Eriotheca pubescens*, *Erythroxylum suberosum*, *Lafoensia pacari*, *Maprounea guianensis*, *Miconia albicans*, *Miconia burchellii*, *Ouratea hexasperma*, *Platymenia reticulata*, *Psidium myrsinites*, *Pterodon emarginatum*, *Qualea parviflora*, *Roupala montana*, *Salacia crassifolia*, *Styrax ferrugineus* e *Syagrus comosa*.



Figura 59. Vista geral da área de Cerrado Sentido Restrito - Ralo.



Figura 60. Vista geral da área de Cerrado Sentido Restrito - Ralo.

2.5.4 Cerrado Rupestre

Na área da ARINE Sucupira, 2,36 ha são ocupados por fragmentos de Cerrado Rupestre, que de acordo com Ribeiro e Walter (2008), essa fitofisionomia ocorre em ambientes rupestres, com a presença de rochas. Possui uma cobertura arbustiva entre 5 e 20% e altura média de dois a oito metros. Ocorre em trechos contínuos, mas geralmente aparece em mosaicos, e possui uma estrutura semelhante ao Cerrado Ralo, podendo apresentar a mesma estrutura do Cerrado Típico. O substrato é um critério de fácil diferenciação, pois comporta uma vegetação sobre pouco solo entre afloramentos de rocha.

As áreas que se enquadraram nessa classificação na ARINE apresentaram estrutura florística variando entre os Cerrado Sentido Restrito – Ralo e Típico em meio a afloramentos rochosos, em áreas declivosas com a presença de cascalho, além do solo raso e bastante compactado. Nestas áreas foi possível registrar as seguintes espécies: *Byrsonima verbascifolia*, *Pleroma stenocarpum*, *Pseudobombax sp.*, *Tachigali subvelutina*, *Wunderlichia mirabilis*, além das outras espécies já citadas nas fitofisionomias de Cerrado Sentido Restrito – Típico e Ralo.



Figura 61. Registro de blocos de rocha e solo pedregoso – área de Cerrado Rupestre.



Figura 62. Vista da área de Cerrado Rupestre – vegetação sobre afloramento rochoso.



Figura 63. Vista da área de Cerrado Rupestre – vegetação sobre afloramento rochoso.



Figura 64. Vista da área de Cerrado Rupestre – vegetação sobre afloramento rochoso.

2.5.5 Áreas Campestres

As áreas campestres da ARINE se mesclam entre os Campos Sujo e Limpo, sendo que essas áreas em sua maioria se encontram antropizada. De acordo com Ribeiro e Walter (2008), o Campo Sujo é um tipo fisionômico com arbustos e subarbustos esparsos encontrado em solos rasos ou ainda solos profundos, mas de baixa fertilidade como Latossolos e Neossolos Quartzizênicos. Por outro lado, o Campo Limpo é composto predominantemente por herbáceas, com raros arbustos e ausência completa de árvores, podendo ser encontrado em diversas posições topográficas, porém com mais frequência em encostas e nas bordas de Matas de Galeria. Assim como o Campo Sujo, também apresenta variações determinadas pela umidade do solo. Essa classificação das áreas campestres apresenta alto grau de degradação em alguns trechos devido a interferência antrópica nessas áreas, a poligonal detém um total de 19,54 hectares, equivalentes a 13,2% da área total.

Vale salientar que grande parte dessas áreas estava inacessível durante as vistorias de campo, por se encontrarem em propriedades privadas.



Figura 65. Vista de parte das áreas campestres da polygonal.



Figura 66. Vista de parte das áreas campestres da polygonal.



Figura 67. Vista de parte das áreas campestres da polygonal.



Figura 68. Vista de parte das áreas campestres da polygonal.

2.5.6 Áreas antropizadas

As áreas classificadas como áreas antropizadas ocupam um total de 95,03 hectares (64,11%) da área da polygonal da ARINE, sendo caracterizado por áreas de parcelamento urbano, rodovias, chácaras, praças e comércios, além de pomares e árvores urbanas nativas e exóticas.



Figura 69. Estrada de Terra com edificações.



Figura 70. Estrada de Terra com edificações.



Figura 71. Vista geral de parte área antropizada.



Figura 72. Vista geral de parte área antropizada.

2.5.7 Áreas de Preservação Permanente

As Áreas de Preservação Permanente são ambientes de grande importância quanto à biodiversidade, à proteção dos corpos d'água e, também, no que diz respeito à manutenção da fauna silvestre. De acordo com o novo Código Florestal Brasileiro (2012), Áreas de Preservação Permanente (APP) são:

“... áreas protegidas, cobertas ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas”.

De acordo com a análise da base de dados hidrográficas do DF, assim como a verificação em campo, a poligonal da ARINE Sucupira tem delimitações por cursos d'água, Riacho Fundo e seus afluentes, e algumas nascentes, além de ter um pequeno espelho d'água próximo às áreas de mata de galeria da poligonal. Esses

cursos d'água que estão inseridos e adjacentes a ARINE pertencem a Bacia Hidrográfica do Rio Paranoá, que faz parte da Região Hidrográfica do Rio Paraná.

Em relação às APPs de cursos d'água, essas foram definidas em função do Riacho Fundo limítrofe da poligonal e seus afluentes. Uma vez que esses cursos d'água possuem largura inferior a 10 metros, a APP projetada foi definida em 30 metros para cada lado. Já em relação às APPs de nascentes, essas foram definidas em função do local do afloramento e início do curso d'água. Uma vez que essas áreas se enquadram como áreas de preservação permanente por conter recursos hídricos de forma natural, foi delimitado o limite de 50 metros de diâmetro como APP.

As áreas de APPs ora avaliada ocupam 12,41 hectares do dentro da poligonal. Em termos gerais, grande parte destas APPs está caracterizada como mata de galeria.

Vale ressaltar que a base oficial de áreas de preservação permanente do DF, disponíveis no sítio eletrônico do Geoportal, trazem outras áreas da poligonal da ARINE Sucupira como APP, porém essas áreas foram verificadas em campo e são caracterizadas apenas como grotas secas, não se enquadrando com áreas de preservação permanente.

3 ESTUDO CINEMÁTICO

Taludes ou encostas podem ser definidos como superfícies inclinadas cujo substrato é de natureza terrosa, rochosa ou mista (solos e rochas), originados por diferentes processos geológicos e geomorfológicos. Podem apresentar modificações de origem antrópica como cortes, desmatamentos, introdução de cargas etc. O termo encosta é usualmente empregado em estudos de caráter regional, enquanto talude de corte é entendido como um talude modificado por ações antrópicas de origens diversas.

O regolito constitui o manto de decomposição que recobre o substrato rochoso. É formado por massas de rochas, solos e, dependendo da história geológica local, material coluvionar e sedimentos recentes. É constituído por mistura pouco coesa de partículas de solos e rochas e passível de se deslocar em virtude da ação da gravidade (Nelson 2003).

Neste estudo, em função das características físicas da área, com perfil de solo (ou regolito) não superior a 1 metro, enfatizar-se-á especificamente a movimentação de blocos e placas de rocha, cuja origem está ligada a um tipo de resposta do maciço rochoso às condições superficiais, ao longo do tempo.

3.1 ESTABILIDADE EM MACIÇOS ROCHOSOS

A estabilidade dos taludes rochosos é fortemente influenciada pelo comportamento das descontinuidades presentes na rocha. Essas descontinuidades, que ocorrem como planos de estratificação, juntas, fraturas ou falhas se comportam como planos de fraqueza ao longo dos quais poderá haver deslocamento. Uma vez que já possuem um plano de ruptura estabelecido, essas descontinuidades são mais relevantes para a avaliação do comportamento geotectônico do maciço do que as características da rocha sã. Segundo *Wyllie and Mah (2004)* *'as descontinuidades das rochas são planos de fraqueza muito mais importantes do que a rocha intacta, ao ponto que a ruptura tende a ocorrer preferencialmente ao longo destas superfícies.*

Uma movimentação de blocos de rocha ao longo das descontinuidades ocorre quando uma parte da rocha se desloca ao longo de uma encosta até a sua base. O material acumula-se na base da encosta, na forma de tálus. As causas da movimentação de blocos podem estar associadas à ação antrópica, variação térmica, perda da sustentação dos blocos por ação erosiva, alívio de tensões, vibrações entre outras (Guidicini e Nieble 1984).

3.1.1 Análise de Estabilidade de Talude

A análise de estabilidade de talude em rocha tem por base as atitudes dos planos de fraqueza em relação à atitude da vertente ou do talude, levando-se em consideração o ângulo de atrito atuante ao longo desses planos. Identificar modelos

potenciais de escorregamento é de grande importância para a análise de estabilidade e posterior tratamento de taludes. Os escorregamentos em maciços rochosos são classificados em quatro tipos principais: ruptura circular, escorregamentos planares, escorregamento em cunha e tombamento de blocos. Esses modelos serão descritos a seguir:

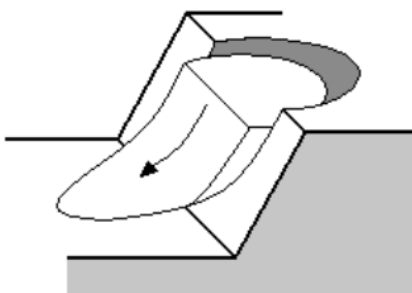


Figura 73 - Ruptura circular.

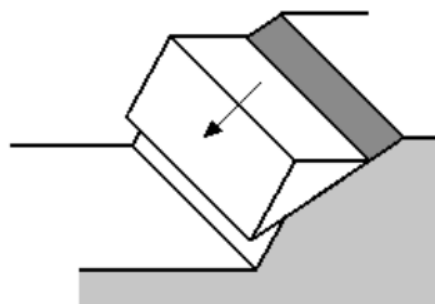


Figura 74 - Ruptura planar

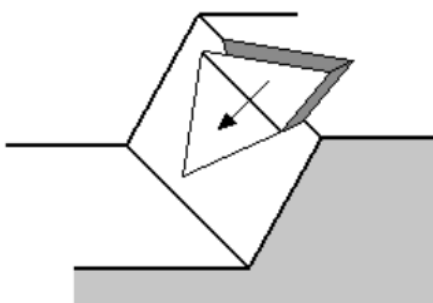


Figura 75 - Ruptura em cunha

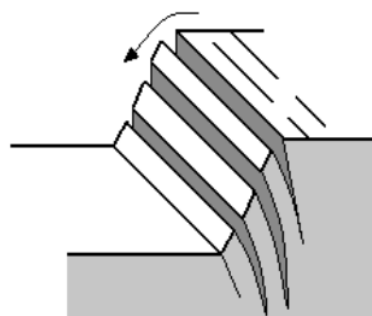


Figura 76 – Tombamento de blocos.

3.1.1.1 Ruptura Planar

Segundo Fiori e Carmignari (2009) escorregamentos planares envolvem deslocamento de massas de rochas e solos ao longo de superfícies subparalelas entre si. Não há necessidade de que o escorregamento afete uma estrutura do corpo de rocha, como planos de acamamento, foliação, falhas ou juntas, para que seja considerado planar: basta que a superfície de deslizamento seja aproximadamente formada por um plano.

Eventualmente vertentes podem estar em condições estáveis, mesmo contendo planos de fraqueza bem inclinados. Normalmente isso pode ocorrer porque as condições locais de atrito na base dos blocos são altas ou não há liberdade de movimento ao longo das superfícies de fraqueza que os delimitam; tais fatores impedem assim a movimentação. Entretanto, uma vez retirado o impedimento por

erosão, escavação, ou intemperismo, o bloco (ou os blocos) ficará(ão) livre(s) e deslizará(ão).

Wyllie and Mah (2004) mostram que para o escorregamento planar ocorra deverão ser atendidos as seguintes condições:

- As *descontinuidades* devem ser inclinadas e aflorantes em direção da face livre da vertente (daylight) (Figura 77);

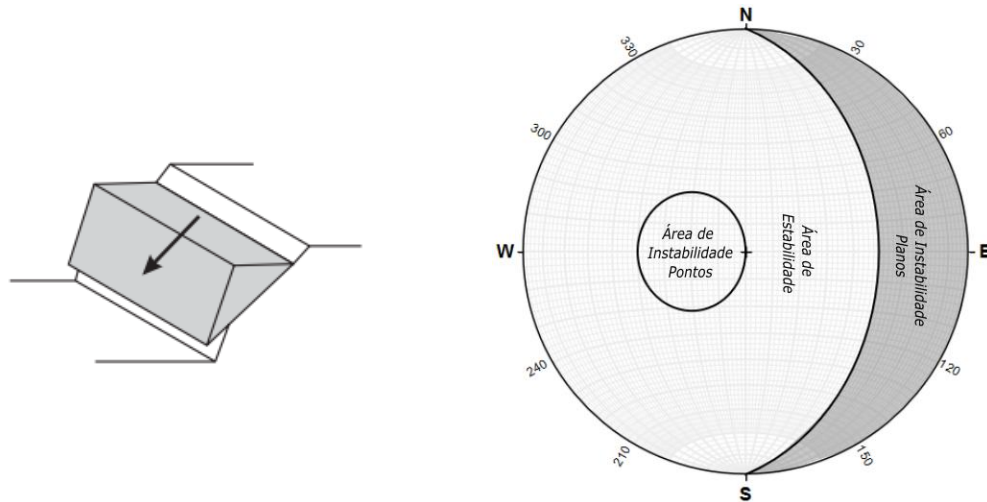


Figura 77 - Representação gráfica de áreas de instabilidade conforme inclinação da vertente.

- O deslizamento ocorrerá ao longo da direção de mergulho, admitindo-se uma variação de 20° em torno da sua direção.

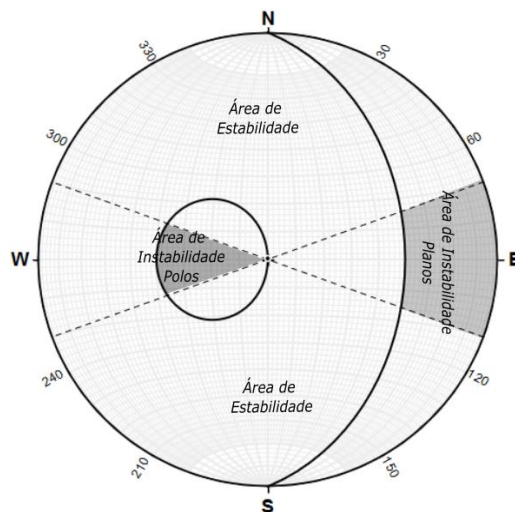


Figura 78 - Representação gráfica de áreas de instabilidade considerando tolerância de deslocamento de $\pm 20^\circ$.

- Ângulo de inclinação superior ao ângulo de atrito interno da rocha e menor que o ângulo de inclinação da vertente.

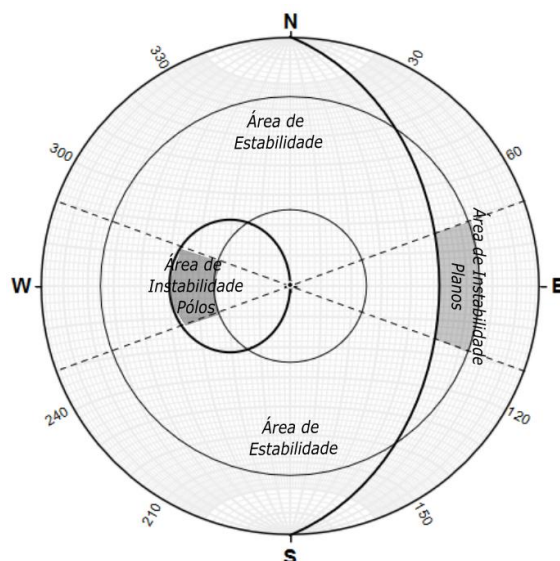


Figura 79 - Representação gráfica de áreas de instabilidade considerando ângulo de atrito de $\pm 25^\circ$.

Além dos parâmetros geométricos, a presença de água subterrânea em taludes, nos planos de discontinuidades, ou nas fendas dos blocos rochosos, pode afetar a estabilidade do maciço rochosos uma vez que favorece o deslizamento, ao reduzir a resistência ao cisalhamento (poropressão), aumentar as forças mobilizantes e acelerar o intemperismo, levando à progressiva perda da resistência do material.

3.1.1.2 Ruptura em Cunha

Deslizamentos em cunha estão relacionados a escorregamentos translacionais ao longo de pelo menos dois conjuntos de planos que se cruzam. A avaliação cinemática para esse tipo de ruptura é realizada como para ruptura planar, exceto que para ruptura em cunha deve-se avaliar o comportamento da linha de intersecção entre os dois planos. *Wyllie and Mah (2004)* mostram que para o escorregamento planar ocorra deverão ser atendidos as seguintes condições:

- As superfícies envolvidas no deslizamento devem se cruzar ou aflorar na face livre da vertente;
- A linha de intersecção dos planos envolvidos deverá aflorar na vertente;
- O ângulo de mergulho da linha de intersecção deverá ser maior que o ângulo de atrito dos planos envolvidos.

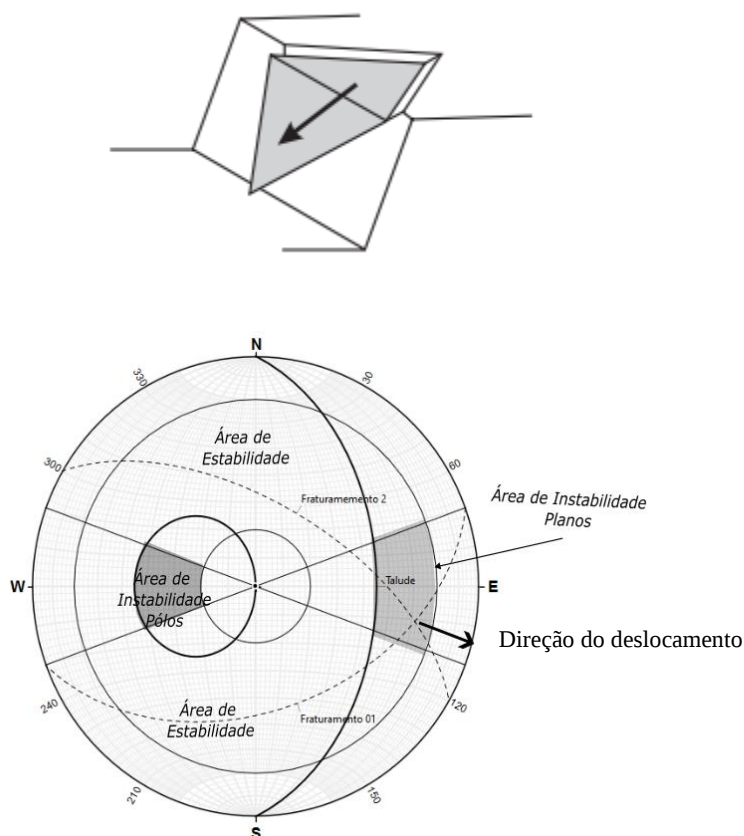


Figura 80 - Representação gráfica de áreas de instabilidade considerando ângulo de atrito de $\pm 25^\circ$.

3.1.1.3 Tombamento

O processo de tombamento de blocos (*toppling*) envolve mecanismos diferentes de movimentação das massas rochosas, não ligados a algum tipo de escorregamento (Fiori e Carmignari 2009). Blocos individuais, ou conjunto de blocos, sofrem uma rotação sobre eixos fixos, tombando assim na face livre da vertente. Para que ocorra o tombamento de blocos, é essencial a presença de planos estruturais bem definidos como acamamento, xistosidade, falhas, juntas etc.

Para que o tombamento de bloco ocorra, são necessárias as seguintes condições (Markland 1972, Hoek e Bray 1981):

- Deve haver duas famílias de descontinuidades que se cruzam, inclinadas uma a favor e outra contra a inclinação da face livre da vertente;
- A direção do mergulho das descontinuidades que mergulham a favor da face da vertente deve estar a cerca de 10° da direção de mergulho, de modo que se tenha a formação de 'lajes' paralelas à face.
- As condições mais favoráveis para tombamento de blocos ocorrem quando a família da descontinuidade que mergulha contra a vertente é inclinada a ângulos altos (90°)

- ângulo de atrito) (Hoek e Bray 1981), enquanto a família que mergulha a favor da vertente deverá apresentar inclinações menores que o ângulo de atrito interno.
- O sentido de mergulho dos planos deverá se localizar dentro de 20° do sentido de mergulho da face da vertente.

Para *Wyllie and Mah* (2004), se as superfícies das discontinuidades tiverem ângulo de fricção interna (ϕ_i), então o deslocamento irá ocorrer se a direção da tensão compressiva aplicada estiver em ângulo maior que o ângulo de fricção interna (ϕ_i) com o normal às camadas.

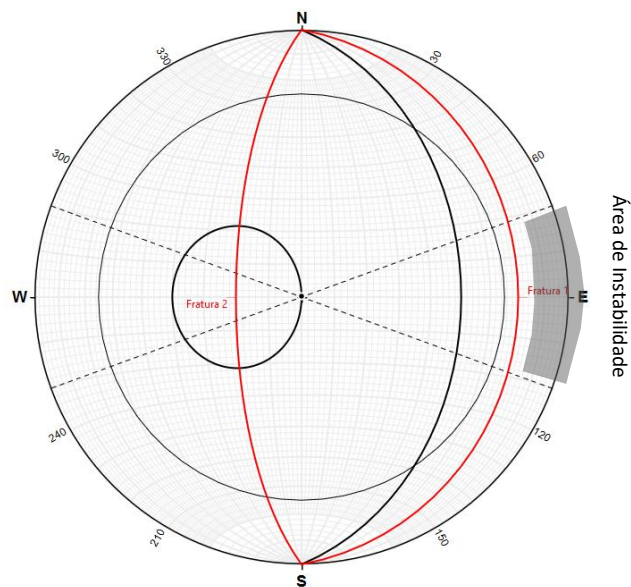
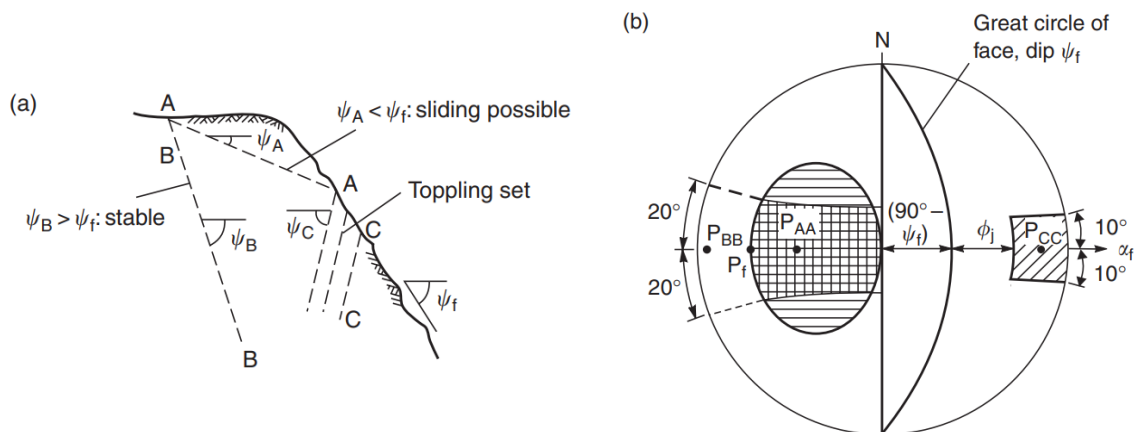


Figura 81 - Representação gráfica de áreas de instabilidade para tombamento considerando ângulo de atrito de $\pm 25^\circ$.

Wyllie and Mah (2004) resume as áreas de instabilidade para deslizamento planar, em cunha e tombamento conforme esquema abaixo:



-  Daylight envelope for wedges
-  Daylight envelope for planar failures
-  Toppling envelope
- φ_j - Ângulo de fricção interna

3.2 PROPRIEDADE MECÂNICA DAS ROCHAS

Segundo Wyllie e Mah (2004) as propriedades geomecânicas das rochas são mais influenciadas pela presença de descontinuidades pré-existentes do que pelas características da rocha intacta. Considerando essa afirmativa, diversas metodologias de determinação da resistência das rochas foram desenvolvidas, entre as quais o mais comumente utilizado em projetos de engenharia e mineração é o de Hoek e Brown.

A ideia básica do critério de *Hoek e Brown* é, a partir das propriedades da rocha intacta, adicionar fatores que podem reduzir a sua resistência devido à presença de juntas na rocha. Essa metodologia foi desenvolvida para fornecer dados para análises de projetos de escavações subterrâneas em rocha dura. O critério foi derivado dos resultados da pesquisa na falha frágil de rocha intacta por Hoek (1968) e em estudos de modelos de comportamento de maciços rochosos articulados por Brown (1970).

Esta metodologia foi utilizada neste trabalho, conforme *Hoek e Brown* (2002). Neste caso foram calculados os valores de:

- SIGCI - Resistência à Compressão da Rocha Intacta;
- M_i – Parâmetros da Rocha Intacta;
- GSI – Índice de Força Geológica;
- D – Fator de Perturbação.

A avaliação para a área em estudo considerando valores para a rocha (metasiltito) e talude de 40 metros de altura, são apresentados na Figura 82.

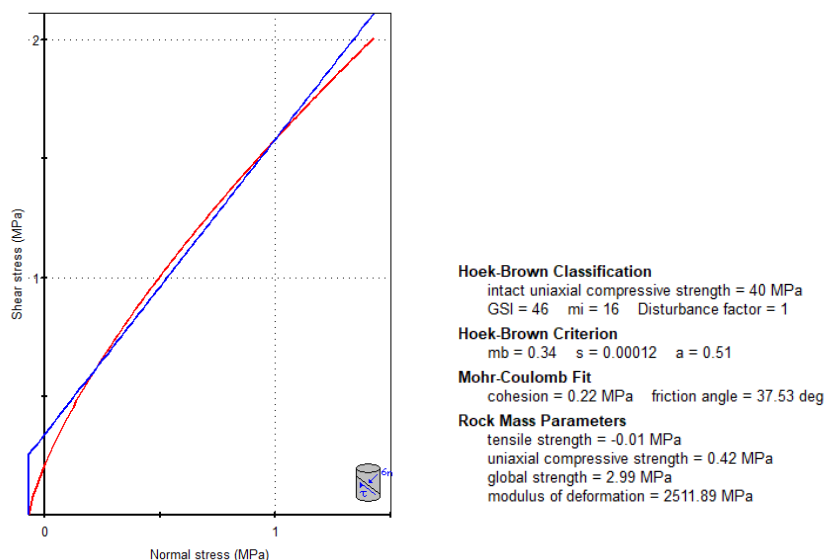


Figura 82 – Diagrama de forças Normal x Cisalhante e gráficos de Hoek e Brown (em vermelho) e Mohr (em azul).

3.3 ACAMAMENTO

Camadas de sedimento que delimitam sucessivos eventos deposicionais. Podem possuir diferenciação mineralógica ou granulométrica. Na área de estudo foi identificada em diversos pontos. Os resultados são apresentados na Tabela 15. Na Figura 83 são representados os planos, polos e valor médio dos polos (triângulo azul), de 155/19.

Tabela 15 – Valores de direção e mergulho de acamamentos medido em campo.

	Direção	Mergulho
1	245	75
2	250	65
3	248	90
4	250	70
5	240	70
6	250	40
7	260	70
8	225	90
Média	246	71
Desv. pad	7,8	11

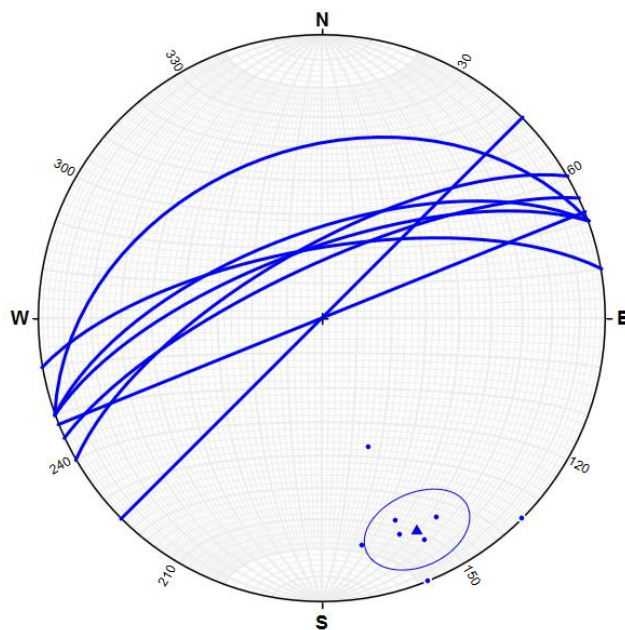


Figura 83 – Representação gráfica das direções e mergulho em planos e polos. Valor médio.

3.4 AVALIAÇÃO CINEMÁTICA DOS TALUDES DA ÁREA DE ESTUDO

Para avaliação cinemática dos taludes foram usados os valores de direção e mergulho na Tabela 16. Os resultados para cada talude são apresentados a seguir:

Tabela 16 – Valores médio de direção e mergulho dos taludes.

Vertente	Direção	Declividade (°)	Ângulo de Atrito (ϕ)
01	N50E	19 SE	35
02	N50E	17 NW	35
03	N50E	40 SE	35
04	N50E	40 NW	35
05	N50E	50 SE	35

- I. Talude 01:
- Declividade do talude = 19° .
 - Ângulo de Atrito = 35° .

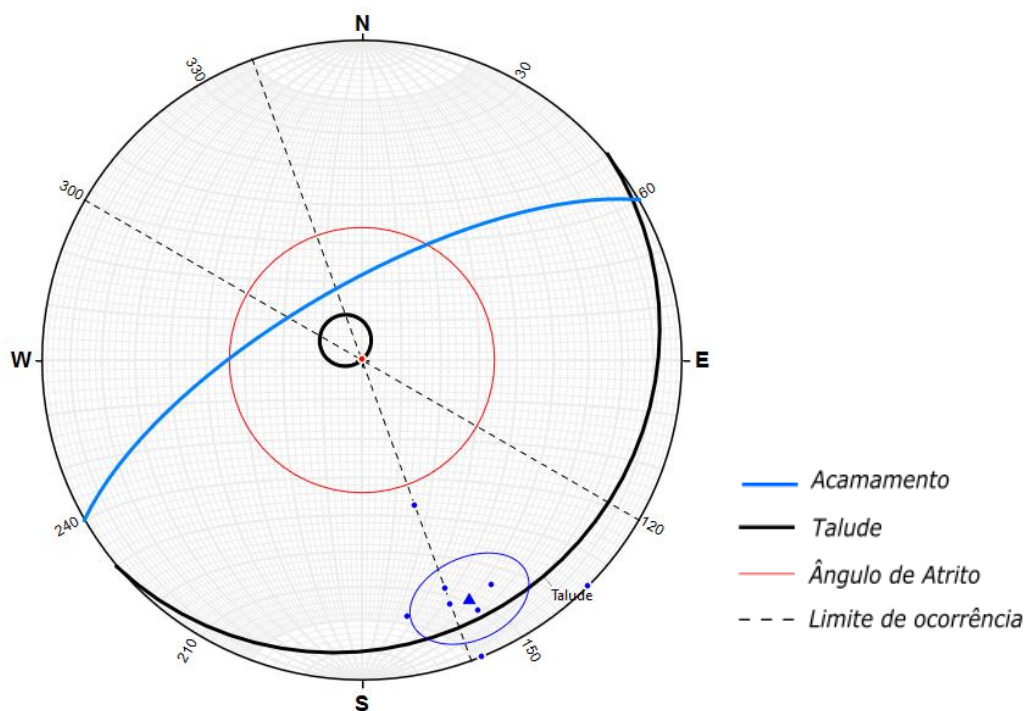


Figura 84 – Representação gráfica do talude, fraturas e ângulo de atrito para o talude 01.

- Ângulo de atrito interno maior que a inclinação da vertente.
- Ângulo de inclinação do acamamento subvertical.
- Descontinuidades nos planos de acamamento.

Não há condições geométricas favoráveis ao escorregamento.

II. Talude 02

- Declividade do talude = 17° .
- Ângulo de Atrito = 35° .

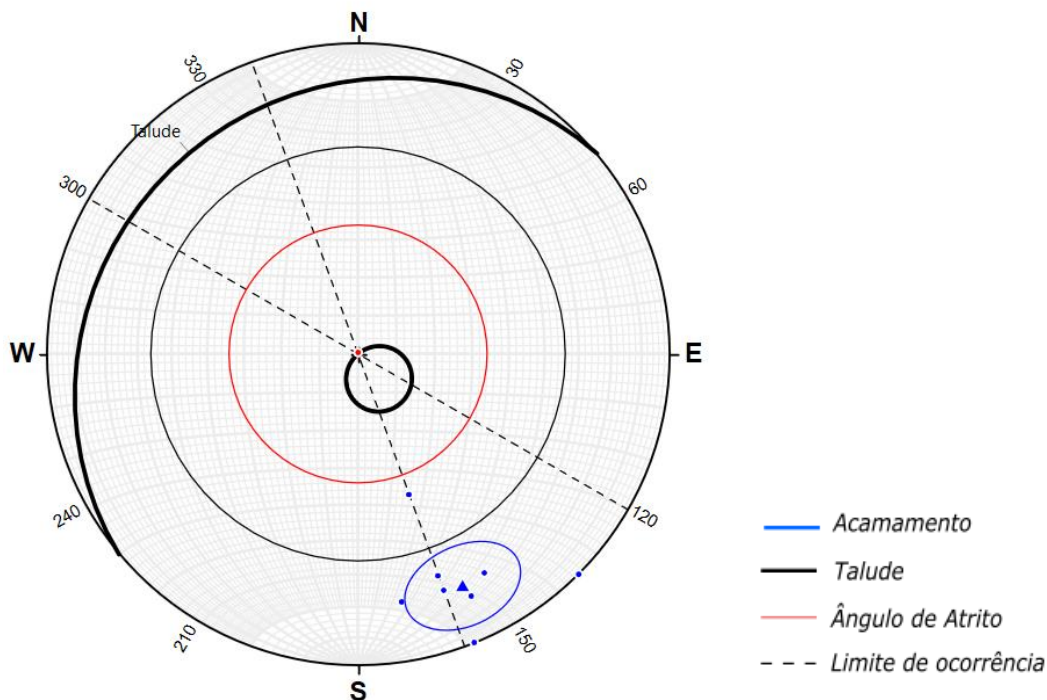


Figura 85 – Representação gráfica do talude, fraturas e ângulo de atrito para o talude 04.

- Ângulo de atrito interno maior que a inclinação da vertente.
- Ângulo do acamamento (fraturamento) subvertical.
- Descontinuidades nos planos de acamamento.

Não há condições geométricas favoráveis ao escorregamento.

III. Talude 03

- a. Declividade do talude = 40° .
- b. Ângulo de Atrito = 35° .
- c. Há descontinuidades nos planos de acamamento.
- d. Famílias de Fraturas identificadas
 - i. 350/55; 230/70; 315/00 e 175/40.

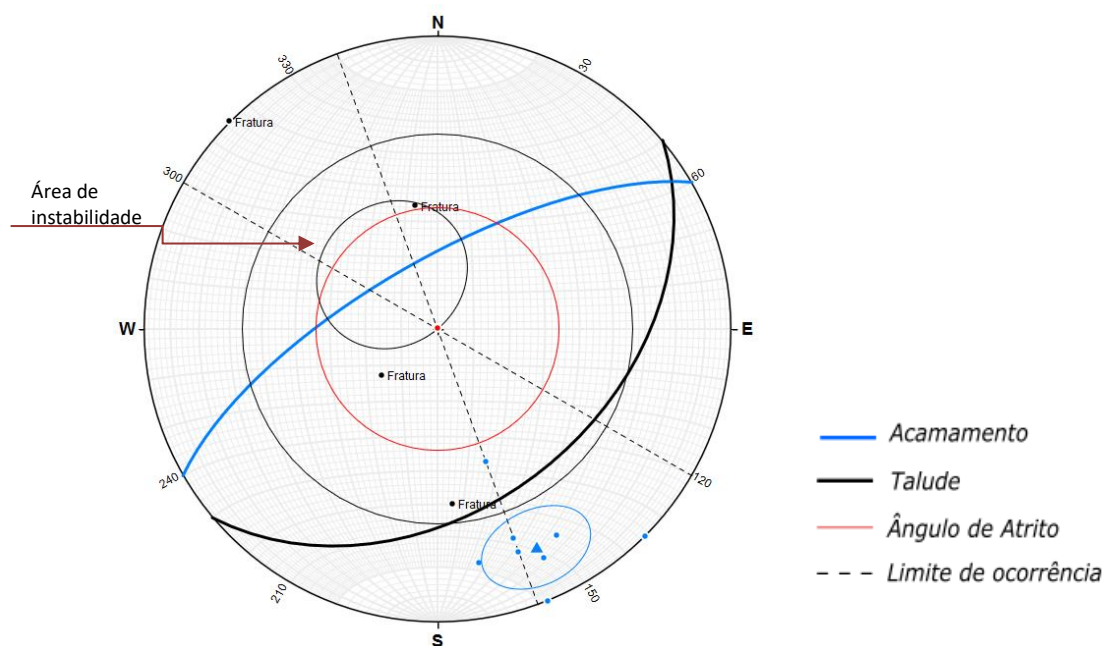


Figura 86 - Representação gráfica do talude, fraturas e ângulo de atrito para o talude 03.



Figura 87 - Afloramento de quartzito maciço fraturado na área do Talude 03.



Figura 88 - Afloramento de quartzito maciço com padrão de fratura em 'X'



Figura 89 - Metarritmito com acamamento mergulhando subverticalmente.

- Ângulo de atrito interno maior que a inclinação da vertente.
- Ângulo do acamamento (fraturamento) subvertical.
- Descontinuidades nos planos de acamamento.
- Não há fraturas ou acamamento favorável ao deslocamento.

Não há condições geométricas favoráveis ao escorregamento.

IV. Talude 04

- a. Declividade do talude = 40° .
- b. Ângulo de Atrito = 35° .
- c. Famílias de Fraturas identificadas
 - i. 350/55; 230/70; 315/00 e 175/40.

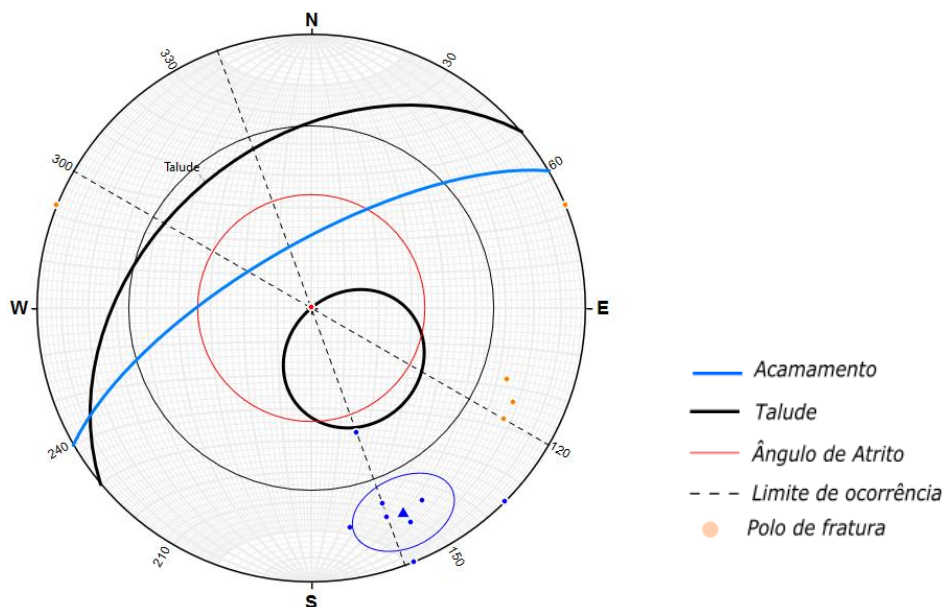


Figura 90 - Representação gráfica do talude, fraturas e ângulo de atrito para o talude 04.

- Ângulo de atrito interno maior que a inclinação da vertente.
- Ângulo do acamamento (fraturamento) subvertical.

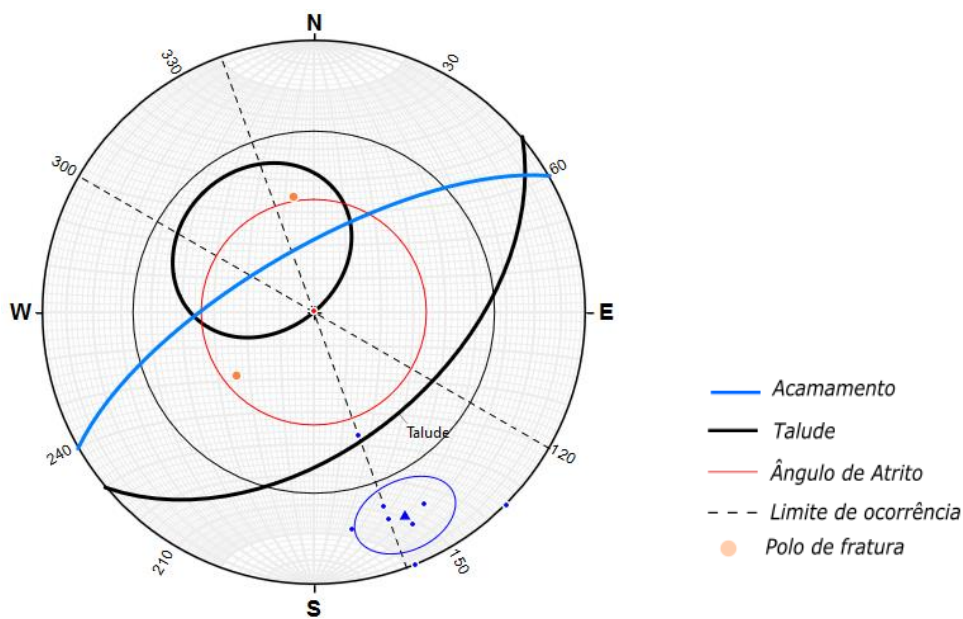
Não há condições geométricas favoráveis ao escorregamento. Entretanto há condições geométricas favoráveis para escorregamento planar para as descontinuidades paralelas ao acamamento, em áreas onde a declividade for superior 60° (ângulo médio – desv padrão. Vide Tabela 15). Essa situação foi observada em campo, com formação de lajes (Figura 91) que escorregam ao longo do plano do acamamento.



Figura 91 – Afloramento de metarritmito com formação de lajes de quartzito

V. Talude 05

- a. Declividade do talude = 50° .
- b. Ângulo de Atrito = 35° .
- c. Famílias de Fraturas identificadas
 - i. 170/35, 050/30.



- Ângulo de atrito interno maior que a inclinação da vertente.
- Ângulo do acamamento (fraturamento) subvertical.

Não há condições geométricas favoráveis ao escorregamento.

4 ESTABILIDADE DE TALUDE

4.1 AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE DOS TALUDES

A avaliação da estabilidade de taludes é normatizada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) através da Norma Brasileira (NBR) 11682:2009. Esta norma versa sobre as exigências para o estudo e controle da estabilidade de encostas e de taludes de cortes e aterros realizados em encostas. Faz considerações, também, a respeito das condições para estudos, projeto, execução, controle e observação de estabilização.

4.1.1 Fator de Segurança

De interesse específico para este trabalho é a abordagem que a norma faz com relação aos fatores de segurança, os quais serão parâmetros que refletem na interpretação dos resultados de análise de estabilidade bem como regerão as soluções de estabilização a serem propostas. Segundo a NBR 11682:2009, os fatores de segurança têm como objetivo mitigar as incertezas naturais das diversas etapas de projeto e construção.

Os níveis de segurança de um projeto são definidos a partir da possibilidade de perdas de vidas humanas, conforme Tabela 17, e de danos materiais, conforme Tabela 18, ambos relacionados com os riscos envolvidos.

Tabela 17. Nível de segurança desejado contra a perda de vidas humanas. Fonte: Tabela 01, ABNT NBR 11682: 2009.

Nível de Segurança	Critérios
Alto	Áreas com intensa movimentação e permanência de pessoas, como edificações públicas, residenciais ou industriais, estádios, praças e demais locais, urbanos ou não, com a possibilidade de elevada concentração de pessoas. Ferrovias e rodovias de tráfego intenso.
Médio	Áreas e edificações com movimentação e permanência restrita de pessoas Ferrovias e rodovias de tráfego moderado.
Baixo	Áreas e edificações com movimentação e permanência eventual de pessoas Ferrovias e rodovias de tráfego reduzido.

Tabela 18. Nível de segurança desejado contra danos materiais e ambientais. Fonte: Tabela 02, ABNT NBR 11682: 2009.

Nível de Segurança	Crítérios
Alto	Danos materiais: Locais próximos a propriedades de valor histórico, social ou patrimonial, obras de grande porte que afetem serviços essenciais. Danos ambientais: Locais sujeitos a acidentes ambientais graves, tais como nas proximidades de oleodutos, barragens de rejeito e fabricas de produtos tóxicos.
Médio	Danos materiais: locais próximos a propriedades de valor moderado. Danos ambientais: locais sujeitos a acidentes ambientais moderado.
Baixo	Danos materiais: locais próximos a propriedades de valor reduzido. Danos ambientais: locais sujeitos a acidentes ambientais reduzidos.

O fator de segurança mínimo a ser adotado no projeto, levando-se em conta os níveis de segurança preconizados nos Quadros 1 e 2, deve ser estipulado conforme a Quadro 3. Os fatores de segurança contidos nesta tabela estão associados às análises de estabilidade interna e externa do maciço.

Tabela 19. Fatores de segurança mínimos para deslizamentos. Fonte: Tabela 03, ABNT NBR 11682: 2009.

Nível de segurança contra danos materiais e ambientais \ Nível de segurança contra danos a vidas humanas	Alto	Médio	Baixo
	Alto	Médio	Baixo
Alto	1,5	1,5	1,4
Médio	1,5	1,4	1,3
Baixo	1,4	1,3	1,2

NOTA 1 - No caso de grande variabilidade dos resultados dos ensaios geotécnicos, os fatores de segurança da tabela acima devem ser majorados em 10%. Alternativamente, pode ser usado o enfoque semiprobabilístico constante no Anexo D da NBR11682:2009.

NOTA 2 - No caso de instabilidade de lascas/blocos rochosos, podem ser utilizados fatores de segurança parciais, incluindo os parâmetros de peso específico, ângulo de atrito e coesão em função das incertezas sobre estes parâmetros. O método de cálculo deve ainda considerar um fator de segurança mínimo de 1,1. Este caso deve ser julgado pelo engenheiro civil geotécnico.

NOTA 3 - Esta tabela não se aplica aos casos de rastejo, voçorocas, ravinas e queda ou rolamento de blocos.

De acordo com o que a norma estabelece com respeito a classificação dos níveis de segurança mínimos para determinação de um fator de segurança mínimo, o talude em estudo é classificado como:

- Nível de segurança desejado contra a perda de vidas humanas – Alto.
- Nível de segurança desejado contra danos materiais e ambientais – Alto.

Considerado os valores obtidos para cada Nível de Segurança, a análise de estabilidade do talude em estudo é exigida um fator de segurança mínimo de 1,50.

4.1.2 Base de dados Utilizadas nesta Avaliação

Para a compreensão do comportamento dos taludes é importante conhecer alguns parâmetros mecânicos. Cada tipo de solo ou rocha possui características físicas e mecânicas que correlacionadas com as condições do entorno, podem ser analisadas, visando um estudo de estabilidade.

INFORMAÇÃO	FONTE
Tipo de substrato - A identificação do tipo de solo/rocha nos da informação dos seus constituintes principais e de sua resistência	Item 2
Grau de alteração das rochas - Fornece diretamente a resistência mecânica da rocha e, aliado ao conhecimento do tipo de rocha, pode-se estimar a velocidade de evolução da alteração	Item 2
Angulo de atrito - E um parâmetro relacionado diretamente com o coeficiente de atrito Trata-se do angulo pelo qual ocorre a ruptura do material por cisalhamento	Item 3.2
Coesão - Fornece características de ligação das partículas constituintes da rocha, indicativas da resistência do material	Item 3.2
Peso específico - relação entre o peso total e volume total do solo	Item 3.2
Geometria do talude – superfície do talude com risco de escorregamento	Modelo Digital do Terreno
Consulta à Administração Regional e à Defesa, em relação a acidentes ou eventos ocorridos na área, ligados a aspectos ambientais, geológicos ou geotécnicos;	Informação a ser obtida junto aos órgãos consultados.
Presença de água (surgência, cursos d'água, escoamento superficial, águas servidas e esgotos)	Informação a ser obtida do diagnóstico do meio físico
Tipo de vegetação nas proximidades dos taludes;	Item 2.5

4.1.3 Metodologia de Avaliação

A partir das informações apresentadas no item anterior serão realizadas análises de estabilidade, com o Método do Equilíbrio Limite – MEL, para os taludes. Será adotado o método de Morgenstern-Price para simulação. Este método implica que o equilíbrio de forças e momentos seja verificada para cada bloco (excluindo o bloco superior, onde o equilíbrio de momentos não é verificado). Os blocos consistem na divisão do perfil do talude através de planos divisores.

Para o comportamento geomecânico do substrato, o estudo adotará o modelo *Hoek e Brow*. A avaliação foi realizada considerando toda a extensão do talude do item 2.3.3 e detalhamento das áreas mais vulneráveis. Para os taludes com presença de

edificação, foi simulada a situação de estabilidade com adição de sobrecarga de 10kN/m^2 , valor este compatível com as edificações presentes na área.

4.1.4 Resultados

a) Vertente 01

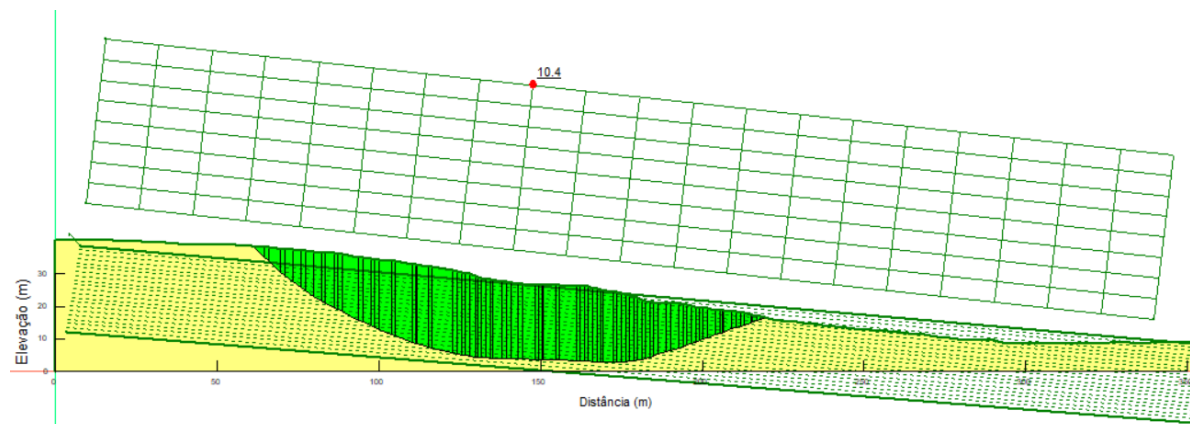


Figura 92 - Simulação de fator de segurança global para a vertente 01.

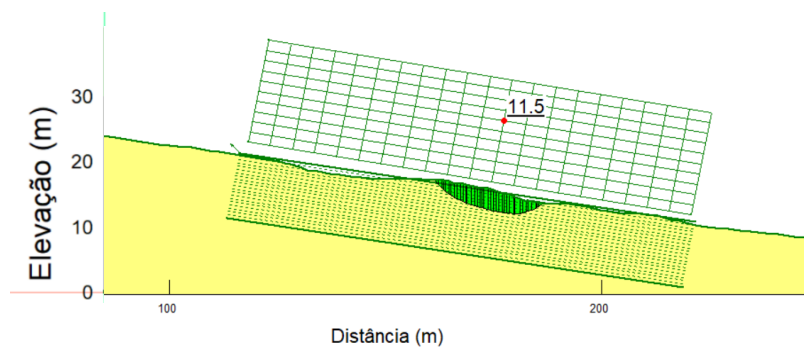


Figura 93 - Simulação de fator de segurança para o trecho de maior declividade para a vertente 01.

b) Vertente 02

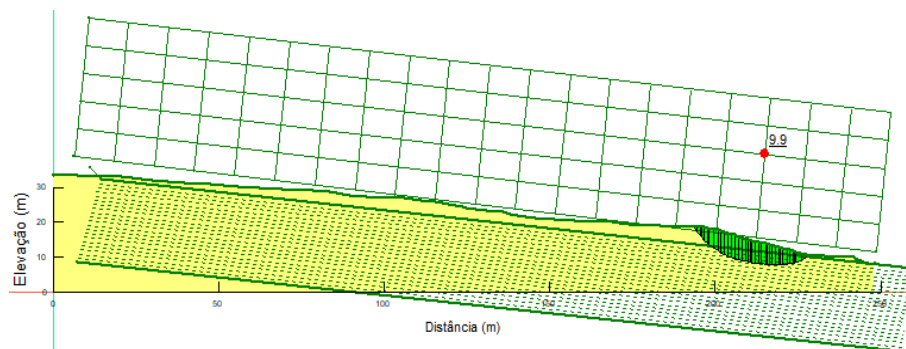


Figura 94 - Simulação de fator de segurança global para a vertente 02.

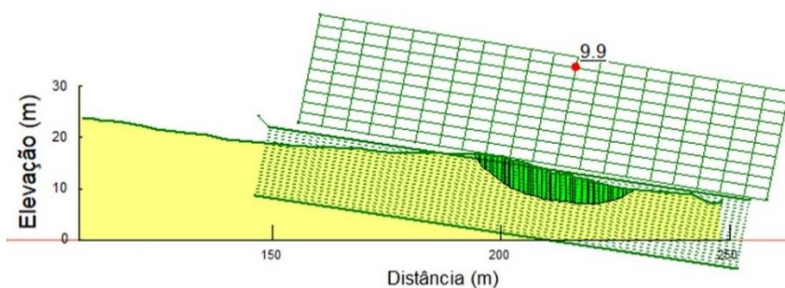


Figura 95 - Simulação de fator de segurança para o trecho de maior declividade para a vertente 02.

c) Vertente 03

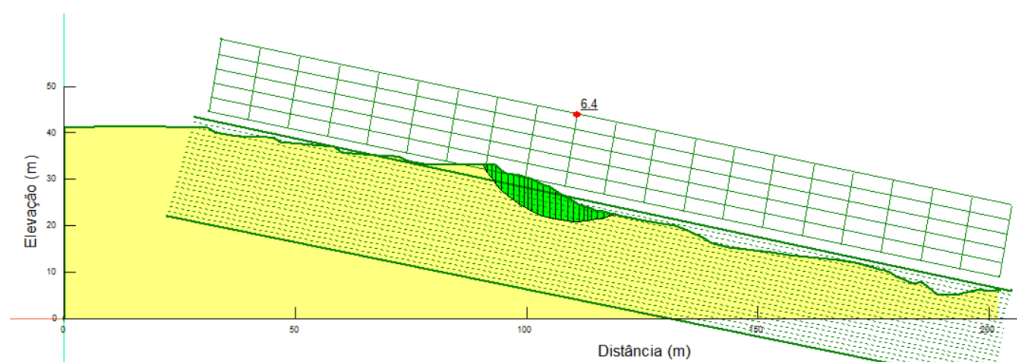


Figura 96 - Simulação de fator de segurança global para a vertente 03.

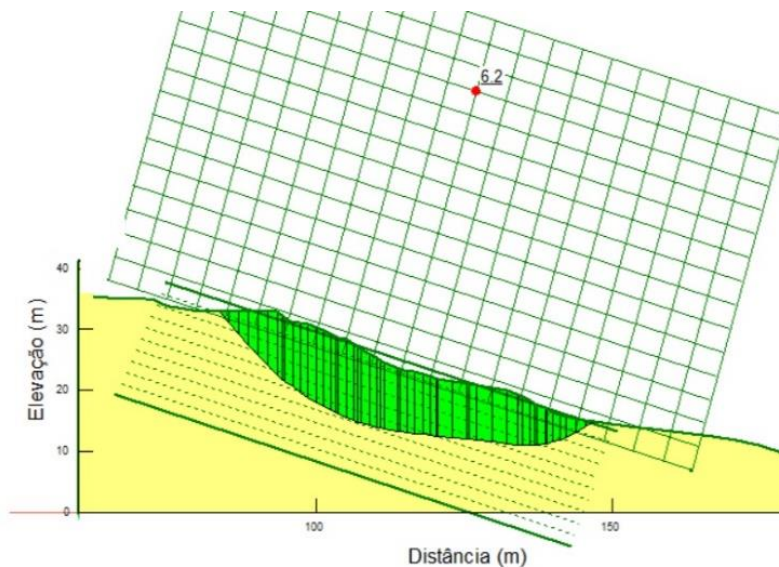


Figura 97 - Simulação de fator de segurança para o trecho de maior declividade para a vertente 03.

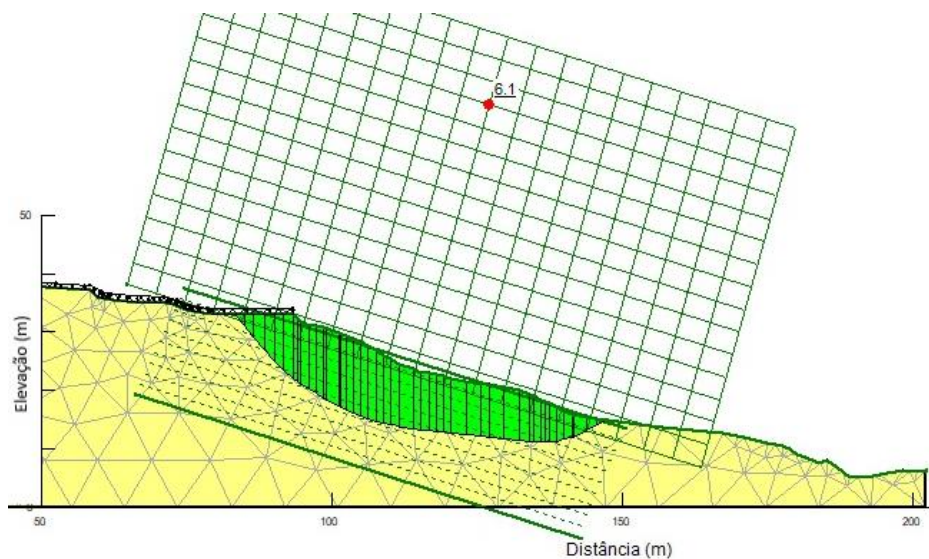


Figura 98 - Simulação de fator de segurança para o trecho de maior declividade para a vertente 03 com trecho edificado.

d) Vertente 04

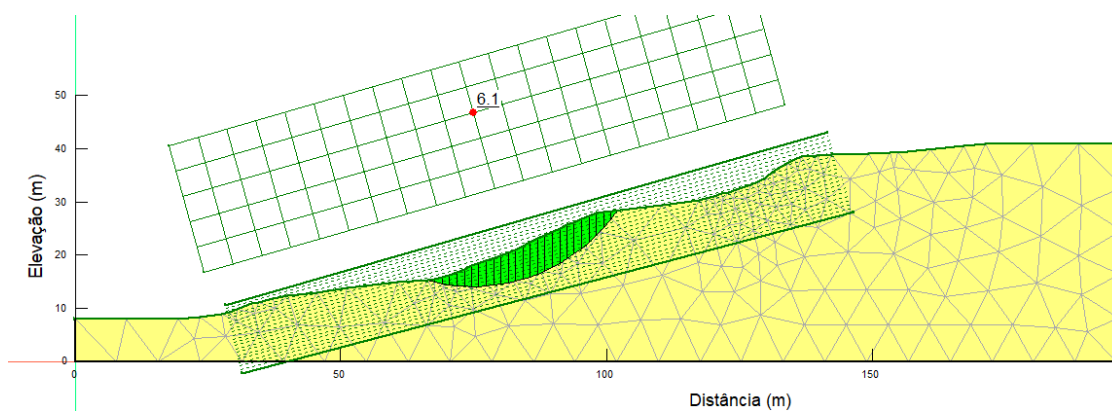


Figura 99 - Simulação de fator de segurança para o trecho de maior declividade para a vertente 04.

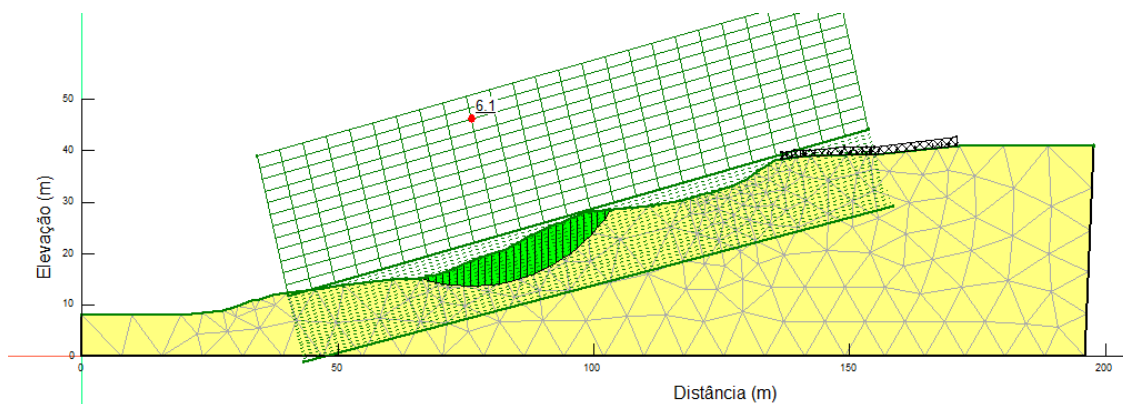


Figura 100 - Simulação de fator de segurança para o trecho de maior declividade para a vertente 04 com trecho edificado.

e) Vertente 05

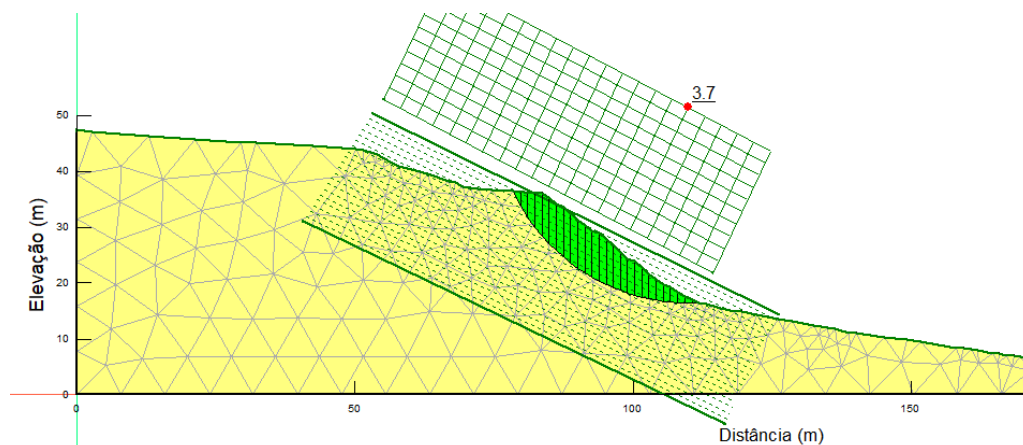


Figura 101 - Simulação de fator de segurança global para a vertente 05.

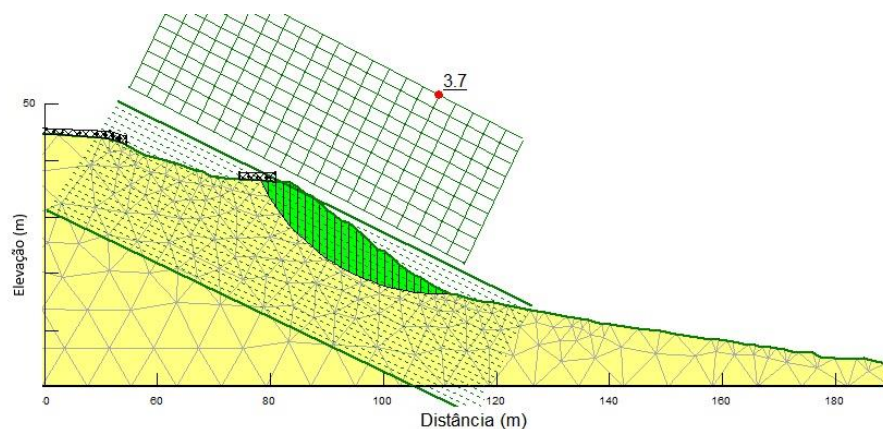


Figura 102 - Simulação de fator de segurança para o trecho de maior declividade para a vertente 05 com trecho edificado.

4.1.5 Avaliação dos Resultados

A Tabela 20 apresenta os valores obtidos para as simulações realizadas. Verifica-se que o detalhamento da simulação local refinou o resultado obtido para os perfis 01 e 03. Os demais resultados não foram afetados por esse procedimento. A sobrecarga adicionada para os perfis de 03 a 05 afetou de forma pouco significativa o resultado obtido para o perfil 03. Os demais não variaram.

Tabela 20 – Valores obtidos para as diferentes simulações realizadas nesse estudo.

PERFIL	GLOBAL	LOCAL	COM SOBRECARGA (10KN/m ²)
01	10.4	11.5	
02	9.9	9.9	
03	6.4	6.2	6.1
04	6.1	6.1	6.1
05	3.7	3.7	3.7

Os resultados apresentados nesta simulação mostram que os taludes da área em estudo são estáveis do ponto de vista geotécnico, não sendo afetados pelas cargas adicionadas pelas edificações presentes na área.

5 SUSCEPTIBILIDADE À INUNDAÇÃO

O objetivo desta avaliação é elaborar um diagnóstico do Córrego Riacho Fundo através realização de um estudo hidrológico e hidráulico para determinação da planície de inundação e das velocidades em eventos extremos de precipitação, especialmente no trecho que margeia a ARINE Sucupira e assim, auxiliar na tomada de decisão quanto à execução de intervenções no local.

O Córrego Riacho Fundo localiza-se entre as regiões administrativas de Riacho Fundo e Riacho Fundo II, XVII e XXI Regiões Administrativas do Distrito Federal respectivamente. O trecho avaliado do córrego compreende desde a sua nascente até o ponto em que recebe o afluente do córrego Coqueiros e possui uma área de contribuição aproximada de 40,43 km² conforme Figura 103 que destaca também a área da ARINE Sucupira



Figura 103 – Área de estudo

5.1 ESTUDO HIDROLÓGICO

Os sistemas de drenagem são definidos em microdrenagem e macrodrenagem. A microdrenagem é definida pelo sistema de condutos pluviais ou canais em um loteamento ou de rede primária urbana. A macrodrenagem envolve os sistemas coletores de diferentes sistemas de microdrenagem. O sistema de macrodrenagem deve ser projetado com capacidade superior ao de microdrenagem, com riscos de acordo com os prejuízos humanos e materiais potenciais (PDDU/DF, 2009).

A macrodrenagem é dimensionada considerando toda a sub-bacia urbana e não trechos isolados. Isto é essencial para seja evitada a transferência de impacto. A drenagem na fonte e na microdrenagem deve ser dimensionada considerando as capacidades existentes na macrodrenagem, evitando aumentar a vazão. Os projetos não podem ser vistos isoladamente e não podem transferir aumento de vazão ou impacto da qualidade da água e erosão (PDDU/DF, 2009).

A opção pela técnica de simulação matemática se deu pela inexistência de séries históricas de vazão conjuntamente com precipitação nos locais estudados. Neste tipo de simulação são utilizados modelos denominados chuva-vazão, os quais requerem como dados de entrada as características físicas da bacia hidrográfica, assim como a chuva de projeto, para então simular o processo de transformação dessa chuva em vazão de escoamento superficial.

As simulações de macrodrenagem foram fundamentadas em levantamento topográfico, em planialtimetria e topobatimetrias dos cursos d'água.

Para a poligonal da ARINE Sucupira foi utilizada planialtimetria com curvas de nível com equidistância de 1m, permitindo o melhor nível de precisão na escala de trabalho. Para a bacia hidrográfica, foram utilizadas curvas de nível com equidistância de 5m provenientes de levantamento topográfico do SICAD. Ambas as bases foram fornecidas pela contratante.

5.1.1 Definição das Bacias e Sub-Bacias de Contribuição

A divisão das sub-bacias foi feita a partir da topografia e do urbanismo nas seguintes etapas:

- Determinação da rota preferencial da água;
- Delimitação dos divisores de bacia;
- Definição das sub-bacias e bacias elementares.

A Figura 104 apresenta as 16 sub-bacias de contribuição definidas para a área em estudo e o posicionamento da ARINE Sucupira em relação as sub-bacias:

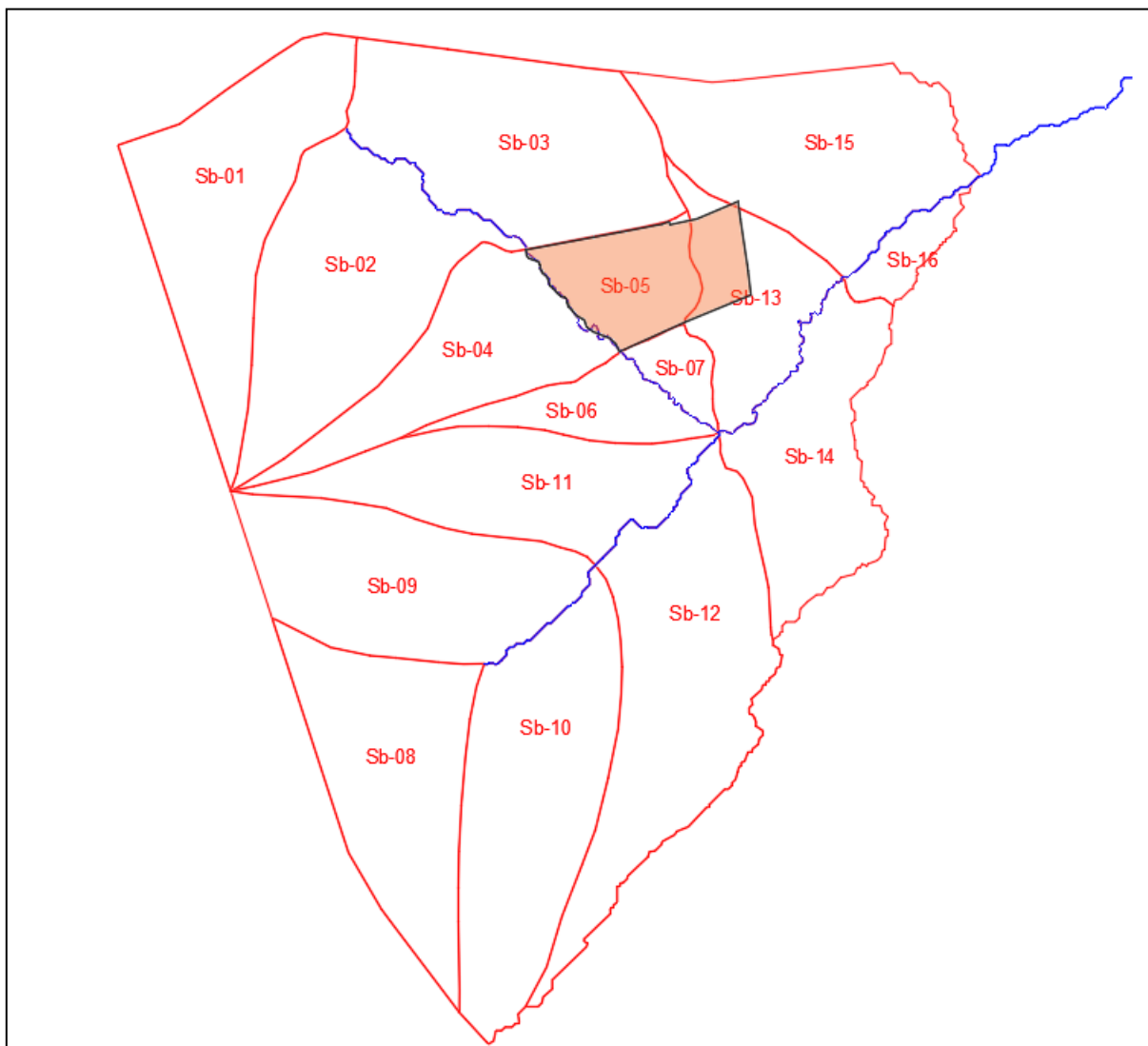


Figura 104 - Sub-bacias de contribuição

5.1.2 Avaliação do Tempo de Recorrência

O Tempo de Recorrência (TR) ou Período de Retorno é o inverso da probabilidade de um determinado evento ser igualado ou superado pelo menos uma vez (Tucci, 2002).

As tormentas de projeto (precipitações máximas) são padrões adotados na obtenção de hidrogramas de projeto, utilizados, principalmente, no dimensionamento de obras de drenagem urbana. A escolha da tormenta de projeto para os projetos de obras de drenagem urbana deve ser considerada de acordo com a natureza das obras a projetar, para evitar que haja o risco de superação do evento na vida útil das obras.

Para se determinar a chuva de projeto, é necessário que haja disponibilidade de dados hidrológicos da região de interesse, para assim, determinar um padrão típico para a região em estudo, função espacial e temporal das precipitações.

As relações intensidade-duração-frequência são muito utilizadas na obtenção dos hidrogramas para o dimensionamento de pequenas obras de drenagem urbana. Essas relações associam, à chuva de projeto, uma probabilidade de ocorrência. Dessa forma, a escolha da chuva de projeto depende da probabilidade de ocorrência dela, com a existência de um risco associado dessa tormenta ser superada.

A frequência média da tormenta de projeto, F , é dada como o inverso do período de retorno T , ou seja:

$$F = \frac{1}{Tr}$$

O risco de uma vazão ou precipitação é entendido neste projeto como a probabilidade (F) de ocorrência de um valor igual ou superior num ano qualquer. A probabilidade de ocorrer, pelo menos, uma tormenta de um determinado período de retorno durante um período de N anos é obtida por uma distribuição binomial e expressa por:

$$R = [1 - (1 - F)^n] \cdot 100 \text{ onde:}$$

- R = risco de ocorrência de, ao menos, uma tormenta igual ou superior à de projeto na vida útil da obra;
- F = frequência da tormenta;
- n = vida útil da obra.

Neste projeto, os TRs adotados para avaliação do córrego são iguais a:

- 10 anos (usual para dimensionamento de obras de microdrenagem);
- 25 anos (usual para dimensionamento de obras de macrodrenagem);
- 50 anos.
- 100 anos.

A Figura 105 a seguir exhibe o risco de ocorrência de uma enchente maior que a projetada durante a vida útil de um projeto de “ n ” anos para diferentes TRs:

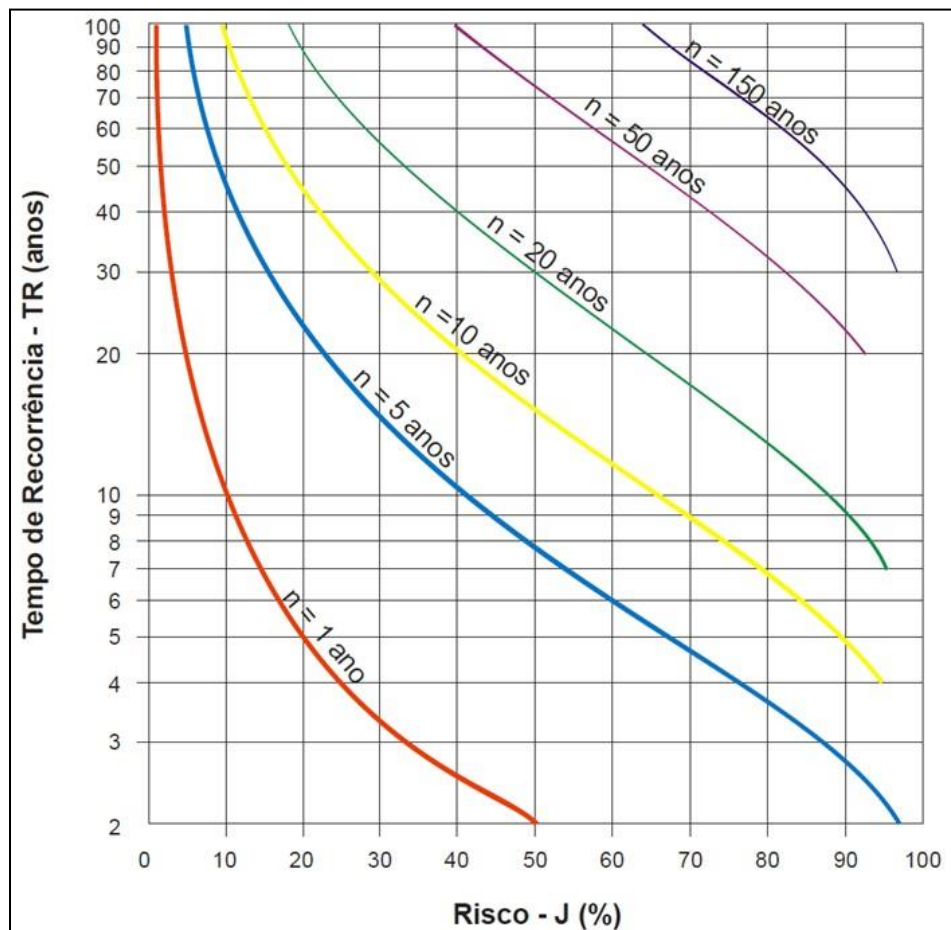


Figura 105 - Risco de ocorrência de enchente maior do que a de projeto durante sua vida útil

5.1.3 Modelo Chuva-Vazão

Para a simulação matemática do processo de transformação de chuva em vazão foi escolhido o modelo HEC-HMS, versão 4.11, desenvolvido pelo United States Army Corps of Engineers, o qual é gratuito.

O HEC-HMS utiliza modelos matemáticos separados para cada componente do processo de transformação da chuva em vazão na bacia hidrográfica, abrangendo a maioria das etapas do ciclo hidrológico previstas nesse processo. Ele foi elaborado para ser aplicado em uma grande variedade de áreas geográficas. A interface gráfica existente permite uma integração “amigável” com o usuário, estando presente nas diferentes partes do programa e, principalmente, nas etapas de representação esquemática da bacia hidrográfica, na entrada de dados e na visualização dos resultados (Costa, 2002).

Os modelos matemáticos que representam cada componente da formação do escoamento superficial no HEC-HMS são:

- Modelos que computam o volume que gera escoamento direto (precipitação efetiva);

- Modelos de escoamento direto (superficial e subsuperficial);
- Modelos de escoamento subterrâneo; e
- Modelos de escoamento em rios e reservatórios.

Não foi considerada a evapotranspiração, pois essa variável possui reduzida influência em períodos de intensas chuvas e em simulações de curta duração. Outro fator importante, é que a evapotranspiração reduz a quantidade de água disponível para escoamento superficial. Por conseguinte, como o objetivo do presente estudo são vazões máximas, a desconsideração dessa variável implica em um fator de segurança

5.1.4 Precipitação de Projeto

A chuva de projeto é uma sequência de precipitações para a qual a obra deve ser projetada (TUCCI, 2002).

Para poder realizar a simulação matemática do processo de transformação de chuva em vazão torna-se necessário a definição de uma chuva de projeto, com lâmina precipitada, distribuição temporal, duração e o tempo de retorno associado.

A determinação da lâmina precipitada é feita com base nas curvas IDF, família de curvas que relacionam a intensidade, a duração e a frequência de excedência (ou tempo de retorno) da precipitação. A equação utilizada foi a recomendada pelo “Manual de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas do DF, 2018” elaborado pela Adasa exibida a seguir:

$$i = \frac{1574,7 \cdot Tr^{0,207}}{(t + 11)^{0,884}}$$

Onde: i é a intensidade da chuva, em mm/h; TR é o tempo de retorno, em anos; e t a duração da chuva, em minutos.

Como informado anteriormente, foram adotados os tempos de recorrência de 10, 25, 50 e 100 anos para a precipitação.

A duração total da chuva precisa ser igual ou maior que o tempo de concentração da bacia contribuinte, a qual é dividida em “ n ” intervalos. Logo, com base no período de retorno adotado para o projeto, estima-se a partir da curva IDF, a intensidade máxima da precipitação para cada um desses intervalos. Multiplicando-se a intensidade máxima pela duração tem-se a altura precipitada acumulada. A diferença entre alturas sucessivas dá a precipitação em cada período.

A distribuição temporal foi definida segundo o método dos blocos alternados onde o maior valor encontra-se no centro da distribuição e, a parti do centro, são distribuídos de forma decrescente alternadamente nos dois sentidos do gráfico.

Os hietogramas obtidos pelo método apresentado para os tempos de recorrência de 10, 25, 50 e 100 anos e uma chuva de 24h são exibidos abaixo:

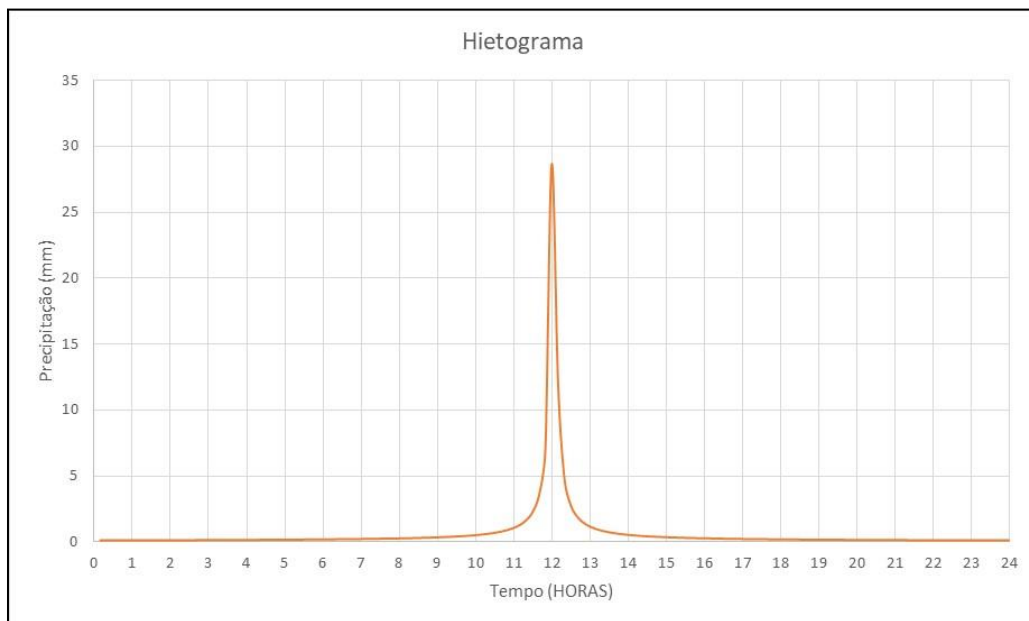


Figura 106 – Hietograma adotado para TR 10

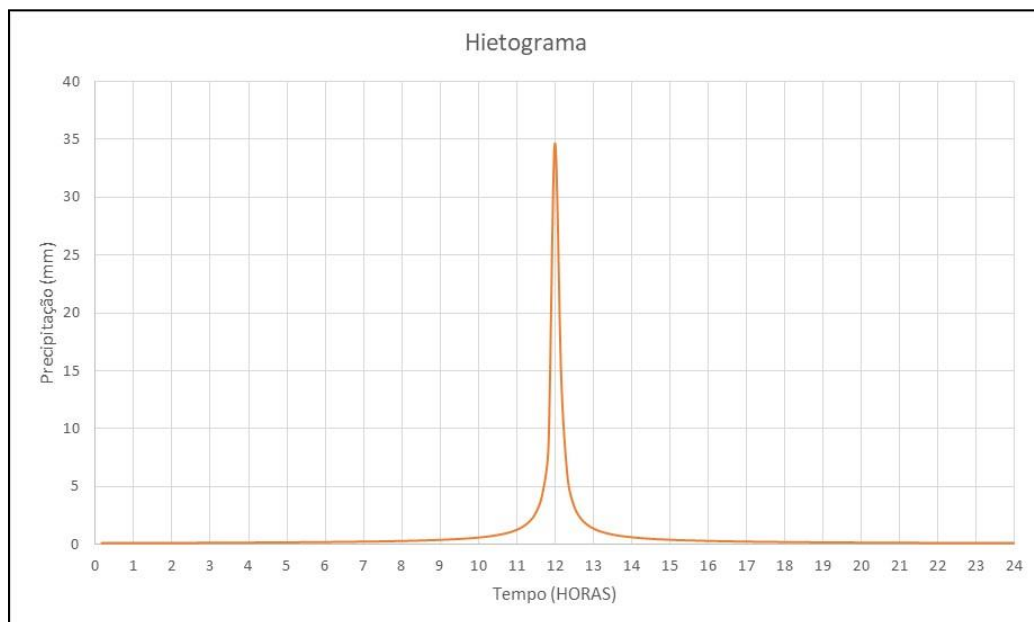


Figura 107 – Hietograma adotado para TR 25

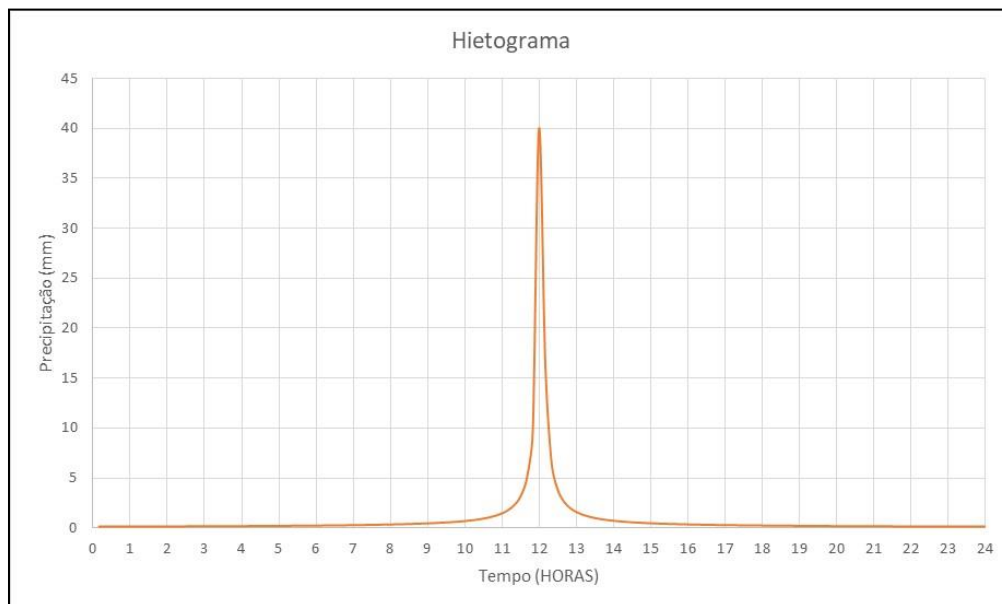


Figura 108 – Hietograma adotado para TR 50

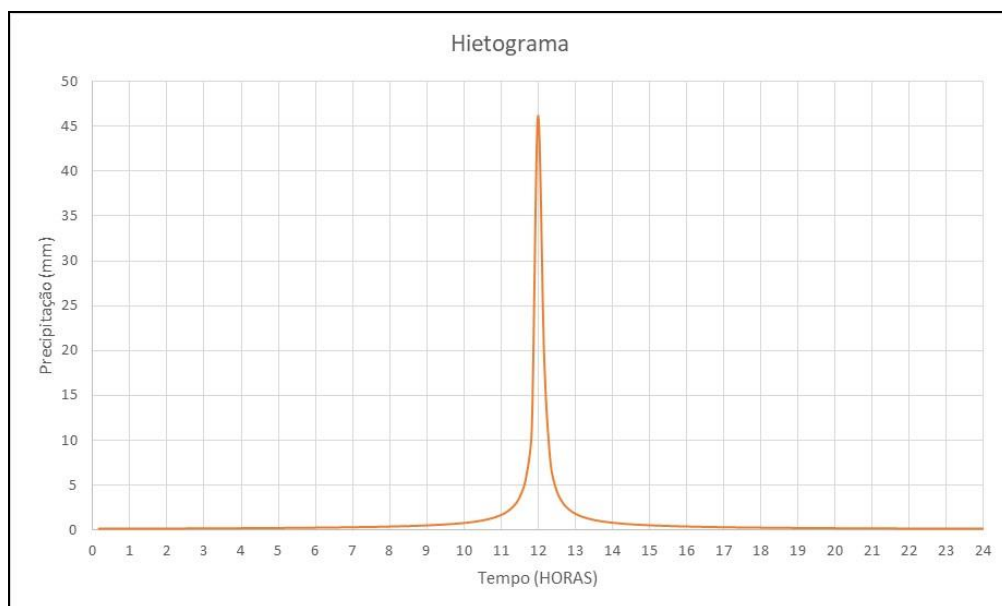


Figura 109 – Hietograma adotado para TR 100

5.1.5 Precipitação Efetiva

Para o cálculo da parcela da precipitação que efetivamente vai gerar escoamento superficial, isto é, a precipitação efetiva, foi escolhido, no modelo HEC-HMS, o método da Curva Número do Soil Conservation Service (SCS) do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, desenvolvido para bacias hidrográficas sem dados hidrológicos. Para tanto, o método propõe as seguintes equações:

$$P_{efetiva} = \frac{(P - 0,2 \cdot S)^2}{(P + 0,8 \cdot S)}$$

Onde: $P_{efetiva}$ é a precipitação efetiva total (mm); P é a precipitação total (mm); e S é a retenção potencial do solo (mm), que depende do tipo de solo; 0,2. S é a estimativa das perdas iniciais (intercepção e retenção).

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$

Onde CN é chamado de “Curva Número” e varia entre 0 e 100.

5.1.6 Seleção da Curva Número

Para determinação da Curva número, a área de projeto foi classificada quanto ao tipo de uso e ocupação do solo em:

- Pastagens ou terrenos em más condições (verde)
- Zonas cultivadas com conservação do solo (ciano)
- Prado em boas condições (laranja)
- Floresta com boa cobertura (branco)
- Espaços abertos com relva em mais de 75% da área (magenta)
- Zonas residenciais (azul)

A Figura 110 a seguir exibe a classificação do uso e ocupação do solo:

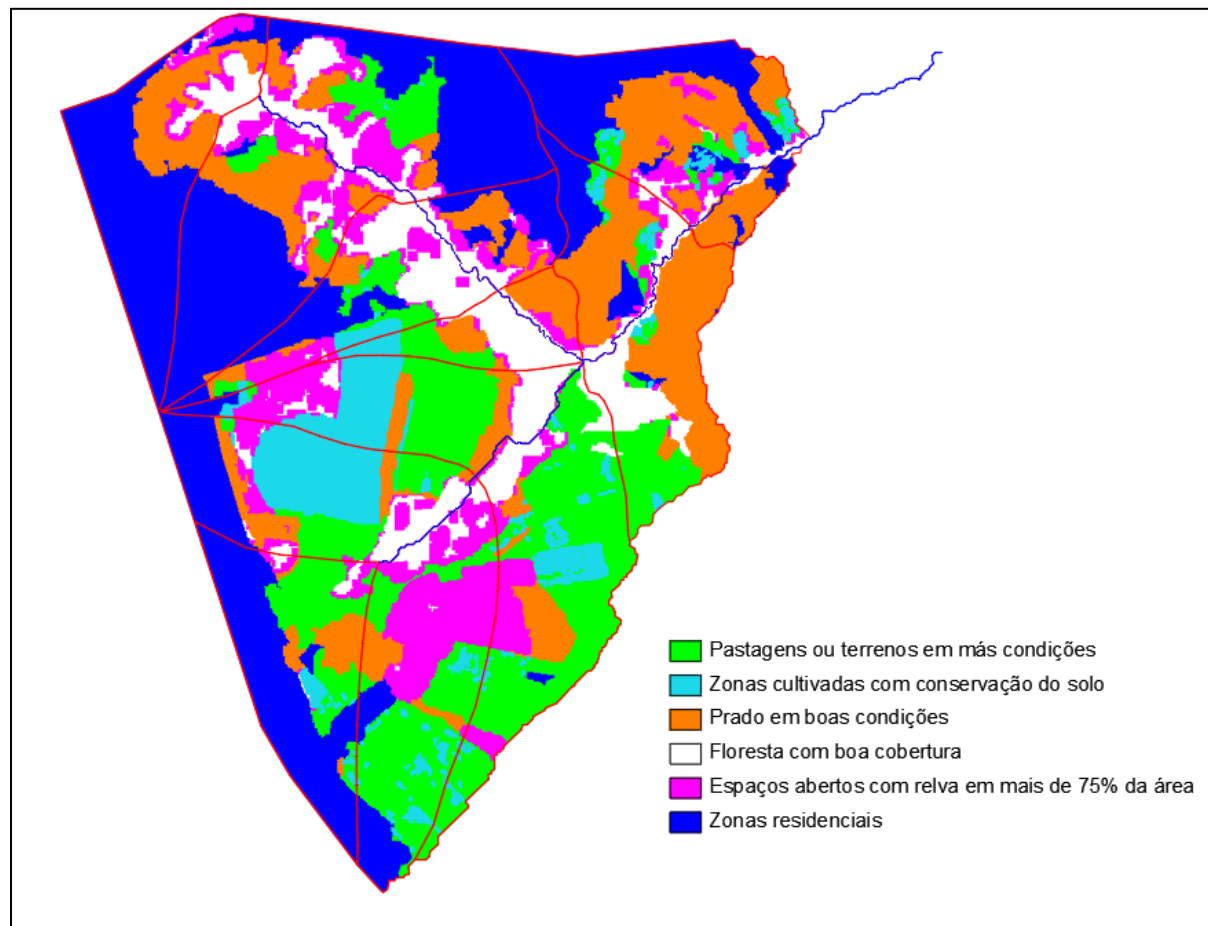


Figura 110 - Uso e ocupação do solo. Fonte: Geoportal - Uso e Cobertura do Solo, 2019.

Foi atribuído um valor de “CN” para cada um dos tipos de uso e ocupação adotando-se a tabela proposta por Tucci (2002) exibida a seguir para o grupo de solos tipo C:

Tabela 21 - Valores de CN por tipo de utilização ou cobertura do solo.

Utilização ou cobertura do solo	Grupo de solos			
	A	B	C	D
Zonas cultivadas: sem conservação do solo	72	81	88	91
com conservação do solo	62	71	78	81
Pastagens ou terrenos em más condições	68	79	86	89
Baldios em boas condições	39	61	74	80
Prado em boas condições	30	58	71	78
Bosques ou zonas com cobertura ruim	45	66	77	83
Floresta: cobertura boa	25	55	70	77
Espaços abertos, relvados, parques, campos de golfe, cemitérios, boas condições				
Com relva em mais de 75% da área	39	61	74	80
Com relva de 50% a 75% da área	49	69	79	84
Zonas comerciais e de escritórios	89	92	94	95
Zonas industriais	81	88	91	93
Zonas residenciais				
Lotes de (m²)	% média impermeável			
<500	65	77	85	90
1000	38	61	75	83
1300	30	57	72	81
2000	25	54	70	80
4000	20	51	68	79
Parques de estacionamento, telhados, viadutos etc.	98	98	98	98
Arruamentos e estradas				
Asfaltadas e com drenagem de águas pluviais	98	98	98	98
Paralelepípedos	76	85	89	91
Terra	72	82	87	89

O valor de CN para cada sub-bacia foi calculado mediante fórmula:

$$CN = \frac{A_1 * CN_1 + A_2 * CN_2 + \dots + A_n * CN_n}{A_{total}}$$

Onde, A é a área da sub-bacia com uso designado e CN é o valor de CN característico desse uso.

Dessa forma, discretizando as classes de utilização ou cobertura por Sub-bacia e fazendo as ponderações necessárias, apresenta-se os valores de CN para cada sub-bacia de acordo com o uso futuro da área conforme Tabela 22 a seguir:

Tabela 22 - Cálculo do CN por tipo de uso e sub-bacia

Sub-bacia	Área (ha)	Zonas cultivadas com conservação do solo	Pastagens ou terrenos em más condições	Prado em boas condições	Floresta com boa cobertura	Espaços abertos com relva em mais de 75% da área	Zonas residenciais	CN
		78	86	71	70	74	90	
SB-01	335.24	-	-	72.98	32.77	19.14	210.35	83.00
SB-02	367.03	-	14.61	73.49	40.16	37.33	201.44	82.22
SB-03	368.19	1.48	52.40	26.30	55.36	43.57	189.07	83.12
SB-04	225.65	11.03	29.12	19.86	73.58	37.29	54.78	78.06
SB-05	112.06	-	-	30.27	16.98	13.47	51.35	79.92
SB-06	93.15	10.33	20.20	16.00	43.46	3.17	-	74.66
SB-07	39.87	-	-	29.08	5.44	5.35	-	71.27
SB-08	307.42	7.75	78.86	28.70	7.64	7.91	176.57	85.99
SB-09	320.17	106.23	50.18	34.30	39.14	28.13	62.19	79.51
SB-10	382.19	15.14	158.54	21.49	20.84	123.82	42.37	80.52
SB-11	264.50	66.41	83.79	29.03	40.23	36.60	8.43	78.38
SB-12	420.62	36.18	262.12	39.43	34.97	45.31	2.61	81.31
SB-13	171.75	5.96	11.25	75.43	21.20	8.32	49.59	77.73
SB-14	247.81	5.08	55.90	127.11	55.23	1.36	3.14	74.56
SB-15	342.56	14.15	18.15	119.09	17.71	23.85	149.62	80.54
SB-16	45.24	-	-	29.78	4.85	0.32	10.29	75.24

5.1.7 Inserção dos Elementos no HEC-HMS

Os elementos hidrológicos do córrego foram inseridos no software HEC-HMS conforme a Figura 111 a seguir:

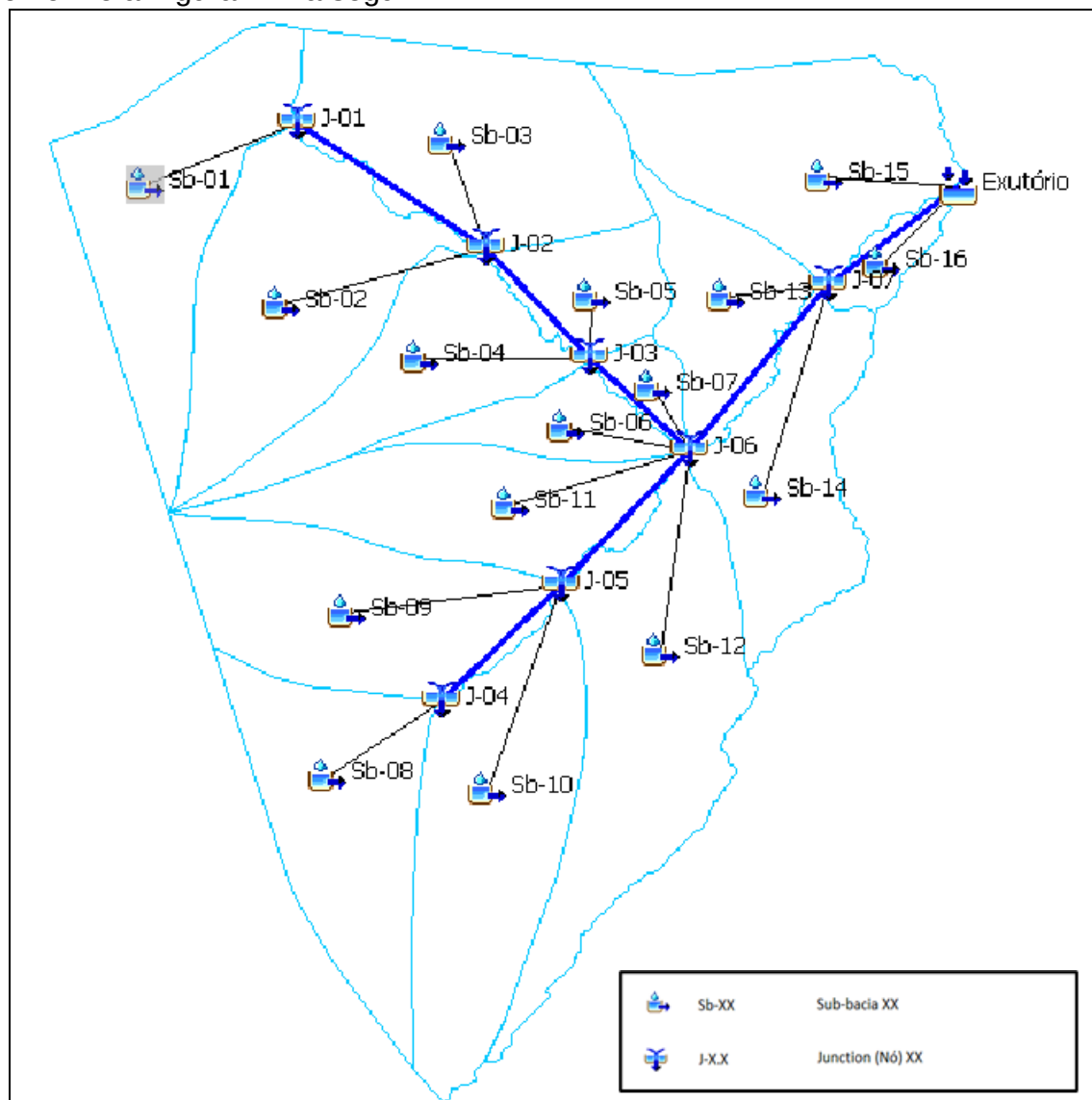


Figura 111 - Itemização Utilizada para a Bacia no software HEC-HMS

5.1.8 Propagação do Escoamento Subterrâneo

Os modelos de escoamento subterrâneo simulam a drenagem subsuperficial e subterrânea da água do sistema para os canais (rios e reservatórios) (Chow et. al, 1988). Foi adotado o modelo de Recessão Exponencial que é do tipo concentrado e empírico. É um modelo que define a relação da vazão subterrânea em qualquer

tempo a um valor inicial, onde a condição inicial é a vazão subterrânea no tempo zero.

Os cursos d'água da bacia hidrográfica foram simulados com vazão inicial específica de escoamento subterrâneo equivalente a vazão mínima indicada em Andutta (2011), sendo 5,4 L/s x km².

Foi utilizado o valor de 0,9 para a constante de recessão devido à ausência de dados pluviográficos/fluviográficos.

5.1.9 Propagação do Escoamento Superficial

Os modelos de escoamento direto (superficial e subsuperficial) descrevem como a água, que não evaporou, infiltrou ou armazenou nas depressões da bacia hidrográfica, move-se superficial ou subsuperficialmente na bacia hidrográfica. Os modelos que simulam o processo de escoamento direto na bacia hidrográfica, a partir do excesso precipitado, esbarram em limitações, como a grande variabilidade do relevo, a disponibilidade de informações e os aspectos numéricos de solução das equações (Tucci, 1997).

Dentre os modelos que computam o escoamento superficial direto foi adotado o Hidrograma Unitário do SCS. É o hidrograma sintético de uma bacia com comportamento linear a uma precipitação de volume unitário com duração de um intervalo de tempo.

O Hidrograma Unitário do SCS é um modelo do tipo discreto, concentrado e empírico, onde o parâmetro de entrada é o tempo ao pico em cada bacia hidrográfica. A vazão de pico é calculada pela equação:

$$Q = 2.08 * \frac{A}{ta}$$

Onde, A é a área da sub-bacia e tp é o tempo de ascensão (tempo entre o início da precipitação e o pico de vazão). O tempo de ascensão é calculado pela equação.

$$ta = \frac{\Delta t}{2} + tp$$

Onde Δt é o tempo do intervalo e tp é o tempo ao pico (tempo entre o centro de massa da precipitação e o pico de vazão).

O tempo de pico foi estimado como sendo uma parcela do tempo de concentração em cada bacia hidrográfica, sendo equivalente a 60% dele:

$$t_p = 0,6 \cdot t_c$$

O tempo de concentração de uma bacia hidrográfica, particularmente no caso de pequenas bacias urbanizadas, é um parâmetro importante para a estimativa de vazões de cheia, uma vez que a duração da chuva de projeto deve ser pelo menos igual a esse tempo. Foi utilizada a expressão de Carter segundo Silveira (2005), sendo:

$$t_c = 5,982 \cdot T^{0,6} \cdot S^{-0,3}$$

Onde: t_c é o tempo de concentração em minutos; T é o comprimento do talvegue principal da bacia (ponto mais a montante da bacia e seu exutório) em km e S é a declividade do talvegue em m/m.

As sub-bacias foram numeradas de Sb-01 a Sb-16. Os dados dessas bacias são apresentados na Tabela 23 a seguir:

Tabela 23 – Dados das bacias elementares do Córrego

Bacias Elementares	Área (Km ²)	Comprimento do Talvegue Principal (Km)	Cota Máx. da Bacia (m)	Cota Min. da Bacia (m)	Decliv. (m/m)	T. C. (min)	T. P. (min)
SB-01	3.3524	4.022	1260.00	1156.00	0.02586	40.45	24.27
SB-02	3.6703	4.095	1260.00	1117.00	0.03492	37.36	22.42
SB-03	3.6819	3.057	1202.00	1117.00	0.02781	33.57	20.14
SB-04	2.2565	4.532	1260.00	1100.00	0.03531	39.58	23.75
SB-05	1.1206	1.797	1182.00	1100.00	0.04563	21.04	12.62
SB-06	0.9315	2.900	1230.00	1080.00	0.05172	27.00	16.20
SB-07	0.3987	1.568	1151.00	1080.00	0.04528	19.43	11.66
SB-08	3.0742	3.516	1260.00	1190.00	0.01991	40.36	24.22
SB-09	3.2017	3.503	1260.00	1130.00	0.03712	33.41	20.04
SB-10	3.8219	4.497	1260.00	1130.00	0.02891	41.83	25.10
SB-11	2.6450	5.025	1260.00	1080.00	0.03582	41.93	25.16
SB-12	4.2062	5.992	1257.00	1080.00	0.02954	49.37	29.62
SB-13	1.7175	2.143	1200.00	1060.00	0.06534	20.99	12.60
SB-14	2.4781	3.868	1180.00	1060.00	0.03102	37.42	22.45
SB-15	3.4256	3.645	1218.00	1040.00	0.04884	31.51	18.90
SB-16	0.4524	1.687	1110.00	1040.00	0.04149	20.84	12.51

Os modelos que simulam o escoamento em canais e galerias no HEC-HMS são do tipo canal aberto e unidirecional. Foi adotado o modelo Muskingun-Cunge, o qual é do tipo concentrado e quase conceitual, ou seja, resolve as equações de continuidade e quantidade de movimento, entretanto, omite e simplifica determinados termos dessas equações para alcançar a solução desejada (Tucci, 1997).

O modelo Muskingun-Cunge é compatível aos dados disponíveis atualmente. A Tabela 24 a seguir apresenta os dados fisiográficos das bacias elementares do Córrego.

Tabela 24 - Dados fisiográficos dos trechos dos cursos d'Água.

Trecho	Cota Máx. do Trecho (m)	Cota Min. do Trecho (m)	Comprimento do Trecho (m)	Decliv. (m/m)
T-01	1156.00	1117.00	2345.2332	0.01663
T-02	1117.00	1100.00	1507.3931	0.01128
T-03	1100.00	1080.00	1297.1601	0.01542
T-04	1190.00	1130.00	1494.8551	0.04014
T-05	1130.00	1080.00	1985.6449	0.02518
T-06	1080.00	1060.00	2442.7548	0.00819
T-07	1060.00	1040.00	1683.0122	0.01188

Para a simulação do modelo de escoamento dos córregos, o programa requer dados de entrada simplificados dos canais. Foram adotados canais com largura da base de 2m e taludes de 2:1 (h:v).

Adotou-se o coeficiente de rugosidade para as margens dos cursos d'água equivalente a 0,035 – referente a canais com leito pedregoso e talude vegetado em condições regulares (Porto, 1999).

5.1.10 Resultados da simulação Hidrológica

Com base na itemização e parâmetros apresentados, expõem-se a seguir os resultados encontrados para os tempos de recorrência de 10, 25, 50 e 100 anos:

Tabela 25 – Vazões de pico.

Resultados HMS				
Elemento	TR 10 Vazão de pico (m³/s)	TR 25 Vazão de pico (m³/s)	TR 50 Vazão de pico (m³/s)	TR 100 Vazão de pico (m³/s)
Exutório	405.10	547.03	676.36	845.51
J-01	41.97	56.22	69.23	84.43
J-02	132.45	179.20	221.99	272.11
J-03	164.12	220.19	271.15	330.50
J-04	43.53	56.99	69.14	83.24
J-05	120.24	162.83	201.87	247.67
J-06	360.83	487.68	603.39	738.55
J-07	378.71	523.43	657.19	813.70
Sb-01	41.97	56.22	69.23	84.43
Sb-02	47.36	63.69	78.61	96.07
Sb-03	52.79	70.24	86.11	104.61

Resultados HMS				
Elemento	TR 10 Vazão de pico (m³/s)	TR 25 Vazão de pico (m³/s)	TR 50 Vazão de pico (m³/s)	TR 100 Vazão de pico (m³/s)
Sb-04	22.97	32.08	40.55	50.60
Sb-05	17.22	23.61	29.49	36.41
Sb-06	9.89	14.03	17.89	22.50
Sb-07	4.03	6.03	7.94	10.25
Sb-08	43.53	56.99	69.14	83.24
Sb-09	39.51	54.10	67.54	83.36
Sb-10	42.57	57.49	71.15	87.58
Sb-11	26.87	36.92	46.19	57.12
Sb-12	44.97	60.74	75.18	92.11
Sb-13	23.81	33.28	42.09	52.53
Sb-14	22.07	31.85	41.07	52.11
Sb-15	45.54	61.70	76.51	93.88
Sb-16	5.54	7.94	10.19	12.88
T-01	43.02	57.65	70.92	86.33
T-02	131.95	176.44	216.74	263.59
T-03	159.98	216.71	268.38	328.65
T-04	42.65	55.40	66.85	80.09
T-05	119.40	159.91	196.72	239.60
T-06	353.94	475.38	596.69	738.48
T-07	377.66	510.64	630.40	768.89

5.1.11 Definição das Seções Transversais

Neste projeto intencionou-se avaliar as condições de escoamento e mancha de inundação do trecho do córrego que margeia a ARINE Sucupira (trecho localizado entre os pontos denominados “J-02” e “J-03” na simulação hidrológica).

Para determinação do leito natural do córrego, foram realizadas 25 seções ao longo desse trecho sobre o modelo digital do terreno. Tais seções foram inseridas no modelo de simulação hidráulica do software HEC-RAS.

5.1.12 Inserção dos Elementos no RAS

De modo a realizar os cálculos hidráulicos, o modelo digital teve de ser construído tendo em mente as limitações e padrões de entrada do software utilizado.

A Figura 112 a seguir apresenta a discretização espacial no modelo HEC-RAS contendo as seções transversais sobre o córrego.



Figura 112 – Discretização espacial no modelo HEC-RAS

Para cada uma das seções, é ainda inserida a distância até a próxima seção e o coeficiente de rugosidade de Manning, adotado 0,035 referente a canais com leito pedregoso e talude vegetado em condições regulares (Porto, 1999).

5.1.13 Resultados da simulação hidráulica do Canal

As tabelas a seguir apresentam os resultados obtidos pelo software HEC-RAS para cada seção inserida para os tempos de recorrência de 10, 25, 50 e 100 anos.

Tabela 26 – Resultados da simulação hidráulica para TR 10

Resultados RAS - Vazão de pico (TR10)							
Trecho	Seção HEC-RAS	Cota de Fundo (m)	n	Q Total (m ³ /s)	Nível d'água (m)	Raio Hidr. (m)	Vel. (m/s)
Riacho Fundo	25	1120.68	0.035	132.45	1122.72	1.01	3.16
Riacho Fundo	24	1117.00	0.035	132.45	1117.48	0.41	7.93
Riacho Fundo	23	1114.00	0.035	132.45	1116.27	1.27	4.20
Riacho Fundo	22	1113.08	0.035	132.45	1115.71	0.90	3.00
Riacho Fundo	21	1112.00	0.035	132.45	1114.03	1.21	1.47
Riacho Fundo	20	1111.00	0.035	132.45	1113.17	1.26	3.54
Riacho Fundo	19	1108.00	0.035	132.45	1109.22	1.04	7.41
Riacho Fundo	18	1107.00	0.035	132.45	1108.67	1.48	2.24
Riacho Fundo	17	1105.00	0.035	132.45	1107.66	1.50	3.96
Riacho Fundo	16	1103.00	0.035	143.01	1104.39	0.95	6.77
Riacho Fundo	15	1102.00	0.035	143.01	1103.58	1.16	3.90
Riacho Fundo	14	1101.00	0.035	143.01	1103.16	1.41	2.39
Riacho Fundo	13	1100.00	0.035	143.01	1102.07	1.58	4.10
Riacho Fundo	12	1097.00	0.035	143.01	1098.23	0.96	7.52
Riacho Fundo	11	1095.00	0.035	143.01	1096.68	1.14	4.84
Riacho Fundo	10	1094.00	0.035	143.01	1096.01	1.07	3.29
Riacho Fundo	9	1093.00	0.035	153.56	1096.09	1.22	1.02
Riacho Fundo	8	1092.00	0.035	153.56	1095.29	1.46	3.54
Riacho Fundo	7	1091.33	0.035	153.56	1094.35	1.59	4.08
Riacho Fundo	6	1090.67	0.035	153.56	1091.51	0.55	6.04
Riacho Fundo	5	1090.00	0.035	153.56	1092.56	0.94	1.29
Riacho Fundo	4	1089.50	0.035	153.56	1091.70	1.14	3.40
Riacho Fundo	3	1089.00	0.035	153.56	1090.93	0.72	1.99
Riacho Fundo	2	1088.50	0.035	164.12	1090.57	1.07	1.92
Riacho Fundo	1	1088.00	0.035	164.12	1089.82	0.87	2.94

Tabela 27 – Resultados da simulação hidráulica para TR 25

Resultados RAS - Vazão de pico (TR25)							
Trecho	Seção HEC-RAS	Cota de Fundo (m)	n	Q Total (m3/s)	Nível d'água (m)	Raio Hidr. (m)	Vel. (m/s)
Riacho Fundo	25	1120.68	0.035	179.20	1122.98	1.14	3.36
Riacho Fundo	24	1117.00	0.035	179.20	1117.60	0.50	8.32
Riacho Fundo	23	1114.00	0.035	179.20	1116.57	1.46	4.62
Riacho Fundo	22	1113.08	0.035	179.20	1115.90	0.97	3.32
Riacho Fundo	21	1112.00	0.035	179.20	1114.39	1.47	1.53
Riacho Fundo	20	1111.00	0.035	179.20	1113.52	1.35	3.67
Riacho Fundo	19	1108.00	0.035	179.20	1109.55	1.27	7.64
Riacho Fundo	18	1107.00	0.035	179.20	1109.10	1.80	2.33
Riacho Fundo	17	1105.00	0.035	179.20	1108.08	1.66	4.14
Riacho Fundo	16	1103.00	0.035	192.86	1104.64	1.14	7.23
Riacho Fundo	15	1102.00	0.035	192.86	1103.77	1.31	4.54
Riacho Fundo	14	1101.00	0.035	192.86	1103.66	1.69	2.35
Riacho Fundo	13	1100.00	0.035	192.86	1102.47	1.85	4.45
Riacho Fundo	12	1097.00	0.035	192.86	1098.49	1.14	7.99
Riacho Fundo	11	1095.00	0.035	192.86	1096.98	1.09	5.08
Riacho Fundo	10	1094.00	0.035	192.86	1096.26	1.22	3.57
Riacho Fundo	9	1093.00	0.035	206.53	1096.54	1.47	0.98
Riacho Fundo	8	1092.00	0.035	206.53	1095.67	1.71	3.79
Riacho Fundo	7	1091.33	0.035	206.53	1095.07	1.12	3.37
Riacho Fundo	6	1090.67	0.035	206.53	1091.66	0.67	6.35
Riacho Fundo	5	1090.00	0.035	206.53	1092.89	1.18	1.29
Riacho Fundo	4	1089.50	0.035	206.53	1091.97	1.37	3.71
Riacho Fundo	3	1089.00	0.035	206.53	1090.70	0.63	3.79
Riacho Fundo	2	1088.50	0.035	220.19	1090.79	1.24	2.11
Riacho Fundo	1	1088.00	0.035	220.19	1090.04	0.98	3.12

Tabela 28 – Resultados da simulação hidráulica para TR 50

Resultados RAS - Vazão de pico (TR50)							
Trecho	Seção HEC-RAS	Cota de Fundo (m)	n	Q Total (m3/s)	Nível d'água (m)	Raio Hidr. (m)	Vel. (m/s)
Riacho Fundo	25	1120.68	0.035	221.99	1123.18	1.24	3.52
Riacho Fundo	24	1117.00	0.035	221.99	1117.69	0.57	8.58
Riacho Fundo	23	1114.00	0.035	221.99	1116.83	1.59	4.87
Riacho Fundo	22	1113.08	0.035	221.99	1115.96	1.00	3.87
Riacho Fundo	21	1112.00	0.035	221.99	1114.67	1.67	1.59
Riacho Fundo	20	1111.00	0.035	221.99	1113.77	1.44	3.79
Riacho Fundo	19	1108.00	0.035	221.99	1109.83	1.47	7.78
Riacho Fundo	18	1107.00	0.035	221.99	1109.45	1.98	2.41
Riacho Fundo	17	1105.00	0.035	221.99	1108.41	1.76	4.26
Riacho Fundo	16	1103.00	0.035	238.38	1104.85	1.30	7.52
Riacho Fundo	15	1102.00	0.035	238.38	1103.91	1.43	5.05
Riacho Fundo	14	1101.00	0.035	238.38	1104.09	1.89	2.30
Riacho Fundo	13	1100.00	0.035	238.38	1102.79	2.06	4.72
Riacho Fundo	12	1097.00	0.035	238.38	1098.70	1.29	8.32
Riacho Fundo	11	1095.00	0.035	238.38	1097.19	0.94	5.01
Riacho Fundo	10	1094.00	0.035	238.38	1096.64	1.47	3.33
Riacho Fundo	9	1093.00	0.035	254.76	1096.91	1.65	0.96
Riacho Fundo	8	1092.00	0.035	254.76	1095.87	1.83	4.20
Riacho Fundo	7	1091.33	0.035	254.76	1095.37	0.98	3.18
Riacho Fundo	6	1090.67	0.035	254.76	1091.80	0.79	6.48
Riacho Fundo	5	1090.00	0.035	254.76	1093.19	1.22	1.23
Riacho Fundo	4	1089.50	0.035	254.76	1092.19	1.54	3.95
Riacho Fundo	3	1089.00	0.035	254.76	1090.75	0.65	4.26
Riacho Fundo	2	1088.50	0.035	271.15	1090.97	1.37	2.27
Riacho Fundo	1	1088.00	0.035	271.15	1090.21	1.07	3.25

Tabela 29 – Resultados da simulação hidráulica para TR 100

Resultados RAS - Vazão de pico (TR100)							
Trecho	Seção HEC-RAS	Cota de Fundo (m)	n	Q Total (m3/s)	Nível d'água (m)	Raio Hidr. (m)	Vel. (m/s)
Riacho Fundo	25	1120.68	0.035	272.11	1123.39	1.35	3.66
Riacho Fundo	24	1117.00	0.035	272.11	1117.80	0.65	8.84
Riacho Fundo	23	1114.00	0.035	272.11	1117.10	1.72	5.11
Riacho Fundo	22	1113.08	0.035	272.11	1116.04	1.01	4.39
Riacho Fundo	21	1112.00	0.035	272.11	1114.95	1.86	1.66
Riacho Fundo	20	1111.00	0.035	272.11	1114.03	1.52	3.91
Riacho Fundo	19	1108.00	0.035	272.11	1110.15	1.21	7.65
Riacho Fundo	18	1107.00	0.035	272.11	1109.80	2.20	2.51
Riacho Fundo	17	1105.00	0.035	272.11	1108.74	1.88	4.41
Riacho Fundo	16	1103.00	0.035	291.57	1105.09	1.47	7.79
Riacho Fundo	15	1102.00	0.035	291.57	1104.07	1.55	5.57
Riacho Fundo	14	1101.00	0.035	291.57	1104.52	2.10	2.27
Riacho Fundo	13	1100.00	0.035	291.57	1103.29	2.05	4.66
Riacho Fundo	12	1097.00	0.035	291.57	1098.94	1.45	8.62
Riacho Fundo	11	1095.00	0.035	291.57	1097.29	0.98	5.53
Riacho Fundo	10	1094.00	0.035	291.57	1096.96	1.67	3.34
Riacho Fundo	9	1093.00	0.035	311.04	1097.23	1.73	0.96
Riacho Fundo	8	1092.00	0.035	311.04	1096.39	1.41	3.77
Riacho Fundo	7	1091.33	0.035	311.04	1095.37	0.98	3.87
Riacho Fundo	6	1090.67	0.035	311.04	1093.43	1.91	2.20
Riacho Fundo	5	1090.00	0.035	311.04	1093.43	1.45	1.26
Riacho Fundo	4	1089.50	0.035	311.04	1092.67	1.16	3.44
Riacho Fundo	3	1089.00	0.035	311.04	1090.87	0.70	4.41
Riacho Fundo	2	1088.50	0.035	330.50	1091.16	1.49	2.43
Riacho Fundo	1	1088.00	0.035	330.50	1090.39	1.15	3.38

Devido às vazões razoavelmente elevadas e a grandes declividades do canal, são observadas velocidades altas para os quatro tempos de recorrência.

5.1.14 Manchas de Inundação

As manchas de inundação foram geradas pelo próprio software HEC-RAS para os tempos de recorrência de 10, 25, 50 e 100 anos a partir dos resultados obtidos na simulação hidráulica e apresentados anteriormente conforme a Figura 113.

Os resultados obtidos mostram que a distinção da mancha de inundação para os tempos de recorrência é pouco significativa no trecho do córrego avaliado. Desta forma, para as demais avaliações deste estudo, será considerado a mancha de inundação de 100 anos.



Figura 113 – Mancha de Inundação para TR10, TR 25, TR 50 e TR 100

Inundação (TR 10)
Inundação (TR 25)
Inundação (TR 50)
Inundação (TR 100)



6 RISCO GEOTÉCNICO

A avaliação do risco geotécnico de uma região é realizada a partir de diagnóstico e das avaliações das características geotécnicas existentes. O zoneamento de perigo aplicado a movimentos gravitacionais de massa é um procedimento que objetiva ressaltar todos os processos que possam afetar uma área de estudo. É apresentado na forma de documento cartográfico com representação das informações e associação de dados (ZUQUETTE E GANDOFI, 2004).

No Brasil, O Projeto de Fortalecimento da Estratégia Nacional de Gestão Integrada em Riscos de Desastres Naturais - GIDES é resultado da parceria firmada entre a Agência Brasileira de Cooperação - ABC e a Agência de Cooperação Internacional do Japão – JICA. A cooperação agregou valor aos estudos já realizados por pesquisadores brasileiros, como também possibilitou o contato com estratégias e tecnologias distintas. Como um dos resultados do projeto, tem-se o 'MANUAL DE MAPEAMENTO DE PERIGO E RISCO A MOVIMENTOS GRAVITACIONAIS DE MASSA'⁴, o qual apresenta procedimentos para elaboração de cartas de perigo e risco a movimentos gravitacionais de massa e foi largamente utilizado neste estudo.

O diagnóstico ambiental apresentado no item 22.3 deste estudo e, em especial, a avaliação da declividade (item 2.3) permitiu delimitar as áreas críticas - AC e a área de dispersão (AD). A Área Crítica (AC) é entendida como área com maior probabilidade à deflagração de movimentos gravitacionais. A Área de Dispersão - AD é entendida como a área sujeita a deposição do material mobilizado durante um movimento gravitacional de massa.

Segundo CPRM (2018), *'à delimitação das áreas crítica e de dispersão deve ser realizada por meio da aplicação de critérios topográficos, que consiste no reconhecimento do tipo de movimento gravitacional de massa potencial, por meio da análise das curvas de nível e/ou da carta de inclinação (essa ação é executável apenas para os usuários do Sistema de Informação Geográfica (SIG). Essa carta será utilizada para as análises dos processos de deslizamento planar e queda de blocos, podendo também ser correlacionada ao histórico de ocorrências de movimento gravitacional de massa da área de estudo, de modo a fornecer uma primeira correlação entre os registros de movimentos e as inclinações preferenciais de deflagração.'*

A extensão e a localização das áreas crítica e de dispersão variam de acordo com o processo de movimento gravitacional de massa. É importante ressaltar que em toda a extensão da área em estudo ocorrem afloramentos de rochas. Esses afloramentos mostram padrões de fraturamentos que podem permitir a formação de blocos de rocha que podem se deslocar morro abaixo. Essa movimentação será avaliada a seguir, conforme a metodologia apresentada por CPRM (2018).

6.1 DESLIZAMENTO PLANAR

Os deslizamentos planares são movimentos que ocorrem ao longo de planos onde a massa em movimento tende a fragmentar-se em blocos com movimento relativamente rápido (item 3.1.1.1). O potencial para ocorrência de deslizamento

⁴ CPRM - Serviço Geológico do Brasil. Manual de Mapeamento de Perigo e Risco a Movimentos Gravitacionais de Massa. CPRM/SGB – Serviço Geológico do Brasil, 2018; Versão 1. 213 páginas (pdf).

planar é reconhecido na topografia por meio de observação da inclinação e da altura da encosta.

A avaliação dos resultados obtidos em estudos realizados no Japão e experimentos em municípios brasileiros realizados por CPRM (2018) mostram que encosta com inclinação igual ou superior a 25° e altura igual ou maior que 5 m são as mais vulneráveis à ocorrência deste tipo de movimento.

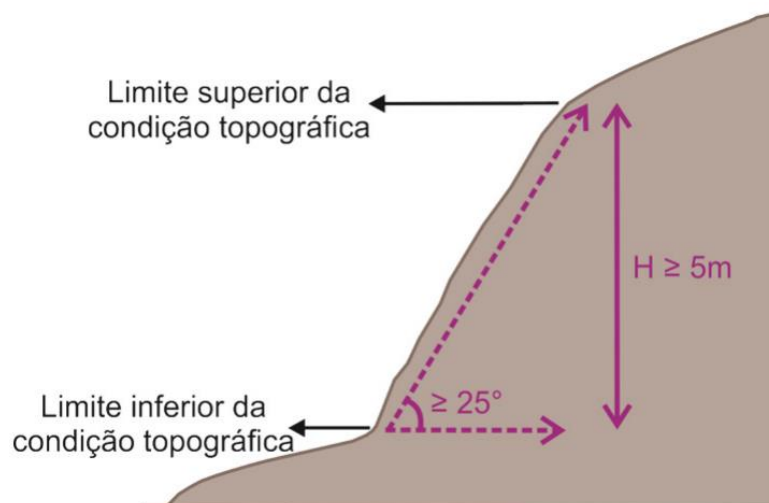


Figura 114 - Representação esquemática para a condição de deslizamento planar. Fonte: CPRM, 2018.

Neste estudo, associou-se a essas condicionantes, a viabilidade cinemática para a ocorrência desse tipo de deslizamento. Assim, como visto no item 3, a encosta 04 apresenta condições favoráveis para ocorrência de deslizamento planar. Os resultados obtidos para essa avaliação são apresentados na Figura 115.

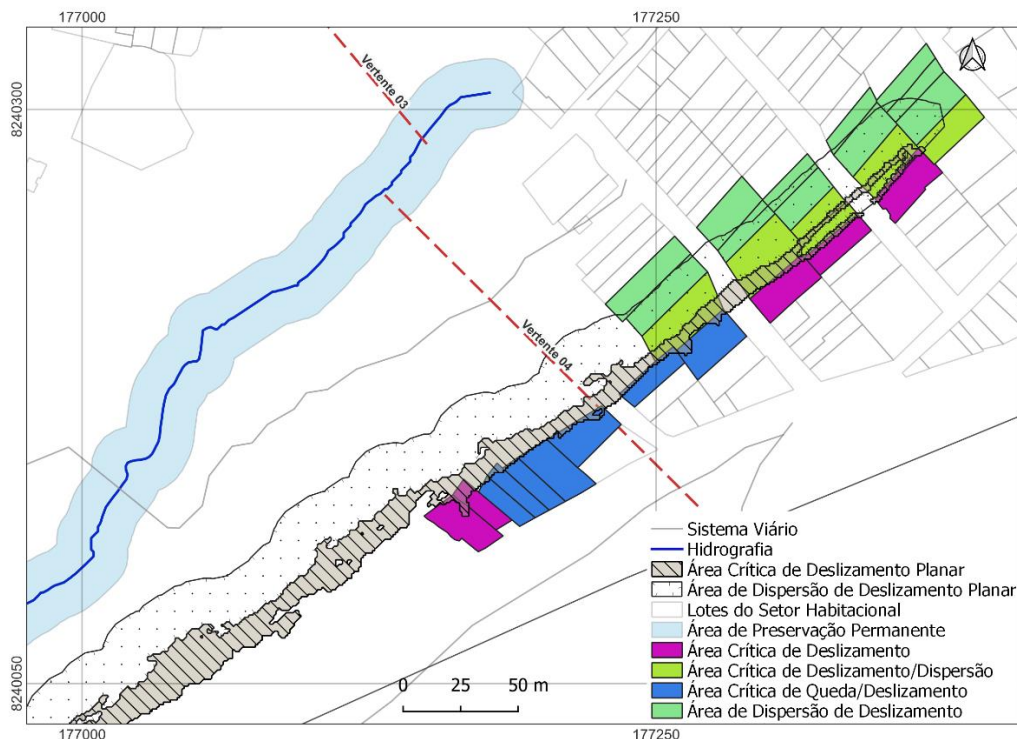


Figura 115 - Lotes em área crítica de deslizamento planar.



Figura 116 – Áreas com risco de deslizamento planar.

Os lotes que apresentam vulnerabilidade a esse tipo de escorregamento são listados a seguir:

- Colônia Agrícola Sucupira Chácara26 S/N
- Colônia Agrícola Sucupira Chácara26 Lt 32
- Colônia Agrícola Sucupira S/N
- Colônia Agrícola Sucupira Chácara26 Lt 17b
- Colônia Agrícola Sucupira Chácara26 S/N
- Colônia Agrícola Sucupira Chácara26 S/N
- Colônia Agrícola Sucupira Chácara26 Lt 17a Cs 1
- Colônia Agrícola Sucupira Chácara26 S/N
- Colônia Agrícola Sucupira Chácara26 Lt 19a
- Colônia Agrícola Sucupira Chácara26 Lt 23h
- Colônia Agrícola Sucupira Chácara26 Lt 10a
- Colônia Agrícola Sucupira Chácara26 Lt 31
- Colônia Agrícola Sucupira Chácara26 Lt 7b
- Colônia Agrícola Sucupira Chácara26 S/N
- Colônia Agrícola Sucupira Chácara26 S/N

- Colônia Agrícola Sucupira Lt 1
- Colônia Agrícola Sucupira Chácara26 Lt 8b
- Colônia Agrícola Sucupira Chácara26 Lt 8
- Colônia Agrícola Sucupira Chácara26 Lt 8a
- Colônia Agrícola Sucupira Chácara26 Lt 9
- Colônia Agrícola Sucupira Lt 2
- Colônia Agrícola Sucupira Chácara26 Lt 30
- Colônia Agrícola Sucupira Chácara26 S/N
- Colônia Agrícola Sucupira Chácara26 S/N
- Colônia Agrícola Sucupira Chácara26 Lt 22
- Colônia Agrícola Sucupira Chácara26 S/N
- Colônia Agrícola Sucupira Chácara26 Lt 21
- Colônia Agrícola Sucupira Chácara26 S/N
- Colônia Agrícola Sucupira Chácara26 S/N

6.2 QUEDA DE BLOCOS

Quedas de blocos é o deslocamento por gravidade de blocos de rocha com volumes e litologia diversos que se destacam do talude ou encostas e deslocam-se ao longo da encosta em movimentos do tipo queda livre, deslizamento, rolamento e salto ao longo de superfícies inclinadas.

Para o estudo desse tipo de processo, avaliação dos resultados obtidos em estudos realizados no Japão e experimentos em municípios brasileiros CPRM (2018) mostram que a queda de blocos ocorre em encostas com inclinação mínima de 50° , constituídas total ou parcialmente por maciço rochoso, cuja amplitude mínima é de 5 m. Normalmente, as encostas não possuem inclinação constante, devendo ser consideradas aquelas que possuem média com inclinação igual ou superior a 50° .

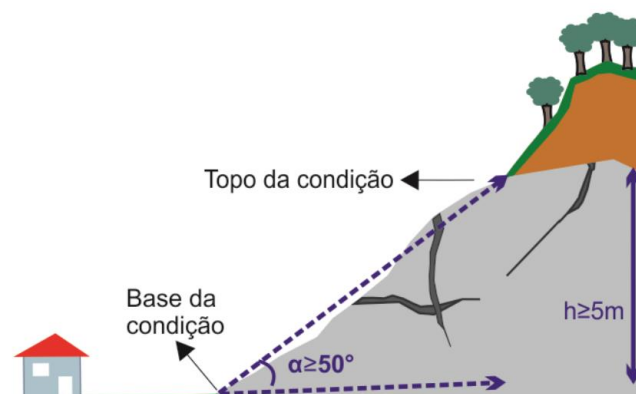


Figura 117 – Representação esquemática para a condição de queda de blocos. Fonte: CPRM, 2018.

Essa condição foi avaliada para toda a área de estudo, uma vez que foram identificadas ocorrências de afloramentos rochosos em praticamente toda a área não edificada. Foram identificados lotes na região das Vertentes 03, 04 e 05 (Figura 118).

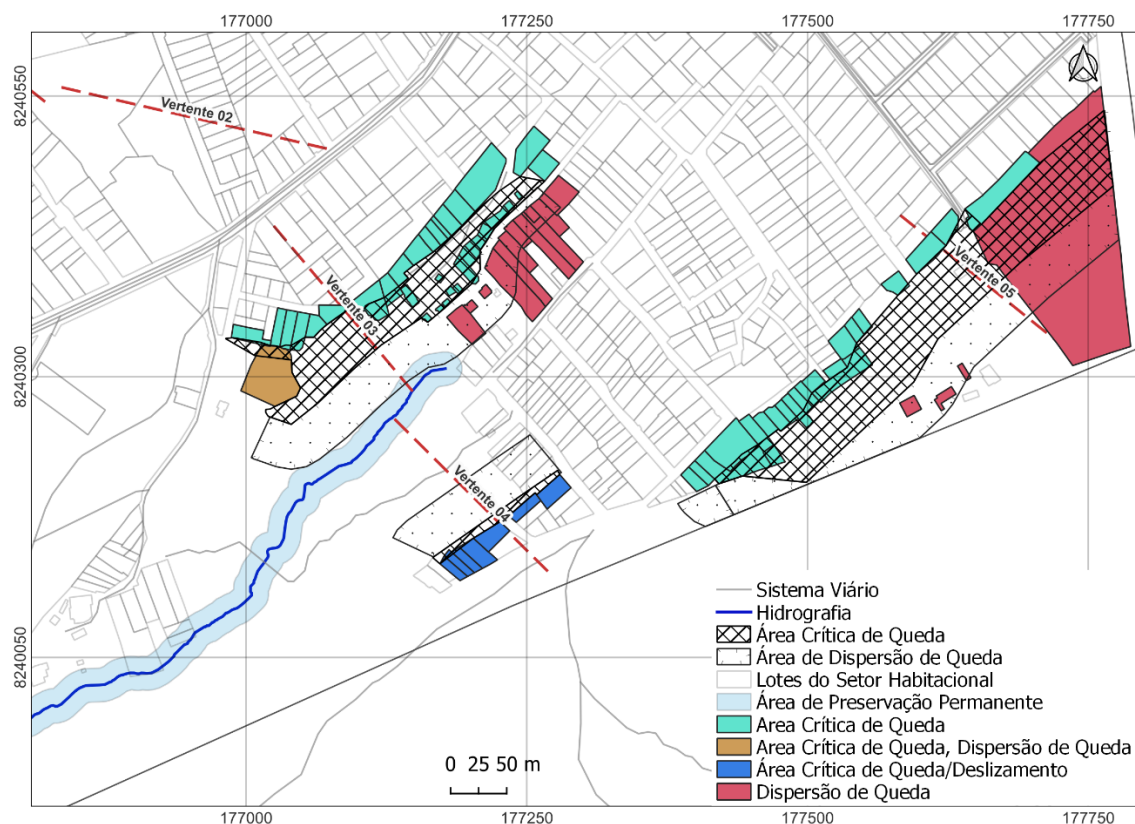


Figura 118 - Lotes em área crítica de queda de blocos.



Figura 119 – Bloco de rocha com risco de queda.