UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA
NÚCLEO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

JOSÉ RAFAEL PIMENTEL BARATA

ESTUDO COMPARATIVO DE UM LATOSSOLO VERMELHO AMARELO EM ÁREA DEGRADADA NA CIDADE DE PORTO VELHO – RO.

PORTO VELHO - RO
2020

JOSÉ RAFAEL PIMENTEL BARATA

ESTUDO COMPARATIVO DE UM LATOSSOLO VERMELHO AMARELO EM ÁREA DEGRADADA NA CIDADE DE PORTO VELHO - RO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Geografia – PPGG da Universidade Federal de Rondônia – UNIR, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Geografia.

Área de Concentração: Paisagem e Território na Pan-Amazônia

Linha de Pesquisa: Paisagem, Meio Físico e Gestão Ambiental - PMG

Orientação: Prof. Dr. Eliomar Pereira da Silva Filho

Porto Velho, RO

2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

Fundação Universidade Federal de Rondônia

Gerada automaticamente mediante informações fornecidas pelo(a) autor(a)

B226e Barata, José Rafael Pimentel.

Estudo comparativo de um latossolo vermelho amarelo em área degradada na cidade de Porto Velho - RO / José Rafael Pimentel Barata. -- Porto Velho, RO, 2020.

186 f.

Orientador(a): Prof. Dr. Eliomar Pereira da Silva Filho

Dissertação (Mestrado em Geografia) - Fundação Universidade Federal de Rondônia

1.Degradação Ambiental do Solo. 2.Pedologia. 3.Geomorfologia. 4.Topografia. I. Filho, Eliomar Pereira da Silva. II. Título.

CDU 631.44:551

Bibliotecário(a) Luã Silva Mendonça CRB 11/905

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

ATA DE DISSERTAÇÃO

ATA DE DEFESA PÚBLICA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

JOSÉ RAFAEL PIMENTEL BARATA

A Banca de Defesa de Mestrado presidida pela Orientador e Presidente Professor Doutor **Eliomar Pereira da Silva Filho** e constituída pelos examinadores: Professora Doutora **Siane Cristhina Pedroso Guimarães** - Avaliadora interna/PPGG/UNIR e Professora Doutora **Ana Cristina Santos Strava Correa** - Avaliadora externa/Sistema de Proteção da Amazônia, Centro Regional de Porto Velho (SIPAM), reuniram-se em **03 de dezembro de 2020**, às **14:30**, através de **Videoconferência - Google Hangouts Meet** – Link: meet.google.com/owv-rwno-uvk?hs=122&authuser=1, para avaliar a dissertação de mestrado intitulada: ***"ESTUDO COMPARATIVO DE UM LATOSSOLO VERMELHO AMARELO EM ÁREA DEGRADADA NA CIDADE DE PORTO VELHO - RO"*** do pós-graduando **JOSÉ RAFAEL PIMENTEL BARATA - Matrícula 20181000958**. Após a explanação do pós-graduando e arguição pela Banca Examinadora, a referida **DISSERTAÇÃO** foi avaliada e de acordo com as normas estabelecidas pelo Regimento do Programa de Pós-Graduação em Geografia foi considerado APROVADO. O Candidato terá o prazo de até 90 dias para fazer as correções sugeridas pela banca e entregar as cópias definitivas de sua dissertação, sob pena de invalidação, pelo Colegiado, do processo de Defesa, conforme preceitua o § 3º do artigo 83 do Regimento Interno do PPGG, uma vez que o curso só finaliza com a entrega da Dissertação revisada e a comprovação do cumprimento dos demais créditos, conforme Regimento Interno.

Porto Velho-RO, 03 de dezembro de 2020.

Prof. Dr. Eliomar Pereira da Silva Filho
Orientador/Presidente

Profa. Dra. Siane Cristhina Pedroso Guimarães
Avaliadora interna/PPGG/UNIR

Profa. Dra. Ana Cristina Santos Strava Correa
Avaliadora externa/SIPAM

Documento assinado eletronicamente por **SIANE CRISTHINA PEDROSO GUIMARAES SILVA**, **Docente**, em 03/12/2020, às 17:27, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015.

Documento assinado eletronicamente por **ELIOMAR PEREIRA DA SILVA FILHO**, **Docente**, em 03/12/2020, às 17:39, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do Decreto nº 8.539, de 8

de outubro de 2015.

Documento assinado eletronicamente por **Ana Cristina Strava Correa**, **Usuário Externo**, em 28/12/2020, às 10:07, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015.

A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.unir.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0548352** e o código CRC **DAFEA118**.

Referência: Processo nº 23118.002438/2020-62 SEI nº 0548352

Criado por 65867785220, versão 3 por 22056483220 em 03/12/2020 17:27:16.

JOSÉ RAFAEL PIMENTEL BARATA

ESTUDO COMPARATIVO DE UM LATOSSOLO VERMELHO AMARELO EM ÁREA DEGRADADA NA CIDADE DE PORTO VELHO - RO

– PPGG da Universidade Federal de Rondônia – UNIR, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Geografia.

Área de Concentração: Paisagem e Território na Pan-Amazônia
Linha de Pesquisa: Paisagem, Meio Físico e Gestão Ambiental - PMG

_____

Prof. Titular. ELIOMAR PEREIRA DA SILVA FILHO
Orientação

_____

Prof.ª Dra. SIANE CRISTHINA PEDROSO GUIMARÃES SILVA
Avaliação interna

_____

Prof.ª Dra. ANA CRISTINA SANTOS STRAVA CORREA
Avaliação Externa

Porto Velho, 07 de dezembro de 2020

DEDICATÓRIA

Aqueles que me ensinaram a importância de viver, meus pais. Aqueles que me lembram do porquê e para que viver, minha irmã/sobrinha e meus filhos amados. E para aquela que me faz querer viver, Laura.

EPÍGRAFE

Tempo Destino

Nilson Chaves

Há entre o tempo e o destino
Um caso antigo, um elo, um par
Que pode acontecer, menino,
Se o tempo não passar?
Feito essas águas que subindo
Forçaram a gente a se mudar
Que pode acontecer, meu lindo
Se o tempo não passar?
O tempo é que me deu amigos
E esse amor que não me sai
Que doura os campos de trigo
E os cabelos de meu pai
Faz rebentar paixões
Depois se nega às criações
E assim mantém a vida
(que acontecerá aos corações
Se o tempo não passar?)
Não mato o meu amor, no fundo,
Porque tenho amizade nele
Que já faz parte do meu mundo
Do tempo entre eu e ele.

AGRADECIMENTOS

Agradecimento especial à CAPES pelo auxílio financeiro;

Ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, por todo apoio e estrutura e ao corpo docente.

Ao meu orientador prof. Dr. Eliomar Pereira da Silva Filho por todos os ensinamentos ao longo dessa caminhada, pelas reflexões dentro do contexto geográfico e da vida.

Ao LABCART, pelos ensinamentos, discussões, discordâncias e cumplicidade, que tanto contribuiu para a elaboração e amadurecimento deste trabalho, nas pessoas da Laura, Salem, Izabel, Thiago, Giovanni, Katarina, João, Laís e Denis. Em especial a Laura e ao Salem (a Leia também) pelos campos, risadas e dedicação porque sem vocês este momento não teria sido possível. Às profs. Dra. Siane Cristhina Pedroso Guimarães Silva e Dra. Eloiza Elena Della Justina por todas as dicas e ensinamentos, que tanto me motivaram e inspiraram.

A todos os meus colegas de turma pela força, apoio e solicitude dedicada a mim nesses anos.

A meus amigos queridos, que todos se sintam abraçados e representados neste momento, amo vocês.

Ao meu pai por sempre acreditar em mim e a minha mãe por ser o meu farol, me indicando o caminho para o porto. A minha maninha Rafaela, por ser uma constate fonte de inspiração. E ao meu cunhado por ser um grande irmão que a vida me presenteou.

Aos meus sogros Rita e Carlos, e minhas cunhadas por todo apoio e incentivo.

Um especial agradecimento aos meus filhos Flávia e João por toda a paciência e amor. E, claro, ao meu filho Pietro que me ajudou em todos os momentos, sentado em meu colo, me fazendo lembrar que o tempo é implacável, inexorável e que de modo peremptório se esvai sempre, sua presença me faz querer ser o meu melhor o tempo todo.

Por fim a minha amada companheira, que foi minha maior motivadora. Quero agradecer por todas as noites acordadas lendo por cima dos meus ombros este trabalho.

BARATA, José Rafael Pimentel. Estudo comparativo de um latossolo vermelho amarelo em área degradada na cidade de Porto Velho – RO, Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geografia – Universidade Federal de Rondônia – UNIR, Porto Velho, RO, 2020. 186 p.

RESUMO

Este trabalho tem como foco principal avaliar a degradação ambiental do solo devido à perda da qualidade física, através da avaliação de alguns indicadores físicos do solo, correlacionados por meio da estatística descritiva e modelagem da superfície por interpolação dos dados analisados. Isso se deu pela comparação entre duas áreas distintas, localizadas na Gleba Candeias, na Chácara Macadâmia, na cidade de Porto Velho. A primeira área é uma antiga pastagem, que não apresenta mais a composição botânica, características de pastagem, ou seja, sem a presença de capim e leguminosas forrageiras. A segunda área é representada por uma capoeira, resultante da recuperação parcial do local, composta de árvores arbustivas e coqueiros. As áreas de estudo apresentam características de solos adensados/compactados sobre uma superfície topográfica que tem influência sobre os índices analisados. A avaliação dos indicadores demonstrou graus de degradação similares em ambas as áreas. A metodologia aplicada na elaboração do mapa diagnóstico pelo método IDW é uma forma de análise de baixo custo, e em áreas pequenas pode indicar uma maior acurácia no diagnóstico ambiental.

Palavras-chaves: Degradação Ambiental do solo, Pedologia, Geomorfologia, Topografia.

BARATA, José Rafael Pimentel. Comparative study of a red-yellow latosol in a degraded area in the city of Porto Velho - RO, Master's Dissertation, Graduate Program in Geography - Federal University of Rondonia - UNIR, Porto Velho, RO, 2020. 186 p.

ABSTRACT

This work has a main focus to evaluate the environmental degradation of the soil due to the loss of physical quality, through the evaluation of some physical indicators of the soil, correlated by means of descriptive statistics and modeling of the surface by interpolation of the analyzed data. This was due to the comparison between two different areas, located in Gleba Candeias, in Chácara Macadâmia, in the city of Porto Velho. The first area is an old pasture, which no longer has the botanical composition, pasture characteristics, that is, without the presence of grass and forage legumes. The second area represented by a capoeira, resulting from the partial recovery of the site, made up of shrub and coconut trees. The study areas present characteristics of compacted soils on a topographic surface that has an influence on the analyzed indexes. The evaluation of the indicators showed similar degrees of degradation in both areas. The methodology applied in the elaboration of the diagnostic map by the IDW method is a low-cost form of analysis, and in small areas, it may indicate greater accuracy in the environmental diagnosis.

Keywords: Environmental degradation of the soil, Pedology, Geomorphology, Topography.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de Localização da Área de Estudo 22
Figura 2 Mapa da Bacia Hidrográfica do Igarapé Bate-Estaca, adaptado de Felisberto (2013). 25
Figura 3 Mapa das unidades Geológicas da área de estudo 27
Figura 4: Mapa altimétrico da área de estudo. 30
Figura 5: Mapa Pedológico da Bacia Hidrográfica do Igarapé Bate-Estaca 32
Figura 6 Mapa de Uso E Ocupação do Solo da Bacia Hidrográfica do Igarapé Bate-Estaca 35
Figura 7: Mapa de Uso E Ocupação do Solo da Bacia Hidrográfica do Igarapé Bate-Estaca 37
Figura 8 Diagrama de retroalimentação positiva do solo. 46
Figura 9 Interseção entre a matéria orgânica e os processos no solo 47
Figura 10 Fluxograma das atividades. 51
Figura 11 Esquema da malha amostral de coleta de solo em campo 53
Figura 12 Esquema de funcionamento do permeâmetro de Guelph 60
Figura 13 - Área de Antiga Pastagem. 74
Figura 14 Mapa Topográfico da Área de Antiga Pastagem. 75
Figura 15 Área de Vegetação em Regeneração, capoeira 76
Figura 16 Mapa Topográfico da Área de Vegetação em Regeneração (Capoeira) 78
Figura 17 Macroestrutura do solo na área de antiga pastagem, a esquerda estrutura da camada 0 - 20 cm, no meio a estrutura da camada 21 - 40 cm, e a direita a estrutura da camada 41 - 60 cm. 80
Figura 18; A imagem esta evidenciando os horizonte do solo encontrados na trincheira na area de antiga pastagem. 81
Figura 19 - Macroestrutura do solo na área de capoeira, a esquerda estrutura da camada 0 - 20 cm, no meio a estrutura da camada 21 - 40 cm, e a direita a estrutura da camada 41 - 60 cm. 82
Figura 20 A imagem está evidenciando os horizonte do solo encontrados na trincheira na area de Capoeira. 83

Figura 21 Desenho do perfil estratigrafico da área de antiga pastagem, e gráfrico 1. 85
Figura 22 Desenho do perfil estratigrafico da área de Capoeira, e gráfrico 2. . 87
Figura 23: Distribuição da fração areia na área de antiga pastagem. 89
Figura 24: Distribuição da fração areia na área de Capoeira. 91
Figura 25 Mapa de densidade do solo – Antiga Pastagem. 98
Figura 26 Mapa de densidade da área de Antiga Pastagem..... 101
Figura 27 Mapa de densidade da área de Capoeira. 104
Figura 28 Mapa de densidade da área de Capoeira. 107
Figura 29 Mapa de índice de porosidade da área de Antiga Pastagem. 111
Figura 30 Mapa de porosidade da área de Antiga Pastagem. 114
Figura 31 Mapa de porosidade da área de Capoeira. 117
Figura 32 Mapa do Índice de Porosidade. 120
Figura 33 Mapa de RSP área de Antiga Pastagem. 124
Figura 34 Mapa de RSP na área de antiga pastagem. 127
Figura 35 Mapa de RSP da área de Capoeira. 130
Figura 36 Mapa de RSP da área de Capoeira. 133
Figura 37 Mapa de Matéria Organica da área da Antiga Pastagem. 136
Figura 38 Mapa do Teor de Matéria Orgânica da Área de antiga pastagem.. 139
Figura 39 Mapa de teor de Matéria Orgânica da área de Capoeira. 142
Figura 40 Mapa de Teor de Matéria Orgânica da área de Capoeira 145
Figura 41 Mapa diagnóstico Ambiental da área de antiga pastagem 159
Figura 42 Mapa de Diagnóstico Ambiental da area de Capoeira 162
Figura 43: Mapa de Degradação Ambiental da Àrea de Antiga Pastagem. ... 164
Figura 44: Mapa de Degradação Ambiental da Àrea Capoeira. 166

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Distribuição granulométrica da fração de areias, na área de antiga pastagem..... 89
Gráfico 2: Distribuição granulométrica da fração de areias, na área de capoeira 90
Gráfico 3 Densidade - Antiga Pastagem. 97
Gráfico 4 Densidade da área de Antiga Pastagem. 100
Gráfico 5 Densidade da área de Capoeira. 103
Gráfico 6 Densidade da área de Capoeira. 106
Gráfico 7 Porosidade da área de antiga pastagem. 110
Gráfico 8 Porosidade da área de Antiga Pastagem. 113
Gráfico 9 Porosidade da área de Capoeira. 116
Gráfico 10 Porosidade da área..... 119
Gráfico 11 Resistencia do Solo à Penetração. 122
Gráfico 12 RSP da área de Capoeira. 126
Gráfico 13 RSP da área de Capoeira. 129
Gráfico 14 RSP da área de Capoeira. 132
Gráfico 15 Matéria Orgânica da área da pastagem. 135
Gráfico 16 Matéria orgânica da área de antiga pastagem. 138
Gráfico 17 Matéria Orgânica da área de Capoeira. 141
Gráfico 18 Matéria orgânica da área de Capoeira. 144
Gráfico 19 Demonstrativo da relaçao entre a Taxa de infiltração x tempo 146
Gráfico 20 Demonstrativo da relaçao entre a Taxa de infiltração x tempo 148
Gráfico 21 Demonstrativo da relação entre a Resistencia Média do solo a penetraçao x Profundidade. 151
Gráfico 22 Demonstrativo da relação entre a Resistencia Média do solo a penetraçao x Profundidade. 153

Retire as palavras ‘gráfico’ que aparecem duplicadas

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 Cronograma de execução do projeto 56
Quadro 2 Indicadores Ambientais. 71
Quadro 3 Valores de referências do Potássio do solo segundo Silva Filho (2009) 95
Quadro 4 Valores comparativos. 96
Quadro 5 Valores comparativos. 99
Quadro 6 Quadro de valores comparativos. 102
Quadro 7 Quadro de valores comparativos. 105
Quadro 8 Quadro de valores comparativos. 109
Quadro 9 Quadro de valores comparativos. 112
Quadro 10 Quadro de Valores comparativos da área de Capoeira. 115
Quadro 11 Quadro de valores comparativos. 118
Quadro 12 Resultados do Teste de Tukey da área de antiga pastagem, camada 0-20: 122
Quadro 13 Resultados do Teste de Tukey da área de antiga pastagem. 125
Quadro 14 Resultados do Teste de Tukey da área de Capoeira. 128
Quadro 15 Resultado do teste de Tukey da área de Capoeira 131
Quadro 16 Resultados do Teste de Tukey da área de Antiga Pastagem. 135
Quadro 17 Resultados do Teste de Tukey da área de Antiga Pastagem. 137
Quadro 18 Resultados do Teste de Tukey da área de Capoeira. 140
Quadro 19 Resultados do Teste de Tukey da área de Capoeira. 143

SUMÁRIO

RESUMO 9
INTRODUÇÃO 17
CAPITULO 1- 20
Objetivos 20
Geral 20
Específicos 20
Localização 21
1.1 CARACTERIZAÇÃO FISIOGRÁFICA DA ÁREA DE ESTUDO 23
1.1.1 Característica da bacia hidrográfica do igarapé Bate-Estaca. 23
1.2 Geologia. 26
1.3 Geomorfologia. 28
1.4 Solo. 31
1.5 Uso e Ocupação do Solo na bacia hidrográfica do igarapé Bate-Estaca 33
Capitulo 2 41
2. REFERENCIAL TEÓRICO 41
2.1 Abordagem acerca dos latossolos. 41
2.2 Qualidade do solo, conceitos e relações. 42
2.3 A importância da taxa de matéria orgânica no solo 45
2.4 Coleta de Dados e Posicionamento para Base Cartográfica. 48
CAPITULO 3 51
3. METODOLOGIA 51
3.1. Campo 52
3.1.1 Delimitação. 53
3.1.2 Altimetria. 54
3.1.3 Coleta de amostras em campo. 56
3.1.4 Descrição morfológica de solo 57
3.1.5 Velocidade de infiltração básica do solo – VIB 58
3.1.6 Resistência do solo a penetração – RSP. 60
3.2 LABORATÓRIO 61
3.2.1 Densidade aparente do solo 62
3.2.2 Porosidade Total 63
3.2.3 Umidade 63
3.2.4 Matéria orgânica - M.O. 63
3.2.5 Granulometria 64
3.2.6 Análises químicas do solo 65
3.2.7 Determinação do pH em água 66

3.2.8 Determinação dos teores de potássio (k) e fosforo (p) 66
3.2.9 Determinação dos teores alumínio (al3+), cálcio (ca2+) e magnésio (mg2+) trocáveis 66
3.2.10 Acidez potencial do solo 66
3.2.12 Determinação da matéria orgânica – MO. 67
3.3 Análises dos dados 69
3.3.1 Estatística Descritiva. 69
3.3.2 Mapa de Diagnostico Ambiental. 70
Capitulo 4 72
RESULTADOS E DISCUSSÕES 72
4.1 Topografia da Área de Estudo 72
4.2 Descrição Morfológica do solo 79
4.2.1 Área de antiga Pastagem 79
4.2.2 Área de Vegetação em recuperação (Capoeira) 81
4.3 Composição granulométrica dos solos analisados 83
4.4 Interpretação da Análise Química 91
4.5 Avaliação dos Parâmetros Físicos do Solo 96
4.5.1 Densidade 96
4.6.2 Porosidade 109
4.6.3 Resistência do Solo a Penetração 121
4.6.4 Matéria Orgânica 134
4.6.5 Velocidade de infiltração básica do solo – VIB 146
4.7 Relação entre os dados analisados. 148
4.8 Mapa de Diagnóstico Ambiental 156
Considerações Finais 168
Referências BIBLIOGRÁFICAS 169
APÊNDICE 181

INTRODUÇÃO

A degradação do solo se dá principalmente por intermédio de ações antrópicas, sendo a agricultura e a pecuária as principais responsáveis. Ao mesmo tempo em que o solo é o componente que viabiliza essas cadeias produtivas, tornando a conservação da qualidade do solo essenciais para a produção agrícola, Jakelatis (2008).

A cidade de Porto Velho passou por diversos períodos de focos de migração principalmente a partir da década de 1960. Entre as décadas de 1980 e 2010, houveram três boons de crescimento populacional, relacionados a exploração mineral e a construção das usinas hidrelétricas do rio Madeira.

Essa expansão urbana desordenada acarretou em diversos problemas nas bacias hidrográficas urbanas da cidade, tais como a ocupação sem planejamento de áreas de APP's, assoreamentos e barramentos dos cursos d'água, lançamento de efluentes domésticos e industriais e a deposição indevida de resíduos sólidos a longo de curso, e isso associado ao uso e ocupação do solo sem planejamento e manejo adequado.

A degradação ambiental pode ser dividida em duas grandes áreas: rurais e urbanas. Cunha & Guerra (1996) ponderam sobre as causas da degradação:

> "Nas primeiras, o mal uso da terra, aliado à mecanização intensa e à monocultura, podem provocar erosão laminar, ravinas e voçorocas. A concentração das chuvas, os elevados teores de silte e areias finas, os baixos teores de matéria orgânica e a elevada densidade aparente contribuem, sem dúvidas, para o aumento da degradação nessas áreas. Nas áreas urbanas, o descalçamento e o corte das encostas, feita pela construção de casas, por populações de baixa ou alta renda, tem provocado o desencadeamento de uma série de problemas ambientais.". Cunha & Guerra (1996, p. 347).

Então podemos dizer que conceitualmente entende-se, por degradação ambiental toda a alteração química, física e ou biológica no meio ambiente, sendo comumente resultado de ações antrópicas. As degradações ambientais

acarretam a perda da biodiversidade, queda na qualidade do solo e por fim, a perda da capacidade de resiliência do solo, Pereira (2017).

Dentro deste contexto esse trabalho tem como foco principal avaliar a degradação ambiental do solo devido à perda da qualidade física, através da avaliação de alguns indicadores físicos do solo.

A pesquisa se objetiva na comparação entre duas áreas, a primeira é uma antiga pastagem e a segunda uma área de capoeira relacionando a influência da micro topografia e da matéria orgânica. Essa ideia corrobora com Mea (2005) que conceitua a qualidade física do solo engloba o conhecimento acerca das propriedades e processos relacionados à aptidão do solo em manter suas características ambientais e funções ecossistêmicas essenciais à saúde do ecossistema.

Autores como Stefanoski et.al. (2013) pondera que a análise se dá por meio de indicadores físicos da qualidade da estrutura do solo. Já Singer & Ewing (2000) avalia que os indicadores de qualidade física do solo mais utilizados são: a profundidade do enraizamento, porosidade total, a distribuição e tamanho dos poros, a densidade de partículas e resistência do solo à penetração, intervalo hídrico ótimo, índice de compressão e estabilidade dos agregados.

Porém, Santos et al. (2011) destaca que além desses indicadores há formas de avaliação que são mais simples e rápidas, tais como: a curva de retenção de água do solo, a condutividade hidráulica, o ponto de inflexão e as características de retenção de água do solo.

Como pode-se ver não existe um consenso sobre quais os melhores indicadores para a qualidade física do solo. Para essa pesquisa foram utilizados: Densidade Aparente do Solo, Porosidade Total, Resistência do Solo a Penetração e Matéria Orgânica. Esses índices foram descritos e mapeadas, quanto as características topográficas das áreas de pesquisa por meio de levantamento de campo, georefenciando as áreas e os pontos amostrais. Relacionando as variáveis estudadas por meio de estatística descritiva e modelando as superfícies de tendência por meio de interpolação das variáveis, e por fim elaborando um mapa diagnóstico de qualidade do solo, através identificadores analisados, por meio do método de interpolação IDW.

Desta forma estudos que avaliam os efeitos da ação antrópica sobre as sobre as propriedades e características dos solos são importantes para a compreensão da degradação do solo. Esses temas serão abordados ao longo deste trabalho para avaliar a degradação ambiental do solo, decorrente da perda da qualidade física do mesmo em uma área de antiga pastagem, comparando com os índices do solo de uma área de capoeira, relacionando-os com a influência da micro topografia e da matéria orgânica.

Para isto, esta pesquisa está estruturada e ordenados da seguinte maneira:

O Capítulo 1 é composto pela introdução, objetivo e localização da área de pesquisa.

O Capítulo 2 apresenta um referencial teórico que aborda uma breve caracterização acerca dos latossolos, alguns conceitos de qualidade do solo, e também é demonstrado como a matéria orgânica influencia na qualidade dos solos, e finalizamos a revisão bibliográfica mostrando os principais conceitos da topografia aplicada a SIG (sistema de informação geográfica).

O Capítulo 3 abordará as metodologias utilizadas para a realização das análises, a elaboração dos mapas e as correlações estatísticas e geoestatística. Métodos que visam mostrar a relação da paisagem e a influência antrópica na diminuição da qualidade do solo e por consequência a degradação do solo.

No capítulo 4 são apresentados os resultados da relação da topografia local com os índices físicos dos solos analisados e, a partir desta apresentação, discutiremos o que concerne a perda da qualidade do solo devido à ação humana, fazendo um paralelo entre uma área de capoeira com uma área de antiga pastagem.

CAPITULO 1-

OBJETIVOS

Geral

Avaliar a degradação ambiental do solo, decorrente da perda de sua qualidade física em uma área de antiga pastagem, comparando com os índices do solo de uma área de capoeira (área de mata em regeneração) e relacionando com a influência da micro topografia e da matéria orgânica.

Específicos

- ✓ Representar o relevo das áreas amostrais, através de plantas com base no levantamento topográfico, georreferenciando os pontos amostrais;
- ✓ Avaliar as relações entre as variáveis estudadas por meio de estatística descritiva e modelando as superfícies de tendência por meio de interpolação das variáveis: Densidade Aparente do Solo, Porosidade Total, Resistência do Solo a Penetração e Matéria Orgânica
- ✓ Elaborar um mapa Diagnóstico de qualidade do solo, através identificadores analisados.

LOCALIZAÇÃO

A área de estudo fica localizada ao sul da malha urbana da cidade de Porto Velho, nas proximidades da estrada da “Coca-Cola”, uma região rural onde predominam pequenas chácaras, situada na bacia hidrográfica do Igarapé Bate-Estaca, entre os paralelos 8º 47’ 05” e 8º 51’53” latitude sul e meridianos 63º 55’38” e 63º 49’ 22” longitude oeste.

A pesquisa foi realizada no loteamento Terra Nova, na Gleba Candeias, na Chácara Macadâmia, lote 19, quadra 5, que está localizada no paralelo 8º 50’ 20” latitude sul e o meridiano 63º 53’51” longitude oeste. A pesquisa se deu em duas áreas uma antiga pastagem e um área de capoeira. A primeira de localização, 8° 50’27” latitude sul e 63°53'58” longitude oeste, e a área de capoeira se localiza nas coordenadas 8°50'29” latitude sul e 63°53'54” longitude oeste, conforme figura 1.

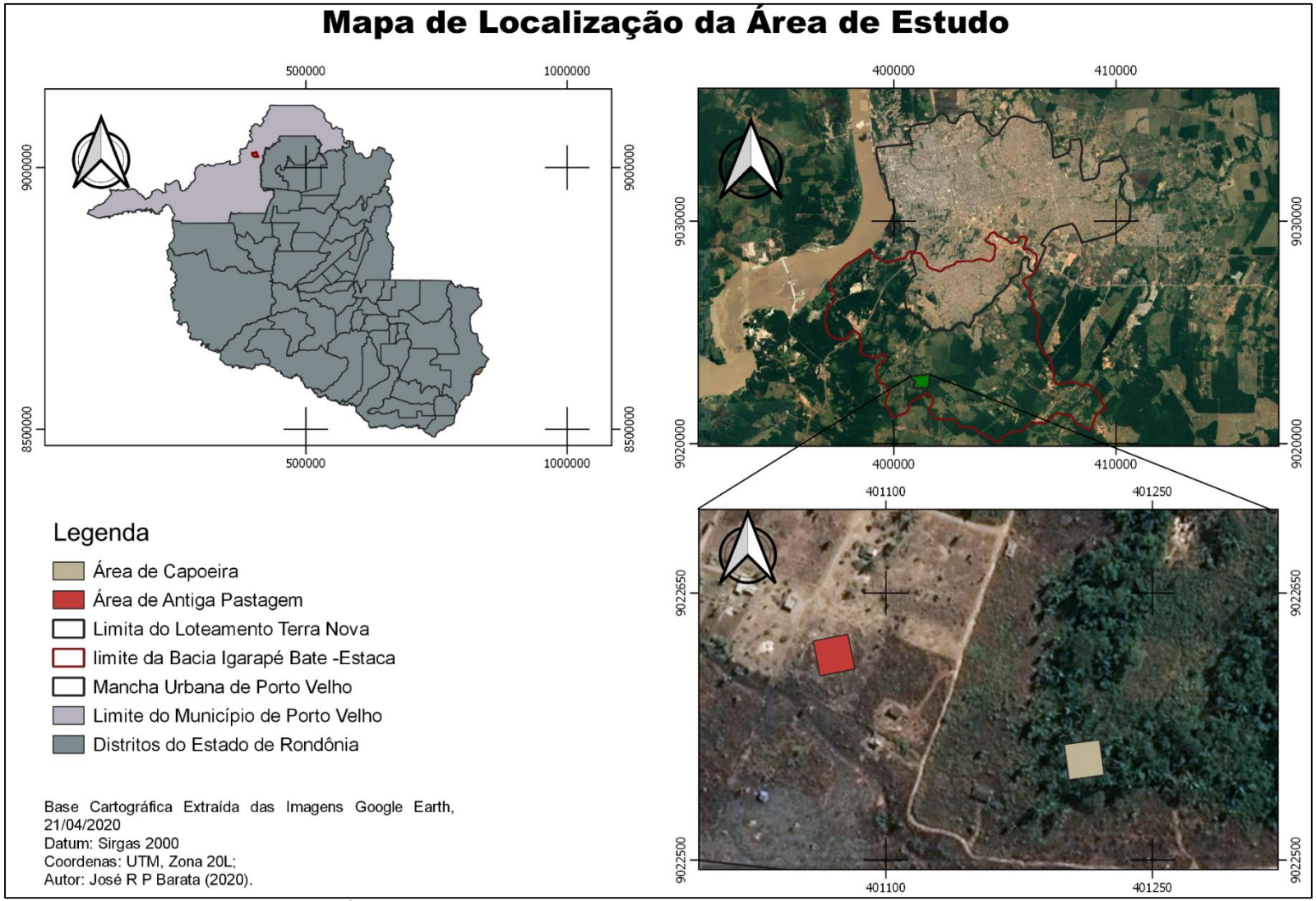

Figura 1: Mapa de Localização da Área de Estudo

1.1 CARACTERIZAÇÃO FISIOGRÁFICA DA ÁREA DE ESTUDO

1.1.1 Característica da bacia hidrográfica do igarapé Bate-Estaca.

A área de estudo está situada na bacia hidrográfica do Igarapé Bate-Estaca, que possui uma área 65,652 km²; o comprimento linear do canal principal é 21,56 Km e o comprimento do talvegue é de 11,97 km, medidos em linha reta do ponto inicial e final do curso d'água principal, com uma declividade média de 0,58%.[1]

A região da bacia hidrográfica do igarapé Bate-Estaca possui mais de um padrão típico de rede de drenagem: o radial centrifugo[2] e o dentrítico[3]. O primeiro encontra-se sobre a suíte intrusiva de Santo Antônio, o padrão radial centrifugo com direção divergente, são relacionados a área de relevo dômicas, vulcânicas ou relevos residuais, Howard (1967) e Cunha (1994).

O relevo dômicos[4] é responsável pelo controle da rede de fluxo da drenagem de diversas bacias hidrográficas, tais como o igarapé Bate-Estaca, Igarapé Mato Grosso, o igarapé da Princesa, mas seu principal curso d'água é o rio das Garças, com orientação NW-SE desaguando no Rio Candeias.

---

[1] Informações extraída pelo o autor, com base no mapa hidrográfico.

[2] Padrão de drenagem radial, segundo Christofoletti (1980): São redes de drenagem que podem se desenvolver sobre os mais diversos embasamentos e estruturas rochosas. Tem como característica a composição de correntes fluviais que se apresentam dispostas como os raios de uma roda em relação ao centro. Podem ter duas configurações: radial centrífuga, que divergem a partir de um ponto ou área mais elevada. E radial centrípeta, convergem para um ponto ou área central, localizado em um ponto topograficamente mais baixo.

[3] Padrão de drenagem Dentrítico, também chamado de arborescente, devido a sua semelhança com uma árvore onde seus canais de ordem menores se assemelham a galhos de árvores. Desenvolvem-se sobre rocha resistentes e uniformes ou sobre rocha estratificadas horizontalmente.

[4] Os relevos dômicos são resultantes de atividades intrusivos, sendo melhores visualizados em embasamentos sedimentares, onde o arqueamento é mais saliente. A forma e dimensão do domo é controlada pela relação entre o tamanho/volume e pelo tipo da intrusão que podem ser concordantes com os estratos ou não. Sendo essas intrusões resultados diretos ou indiretos de movimentações tectônicas, em geral em cinturões orogênicos ou tafrogênicos, Salamuni (2020). Segundo Howard (1967) padrões de drenagem radiais centrífugos estão associados a regiões de relevo dômico, Vulcânicos ou de relevos residuais.

Nessa feição dômica os cursos d’água irradiam-se de forma divergentes entre si, não ocorrendo a união entre os cursos d’água em função da declividade do terreno que direciona os cursos em direção aos rios Madeira e Candeias.

O Igarapé Bate-Estaca possui o padrão de drenagem classificado como sub-dentritico com orientação SE-NW, sendo mais um tributário do Rio Madeira. Possui uma variação altimétrica da ordem de 70 m, sendo a maior altitude 128 m nas nascentes do igarapé, que se encontra na porção SW e SE da bacia hidrográfica. Essa região apresenta um maior distanciamento interfluvial e entalhamento dos Vales. E a menor cota, 58 m, encontra-se na foz do Igarapé que deságua no Rio Madeira. A área de estudo se localiza no sopé da encosta, próximo a uma das nascentes tributárias do Igarapé. Conforme pode ser visualizado na figura 2

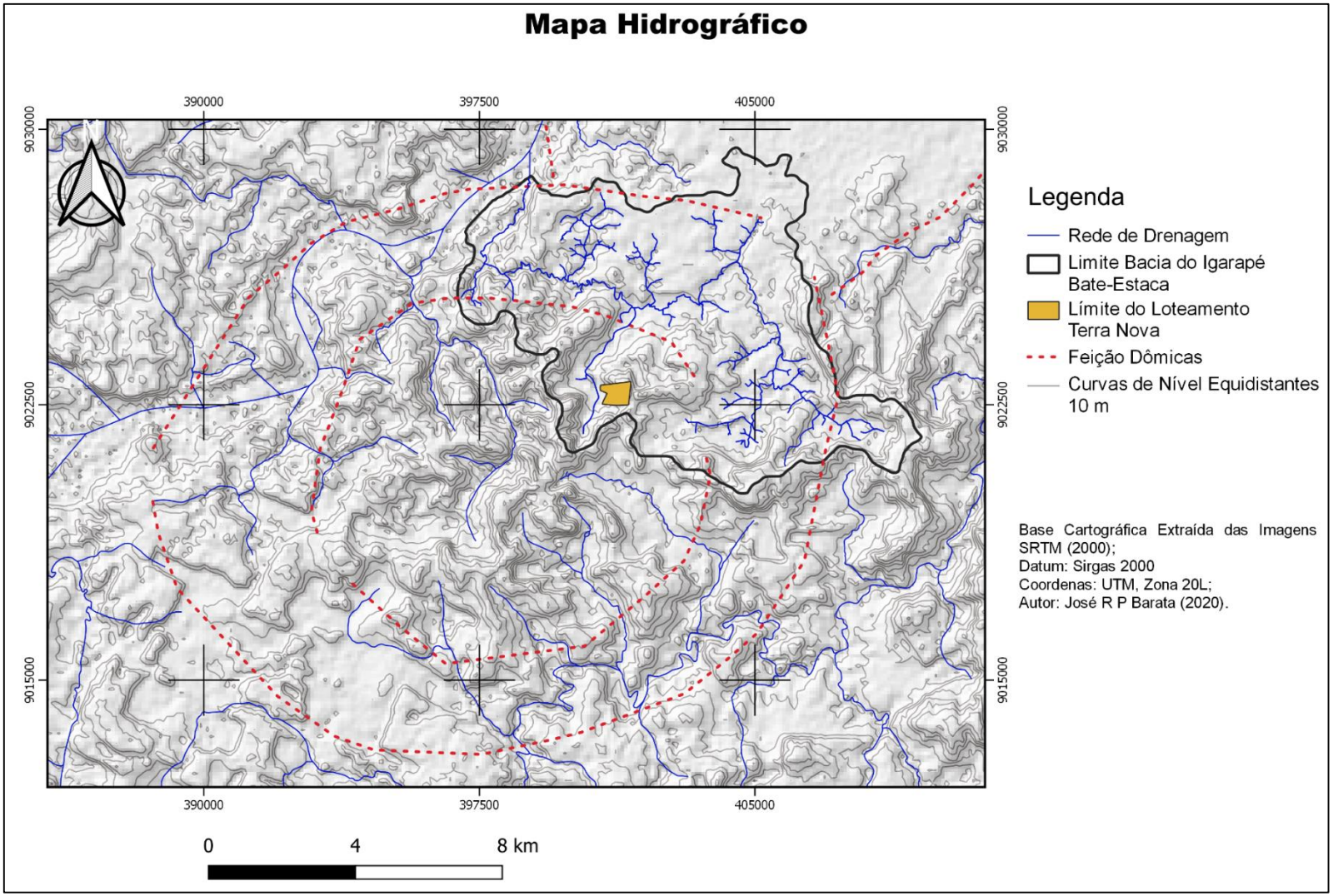

Figura 2 Mapa da Bacia Hidrográfica do Igarapé Bate-Estaca, adaptado de Felisberto (2013).

1.2 Geologia.

A estratigrafia da cidade de Porto Velho está situada sobre os embasamentos rochosos do complexo Jamari. O complexo Jamari é formado por rochas metamórficas, comuns a todo o estado de Rondônia, como: granitoides folheados, gnaisses, migmatítos, anfibolitos, granulitos, Isotta et al. (1978); Quadros (2007).

Segundo CPRM[5] (1990, p. 66) complexo Jamari é um complexo cristalino sotoposto a toda a região da cidade de Porto Velho, com exposição pronunciada no leito do Rio Madeira em seu curso médio e baixo, porém não apresenta afloramento acima da calha do rio, dificultando, dessa forma, o reconhecimento dos contatos geológicos com outro embasamento rochosos. A área de estudo se situa em uma zona de contato geológico entre as suítes intrusivas de Santo Antônio e a da Serra da Providência. Conforme pode ser analisado na figura 3.

[5] Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM)

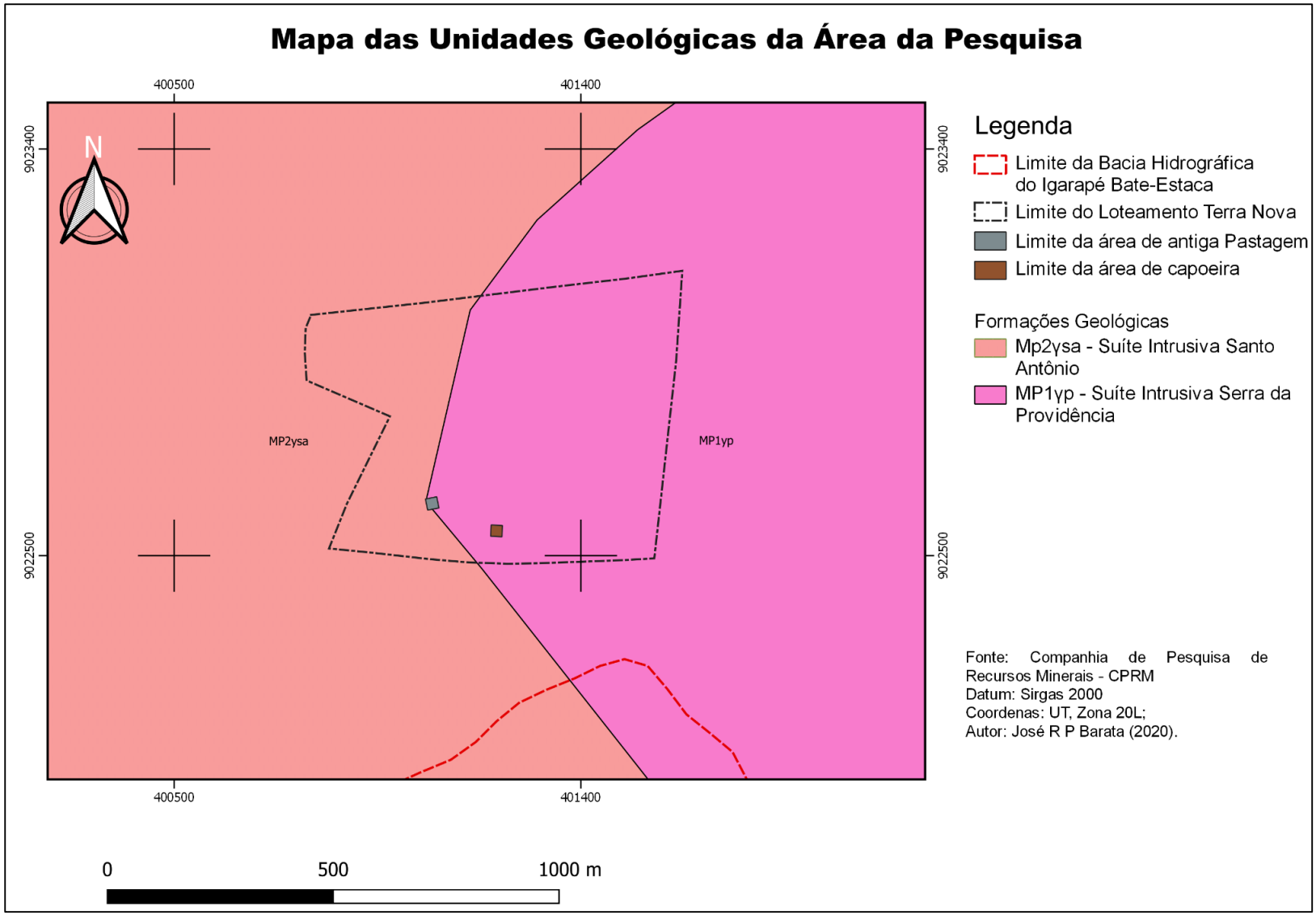

Figura 3 Mapa das unidades Geológicas da área de estudo

A suíte intrusiva de Santo Antônio, composta por biotita monzogranito, sieno granito com textura rapakivi e anti-rapakivi, quartzo monzonito, pegmatito e aplito subordinados e diques de diabásio contemporâneos (CPRM, 2012a). Segundo a CPRM Op. cit. a suíte intrusiva de Santo Antônio é do período Ectasiano do mesoproterozóico (1358-1406).

A suíte Intrusiva Serra da Providência encontra-se a sudeste da cidade de Porto Velho, estendendo-se até o município de Cadeias do Jamari com discretas ocorrências nas margens do médio curso do rio Madeira (TASSINARI et al., 2004; DELLA JUSTINA, 2009; CPRM, 2007).

Composta por granitóides pós-orogênicos a anorogênicos, que são granitos rapakivi (anfibólio-biotita monzogranito, biotita sienogranito) xenólitos de ortognaises tonalíticos do complexo Jamari (CPRM, 2012).

1.3 Geomorfologia.

O relevo do estado de Rondônia foi formado a partir do soerguimento do Escudo Sul-Amazônico durante o período jurocretácico, associado à Reativação Wealdeniana que afetou toda a Plataforma Sul-Americana (ALMEIDA, 1967) apud Adamy (2010). Segundo Adamy (2010) ao longo do Terciário Superior e Quaternário houve uma longa fase de baixa atividade tectônica com intensa atividade erosiva, permitindo modelagem do relevo de forma aplainada bem desenvolvida e espraiada.

Para o autor op. Cit. a configuração do relevo se adequa ao da teoria da etchplanação que afirma que o aplanamento da paisagem se dá de forma vertical por meio do intemperismo, e da ação dos agentes exumadores do relevo durante a evolução epirogênica da plataforma (Silva, 2012).

A cidade de Porto Velho encontra-se sobre a unidade geomorfológica do Tabuleiros da Amazônia Centro Ocidental, Adamy (2010), anteriormente conhecido como o Planalto Rebaixado da Amazônia Ocidental, conforme DNPM (1978).

A bacia hidrográfica do igarapé Bate-Estaca situa-se ao sul da malha urbana de Porto Velho, sobreposta pela formação da Cobertura Sedimentar Indiferenciada e as suítes intrusivas de Santo Antônio e da Serra da Providência, região caracterizada por apresentar tabuleiros de baixa amplitude; em algumas regiões aparecem colinas e morros dissecados de topo planos. Herrera (2016, p. 35) associa essas formações às crostas lateríticas, que ocorrem predominantemente entre as cotas 120 e 150, podendo ocorrer também entre as elevações 180 e 204, em regiões de declividade inferiores a 2% e densidade de drenagem muito baixa.

Segundo Rondônia (2002) a bacia hidrográfica do Igarapé Bate-Estaca é pertencente ao modelado denudacional ou de dissecação que controla paisagem de acordo com a superfície topográfica local, variando entre as cotas 80 e 204 m.

A área de estudo possui altitude variando entre as cotas 87 e 95 m, com uma declividade alternando entre suavemente ondulada e ondulada (2º e 15º respectivamente), com um relevo bem dissecado com a presença de um morro residual com topo mamelonar, conforme figura 4.

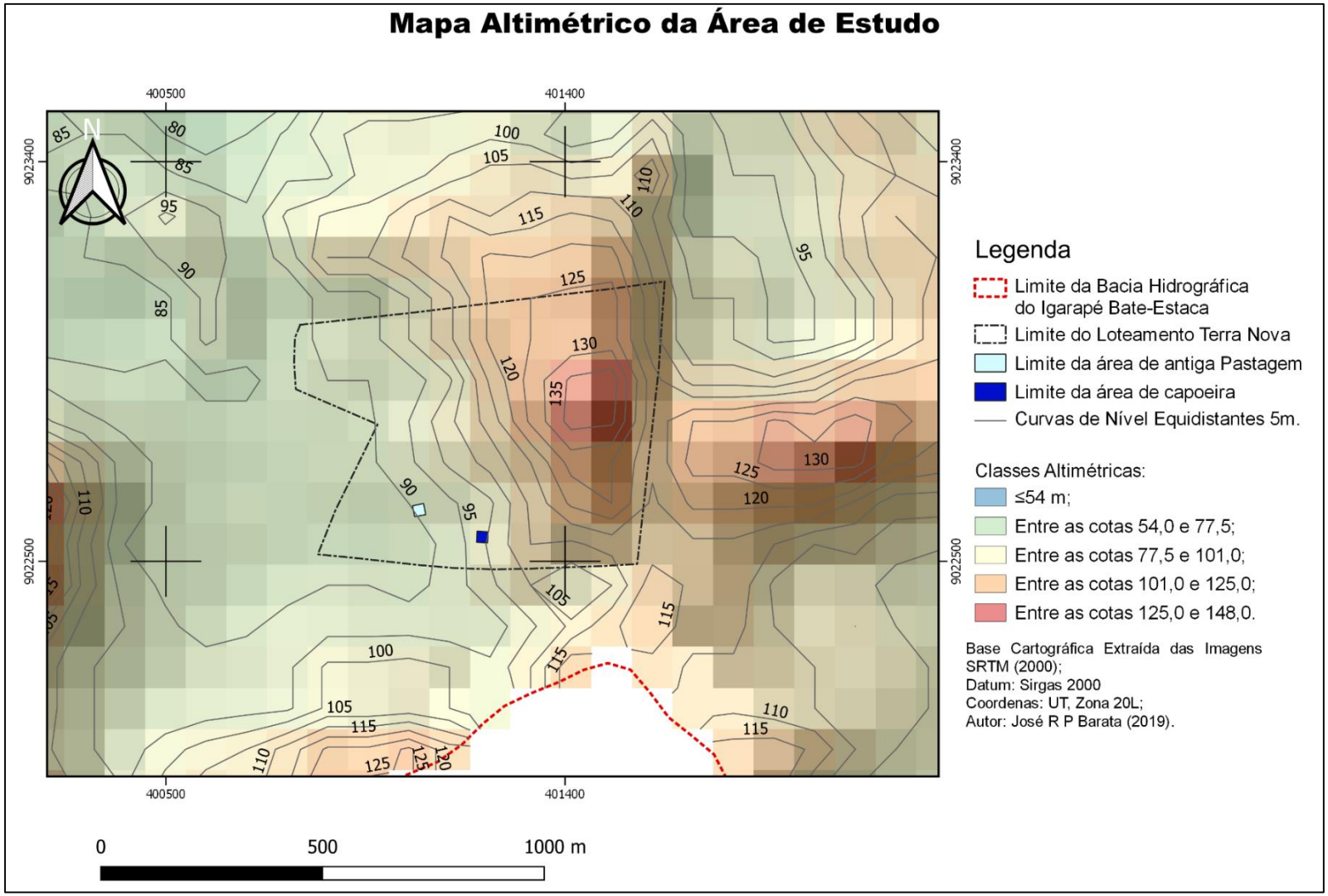

Figura 4: Mapa altimétrico da área de estudo.

1.4 Solo.

A cidade de Porto Velho tem a formação dos seus solos influenciada por duas condicionantes. A dinâmica fluvial do Rio Madeira, que com sua variação de níveis d'água e carga de sedimento, é responsável pela formação de solos jovens, por meio das deposições sedimentares a partir do quaternário.

Os solos formados em regiões de terra alta têm sua gênese composta por processos mais complexos de intemperismos, influenciado por alterações climáticas nos últimos 15.000 anos, e são resultantes das alternâncias climáticas interglaciais e glaciais. Desses processos derivaram em uma paisagem de relevos dissecados a partir do terciário até o presente, apresentando morrotes residuais em geral com topos aplainados ou mamelonares, e solos bem drenados, profundos e intemperizados como é o caso do latossolo presente na área de estudo.

Os Latossolos da cidade de Porto Velho são o latossolo vermelho-amarelo distrófico, bem drenados com declividades variando de 0 a 2%, de textura argilosa e distrófico. E o latossolo vermelho amarelo distrófico, bem drenados com declividades variando de 2 a 8%, de textura franco argilosa e distrófico, Rondônia (2002), esta classe de latossolo é a que está presente na área de estudo conforme figura 5.

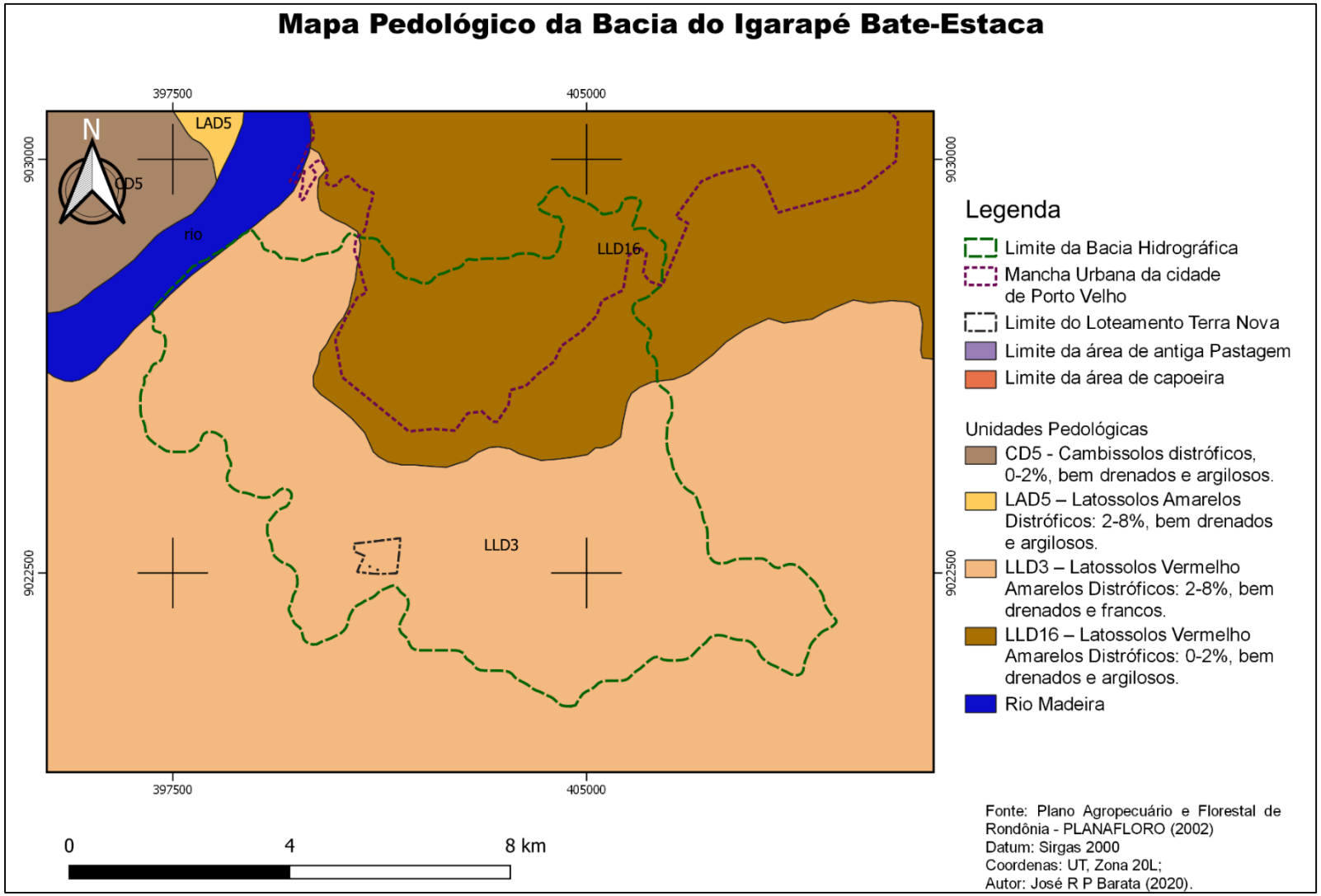

Figura 5: Mapa Pedológico da Bacia Hidrográfica do Igarapé Bate-Estaca

1.5 Uso e Ocupação do Solo na bacia hidrográfica do igarapé Bate-Estaca

A cidade de Porto Velho passou por diversos processos de migração que acarretaram no aumento demográfico a partir da década 1959. Com a descoberta das jazidas de Cassiterita entre os municípios de Ariquemes e Porto Velho.

A extração do minério de Cassiterita viabilizou a construção da BR-364. Em 1986 com a descoberta do garimpo Bom Futuro em Ariquemes, há uma nova leva de imigração na cidade. Devido à estagnação econômica na região associada ao declino do garimpo de Aluvião no Rio Madeira, na década de 1990 começa a ocorrer a saída das famílias ligadas a exploração garimpeira da cidade, Silva (1993).

A cidade ainda teria mais um ciclo de migração a partir dos anos 2000, devido a construção das hidrelétricas do Madeira, que têm influenciado sobre a nova reorganização espacial da cidade, com novo “boom” imobiliário e constante adensamento populacional, Silva (2015). E esse modelo de ocupação refletiu sobre todas as bacias urbanas e no entorno da cidade de Porto Velho.

A bacia do Igarapé Bate Estaca, localiza-se na porção sudeste da cidade, com uma área 65,652 km². Atualmente a bacia hidrográfica tem enfrentado diversos problemas devido à urbanização, tais como: a ocupação de áreas de APP’s (área de preservação permanentemente) e assoreamentos de seus afluentes, barramentos de seu curso natural, lançamento de efluentes domésticos e industriais e a deposição indevida de resíduos sólidos a longo de curso. Na tabela 1 é apresentado um resumo histórico das áreas de uso e ocupação do solo na bacia do Igarapé Bate Estaca.

Tabela 1 histórico de Uso e ocupação do solo da bacia do Bate Estaca

Ano	Florestas e Capoeiras (%)	Solo Exposto (%)	Mancha Urbana (%)
1984	51%	42%	7%

1995	52%	35%	14%
2000	47%	39%	14%
2010	51%	27%	22%
2018	43%	30%	27%

A partir da tabela pode-se fazer um paralelo com o histórico de ocupação da cidade. No ano de 1984 a bacia hidrográfica possuía uma cobertura vegetal de 51% de sua área total, cerca de 42% de sua área já havia sido desmatada, e apenas 7% de sua área era urbanizada.

A área de solos exposto era empregada principalmente para exploração mineral, seu uso era estritamente empregado nas lavras de cascalho lateríticos e de argila para olarias, além do avanço gradual da ocupação urbana da cidade. Sobre a exploração de jazidas de solo Della-Justina (1994) pondera que o crescimento populacional da época pressionava as áreas de jazidas, empurrando-as para outros locais, mas caso houvesse disponibilidade e potencial elas eram integradas ao meio urbano gerando uma série de problemas sociais. Tal fenômeno pode ser observado na figura 6.

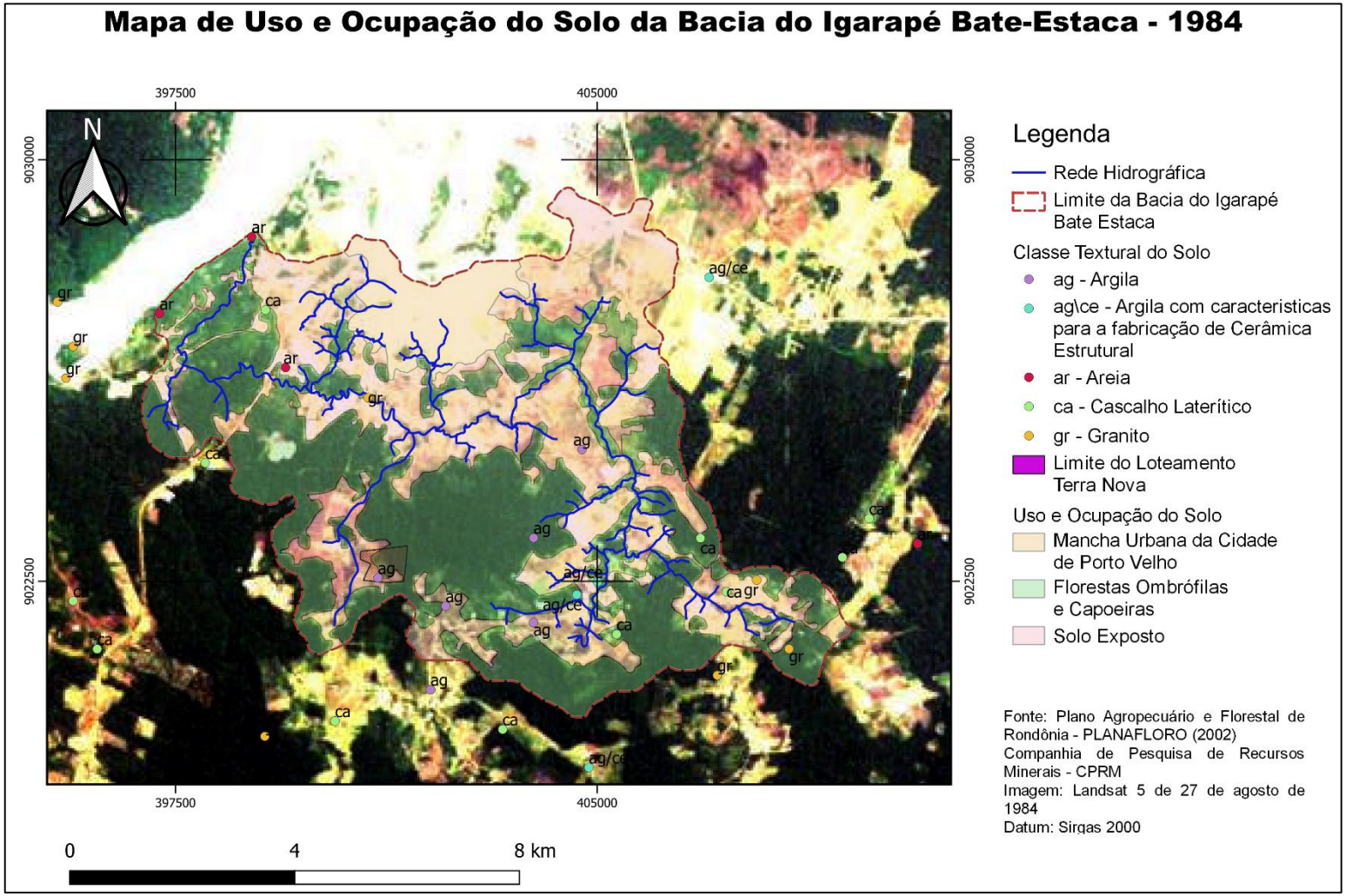

Figura 6 Mapa de Uso E Ocupação do Solo da Bacia Hidrográfica do Igarapé Bate-Estaca

Na figura acima podemos verificar que as áreas de solo expostos estão diretamente correlacionadas a solos de texturas argilosas, CPRM (2012b). Estes solos podem ter características e propriedades exigidas para a fabricação de cerâmica estrutural, e ou, solos lateríticos ambos amplamente utilizados na construção civil.

A partir da análise das imagens da década de 90 é possível perceber a estagnação da expansão urbana na área da bacia do igarapé. Isso impactou na redução do solo exposto, possivelmente influenciado pela diminuição demográfica na cidade no período.

Entre os anos de 2000 e 2010 há o incremento de 8% na área urbanizada dentro da bacia hidrográfica, impulsionado pela especulação imobiliária motivada pelo início da construção das usinas hidrelétrica de Jirau e Santo Antônio. Nesse intervalo também ocorreu uma redução de 12% da área de solos exposto com um aumento de 4% da área de florestas e capoeiras.

Atualmente tem ocorrido a diminuição das áreas de vegetação, assim como ocorreu um novo salto na área de solos exposto e o avanço da malha urbana. Mesmo dentro deste contexto podemos destacar a recuperação de áreas degradas devido a implantação de tanques de piscicultura em antigas lavras de exploração mineral e o reestabelecimento da vegetação em áreas de App’s. Atualmente a bacia apresenta quatro categorias de uso e ocupação do solo, conforme figura 7:

- Urbana;
- Rural
- Floresta e Capoeiras;
- Lagos.

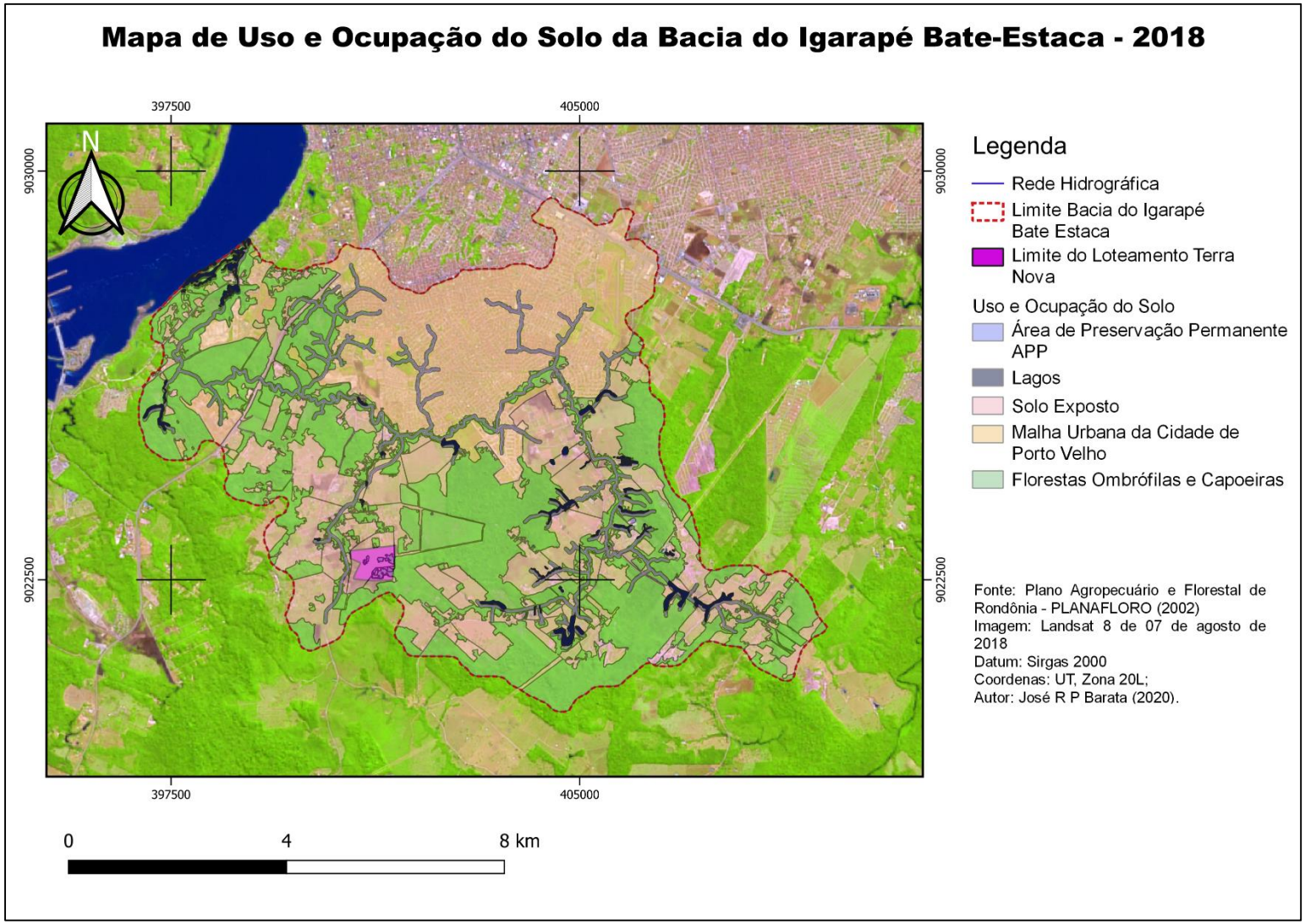

Figura 7: Mapa de Uso E Ocupação do Solo da Bacia Hidrográfica do Igarapé Bate-Estaca

No mapa acima podemos verificar que a mancha urbana é subdividida em duas regiões, que correspondem a um pouco mais que 27% da área total da bacia hidrográfica, até o ano de 2018. A primeira região está localizada a nordeste da bacia, que corresponde o bairro do Triangulo, berço da cidade de Porto Velho. O Igarapé bate Estaca demarcava a divisão entre os estados do Amazonas e do Mato Grosso sendo um limitante natural entre os dois estados.

A segundo está situada a norte da bacia dentro da mancha urbana, na zona sul da cidade que passa a ser ocupada a partir da década de 1980. Entre os anos de 1980 e 1985 a cidade começa a se expandir no sentido leste e norte, motivado pelo inchaço populacional no centro da cidade em decorrência do garimpo de ouro no rio Madeira causando o espraiamento urbano da cidade, Barcelos (2015).

Podemos destacar que a zona Rural possui uma área de ocupação de aproximadamente 28% da área total da bacia, sendo apresentada como área de solo exposto. São áreas de pasto, exploração extrativista e pequenas plantações e tanques de piscicultura. Rondônia (2002) classifica a aptidão agrícola da cidade de Porto Velho como terras com aptas para lavouras em pelo menos um nível de manejo[6].

A partir das imagens de satélites analisadas há um ponto importante a ser destacado: na zona de transição entre as ocupações urbanas e rurais existe um contraste com a implantação de indústrias e olarias, além de lavras de exploração mineral de lateritas e argilas.

A vegetação é distribuída por todas as regiões correspondendo a, aproximadamente, 43% da área total da bacia hidrográfica. O trecho urbano apresenta os menores índices de vegetação, se limitando a pequenas ilhas de vegetação localizadas principalmente em trecho de APP's. A vegetação da região é classificada, segundo Rondônia (2002), como do tipo Floresta Ombrófila

[6] Segundo Ramalho Filho & Beek (1995) destacam que as práticas agrícolas utilizadas pela maioria dos agricultores, se contextualizadas em uma ótica técnica, social e econômico se divididas em três níveis diferentes de manejo do solo, essa categorização visa diagnosticar o comportamento da terra em diferentes níveis tecnológicos. Simbolizados através da classificação em níveis A, B e C, onde a classe A é definida como terras Primitiva, B são terras Pouco Desenvolvidas, por fim, a classe C são terras Desenvolvidas.

Aberta de Terras Baixas. E as demais áreas da bacia predominam as áreas de alteração antrópica, resultado de desflorestamento para extração comercial de madeira, criação de gado, agricultura, criação de piscicultura.

Por fim, destacamos que na região do exutório do igarapé encontra-se a região dos lagos pantanosos. O igarapé Bate-Estaca era um dos igarapés que alimentavam os lagos pantanosos que se encontravam a jusante da cachoeira de Santo Antônio. Os lagos pantanosos segundo Quadro et.al. (2009), apresentavam vegetação nativa com características semelhantes a pântanos e lagos distróficos, eram separados do rio Madeira por um dique marginal no qual foram acumulados sedimentos siltico-arenosos. Essa formação já não existe mais em decorrência da construção da usina hidrelétrica de Santo Antônio.

Nas proximidades dessa região foi construída uma barragem no igarapé Bate-Estaca pela Companhia de Águas e Esgotos do Estado de Rondônia (CAERD) usada para a captação e abastecimento de água da cidade de Porto Velho. Segundo Vieira (2012), o igarapé é utilizado para a captação e abastecimento público e industrial da cidade de Porto Velho. Outro tipo de utilização muito comum das áreas do igarapé são os balneários ao longo do igarapé.

A área de estudo encontra-se na zona rural. Esta região vem sendo influenciada pela expansão da mancha urbana da cidade de Porto Velho, sofrendo com o aumento do número de pequenas chácaras, que vem contribuindo para o aumento no desmatamento ao longo da estrada da “Coca-Cola”. O plano diretor municipal de 2008 do município acrescentou essa região como “área de expansão urbana”, devendo abrigar, preferencialmente, chácaras destinadas a habitação. Contribuindo como forma de limitar a expansão urbana estimulando a ocupação dos vazios urbanos (PORTO VELHO, 2008).

Ao longo dos anos 1980 nas proximidades da área de estudo havia uma jazida de exploração de argila, que ficou em atividade até aproximadamente 1995, onde hoje funciona um balneário. A partir do ano de 1995 e ao longo da década de 2000 a área de estudo passa a ser utilizada como pasto, este período durou até o ano de 2015, quando a área passa por um pequeno período de

pousio e em seguida é loteada e vendida como pequenos lotes de terra de 250 m².

CAPITULO 2

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Abordagem acerca dos latossolos.

De acordo com Rodrigues (1996) e Ker (1997) os latossolos representam 41% da mancha de solo da Amazônia legal Brasileira. No estado de Rondônia esse valor percentual atinge os 58% dos solos do estado. Em Porto Velho, capital do estado, há predominância de Latossolos Amarelos e Vermelho Amarelo, ambos distróficos, ocupando grande parte da mancha urbana da cidade, de acordo com informações obtidas em Rondônia (2002). Segundo King (1956) os latossolos ocorrem em superfícies de aplanamento, ocupando preferencialmente regiões mais estáveis da paisagem.

A classe dos Latossolo é predominante no Brasil, isso torna o conhecimento de suas características fundamentais. IBGE (2015) afirma que os latossolos apresentam horizonte B latossólicos, sob um horizonte A, com cerca de 200 cm de espessura ou mais a partir da superfície. Albuquerque et.al. (2014) ao generalizar sobre os solos amazônicos, os descreve com sendo solos antigos, bem drenados e intemperizados e de baixa fertilidade natural.

Os latossolos são solos muito intemperizados, profundos e de boa drenagem, constituem-se de forma homogênea ao longo do perfil, predominantemente de argilas caulinitica ou caulinitica-oxidica e, praticamente, não apresentam minerais primários de fácil intemperização, IBGE (2015).

Schaefer et.al. (2017) afirma que tanto os argilossolos quanto os latossolos foram formados em zonas intemperizadas de rocha cristalinas do cráton amazônico em regiões topograficamente mais elevadas, ou sobre sedimentos que datam do terciário e quaternário em regiões de cotas mais baixas. Formados sobre um relevo dissecado com declividades suaves, de características distróficas. O autor propõe que na Amazônia brasileira existam onze megasetores pedológicos, sendo que as características químicas e

mineralógicas desses solos são ditadas pela natureza do material de origem e pelas variações climáticas (regionais e locais). Schaefer et.al. (2017).

> “O controle geomorfológico na distribuição dos solos amazônicos é marcante: num esboço geral, geoformas colinosas e morros residuais aplainados de baixos platôs estão geralmente associados aos Latossolos Vermelho-Amarelos, em áreas de rochas cristalinas, ou Latossolos Amarelos, em áreas de sedimentos terciários”, Schaefer et. al. (2017).

Na Amazônia a classes de solos mais comuns são os Latossolos, seguidos dos Argissolos, Espodossolos, Gleissolos e os Neosssolos Quartzarênicos, segundo Lepsche (2002). Esses solos são fortemente influenciados pela drenagem e intemperismo, que empobrecem a composição química das argilas, (ALBUQUERQUE *et.al*, 2014). Segundo Vale Junior et.al. (2011) que caracteriza os solos amazônicos como sendo pobres em fósforo, alta acidez, saturação por alumínio alta, baixa CTC, pobreza em macro e microsnutrientes; com adensamento e susceptibilidade a compactação e a erosão.

No estado de Rondônia as classes de solos são distribuídas da seguinte maneira: 26% de Latossolo vermelho amarelo, 16% de Latossolo Vermelho e 16% de Latossolo amarelo, Argilossolos e Neossolos que cada um ocupa 11% do estado, além, dos Cambissolos com 10% e os Gleissolos que possuem a extensão de 9% as demais classes de solos ocupam 1% somadas, (RONDÔNIA, 2002).

2.2 Qualidade do solo, conceitos e relações.

Para Moebius-Clune et al. (2016) alguns solos são mais “saudáveis” devido à sua gênese e a qualidade desse solo não depende somente de suas propriedades, mas também do manejo passado e atual, além das condições climáticas locais. Essas afirmativas corroboram com Bünemann et.al. (2018) ao avaliar que fatores extrínsecos, tais como, material de origem, clima, topografia e hidrologia, podem influenciar os índices das propriedades do solo, sendo que são esses fatores impossibilitam o estabelecimento de valores universais em termos absolutos.

Doran e Parkin (1994) e Araújo et.al (2012) avaliam que é complexa a determinação concreta e consensual sobre Qualidade do Solo, sendo uma variável abstrata que não pode ser definida, uma vez que ela é dependente de fatores externos como a prática de manejo e uso da terra. Isso tem a ver também com o tipo de uso do solo e as características naturais do solo local.

Segundo Bonfante et.al. (2019) e Moebius-Clune et al. (2016) a qualidade dinâmica do solo é reflexo de mudança devido ao gerenciamento do uso do solo em uma escala de tempo humana, o que pode, segundo os autores, ser de caráter temporário a exemplo da necessidade de arado do subsolo.

Wander et.al (2019) faz uma reflexão a distinção dos conceitos de qualidade do solo e saúde do solo. Para o autor a qualidade do solo é que define as características e a dinâmica das propriedades do solo, enquanto que a saúde do solo, é quem define a função em termos da capacidade de um determinado solo fornecer um serviço com base no estoque ou processo existente.”.

Segundo Zia-ur-Rehman (2016) a mudança indesejável e indesejada da qualidade do solo é conhecida como degradação, provocada por ações antrópicas conjuntamente com fenômenos naturais, que provocam alterações nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, que decorre em passivos ambientais e econômicos.

Dentro do contexto Amazônico, Oliveira & Moreira (1993) já chamavam a atenção para grande parte do fracasso dos projetos agropecuários da região, devido ao pouco conhecimento das características dos solos, assim como, as práticas de manejo inadequadas.

Para Vieira et.al. (1993), e considerando o contexto Amazônico, o termo degradação é usado em duas situações:

1) Degradação agrícola: que está intimamente ligada a perda da produtividade econômica em termos agrícolas, pecuário ou florestal;
2) Degradação ambiental: essa é subdividida em duas seções. A primeira consiste no dano ou perda de populações e espécies

nativas animais e vegetais (degradação da biodiversidade). A segunda é a perda de funções críticas do ecossistema.

Albuquerque et.al. (2014) destaca que a Amazônia vem sendo atingida por uma série de impactos ambientais resultantes da expansão das fronteiras agrícolas, destacando o desmatamento e as queimadas. Guerra (2014) define o desmatamento como o processo inicial da degradação do solo, podendo ser seguido por diversas formas de ocupação desordenadas, tais como; obras de engenharia, agricultura com uso de queimadas, mineração, irrigação excessiva, crescimento urbano desordenado entre outros.

Atualmente, a principal modificação decorrente de ações antrópicas na Amazônia, tem sido associada à mudança de áreas de floresta para pastagem, alterando, assim, algumas características do solo, em decorrência principalmente do pisoteio animal. Essa relação tem como consequências a diminuição da porosidade dos solos, o que reduz a sua condutividade hidráulica, promovendo o aumento da densidade aparente devido a compactação causada pelo pisoteio animal, originando um maior escoamento superficial em diferentes pontos, dependendo declividade do terreno, causando a lixiviação de elementos do solo, de acordo com Camargo & Alleoni (2006), Silva filho e Carneiro (2002), Silva Filho (2009), Silva Filho et.al. (2010) e Marini (2010)

Segundo Faustino (2018) em solos degradados além da redução da disponibilidade de água, a taxa de difusão de oxigênio e o aumento da resistência do solo à penetração são fatores limitantes ao crescimento vegetal na faixa de disponibilidade de água no solo. A resistência do solo à penetração varia positivamente com a densidade do solo e negativamente com a umidade (Blainski et.al, 2008). Essa atuação antrópica tem modificado as propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos. A mudança das características dos solos devido ao uso da terra é chamada de metapedogênese, de acordo com Goudie (1993) e Goudie e Viles (1997).

2.3 A importância da taxa de matéria orgânica no solo

Conforme mencionado anteriormente os solos amazônicos são solos antigos e muito intemperizados, de característica ácida, com baixa fertilidade e baixa capacidades de troca catiônica. Somado a isso, o modelo de ocupação proposto para a região, principalmente a partir da de década de 1970, acelerou o desmatamento das florestas, transformando em áreas de pastagens ou em áreas cultiváveis.

Para Siqueira Neto et.al. (2009), a matéria orgânica do solo é composta por aproximadamente 60% de carbono proveniente de origem vegetal em diferentes estágios de composição e evolução. Ferreira (2008) pondera acerca da relação dos solos tropicais com a matéria orgânica. O autor estima que a concentração de matéria orgânica em solos de clima tropical é em torno de 2 a 3%, possuindo uma alta capacidade de interação com outros componentes, influenciando em suas propriedades físicas, químicas e biológicas.

Conforme Zech et. al (1997) a matéria orgânica abrange as fontes primárias (resíduos de animais e microrganismos dos solos), as fontes secundárias (resíduos de animais e microrganismos dos solos matéria orgânica dissolvida), exsudatos de raízes, substâncias húmicas, black carbon7, etc.

Marques (2009) pondera que esses componentes são instáveis, possuindo uma dinâmica própria no solo, o que aumenta a complexidade acerca da M.O. Outros elementos presentes no solo que podem ser separados facilmente, tais como raízes e animais vivos, não são considerados parte da M.O, assim como a vegetação sobreposta a superfície do solo (Marques, 2009.).

A concentração de MO nos solos ocorre principalmente devido a decomposição dinâmica de organismos vegetais e animais sobre a superfície do solo local. Na figura 8 a seguir pode-se ver essa dinâmica.

[7] Black Carbon: Material particulado resultante da queima de combustíveis fósseis (principalmente diesel) para transporte, combustíveis sólidos para indústrias, queima residencial de madeira e carvão, queima a céu aberto de biomassa (agricultura, floresta e vegetação em geral) e centrais elétricas que utilizam óleo pesado ou carvão, Segalin et.al (2016), Janssen et al. (2012); Bond et al. (2013).

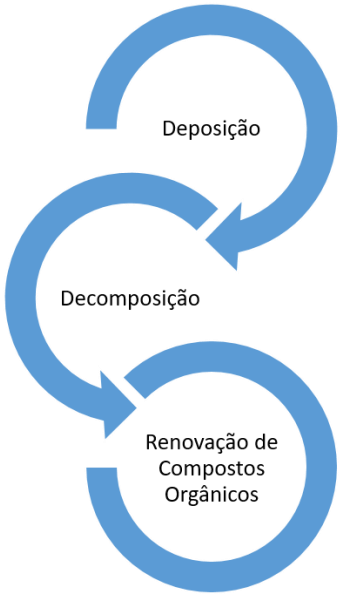

Figura 8 Diagrama de retroalimentação positiva do solo.

Fonte: da dinâmica de deposição+decomposição+renovação de compostos orgânicos adaptado de MULVANEY et.al.(2010)

As fases de deposição e decomposição também podem ser chamadas fase transitória ou fração Lábil. A fração Lábil possui resíduos vegetal e organismos do solo de rápida decomposição, formando compostos solúveis em água, além de outros compostos orgânicos produzidos por microrganismos e raízes, (PEREIRA, 2017). Esta fração representa 1/3 a 1/4 da MO total do solo em regiões temperadas Cunha et. al (2015) e Cambardella & Elliott (1992). Já em regiões tropicais devido a influência das altas temperaturas e índices pluviométricos elevados estimulam as atividades dos microrganismos, acelerando, desta forma, a mineralização da matéria orgânica, Cunha et. al (2015) e Zech et. al. (1997).

A decomposição é decorrente da ação de microrganismos presentes no solo e da macrofauna, que resulta na formação da biomassa microbiana, Pereira (2017). A fração lábil, segundo Silva & Mendonça (2007), é de fácil mineralização servindo de fonte de nutrientes para as plantas e de energia para os microrganismos do solo.

Conforme Piccolo (2001), as substâncias húmicas são compostos heterogêneos com pequeno peso molecular, organizados em reações supramolecular, através de ligações fracas, tais como interações hidrofóbicas e

pontes de hidrogênio. Formados por meio de reações bioquímicas que ocorrem durante a decomposição e transformação de plantas e resíduos de microrganismos (processo denominado de humificação), (Marques, 2009.). Benaci (2010) pondera que as substâncias húmicas são as principais responsáveis pelos inúmeros processos físicos e químicos que ocorrem no solo com influência da matéria orgânica.

A matéria orgânica é um importante indicador da qualidade do solo, por ocupar um ponto central nos principais processos biológicos, físicos e químicos no solo. Conforme indica a figura 9, podemos ver a matéria orgânica como resultado de processos biológicos, com interação direta nos processos físicos e químicos.

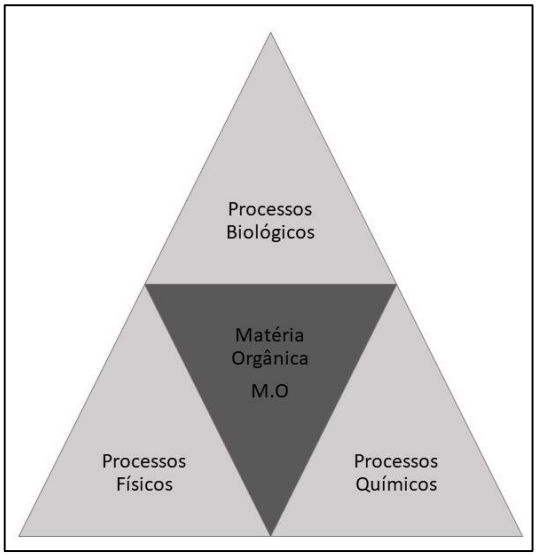

Figura 9 Interseção entre a matéria orgânica e os processos no solo

A matéria orgânica é assunto de diversas pesquisas devido à sua importância para as práticas agropecuárias, medidas conservacionistas da qualidade dos solos, ocorrência de processos erosivos, perda de fertilidade de solos agrícolas, compactação do solo, redução da população microbiana, suscetibilidade e fragilidade ambiental etc.

Com a diminuição da matéria orgânica há uma perda da qualidade do solo tornando-o mais suscetível à degradação. A qualidade do solo depende de forma direta da reação da matéria orgânica com os demais atributos físicos e químicos do solo, tais como: a densidade, resistência do solo à penetração, infiltração, umidade, porosidade, estrutura e fertilidade.

Schlindwein et.al. (2012), ao estudar o solo do estado de Rondônia, pondera que esses solos possuem uma baixa fertilidade natural, características dos solos de floresta tropical quente e úmida e com uma capacidade produtiva relativamente alta. Essa característica, segundo os autores, ocorre devido à reciclagem de nutrientes, a preservação da matéria orgânica do solo que forma um sistema equilibrado entre solo e floresta.

2.4 Coleta de Dados e Posicionamento para Base Cartográfica.

A topografia se divide em dois grandes campos de estudos a topometria e a topologia. Segundo Veiga et al (2012), a topometria é o estudo do relevo por meio de levantamento direto, das medições de ângulos, distâncias e variações de níveis do terreno, subdividindo-se em dois campos: a planimetria e a altimetria.

O segundo campo é a topologia, que estuda as formas e variações do relevo a partir de seu modelado, tendo uma proximidade a outra área da geociência que é a morfometria. Veiga et al (2012)

Com o avanço da tecnologia, a partir da criação do Sistema de Informação Geográfico (SIG), na década de 1960, possibilitou a reconstrução da superfície terrestre em meio digital. Esse processo é realizado por meio de modelagens matemáticas, através da interpolação de um agrupamento de pontos amostrados sobre uma superfície, possibilitando a geração de um modelo digital, com uma margem de erros, densidade e distribuição espacial, que são armazenados em uma estrutura digital (LI et al., 2005 e Miranda, 2017).

A forma mais precisa de aquisição de dados topográficos se dá através de um levantamento topográfico, que consiste na materialização dos pontos na paisagem, por meio de coordenadas retangulares (N, E, Z), referenciados a um Datum ou através de levantamento topográfico com referências arbitrárias, (Boscatto, 2014).

O estudo de extração de informações do relevo em ambiente SIG segundo Silveira & Silveira é conhecido como geomorfometria. A

geomorfometria tem favorecido o tratamento quantitativo nos estudos e representação das formas do relevo, sobretudo a partir de parâmetros calculados de Modelos Digitais do Terreno (MDTs).

O MDT é o conjunto de dados amostrados sobre uma superfície georreferenciada, podendo ser a coordenada Z uma gama informações sobre essa superfície. Abaixo segue a equação matemática apontada por LI et al. (2005) para representação do MDT.

$$Kp = f(up, vp); K = 1, 2, 3, \dots, m; p = 1, 2, 3, \dots, n$$

Onde:

kp é o valor do atributo do K-ésima tipo de característica do terreno no ponto *p*;

(*up*, *vp*) é o par de coordenadas planimétricas do ponto *p;*

m (m=1) é o número total de tipos de informação do terreno;

n é o número total de pontos de amostragem.

O autor op. cit afirma que ao usar valores altimétricos do terreno o modelado passa a ser chamado de modelo digital de elevação ou MDE, que é a representação da superfície do relevo imersa ou emersa.

Atualmente existem diversas técnicas para a obtenção de dados espaciais, que variam de levantamentos expeditos, fotogrametria, ou técnicas de sensoriamento remoto como imageamento por satélites e ou drones.

Segundo Miranda (2017) para o processamento de um MDE é necessário a aquisição de dados espaciais que representam a superfície a ser modelada, a partir de um conjunto de pontos de cota conhecida. A representação da topografia através de ferramentas de um SIG ocorre por meio da interpolação das informações (MIRANDA, 2017).

A partir de pontos topográficos planialtimétricos coletados em campos com o auxílio de instrumentos que podem ser um teodolito, estação total ou GPS, os dados do levantamento são estimados a partir de algum algoritmo de interpolação existente nos mais variados softwares. Lima et.al (2016) destaca os

seguintes métodos como os mais comuns: Inverse Distance Weighted (IDW), Krigagem, Spline, Triangulated Irregular Network (TIN), Topo to Raster (TtR), Trend e Vizinho Natural.

Atualmente muitas informações topográficas podem ser obtidas a partir de MDEs, como os dados Shuttle radar Topographic Mission (SRTM) disponível livremente na internet. Valeriano (2008) destaca que os dados topográficos fornecem variáveis importantes na análise de dados ambientais e nos empreendimentos de engenharia.

CAPITULO 3

3. METODOLOGIA

A proposta metodológica a ser desenvolvida se dividiu em trabalho de campo, laboratório e análise dos dados. Conforme figura 10.

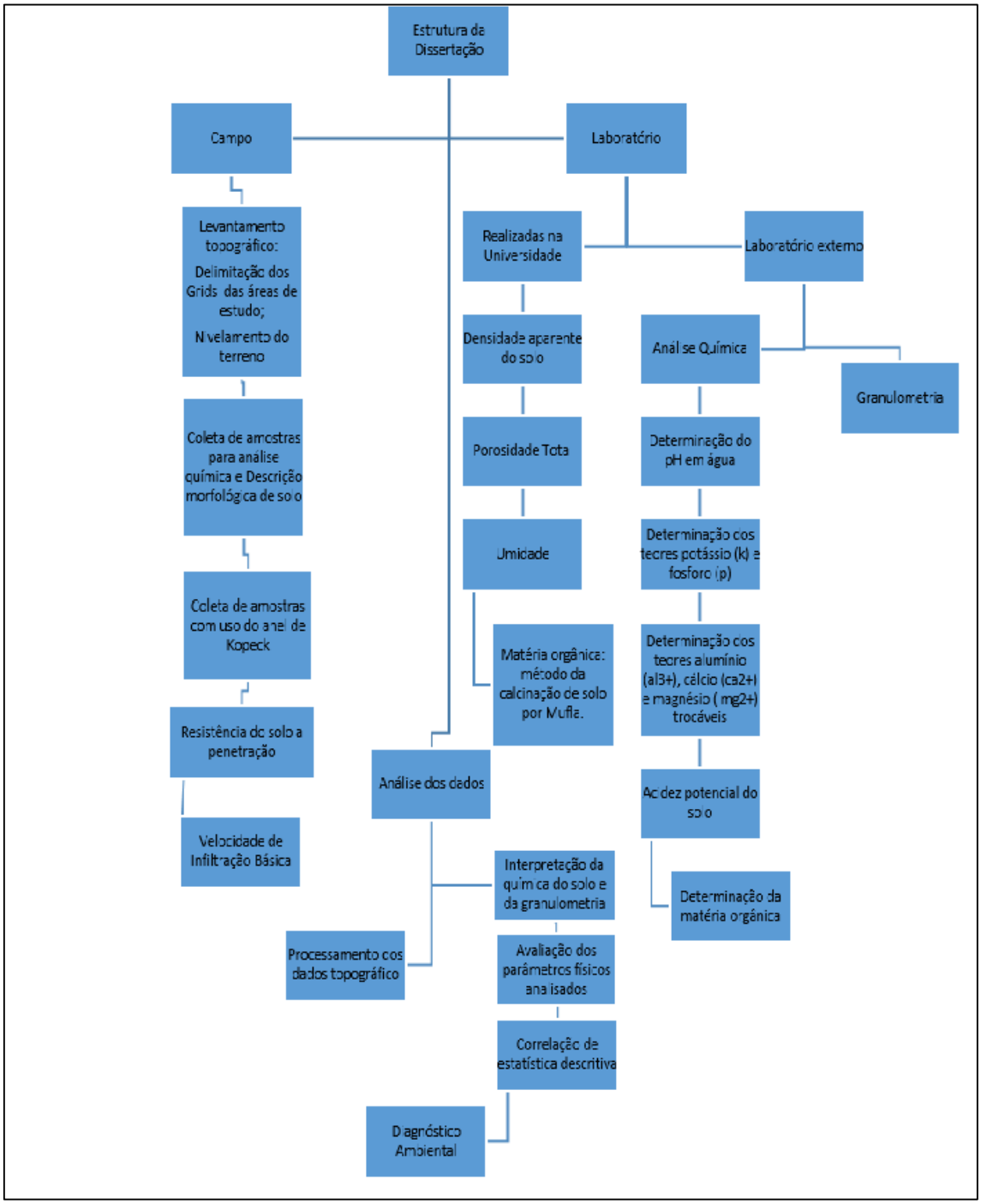

Figura 10 Fluxograma das atividades.

A etapa de campo tem como finalidade a coleta de informações e análise das características do terreno das áreas de estudo. As etapas de laboratório forneceram os subsídios técnicos científicos para a compreensão das características pedológicas do solo analisado. Por fim, na terceira e última etapa o processamento dos dados e a tabulação possibilitaram a correlação entre as variáveis estudadas, permitindo o cruzamento dos dados parametrizados aplicados no mapa e no diagnostico ambiental das áreas de estudo.

3.1. Campo

Inicialmente o trabalho de campo consistiu na delimitação de dois *"grid's"*, cada *grid* possui vinte e cinco pontos georreferenciados. Nesses *grid's* foi realizado um nivelamento geométrico com o auxílio de nível topográfico.

Em cada ponto dos *grid's* foram coletadas amostras indeformadas de solo, com o intuito de analisar algumas das principais modificações físicas do solo, como a Densidade do Solo (Ds), Porosidade total (Pt), a Umidade, A Matéria Orgânica (MO) e a Resistência do Solo a Penetração (RSP), relacionando a influência da topografia e da matéria orgânica nesses atributos do solo.

Esses *grid's* foram categorizados em cinco classes formadas a partir de sua posição topográfica. Essas classes foram dispostas em linhas que vão de "A" a "E", contendo em cada linha 5 pontos. Na linha "A" ficaram os pontos de maior elevação seguindo até a linha "E", onde se encontram as cotas mais baixas do terreno.

No ponto central das duas áreas (ponto C3) foi realizado um furo com trado para a coleta de amostra para a realização da análise química. Na área de antiga pastagem foi aberta uma trincheira, que auxiliou na análise e descrição morfológica. Na área de capoeira foi aberta uma seção no barranco aproveitando da estrada de acesso, onde também foi realizada a análise e descrição morfológica.

3.1.1 Delimitação.

As áreas de estudo possuem características ambientais diferentes; uma área de antiga pastagem sem cobertura vegetal e outra que está localizada em uma área de capoeira. A dimensão dos grid's é uma malha de 25 X 25 m com espaçamento regular de 5 m, totalizando 25 pontos de coleta cada.

Para o levantamento topográfico desse trabalho foram coletados dois pontos com o GPS navegador, Garmin eTrex 20x, em frente à propriedade, considerando-os como referência de nível e marco de coordenadas. A partir dessas coordenadas foi calculada a distância, o rumo magnético e o azimute entre os pontos, segundo as equações descritas em Veiga et al (2012), com o intuito de diminuir a margem de erro dos aparelhos GPS navegadores, conforme a figura 11.

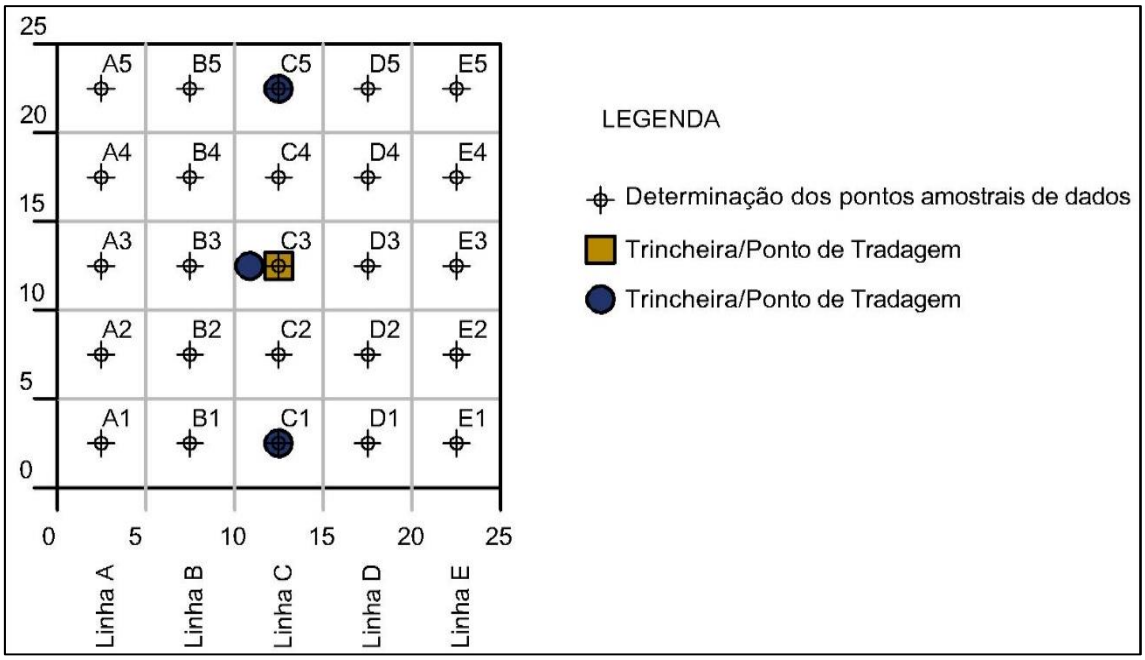

Figura 11 Esquema da malha amostral de coleta de solo em campo

A distância estimada entre os pontos usados como referência no grid é de 20 metros, mas devido ao erro de precisão dos GPS navegadores, que é em torno de 10 a 15 metros, essa distância é variável. Visando minimizar os erros do GPS foram recalculadas as coordenadas dos pontos de campo, a partir do azimute dos pontos de referência. Primeiro calculamos a distância entre dois pontos registrados no GPS, conforme equação 1:

$$\boldsymbol{DH = \sqrt{(E2 - E1)^2 \times (N2 - N1)^2}}$$

Em seguida foi calculado o rumo magnético e a partir do rumo, como pode ser visto na equação 2 usada para o cálculo do azimute entre os pontos de referência:

$$\boldsymbol{Rumo\ magnético\ = TAN^{-1}\frac{(E2 - E1)}{(N2 - N1)}}$$

Calculo do Azimute:

1. **1º Quadrante = Rumo Magnético;**
2. **2º Quadrante = 180º - Rumo Magnético;**
3. **3º Quadrante = 180º + Rumo Magnético;**
4. **4º Quadrante = 360º - Rumo Magnético.**

Usando como referência a coordenada do ponto A1, foram recalculadas as coordenadas dos demais pontos da linha, aplicando as seguintes formulas apresentadas nas equações 3 e 4:

$$\boldsymbol{E_A = SENAZ \times DH + E/A1'}$$

$$\boldsymbol{N_A = COSAZ \times DH + N/A1'}$$

Para calcular as demais coordenadas da linha “A” aplicou-se a mesma metodologia de cálculo, variando a distância de 5 em 5 metros. Para o cálculo das coordenadas das demais linhas somou-se o ângulo de 90º ao azimute.

Na área de capoeira a disposição dos pontos é idêntica a área da pastagem, porém, deve-se levar em consideração a flexibilização da locação dos pontos, devido à interferência de árvores e raízes, que impedem a coleta das amostras.

3.1.2 Altimetria.

Após a delimitação e o georreferenciamento dos pontos amostrais, foi realizado um levantamento topográfico altimétrico (ou nivelamento). Esse levantamento se baseia na medição da diferença de nível na superfície através da leitura das visadas horizontais de uma régua graduada (mira falante) ao nível da luneta do instrumento, para isso foi utilizado um Nível Ótico. A associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) define o nivelamento como:

> Levantamento que objetiva, exclusivamente, a determinação das alturas relativas a uma superfície de referência, dos pontos de apoio e/ou dos pontos de detalhes, pressupondo-se o conhecimento de suas posições planimétricas, visando à representação altimétrica da superfície levantada. De acordo com a Norma regulamentadora 13133 do ano de 1994, p. 3.

Há diferentes métodos de levantamento topográfico, para esse trabalho optou-se por realizar um levantamento por irradiação, que consiste em estacionar o nível, realizar uma leitura em um marco de cota conhecida. Esse marco será a Referência de Nível (RN) altimétrico, a primeira leitura vertical (ou visada Ré) na mira configura a altura do instrumento (AI). Conforme a equação 5:

$$Ai = cota\ da\ RN + visada\ Ré$$

A diferença de nível de um ponto A para um ponto B se dá pela diferença na leitura do ponto A para o ponto B, essa e as demais leituras são conhecidas como visada Vante. Conforme equação 6.

$$cotas\ nas\ visadas\ Vantes = Ai - visada\ Vante$$

Os métodos apresentados estão de acordo com Comastri & Tuler (1980)

A referência de nível do nivelamento foi a cota registrada no GPS no ponto A1, nas duas áreas. Para correção da altimetria utilizou-se a Imagem SRTM da folha Porto Velho (SC20 V-B-V), no programa QGIS, extraindo as curvas de nível criando um shapefile. Esse arquivo de curvas de nível foi exportado no formato AutoCad dxf. Com a utilização software AutoCad Civil 3D versão estudante, foi criado um MDE.

O software admite que se crie um ponto cotado na superfície do modelo corrigindo assim a cota do ponto A1, permitindo recalcular as cotas dos demais pontos da área de estudo. O método de interpolação que o software AutoCad Civil 3D usa é o Triangulated Irregular Network (TIN), metodologia comumente aplicada a interpolação topográfica. Os mapas topográficos presentes nesse trabalho foram interpolados no QGIS com o mesmo método.

3.1.3 Coleta de amostras em campo.

A coleta de amostras para análise química e o ensaio de fertilidade do solo foi feita pelo método de amostras simples ou pontuais, conforme Filizola (2006), consistiu na coleta de amostras do ponto central das duas áreas, o ponto "C3". As amostras indeformadas realizadas com a utilização do anel volumétrico, Koppeck, seguiu a metodologia das amostras pontuais múltiplas, sugerida pela autora *op.cit.* Para a análise de granulometria as amostras foram coletadas conforme método de IBGE (2015), por meio da abertura de uma trincheira e uma seção em barranco.

Quadro 1 Cronograma de execução do projeto

Etapas de Campo	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun
Levantamento topográfico						
Coleta de Amostra de Campo, para análise do laboratório						
Resultado do Laboratório						
Análise da resistência do solo a penetração						
Coleta das amostras com anéis de Koppeck						
Análise da infiltração de água no solo						

Os pontos amostrais coletados nos grid's possuem um volume aproximado de 100 cm³, volume cilindro volumétrico (anel de Kopeck). Sendo

coletadas em duas camadas. A primeira camada foi na profundidade 0 – 20 cm e a segunda foi na camada 21 – 40 cm, os anéis volumétricos foram utilizados para a determinação da densidade aparente, porosidade total e umidade gravimétrica, seguindo a metodologia da Embrapa (1997).

Para a análise da fertilidade do solo foi utilizado o trado tipo holandês; os solos foram coletados e acondicionados em sacolas etiquetados e identificados. E em laboratório homogeneizados formando uma amostra composta (Filizola, 2006). Na camada 0 – 20 cm foram coletadas amostras para a determinação da matéria orgânica (M.O.), utilizando o método da calcinação de solo por Mufla, metodologia proposta por Carmo e Silva (2012) adaptada de Gondin (1987).

3.1.4 Descrição morfológica de solo

A descrição morfológica das áreas foi realizada a partir da abertura de uma trincheira in loco na área de antiga pastagem e do aproveitamento do barranco aberto na estrada de acesso da área de capoeira.

As amostras foram descritas conforme método de IBGE (2015), por meio da abertura de uma trincheira locada ao centro da malha amostral, de dimensão 100 x 100 x 60 cm, no centro foi tradado mais 40 cm, até atingir a profundidade de 100 cm.

A seção de solo aberta a partir do barranco de corte da estrada de acesso a área de capoeira, teve a dimensão de 100 x 30 x 60 cm, também foi tradado mais 40 cm até atingir a profundidade de 100 cm. Essa escavação permitiu a remoção de todo e qualquer material externo oriundo da estrada ou de qualquer outra natureza, conforme descrito em IBGE (2015).

As descrições morfológicas dos solos corresponderam às camadas entre as profundidades 0 a 100 cm. Foram consideradas na análise das amostras, a espessura das camadas, a cor, a textura, a estrutura, a porosidade, a cerosidade, a consistência, a cimentação, os nódulos e concreções minerais e as eflorescências das camadas.

Essas determinações visam indicar as possíveis diferenças morfológicas entre os meios de pastagem e floresta e a forma como essas modificações podem atuar sobre os resultados nas análises físicas e químicas do solo, segundo a metodologia proposta pela Embrapa (2017).

3.1.5 Velocidade de infiltração básica do solo – VIB

Para estimar a VIB foi utilizado o permeâmetro de Guelph, composto de uma garrafa de Mariotte, responsável por controlar a carga hidráulica constante de água dentro do furo, um tubo de acrílico composto por uma régua graduada onde a água é introduzida e um tripé que permite adaptar o aparelho a terrenos irregulares.

O permeâmetro Guelph é conhecido por ser um instrumento de fácil manipulação, o procedimento é rápido, o cálculo de condutividade hidráulica apresenta maior exatidão e de menor perturbação no solo (RAGAB e COOPER, 1990). Segundo Costa & Nishiyama (2007), o Guelph pode ser utilizado para medir a condutividade hidráulica tanto em superfície ou no perfil do solo por meio do fornecimento de água a partir de uma carga constante conhecida.

O método de interpretação foi de acordo com Reynolds e Elrick (1983), conforme a equação de Richards (1931), onde submete-se uma carga constante em furo cilíndrico, conforme equação 7.

$$Q = r\ x\ a$$

Onde:

Q- vazão do regime permanente;

r- razão da vazão constante do ensaio

Neste trabalho a condutividade hidráulica saturada (Ks) foi determinada com o método proposto por Soil Moisture Corp. (1991), que consiste em duas medidas em um furo no solo, nas profundidades de 15 cm e 30 cm, respectivamente. Conforme equação 8:

$$Ks = [(0{,}0041)\,.\,(X).\,(R2') - \,(0{,}0054).\,(X).\,(R1')]$$

Onde:

Ks- condutividade hidráulica saturada em cm / s;

R1', R2'- taxas de infiltração estabilizadas correspondentes a H1 e H2, respectivamente, em cm / s;

X- Constante correspondente ao tanque de água, em cm², a constante utilizada foi X = 35,46 cm², que corresponde ao diâmetro externo do tubo;

0,0041 e 0,0054- valores adimensionais.

Os furos de sondagem foram abertos com o auxílio de um trado, sendo aplicado o método de duas alturas de carga 5 cm e 10 cm, respectivamente. Após a tradagem foi montado e instalado o equipamento sobre o furo. Calibrou-se a altura de carga e iniciou-se o ensaio, disparando o cronômetro e efetuando-se as leituras em intervalos de tempo constantes. Nessa pesquisa optou-se pelo intervalo de tempo de dois minutos.

Na figura 12 fica ilustrado a funcionalidade do equipamento. O permeâmetro de Guelph estima a condutividade em diferentes sentidos de fluxos, sendo a condutividade resultado de fluxos horizontais e verticais e em alguns casos apenas vertical, Soto *et.al.* (2009).

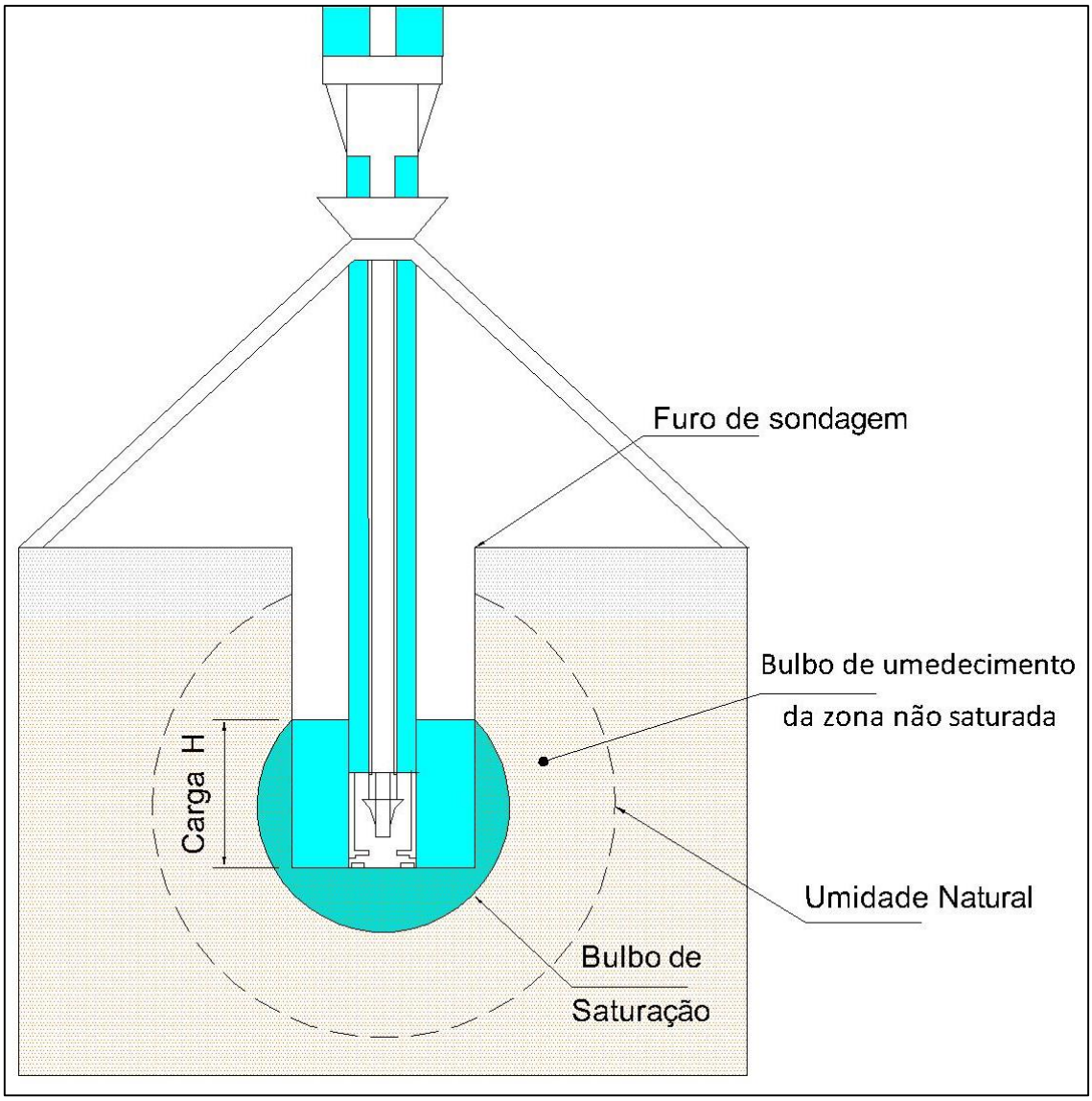

Figura 12 Esquema de funcionamento do permeâmetro de Guelph

O ensaio foi concluído no momento em que foram registradas três leituras iguais com a mesma variação do nível d'água, no mesmo intervalo de tempo, onde se considerou a estabilização do ensaio, de acordo com Soto *et all* (2009).

3.1.6 Resistência do solo a penetração – RSP.

Para a mensura no campo a Resistência do Solo a Penetração (RSP), foi utilizado o aparelho Penetrômetro de impacto (modelo IAA/PLANALSUCAR STOLF), segundo método Stolf et al. 1983 e Stolf e Faganello (1983).

Possui as seguintes características técnicas:

- ✓ Peso que provoca impacto de 4 Kg;
- ✓ Cursor de queda livre: 400 mm;
- ✓ Cone com ângulo sólido de 30º;
- ✓ Área da base 0,2 pol² (12,8mm de diâmetro)
- ✓ Diâmetro da haste que penetra no solo de 9,5mm.

Os valores da resistência do Solo a Penetração (RP), se deu pela transformação da penetração (cm/impacto) da haste do aparelho no solo em resistência a penetração, obtidos pela aplicação da equação desenvolvida por Stolf (1991), equação 9:

$$RSP = \left(\frac{M * g * h}{x}\right) * \left(\frac{M}{M+m}\right) + \left(M + \frac{m}{a}\right) * g$$

Logo:

RSP- Resistência do Solo a Penetração, é dada em $\mathrm{kgf\,cm^{-2}}$ ($\mathrm{kgf\,cm^{-2}} * 0{,}098 = \mathrm{Mpa}$);

M- Massa do Êmbolo, 4 Kgf;

a- Área do Cone, $1{,}29 * 10^{-4}\,\mathrm{m^2}$;

g- aceleração da gravidade, 9,81 ms²

m- massa do aparelho sem êmbolo, 3,2 Kgf;

h- Altura da queda do êmbolo, 40 cm;

x- penetração da haste do aparelho, cm/impacto

3.2 LABORATÓRIO

A etapa do laboratório consistiu nas seguintes etapas:

1. Análise da concentração de areias;

2. Pesagem dos anéis de Koppeck, com solo em umidade natural;
3. Determinação da densidade do solo;
4. Secagem dos anéis em estufa, a 105º C, por 24 horas;
5. Pesagem dos anéis de Koppeck, com o solo seco;
6. Saturação da amostra com água da torneira, até a altura de ¾ do anel de Koppeck;
7. Secagem dos anéis em estufa, a 105º C, por 24 horas;
8. Determinação da porosidade total;
9. Amostras colocadas no cadinho pesadas e levadas a Mufla por 3 horas, a 550º C.
10. Pesagem das amostras após a queima;
11. Determinação da concentração de MO.

3.2.1 Densidade aparente do solo

Segundo Pequeno et al. (2002), a densidade é a relação da massa com a unidade de volume, onde o volume contém todos os sólidos e poros. Os solos soltos e porosos têm o seu peso reduzido por unidade de volume e os Solos mais pesados têm volumes maiores, em outras palavras, solos de textura mais argilosas tendem a ter valores maiores de densidade aparente.

A densidade de solos de textura argilosas e médias, variam 1,00 a 1,60 g/cm³, segundo Buckman & Brady (1979).

Determinação da densidade aparente (Equação 10) segundo Embrapa (1997).

$$\boldsymbol{Da = ps/v}$$

Sendo:

Da- Densidade Aparente

Ps- Peso Seco

v- volume do Anel volumétrico de Kopeck.

3.2.2 Porosidade Total

Segundo Embrapa (2017), a “porosidade total é a fração do volume total do em um determinado volume de solo passível de ser ocupado por água e/ou ar”. A porosidade é estimada pela medida de massa de água necessária para que haja a saturação da amostra de solo de volume conhecido, ou seja, porosidade total é dada pela diferença entre o peso da massa de solo saturado com água e o peso da massa do solo seco em estufa a 105º C por 24 horas (Embrapa, 1997).

3.2.3 Umidade

Para determinação do teor de umidade a metodologia empregada foi a de secagem em estufa, a 105º C, por 24 para secar as amostras (EMBRAPA, 1997).

Análise da umidade gravimétrica (Equação 11).

$$h = \frac{ph - ps}{ps} \times 100$$

Sendo:

h= Umidade natural

ph= Peso Úmido

ps= Peso Seco

3.2.4 Matéria orgânica - M.O.

A coleta das amostras da camada 0 – 40 cm determina a quantidade de matéria orgânica, utilizando o método da calcinação de solo por Mufla, metodologia proposta por Carmo e Silva (2012) adaptada de Gondin (1987), a partir do seguinte procedimento:

1. Secagem da amostra em estufa por 24 horas, a 105º C, para eliminar a concentração de água higroscópica, capilar ou de cristalização;
2. Após a secagem as amostras foram depositadas em cadinhos de cerâmica, e levadas para calcinação na mufla;
3. A mufla deve estar previamente aquecida, por 45 minutos até atingir a temperatura de 550º C;
4. As amostras são calcinadas por 3 horas.

É salutar mencionar que a secagem em estufa visa a eliminação de toda a umidade, tais como higroscópica, capilar ou de cristalização (RODELLA & ALCARDE, 1994).

Segundo Carmo & Silva (2012), a estimativa do teor de M.O. é em função da perda de massa do resíduo incinerado, considerando a massa perdida pela queima na variação de temperatura entre 105º C a 550º C, conforme a equação 12.

$$M.O.(\%) = \left(\frac{(P-(T-C)}{P}\right) X\ 100$$

Onde:

P- Peso da amostra (g) depois de aquecida a 105º C;

C- Tara do cadinho (g);

T- Peso da cinza + cadinho (g).

3.2.5 Granulometria

A análise granulométrica visa determinar a quantificação das frações de areia, silte e argila em uma amostra de solo, sendo essas frações descritas conforme o tamanho das partículas minerais.

Nesse trabalho adotou-se o método da pipeta, baseado na metodologia Embrapa (1997). O método da pipeta é determinado pela velocidade de

decantação das partículas de solo dispersas em água adicionando dispersantes químicos, Embrapa (2012).

Para cálculo da argila pipetou-se o volume em suspensão, em seguida seca-se em estufa e pesa. Para a determinação das areias foi utilizado o método de separação por tramitação; as amostras são secas em estufas, pesando-se os percentuais de areia.

A determinação do silte consiste na diferença do peso total da amostra, correspondente a 100%, com a soma dos valores de argila e areia.

3.2.6 Análises químicas do solo

A determinação dos parâmetros químicos e da fertilidade do solo, foram baseadas na metodologia da Embrapa (1997 e 2017) e Donagema.et.al (2011). As amostras foram coletadas por meio de escavação com trado no ponto C3 de ambas as áreas, conjuntamente com as amostras utilizadas para análise da granulometria e descrição morfológica do solo. A partir dessa amostra foram identificados e analisados os compostos e as bases trocáveis, caracterizando a fertilidade do solo.

Nesse estudo foram realizadas as seguintes análises: acidez do solo (pH) utilizando 1:2,5 de solo em água destilada, KCL ou CaCL2; determinação dos teores de potássio (K) e fosforo (P) disponível com extrator de Mehlich-1 com uso de espectofotometria; Alumínio (Al3+), Cálcio (Ca2+) e Magnésio (Mg2+) trocáveis determinado por KCL; acidez potencial (alumínio trocável, e o hidrogênio , Al + H) verificada pelo método da solução tamponada (pH 7,0); com base nos resultados foram determinados os valores da capacidade de troca catiônica total (CTC ou valor T), saturação de bases (V%) saturação por alumínio (m%) e a matéria orgânica, conforme proposta modificada. (EMBRAPA, 2017 e EMBRAPA, 2018).

Essas análises embasam a caraterização das propriedades químicas dos solos das áreas de estudo.

3.2.7 Determinação do pH em água

O pH do solo é mensurado a partir da concentração de íons H+ presentes na solução do solo (EMBRAPA, 2018), por meio da leitura do peagâmetro, realizada a partir da introdução do eletrodo do equipamento imerso em solo solubilizado em solução de água destilada, KCL ou CaCL2, na proporção 1:2,5.

3.2.8 Determinação dos teores de potássio (k) e fosforo (p)

São determinados como o uso do espectofotômetro, dissolvidos pela solução extratora Mehlich-1 (HCl 0,05 mol L -1 e H2SO4 0,0125 mol L -1). Conforme Embrapa (2018).

3.2.9 Determinação dos teores alumínio (al3+), cálcio (ca2+) e magnésio (mg2+) trocáveis

Os cátions trocáveis (Al3+, Ca2+ e Mg2+) foram determinados por meio da solução de KCL-1 mol L-1, analisados pelo método volumétrico de emissão e absorção atômica (EMBRAPA, 2018).).

3.2.10 Acidez potencial do solo

A extração dos valores da acidez potencial foi feita com solução de acetato de cálcio tamponado em pH 7,0 e a determinação volumétrica com solução de NaOH em presença de fonolftaleina como indicador, (EMBRAPA, 2018).

3.2.11 Complexo sortido do solo (soma de bases trocáveis, CTC efetiva, CTC total, percentagem de saturação por bases)

A estimativa dos valores dos complexos sortivos do solo foi obtida a partir da análise dos dados químicos do solo, segundo a metodologia proposta por Embrapa, 2017 e 2018. Para a determinação dos valores de Capacidades de Troca Catiônica (CTC), seguiu-se o seguinte procedimento:

1. Cálculo do valor da soma de Bases trocáveis (VALOR S), conforme a equação 13, sendo os teores de cálcio, magnésio, sódio e potássio trocáveis no solo expressos em cmolc kg-1;

$$Valor\ S = Ca + Mg + K + Na$$

2. Para determinação da CTC Efetiva foi aplicada a equação 14;

$$CTC\ Efetiva = Valor\ S + \mathrm{AL}$$

3. A CTC Total ou Valor T, é expresso pela soma do valor S e a acidez potencial (H + Al), conforme equação 15;

$$Valor\ T = Valor\ S + (\mathrm{AL}+\mathrm{H})$$

4. O VALOR V (Percentagem de Saturação por Bases) ou V%, foi estimado conforme equação 16;

$$V\% = \frac{100\ X\ Valor\ S}{Valor\ T}$$

5. Para determinação da saturação por alumínio, Valor m ou m%, foi aplicada a equação 17.

$$m\% = \frac{100\ X\ Al}{CTC\ Efetiva}$$

3.2.12 Determinação da matéria orgânica – MO.

A determinação da Matéria Orgânica na análise química do solo, ocorre através da determinação da concentração de Carbono orgânico. Uma vez estimado o Carbono orgânico multiplica-se o valor da concentração pela constante 2,724.

Nesse trabalho a determinação do Carbono Orgânico se deu segundo a método da Via Úmida proposta por Embrapa (2018). Para esse estudo seguiu-se o protocolo proposto por Embrapa (2018), calculado conforme equação 16.

1. Para uma amostra de 0,5 de T.F.S.A (terra fina seca ao ar) destorada e passada na peneira de 80 mesh;
2. Colocar a amostra de T.F.S.A em um erlenmeyer de 250 ml com boca larga;
3. Adicionar 10,00 ml de solução de K2Cr2O7 0,0667 mol L;
4. Colocar na boca do Erlenmeyer o dedo frio, que funciona como condensador;
5. Aquecer a chapa aquecedora até no máximo a temperatura de 150ºC, durante 5 minutos, visualizando a cor amarelo-castanha
6. Após o resfriamento, adiciona-se 80 ml de água destilada;
7. Adicionar 2 mL de ácido ortofosfórico e três gotas do indicador
8. Titular com solução de sulfato ferroso amoniacal 0,1 mol L e anotar o volume gasto;
9. Cálculo conforme equação 18:

$$C.org. = \frac{0{,}003 \ X\ Vd\ X\ (40 - Va)\ X\ \left(\frac{40}{Vb}\right)\ X\ 10}{m}$$

Onde:

C.org. – concentração de carbono orgânico no solo, em g/kg;

Vd – volume total da solução de dicromato de potássio adicionado na digestão da amostra, em ml;

Va – volume da solução de sulfato ferroso amoniacal gasto na titulação da amostra, em ml;

Vb – volume da solução de sulfato ferroso amoniacal gasto na titulação do branco aquecido, em ml;

Valor 0,003 – miliequivalente da massa de carbono (peso atômico/valência – 12/4, dividido por 1.000);

Valor 10 – transformação de % para g/kg;

m – massa da amostra de solo, em g.

3.3 Análises dos dados

A partir do processamento dos levantamentos de campo foi realizada a etapa de análise dos dados que consistiu em:

- Tabulação dos dados;
- Análise com estatística descritiva
- Criação de banco de dados
- Mapeamento dos atributos físicos do solo
- Análise de diagnostico ambiental
- Mapa de diagnostico ambiental.

3.3.1 Estatística Descritiva.

Para a apreciação da variabilidade dos atributos físicos do solo, foi aplicado uma análise de estatística descritiva, calculando-se a média, mediana, desvio padrão, variância, coeficiente de variação, coeficiente de assimetria, coeficiente de curtose, para isso foram utilizados os softwares Excel e o Freeware PAST na versão 3.2.

As coletas foram realizadas nas áreas nas profundidades 0-20 cm e 21-40 cm. O resultado analítico das variáveis físicas do solo analisadas, foram relacionados por meio de estatística descritiva pelo método Tukey, que verificará a distribuição das características do solo em relação à média e a posição no terreno.

A análise consistiu na comparação entre um atributo físico do solo e a posição topográfica no *grid*. Para isso consideraram-se os atributos físicos analisados, como elementos de concentrações variáveis nas linhas e a posição topográfica como um tratamento variável dentro da análise.

O test de Tukey ou Anova permite a verificação da variação do fator “F”, que é a razão entre duas variâncias, ou seja, mede o quanto essas variâncias estão dispersas em relação a suas respectivas médias. A Anova compara e

relação entre dois tratamentos ou situações experimentais, comparando a variação dentro de cada tratamento e entre os tratamentos. Essa análise vai permitir verificar se a posição topográfica afeta nas variáveis física do solo analisada, ou se essa variação se dá devido a outros fatores (resíduos).

3.3.2 Mapa de Diagnostico Ambiental.

A geoestatística vem sendo utilizada como parâmetro de avaliação do impacto ambiental devido ao uso e ocupação do solo. Na Amazônia podemos destacar os trabalhos de Montanari et al. (2012); Silva Júnior et al. (2014); Oliveira et al. (2013 e 2014); Aquino et al. (2014a e 2014b), entre outros.

Todas as camadas foram mapeadas e ajustadas ao modelo matemático de interpolação, pelo método da Ponderação do Inverso das Distâncias (Inverse Distance Weighting – IDW). Conforme Matos (2008) e Miranda (2017), o método IDW utiliza a combinação de todos os valores de forma ponderada de maneira inversamente proporcional à distância da localização espacial da amostra.

No último capítulo desse trabalho será apresentado um mapa, na escala 1/450 m, baseados nas avaliações das características físicas do solo das duas áreas estudadas, usando o método da formulação de média ponderada, proposta de avaliação ambiental. O algoritmo funciona em uma estrutura de matriz, onde cada célula da matriz (ponto de campo) corresponde a uma unidade de avaliação ambiental, Xavier da Silva (1993), Dias et.al. (2011), Zaidan et.al. (2013) e Silva et.al. (2014).

$$A_{ij} = \sum_{k=1}^{n} P_{ij(k)} \times N_{ij(k)}$$

Onde:

N: número de parâmetros analisados;

Ai,j: Qualquer ponto da matriz, onde, quando o resultado for <5 quer dizer alta degradação, se for igual a 5 significa média degradação e se for >5 representa baixa degradação;

Pij(k): peso atribuído ao parâmetro, adaptado do valor percentual correspondente para a escala de 0 a 1. Para esse trabalho todos os parâmetros analisados têm peso de 0,25;

Nij(k): nota na escala de 0 a 10, atribuída à categoria encontrada na célula.

Para a elaboração dos mapas serão adotados os seguintes parâmetros:

A densidade e RSP foram estimadas usando como parâmetro do índice de restrição ao crescimento radicular [8]considerado por Doran et.al. (1996);

Porosidade tomou-se como parâmetro os valores considerados por Andrade & Stone (2009) em diagnóstico da qualidade física de solos do cerrado;

A MO foi avaliada segundo os valores estipulados pelo laboratório de solos da Embrapa/RO, conforme quadro 2, dessa forma criando 3 classes a partir da combinação dos quatro parâmetros analisados.

Quadro 2 Indicadores Ambientais.

Indicador	Ds (g/cm³)	Pt (%)	RSP (Mpa)	MO (g/kg)
Baixa degradação	≤ 1,0	>52	≤ 2	≤17
Média degradação	1,0 a 1,4	40 a 52	2 a 3,6	17 a 35
Alta Degradação	>1,4	≤40	>3,6	>35

[8] Restrição ao Crescimento Radicular: é restrição do crescimento e desenvolvimento de raízes, o diminui a eficiência de absorção de águas e nutrientes para as plantas, Ou seja, é um fator estressante que ocasiona a alteração do metabolismo e desenvolvimento vegetal, Carmi e Heuer (1981) e Prins (2007). A restrição do crescimento da raiz pode alterar a atividade fotossintética, causar o acúmulo de carboidratos reduzindo o crescimento da parte aérea, Prins (2007).

CAPITULO 4

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com os dados compilados foram obtidos os resultados das análises topográficas das áreas pesquisadas, a descrição morfológica do solo, composição granulométrica, análises químicas e as avaliações dos parâmetros físicos do solo, gerando assim os dados necessários para a elaboração do mapa de Diagnóstico Ambiental. Nesse capítulo apresentamos e discutimos esses dados.

4.1 Topografia da Área de Estudo

4.2

A posição topográfica da área de estudo pode ser descrita como situada no terço inferior (sopé) da vertente com altitude entre as cotas 87 e 95 m, com uma declividade variando entre suavemente ondulada e ondulada (2º e 15º respectivamente).

A área de antiga pastagem apresenta uma diferença de nível de 1,89 m, com a presença de sulco de escoamento superficial no sentido NE/SW, que corta toda a área de análise de acordo com o sentido do escoamento do terreno. Nesse mapa de detalhe da área de antiga pastagem pode-se ver através da modelagem do terreno que as maiores elevações se encontram mais a norte, onde o solo desnudo é visivelmente mais compactado. O trecho de menor elevação situado no quadrante SW, há um acúmulo de sedimento depositado pelo escoamento de águas pluviais que ocorre através do sulco superficial.

Inicialmente foram cadastradas com o GPS navegador as coordenadas dos pontos A1 e A5, conforme tabela 2, onde foi calculada a distância e o azimute entre os pontos

Tabela 2 Coordenadas da área de antiga pastagem.

Ponto	E	N	Distância (m)	Azimute
A1	401.059	9.022.623	14,32	77º54’19”
A5	401.073	9.022.626		

A distância entre os pontos foi igual a 14,32 m, isso se deu devido ao erro de precisão dos aparelhos GPS. Como forma de diminuir a margem de erro dos aparelhos GPS foram recalculadas as coordenadas do ponto A5 e as demais coordenadas do grid foram calculadas a partir do azimute dos pontos supracitados. Na tabela a seguir constam as coordenadas recalculadas do ponto A5, e a diferença do deslocamento cartesiano no ponto.

Tabela 3 Coordenada recalculada

Ponto	Coordenada do GPS		Coordenada Calculada		Diferença	
A5	E	N	E	N	E	N
	401.073	9.022.626	401.078,556	9.022.627,190	-5,56	-1,19

Para calcular as demais coordenadas da linha “A” aplicou-se a mesma metodologia cálculo, variando a distância de 5 em 5 metros. Para o cálculo das coordenadas das demais linhas somou-se o ângulo de 90º ao azimute A1/A5, onde foram corrigidas todas as coordenadas do grid, conforme pode-se verificar no apêndice A.

A altimetria do levantamento foi realizada com a utilização de nível topográfico, conforme pode ser visto na figura 13 (área de antiga pastagem) e figura 14 (mapa topográfico de antiga pastagem), utilizando como referência de nível a cota registrada no GPS no ponto A1, que era a cota 95,00 m. Para correção da altimetria utilizou-se a Imagem SRTM da folha Porto Velho (SC20 V-B-V), no programa QGIS, extraindo as curvas de nível criando um MDE da superfície topográfica. O software permite que se crie um ponto cotado na superfície do modelo, corrigindo assim a cota do ponto A1. A elevação corrigida foi 89,48 m, permitindo recalcular as cotas dos demais ponto do *grid*.

Figura 13 - Área de Antiga Pastagem.

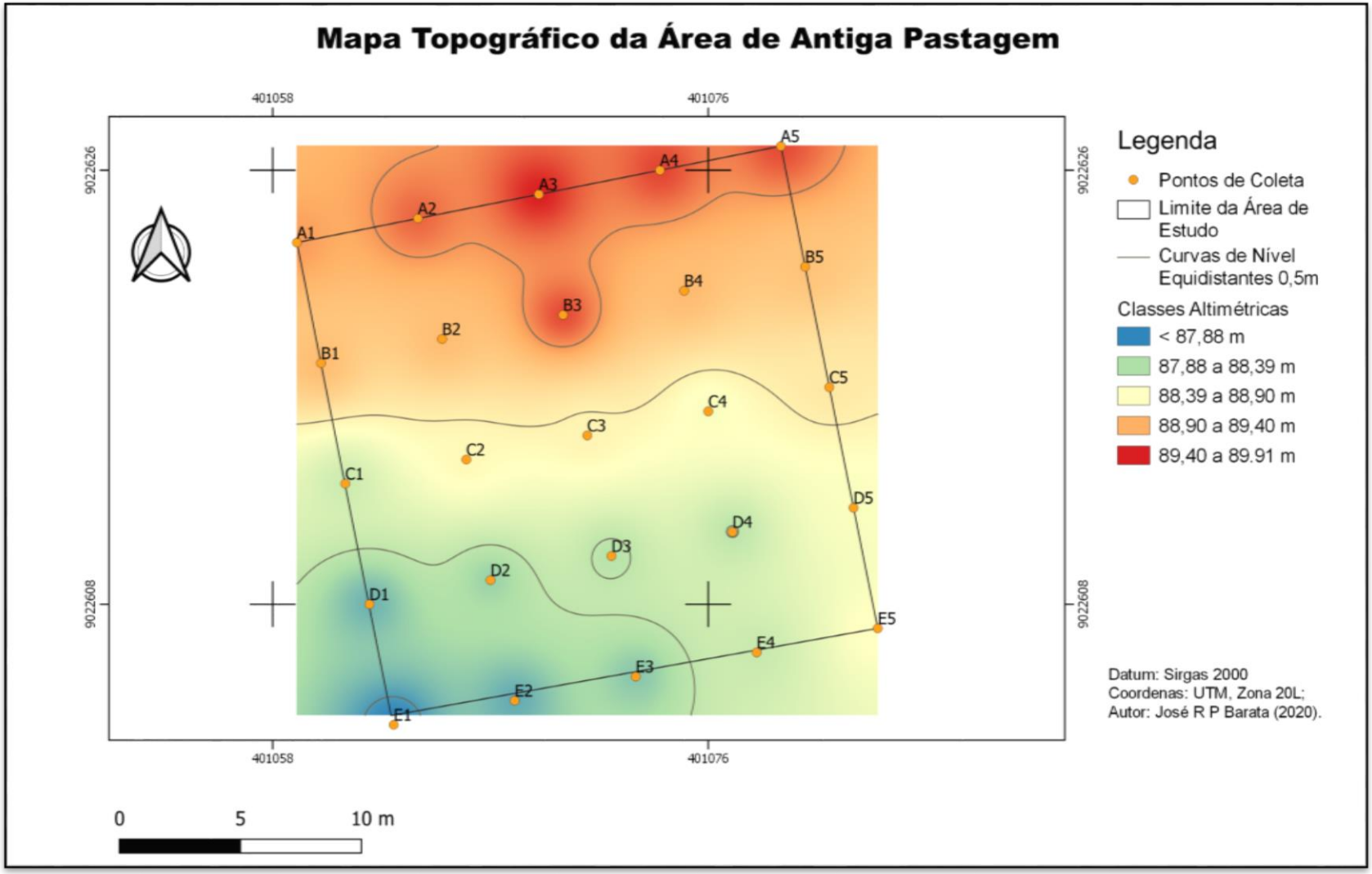

Figura 14 Mapa Topográfico da Área de Antiga Pastagem.

A área de capoeira apresenta uma diferença de nível da ordem de 2,08 m, possui um canal de drenagem intermitente que no momento do levantamento encontrava-se seco, com sentido SE/NE (Figura 15). Na área de capoeira as maiores elevações se encontram nos quadrantes NW e SW, e as menores elevação estão presentes no quadrante SE, que marca o controle topográfico do canal de drenagem.

Figura 15 Área de Vegetação em Regeneração, capoeira

A metodologia de georreferenciamento da área de capoeira foi a mesma aplicada na área de antiga pastagem. Os pontos utilizados foram os A1 e E1, cujos as coordenadas, serão apresentadas na tabela 4, foram determinadas em campo com uso do GPS. A partir dessas coordenadas foram calculados a distância, o rumo magnético e o azimute entre os pontos.

Tabela 4 Coordenadas da área de capoeira.

Ponto	E	N	Distancia (m)	Azimute
A1	401.203	9.022.545	20,02	92º51’45”
E1	401.223	9.022.544		

A distância entre os pontos A1 e E1 no grid é de 20 metros, onde também foram recalculadas as coordenadas do ponto E1: conforme tabela 5.

Tabela 5 Coordenadas recalculadas

Ponto	Coordenada do GPS		Coordenada Calculada		Diferença	
E1	E	N	E	N	E	N
	401.223	9.022.544	401.222,975	9.022.544,001	0,025	-0,001

Para calcular as demais coordenadas da linha “A” aplicou-se a mesma metodologia de cálculo variando a distância de 5 em 5 metros. Para o cálculo das coordenadas das demais linhas somou-se o ângulo de 270º ao azimute A1/E1, dessa forma foram corrigidas todas as coordenadas do grid, conforme pode-se verificar no apêndice B.

A altimetria também foi corrigida a partir do MDE criado no software AutoCad Civil 3D, onde foi retificada a cota do ponto A1 que serviu de referência de nível para os demais pontos do levantamento. A cota do ponto A1 coletado com o GPS navegador em campo foi 94,00 m, após a correção no programa essa cota ficou estabelecida em 94,70 m, e a partir dela foi feita a correção das demais cotas do grid, conforme figura 16.

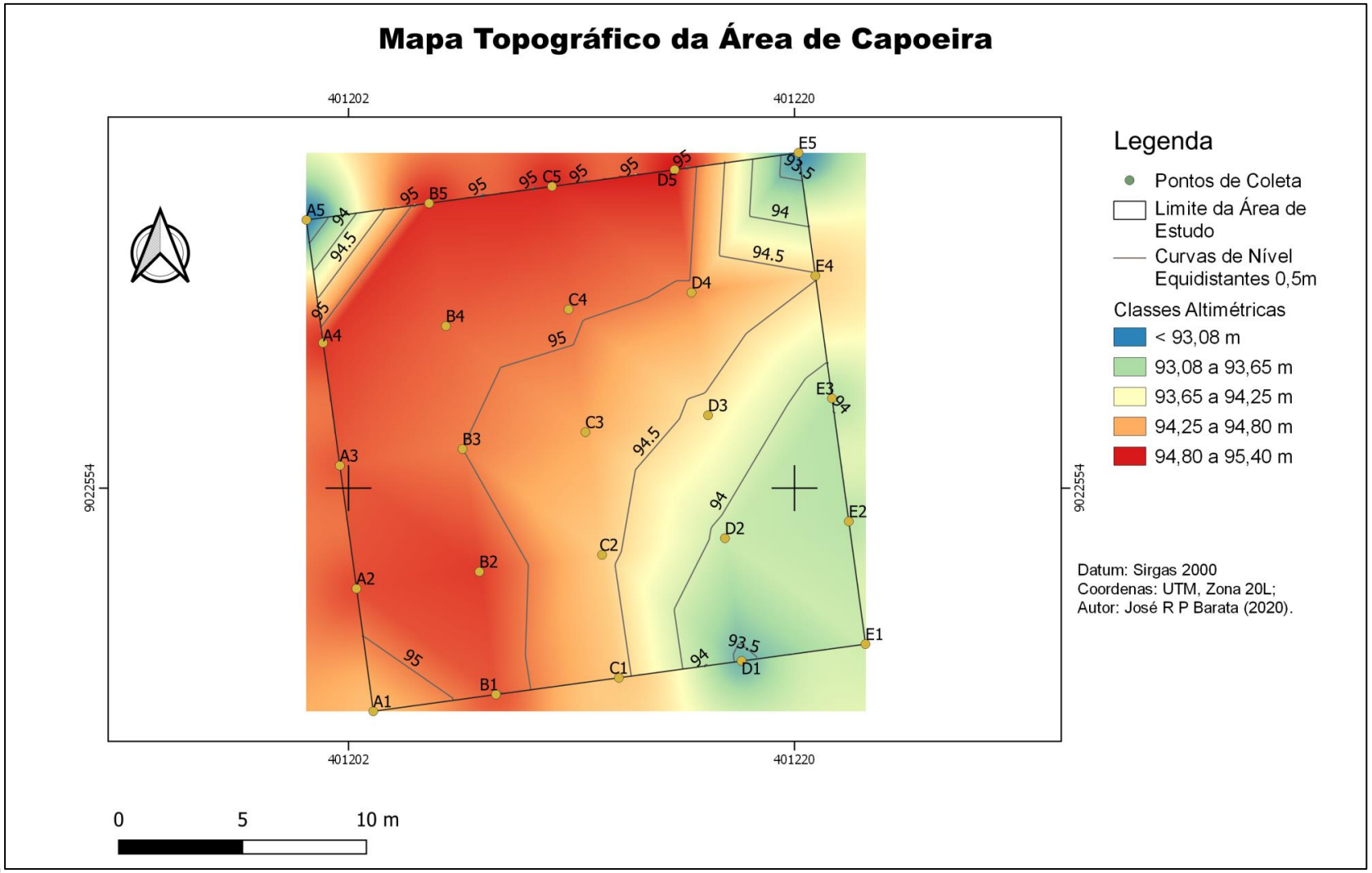

Figura 16 Mapa Topográfico da Área de Vegetação em Regeneração (Capoeira)

4.2 Descrição Morfológica do solo

4.2.1 Área de antiga Pastagem

A descrição morfológica da área de antiga pastagem foi descrita com base nas características do solo encontradas na trincheira aberta *in loco.* A paisagem da área encontrasse totalmente desmatada, com exceção de algumas árvores frutíferas que os moradores da chácara vêm plantando no local.

O solo é bem drenado, de origem autóctone de consistência consolidada, de característica não pedregosa e sem a presença de afloramentos rochosos, o relevo da propriedade possui 7,5% de inclinação, sendo classificado como suavemente ondulado, com a presença de um sulco erosivo suavemente inclinado.

Na camada de profundidade de 0 a 20 cm a cor foi classificada como Bruno (7,5YR4/4), não apresentando mosqueados; a macroestrutura[9] e do tipo granular, com uma coesão de grau moderada, de tamanho médio. A consistência, quando seca é dura, e quando úmida, firme; exibindo característica plástica com boa pegajosidade; com poucas raízes fasciculadas e a presença esporádica de petroplintitas com umidade natural na camada de 18%.

Na camada de profundidade de 21 a 40 cm a cor foi classificada como Bruno Forte (7,5YR5/6), não apresentando mosqueados; macroestrutura em blocos subangulares, com uma coesão de grau moderada, de tamanho grande. A consistência quando seca é dura, e quando úmida, firme; exibe característica plástica com boa pegajosidade; apresenta poucas raízes fasciculadas e a

9 A estrutura tem como origem os processos de formação do solo, sendo a forma de arranjo das partículas primarias do solo, constituísse de agregados e sendo separadas ou não por superfícies e ou linhas de fraqueza. Influência sobre propriedades importantes do solo como: a densidade aparente ou global, características físico-químicas e resistência a dispersão. A estrutura do solo é analisada por dois distintos segmentos, a microestrutura e a macroestrutura, sendo a segunda comumente aplicada na caracterização e diagnose de solos na área de pedologia. IBGE (2015). As estruturas se dividem em duas classes: materiais de solos agregados e não agregados.
As estruturas de solos agregados, se divide em outras 6 (seis) classes que são: Granular, Blocos, Laminar, Cuneiformes, Prismáticas e Paralelepipédica. As estruturas de solos não agregados são os grãos simples. IBGE (2015).

presença esporádica de petroplintitas. A umidade natural do solo na camada foi de 24%.

A camada de profundidade de 41 a 60 cm a cor foi classificada como Bruno Forte (7,5YR5/6) assim como na camada subjacente, não apresentando mosqueados; a macroestrutura em blocos subangulares, com uma coesão de grau moderada, de tamanho grande, conforme pode-se verificar na figura 17. A consistência quando seca é dura, e quando úmida, firme; exibe característica plástica com boa pegajosidade; sem a presença de raízes fasciculadas e a presença esporádica de petroplintitas, com umidade natural do solo na camada de 24%.

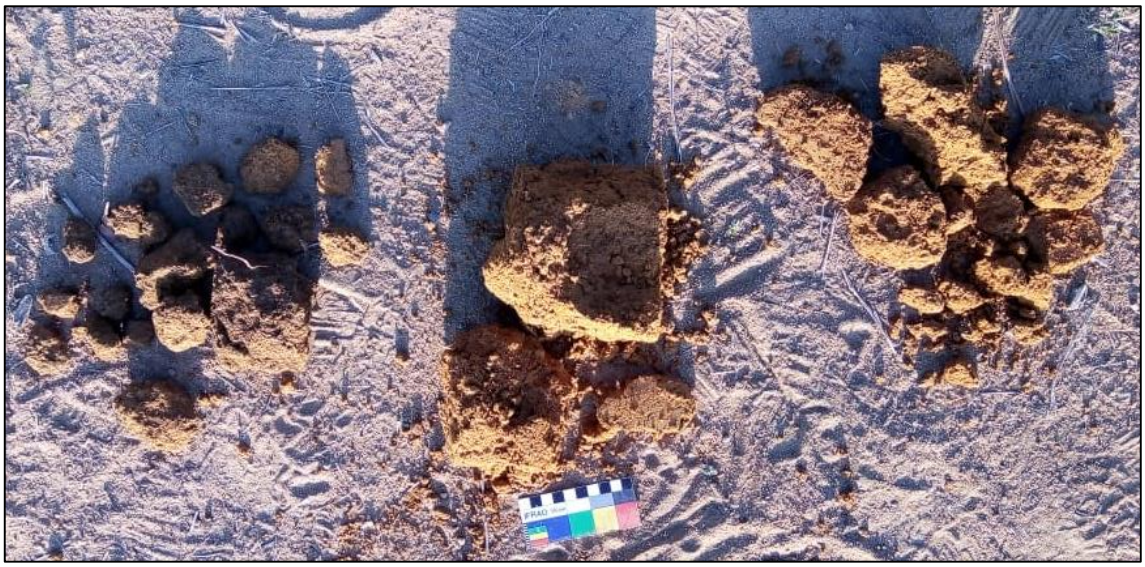

Figura 17 Macroestrutura do solo na área de antiga pastagem, a esquerda estrutura da camada 0 - 20 cm, no meio a estrutura da camada 21 - 40 cm, e a direita a estrutura da camada 41 - 60 cm.

As camadas 61/80 cm e 81/100 cm mantêm as mesmas características morfológicas da camada 41/60 cm, com exceção da cor que é classificada como Bruno moderada (7,5YR5/8); mantendo a umidade natural na ordem de 24%. Na figura 18 pode-se ver que em campo foi identificado a presença de pelo menos quatro horizontes na trincheira, de transição[10] clara e de topografia ondulada nos dois primeiros horizontes, e de topografia plana e transição abrupta entre os horizontes A e B.

[10] Segundo IBGE (2015) Transição entre horizontes como a faixa de separação entre eles, que se define em função da sua nitidez ou contraste e topografia.

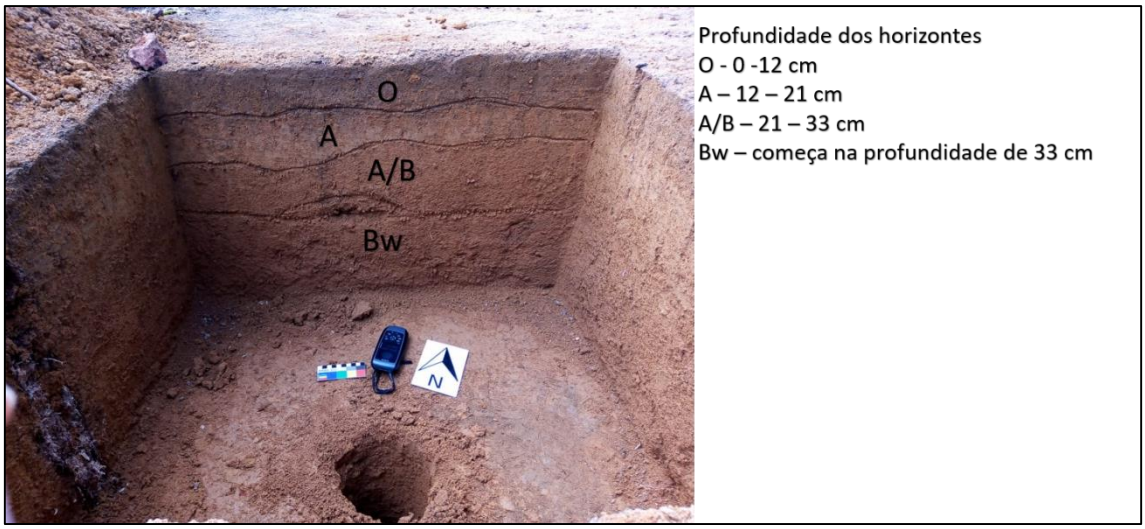

Figura 18; A imagem esta evidenciando os horizonte do solo encontrados na trincheira[11] na area de antiga pastagem.

4.2.2 Área de Vegetação em recuperação (Capoeira)

A área apresenta cobertura vegetal de médio porte. O solo é bem drenado de origem autóctone de consistência consolidada, de característica não pedregosa e sem a presença de afloramentos rochosos, o relevo possui uma declividade de 8,3% de inclinação, sendo classificado também como suavemente ondulado, com a presença de um canal de drenagem intermitente.

Camada de profundidade entre 0 e 20 cm, sua cor foi classificada como Bruno escuro, (7,5YR3/3), não apresentando mosqueados, a macroestrutura e

11 Horizonte O, Horizonte superficial constituído por matéria orgânica, sobreposto a um horizonte mineral podendo estar ocasionalmente saturado por água.
Horizonte A, Horizonte mineral localizado em superfície ou não, pode estar sotoposto a horizontes H ou O, contém material orgânico decomposto com perda ou decomposição de componentes minerais, principalmente Fe, Al e argila.
Horizonte A/B, Horizonte de subsuperfície de transição entre os horizontes A e B ou E, porem com predomínio de características do horizonte A.
Horizonte B, Horizonte de subsuperfície de acumulação de argila, Fe, Al, Si, húmus, CaCO3, CaSO4, ou de perda de CaCO3, ou de acumulação de sesquióxidos; ou com bom desenvolvimento estrutural.
Horizonte Bw, Sufixo w é exclusivamente associado a horizontes B (Bw, horizonte B latossolico), horizonte de intensão alteração com inexpressiva acumulação de argila, com ou sem concentração de sesquióxidos. (Fonte IBGE, 2015)

do tipo granular grumosa, com uma coesão de grau forte, de tamanho médio. A consistência quando seca é dura, e quando úmida firme, exibe característica plástica com boa pegajosividade, com a presença de raízes fasciculadas. A umidade natural do solo na camada foi de 24%.

Na camada de profundidades entre 20 e 40 cm a cor Bruno forte, 7,5YR4/6, não apresentando mosqueados; macroestrutura em blocos subangulares, com uma coesão de grau forte, de tamanho grande. A consistência quando seca, dura, e quando úmida firme, exibe característica plástica com boa pegajosividade, com raízes fasciculadas, sua umidade natural de 26% na camada.

A camada de profundidade de 41 a 60 cm a cor foi classificada como Amarelo Avermelhado (7,5YR6/8) assim como na camada subjacente, não apresentando mosqueados; a macroestrutura em blocos subangulares, com uma coesão de grau forte, de tamanho grande, conforme pode-se verificar na figura 19. A consistência quando seca é dura, e quando úmida, firme; exibe característica plástica com boa pegajosidade; sem a presença de raízes fasciculadas e a presença esporádica de petroplintitas, com uma umidade natural do solo na camada de 25%.

Figura 19 - Macroestrutura do solo na área de capoeira, a esquerda estrutura da camada 0 - 20 cm, no meio a estrutura da camada 21 - 40 cm, e a direita a estrutura da camada 41 - 60 cm.

As camadas 61/80 cm e 81/100 cm mantêm as mesmas características morfológicas da camada 41/60 cm; a cor também classificada como Amarelo avermelhado (7,5YR6/8); e a umidade natural na ordem de 26 e 27% respectivamente. Na figura 20 pode-se ver que em campo foi identificado através do corte em seção no barranco a presença de pelo menos três horizontes. Entre os horizontes “O e A” ocorre uma transição Clara e topografia Ondulada. A transição entre os horizontes “A e B” é classificada como Abrupta e de topografia ondulada.

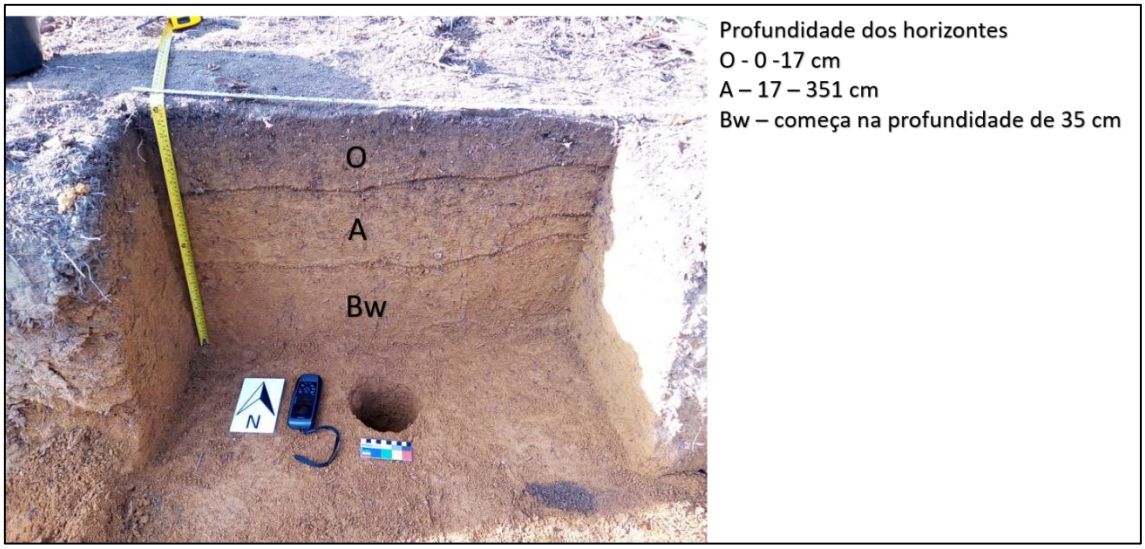

Figura 20 A imagem está evidenciando os horizonte do solo encontrados na trincheira na area de Capoeira.

4.3 Composição granulométrica dos solos analisados

Na área de antiga pastagem há predomínio da fração argila, com incremento de 16% dessa fração na comparação entre a camada 0-20 cm e a camada 81-100 cm no perfil de solo. Essa tendência é inversamente proporcional na fração de areia que tem uma redução de 16% na sua concentração, em comparação com as duas camadas supracitadas. Quanto a fração silte, ela encontra-se praticamente constante no perfil, com exceção da camada 41-60 que apresenta o menor índice de silte entre as camadas analisadas. A classificação textural foi argiloarenosa nas camadas superficiais e argilosa da camada 41-60 cm até a camada 81-100 cm, conforme tabela 6 e figura 21.

Tabela 6 *Granulometria das áreas de antiga pastagem.*

Granulometria da área de Antiga Pastagem (g/Kg)						
Profundidade	Areia	Silte	Argila	Sil/arg	GF(%)	Textura
0-20 cm	439,5	115,0	445,0	0,26	37,4	Argiloarenosa
21-40 cm	393,0	122,0	485,0	0,25	100	Argiloarenosa
41-60 cm	354,0	66,0	580,0	0,11	50,6	Argilosa
61-80 cm	294,5	105,0	605,0	0,17	100	Argilosa
81-100 cm	278,5	136,5	585,0	0,23	100	argilosa
Média	351,9	108,1	540,0	0,20	77,6	

Sil/arg= relação silte/argila; GF= grau de floculação.

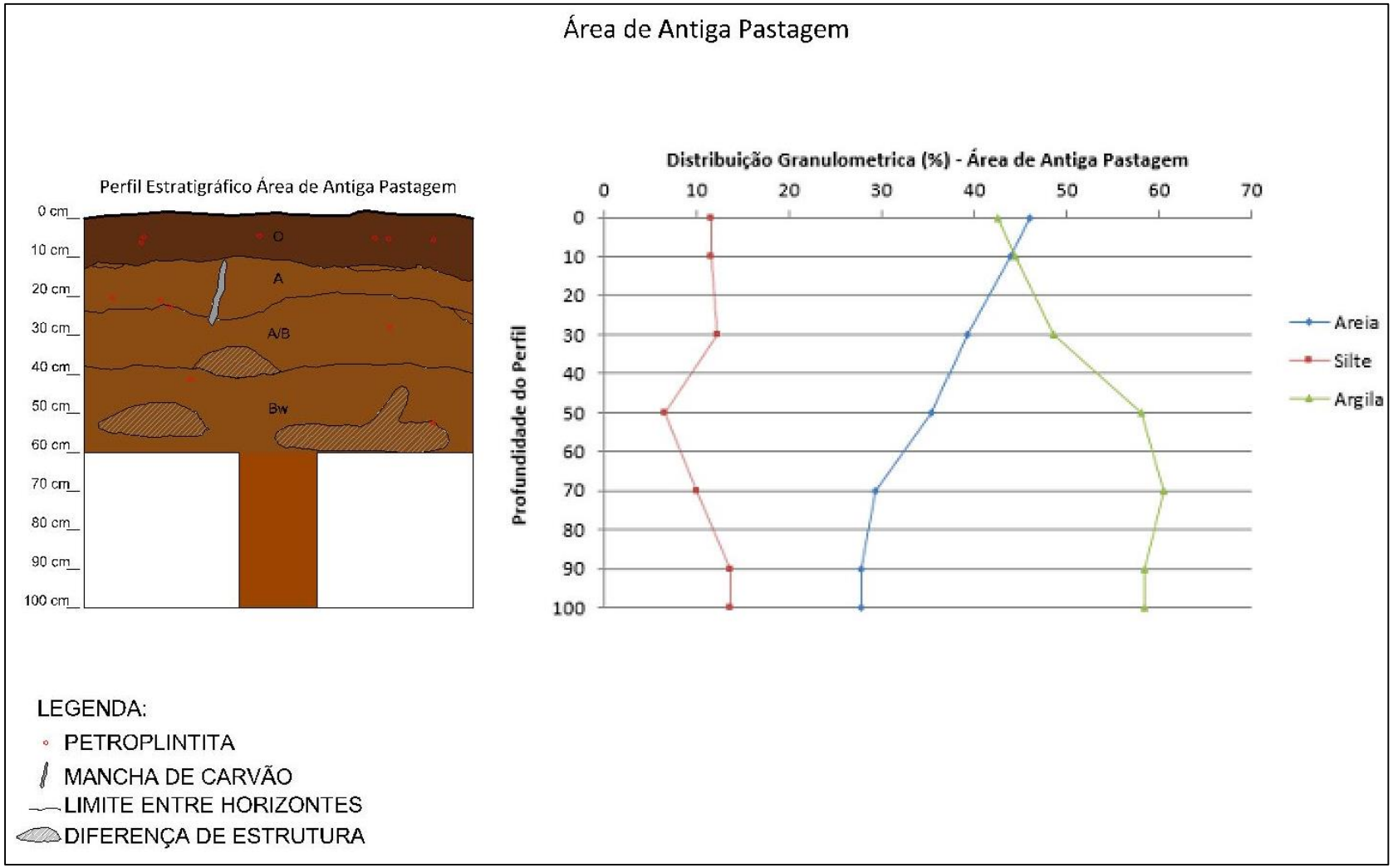

Figura 21 Desenho do perfil estratigrafico da área de antiga pastagem, e gráfrico 1.

O gráfico demonstra que a classificação textural das amostras na área de antiga pastagem nas concentrações de areia e argila, há o predomínio da fração argila, com teores mais elevados de areia até a profundidade de 40 cm. Suas classificações texturais é argiloarenosa nas camadas 0-20 cm e 21-40 cm, classificadas como argilosa as camadas subsequentes. A figura 20 demonstra que conforme a aprofundamento do perfil há uma intensificação do tom de cores Bruno[12], além da presença de estruturas maciças de características homogêneas.

O Grau de floculação (GF) menor que 100% demonstra que nas camadas 0-21 cm e 41-60 cm há uma menor estabilidade dos agregados que pode resultar no aumento da dispersão natural da argila.

A área de capoeira apresenta uma maior concentração de areia na camada superficial, mantém a tendência de aumento da concentração de argila conforme o aprofundamento do perfil, com um incremento de 21% entre as camadas 0-20 cm e 81-100 cm. O comportamento da fração areia também se demonstra similar ao da área de antiga pastagem, com uma redução de 20% na sua concentração com aprofundamento do perfil. A fração silte, se mantém constante no perfil. A classificação textural foi argiloarenosa na camada superficial e argilosa entre as camadas 21-40 cm até a camada 81-100 cm, conforme tabela 7 e figura 22.

Tabela 7 Granulometria das áreas de capoeira.

Granulometria da área de Vegetação em Regeneração (g/Kg)						
Profundidade	Areia	Silte	Argila	Sil/arg	GF(%)	Textura
0-20 cm	494,0	131,0	375,0	0,35	34,2	Argiloarenosa
21-40 cm	389,0	121,0	490,0	0,25	35,7	Argilosa
41-60 cm	345,0	105,0	550,0	0,19	100	Argilosa
61-80 cm	307,0	108,0	585,0	0,18	100	Argilosa
81-100 cm	294,0	116,0	590,0	0,20	100	Argilosa
Média	365,8	116,2	518,0	0,23	73,98	

[12] Solos de cores Brunos, são adjetivados de amarelos, solos de coloração amareladas são em geral solos goetíticos. E importante destacar que que a coloração é utilizada no sistema brasileiro de classificação do solo da EMBRAPA.

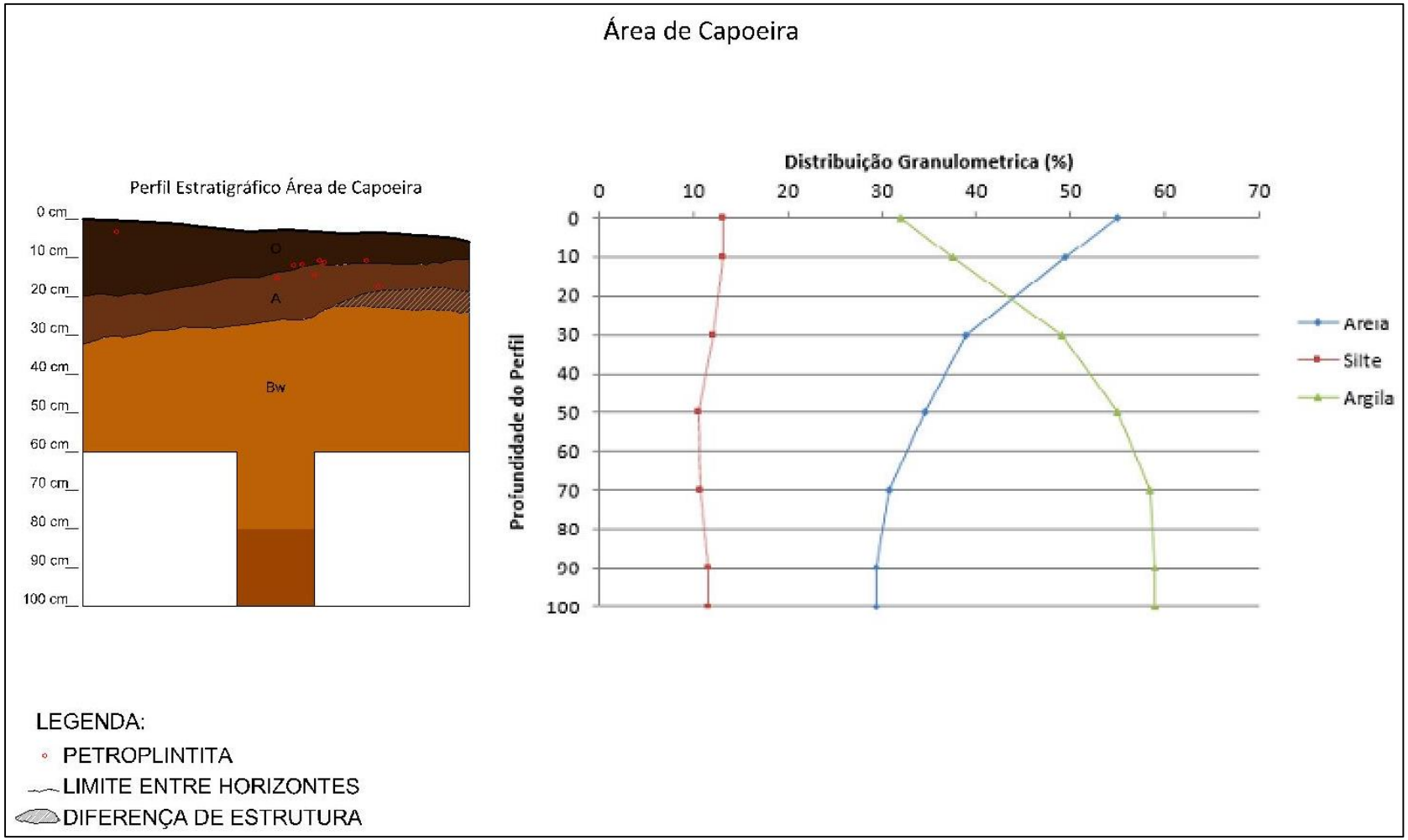

Figura 22 Desenho do perfil estratigrafico da área de Capoeira, e gráfrico 2.

O gráfico apresentado na figura 22 demonstra que a classificação textural das amostras na área de capoeira também há o predomínio a fração argila, com um aumento exponencial de acordo com o aprofundamento do perfil de solo analisado. Suas classificações texturais são predominantemente a argilosas com exceção da camada 0–20 cm na área de pastagem que é classificada como Argiloarenosa.

A análise granulométrica na área de antiga pastagem constatou a presença de 44,5% de argila na profundidade de 0-20 cm e esse quantitativo de argila elevou-se para 58% na profundidade de 81-100 cm. O Grau de floculação demonstra que nas camadas 0-21 cm e 21-40 cm há uma menor estabilidade dos agregados o que pode estar causando aumento da dispersão natural da argila. Essa ideia é corroborada com análise granulométrica do perfil, onde há um aumento gradual da concentração de argila no perfil (provavelmente esteja ocorrendo processo de eluviação das argilas da camada superficial para as camadas subsequentes). Em solos de pH abaixo de 7,0 como os latossolos, os micro agregados são dispersos pela água, por hidrolise, promovendo a eluviação das argilas rearranjando as partículas podendo alterar a matriz do solo, (Torres & Saraiva (1999), kochhann et.al. (2000) e Spera et. al. (2008).

Um outro fator que justifica essa ideia é a alternância na concentração de areia e argila ao longo do perfil estratigráfico, com uma maior concentração de areia na camada superficial. Verificou-se a presença de 37% de argila na profundidade de 0-20 cm, havendo o aumento gradual na concentração de argila para 52% na profundidade de 81-100 cm. Com o silte não houve grandes alterações na concentração na área de estudo.

A relação Silte/Argila na mancha de solo estudado evidenciou o alto grau de intemperização do solo, sendo esse índice sempre menor que 0,7 (g/kg), valor relacionado na identificação de latossolos, conforme Brasil (2015b).

Na área de antiga pastagem o comportamento das areias apresenta uma maior concentração de areia média com mais de 50% da concentração das areias. As concentrações de areia grossa e fina apresentam índices similares ao longo do perfil, conforme gráfico 1.

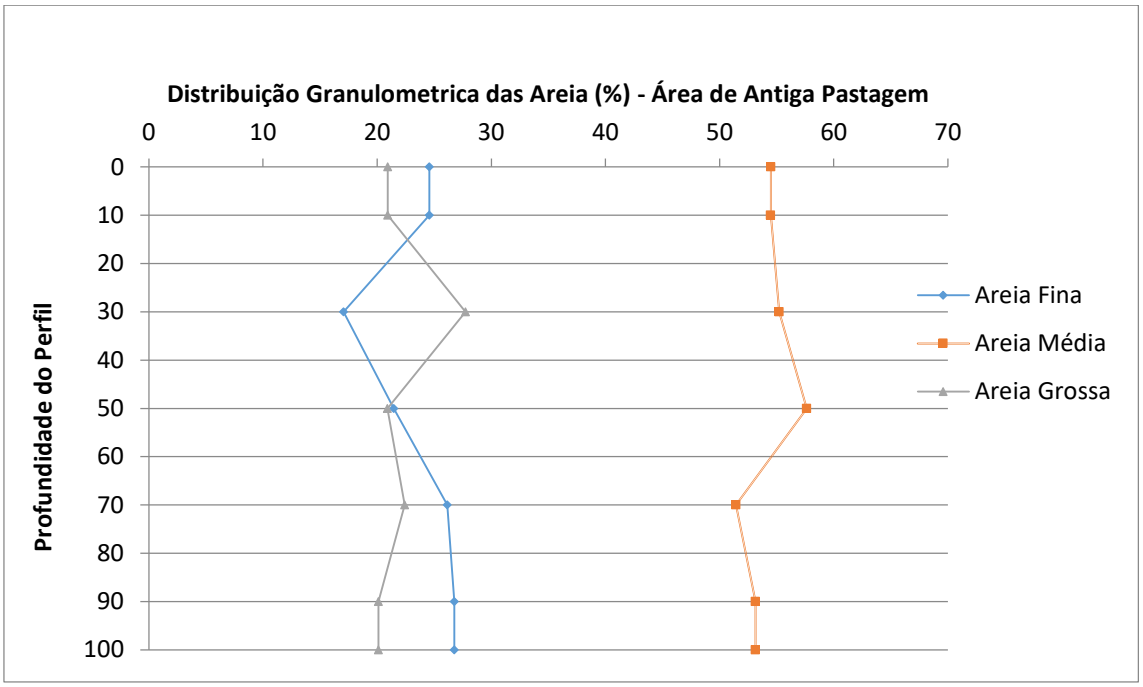

Gráfico 1: Distribuição granulométrica da fração de areias, na área de antiga pastagem.

Na figura 23 pode-se ver que na porção de areias além dos minerais de quartzo, há uma alta concentração de petroplititas, com a presença de pequenos pontos de carvão vegetal. Os minerais de quartzo são mamelonares de brilho fosco, sendo os grãos de areia grossa em sua maioria de formatos subangulares. As Petroplintitas são de cor vermelha e formas subangulares. Essas cores avermelhadas podem indicar que são formadas a partir de minerais hemáticos.

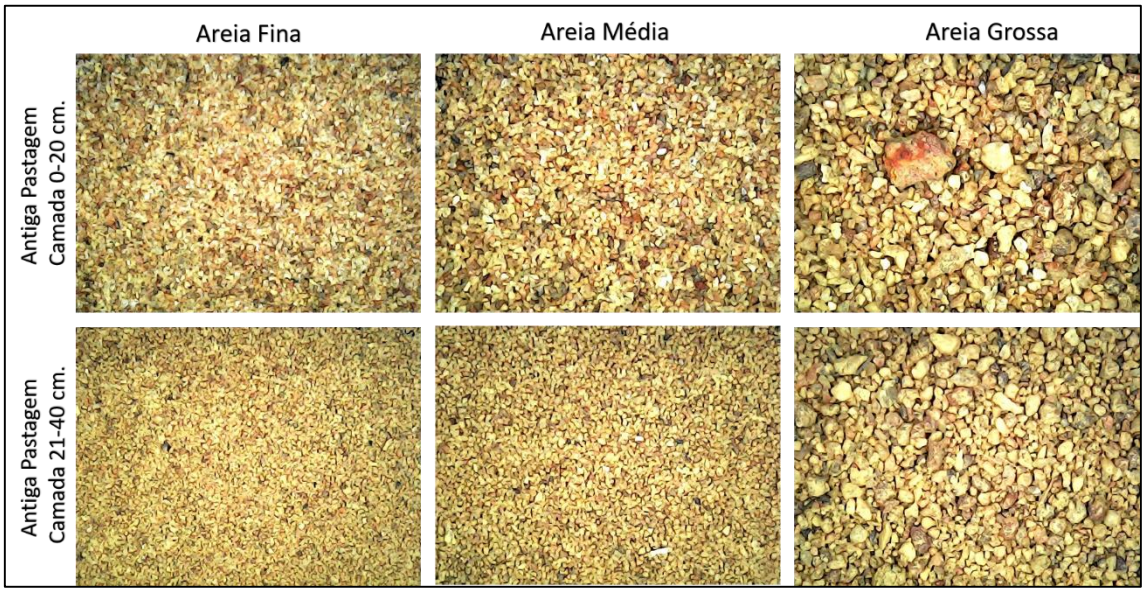

Figura 23: Distribuição da fração areia na área de antiga pastagem.

Na área de capoeira também há o predomínio da fração de areia média, que variaram entre 28 e 13%, sendo que a fração de areia grossa apresenta uma maior concentração em superfície. A fração de areia fina tem uma maior concentração na camada 21-40 cm, e mantem índices similares nas demais camadas, conforme pode ser analisado no gráfico 2.

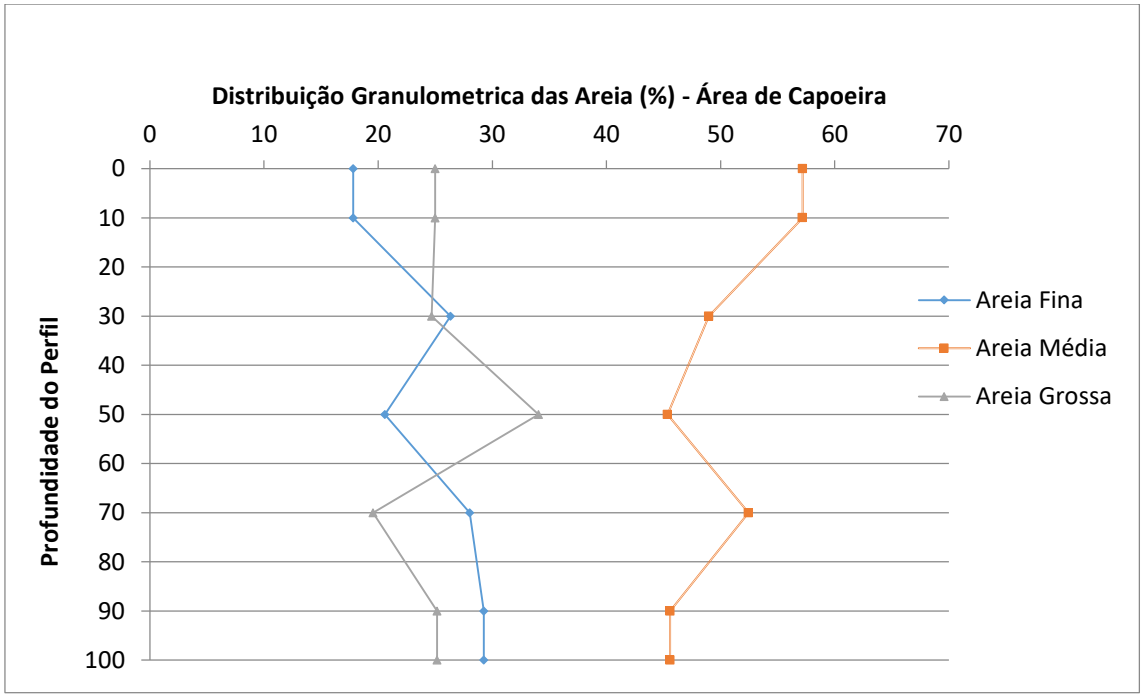

Gráfico 2: Distribuição granulométrica da fração de areias, na área de capoeira

As características minerais da fração de areias na área de capoeira são idênticas da área de antiga pastagem, com minerais de quartzo de formato mamelonares e de brilho fosco e com os grãos de areia grossa, em sua maioria de formatos subangulares. Apresenta Petroplintitas de formatos subangulares de cor avermelhada. Porém foi possível observar uma maior concentração de resíduos vegetais, tais como carvão, raízes e palha, conforme figura 24.

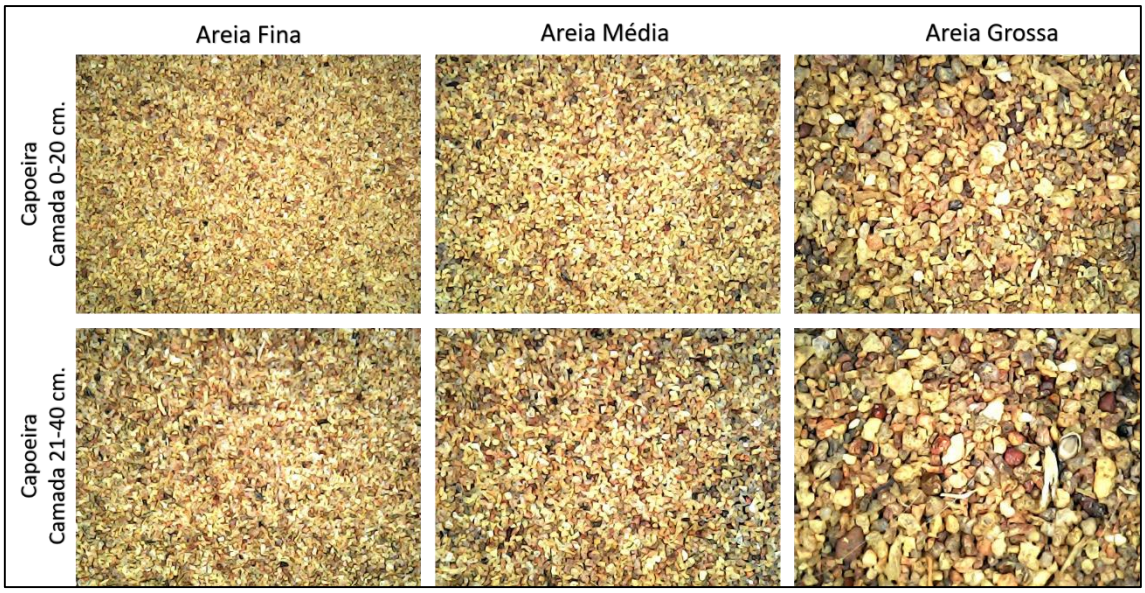

Figura 24: Distribuição da fração areia na área de Capoeira.

4.4 Interpretação da Análise Química

Os valores referentes a fertilidade do latossolo vermelho amarelo em área de Antiga Pastagem e da área de capoeira serão apresentados nas tabelas a seguir:

Nas tabelas 8 e 9 são apresentados os dados químicos do latossolo vermelho amarelo na área de antiga pastagem e área de capoeira respectivamente.

Tabela 8 Dados da Análise química da área de antiga pastagem

Resultados analíticos e complementares da amostra de solos em área de Antiga Pastagem													
Prof (cm)	pH (H2O)	pH (CaCl)	P (mg/dm³)	K	Ca	Mg	SB	AL	H+AL	CTC (T)	M.O (g/dm³)	V %	M%[13]
				cmolc/dm³									
0-20	4,38	3,71	1,00	0,03	0,17	0,05	0,25	1,60	3,41	3,66	25,55	6,83	86,49
20-40	4,35	3,86	1,00	0,01	0,13	0,03	0,17	1,30	3,49	3,66	15,63	4,64	88,44

Tabela 9 Dados da Análise química da área de capoeira

Resultados analíticos e complementares da amostra de solos em área de Capoeira													
Prof (cm)	pH (H2O)	pH (CaCl)	P (mg/dm³)	K	Ca	Mg	SB	AL	H+AL	CTC (T)	M.O (g/dm³)	V %	M%
				cmolc/dm³									
0 - 20	4,43	3,73	2,00	0,06	0,22	0,08	0,36	1,40	3,65	4,01	19,14	8,98	79,55
20-40	4,32	3,72	3,00	0,12	0,34	0,14	0,60	1,40	3,41	4,01	22,94	14,96	70,00

[13] pH= Potencial de Hidrogênio Iônico; pH (H2O)= pH em água, pH (CaCl)= pH em Cloreto de Cálcio; P= Fósforo; K= Potássio, Ca= Cálcio, Mg= Magnésio, SB= Soma de Bases; AL= Alumínio; H+AL= Acidez Potencial; CTC= Capacidade de troca Catiônica; MO= Matéria Orgânica; V= Saturação por Bases; M= Saturação por Alumínio.

Na área de antiga pastagem são observados valores de pH em H2O fortemente ácido e o Ph em CaCl considerado extremamente ácido. Nas camadas apresentam valores de V% considerados baixos, resultando baixa representatividade dos complexos sortivos. Os valores encontrados para o alumínio foram considerados baixos, com uma baixa saturação por bases (V%).

Na área de capoeira os valores de pH em H2O e Ph em CaCl são similares. Com relação ao V% há um ligeiro aumento na concentração das bases, em virtude provavelmente da deposição de compostos orgânicos (M.O) oriundos da serapilheira. Nos valores encontrados de alumínio ocorre uma ligeira diminuição na camada superficial, mantendo a mesma concentração na camada 21-40, sendo considerados baixos.

Os valores de pH, complexos sortivos, V% (saturação por base) e M% (saturação por alumínio) dos solos são parecidos, características comuns a um Latossolo. Segundo Embrapa, 2015 solos mais jovens que sofreram menos intemperismo, os teores dos complexos sortivos são mais altos.

Segundo Ker (1997) os Latossolos possuem uma constituição oxídica, o que atribui a esses solos uma estrutura granular fortemente desenvolvida, uma baixa capacidade de troca catiônica (CTC, menor que 13 cmol/kg), baixa fertilidade natural o que limita a utilização agrícola desse solo. Para Lopes, et. Al (1991) os fatores que podem influenciam na maior acidez do solo, é a natureza pobre de cátions básicos no material de origem. Sousa et al (2007) avalia que em regiões com alta taxa de precipitação há a remoção dos cátions básicos influenciados pelo acúmulo de cátions ácidos.

Os índices de pH das amostras coletadas na área de estudo são classificados como extremamente ácidos, com exceção da camada 0 – 20 da área de vegetação em recuperação que tem uma ligeira melhora nos índices de acidez, esses valores são provavelmente influenciados pela camada orgânica encontrada superficialmente[14]. Os valores encontrados são similares aos

[14] De acordo com Machado (2001) a matéria orgânica auxilia na formação de agregados estáveis e a proteção da superfície do solo, além da manutenção das funções biológicas, tais como imobilização e liberação de nutrientes, oferta de sítios de troca catiônica e estocagem de carbono terrestre.

encontrados por Silva Filho (2009) que analisou um latossolo amarelo em área de pastagem e de floresta na fazenda Embrapa – RO.

Segundo o Instituto de Potassa & Fosfato (1998) o fósforo (P) é essencial para a nutrição vegetal e nenhum outro elemento pode substituí-lo. Para Cochrane & Sanchez (1982) na Amazônia o fosforo é o elemento que mais limita o desenvolvimento vegetal, sua deficiência atinge cerca de 90% dos solos da região, que apresentam uma alta taxa de toxidade devido aos altos índices de alumínio.

Para Motta et. Al (2002) a sorção de P ocorre de duas formas: pela absorção superficial de minerais ou por sua precipitação em forma de fosfato de baixa solubilidades. É comum em solos ácidos, relativamente ricos em óxidos de Fe e de Al, características comuns em Latossolos. Segundo Jorge (1983) “se a acidez atingir um Ph inferior a 5,5, grandes problemas sugiram no uso do fósforo, pois ocorre a formação de compostos de ferro, alumínio e manganês, de difícil aproveitamento pelas plantas, nestas condições de acidez”.

Na área de estudo todas as análises de fósforo demonstram que a concentração deste elemento é baixa, tanto na área de antiga pastagem quando na de regeneração vegetal. Tal resposta pode estar demonstrando que os valores adicionais de fósforo na forma orgânica são consumidos rapidamente pela vegetação ou os ácidos orgânicos resultantes da decomposição vegetal, estão sendo influenciados pela alta concentração de Al e Fe, que, segundo Jorge (1983), o fósforo prende-os de forma a anular a insolubilidade do P

A soma valores de Cálcio e Magnésio em todas as amostras não apresentam variações significativas, em todas as amostras possuem valores baixos, conforme pode ser visto no Quadro 2. Esse fato corrobora com a afirmativa de Cravo et. al (2012), de que os solos da região amazônica apresentam alta concentração de Al, baixos valores ph, Ca e Mg, sendo esses últimos, principalmente, a serem corrigidos de forma a garantir a qualidade do solo para garantir uma melhor produtividade agrícola. Segundo Jorge (1983), os valores e as perdas de Magnésio e Cálcio em regiões tropicais são baixos devido, principalmente, à lixiviação e erosão.

O potássio na área de estudo também apresenta valores mínimos baixos mantendo a tendência pobre em nutrientes das amostras. No quadro 3 apresentado a seguir serão demonstrados os índices para esse nutriente no estado de Rondônia.

Quadro 3 Valores de referências do Potássio do solo segundo Silva Filho (2009)

K (Cmolc/dm³)	Interpretação
De 0 a 0,120	Baixo
De 0,120 a 0,380	Médio
> 0,381	Alto
> 10	Muito Alto

Fonte: adaptado do Laboratório de solos da Embrapa/RO aput Silva Filho (2009).

Os valores de V%, M%, T (CTC a Ph 7,0) e M.O. analisados evidenciam solos pobres em macronutrientes, ácidos, com baixa fertilidade natural. Apresentam uma baixa concentração Al^{3+} (acidez não trocável), essas concentrações estão de acordo com Smyth (1996), que lista a acidez e a toxidade por alumínio entre os três principais fatores restritivos da fertilidade de solos de terra firme na Amazônia. As amostras analisadas também corroboram com Melo et. Al (2015) que analisou a fertilidade um latossolo vermelho amarelo no Distrito Federal e concluiu que a CTC é fortemente influenciada pela concentração da M.O.

Os índices de M.O apresentaram níveis distintos de concentração nas duas áreas. Na área de antiga pastagem a camada de 0 a 20 cm apresentou o maior índice de M.O. entre as amostras analisadas, seguida pela camada de 21 a 40 cm da área de capoeira. Ambas as camadas apresentam valores médios de concentração. Chama a atenção o resultado da camada de capoeira já que as concentrações de M.O. mais elevadas não são encontradas na camada superficial.

4.5 Avaliação dos Parâmetros Físicos do Solo

4.5.1 Densidade

Nessa seção serão apresentados os dados estatísticos da densidade do solo nas duas áreas pesquisadas. Os resultados estatísticos relativos à densidade do solo estudado na área de antiga pastagem da camada superficial, profundidade de 0 a 20 cm, serão apresentados na tabela 10 e no quadro 4.

Tabela 10 Tabela estatística da densidade do solo na área de antiga pastagem – camada 0 a 20 cm.

Estatística descritiva da densidade (g/cm³)	Linhas				
	A	B	C	D	E
N	5	5	5	5	5
Min	1,330	1,180	1,430	1,280	1,320
Max	1,670	1,640	1,660	1,600	1,640
Soma	7,530	7,280	7,850	7,480	7,280
Média	1,506	1,456	1,570	1,496	1,456
Erro padrão	0,058	0,089	0,040	0,059	0,061
Variância da amostra	0,017	0,040	0,008	0,017	0,019
Desvio padrão	0,130	0,199	0,089	0,132	0,137
Mediana	1,540	1,500	1,570	1,560	1,380
25 prcntil	1,380	1,255	1,495	1,370	1,350
75 prcntil	1,615	1,635	1,645	1,590	1,600
Assimetria	0,243	-0,607	-1,078	-1,468	0,646
Curtose	-0,472	-1,503	1,387	1,663	-2,010
Média Geométrica	1,501	1,445	1,568	1,491	1,451
Coeff. var	8,640	13,655	5,643	8,838	9,387

Quadro 4 Valores comparativos.

Fonte da variação	*SQ*	*gl*	*MQ*	*F*	*valor-P*	*F crítico*
Entre grupos	0,044	4	0,011	0,546	0,704	2,866
Dentro dos grupos	0,402	20	0,020			
Total	0,446	24				

Os valores da densidade na camada superficial da área de antiga pastagem se mantêm próximos a média geral. A variância apresenta valores pouco significativos e independentemente da localização da amostra. O teste de Tukey demostra que não há diferença significativa nos valores da densidade dependendo da posição topográfica no *grid*, os valores de “F” são menores do que os de “F crítico”, e os valores de P maiores que 0,05 corroborando com essas afirmativas.

A variância apresenta um ligeiro acréscimo na linha “E”, evidenciado pela diminuição a densidade nos pontos E3, E4 e E5. No gráfico 3 apresentado abaixo, podemos ver que a linha “C”, da área de antiga pastagem, apresenta os maiores índices médios de densidade.

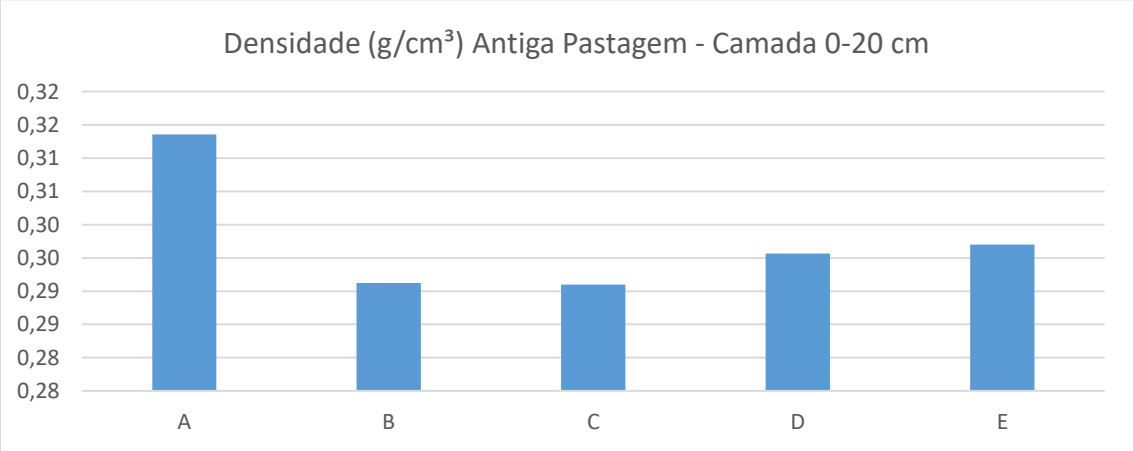

Gráfico 3 Densidade - Antiga Pastagem.

O gráfico 3 demonstra uma assimetria positiva, que evidencia que a linha de menor altitude também apresenta os menores valores de densidade, conforme pode ser comparado com a figura 25.

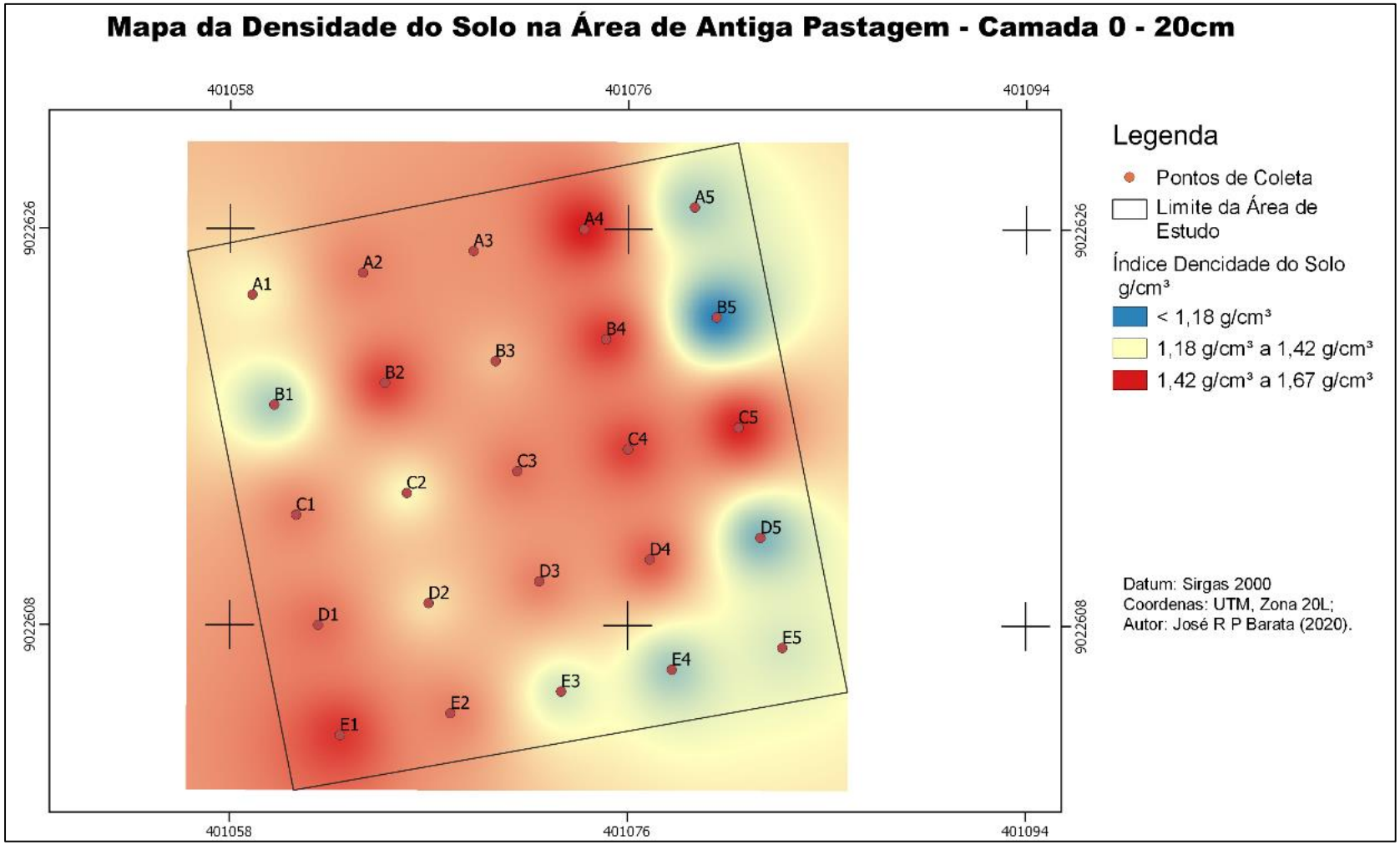

Figura 25 Mapa de densidade do solo – Antiga Pastagem.

Na tabela 11 e no quadro 5 serão demonstrados os resultados estatísticos relativos à densidade do solo estudado na área de antiga pastagem na camada profundidade de 21 a 40 cm.

Tabela 11 Tabela estatística da densidade do solo na área de Antiga Pastagem – camada 21 a 40 cm.

Estatística descritiva da densidade (g/cm³)	Linhas				
	A	B	C	D	E
N	5	5	5	5	5
Min (g/cm³)	1,350	1,400	1,390	1,410	1,490
Max (g/cm³)	1,560	1,540	1,490	1,520	1,600
Soma (g/cm³)	7,320	7,320	7,260	7,450	7,730
Média (g/cm³)	1,464	1,464	1,452	1,490	1,546
Erro padrão	0,034	0,023	0,018	0,020	0,023
Variância da amostra	0,006	0,003	0,002	0,002	0,003
Desvio padrão	0,076	0,051	0,040	0,045	0,052
Mediana	1,470	1,470	1,460	1,510	1,570
25 prcntil	1,400	1,420	1,415	1,455	1,490
75 prcntil	1,525	1,505	1,485	1,515	1,590
Assimetria	-0,552	0,505	-1,090	-2,101	-0,411
Curtose	1,516	1,121	0,875	4,522	-2,995
Média Geométrica	1,462	1,463	1,452	1,489	1,545
Coeff. var	5,193	3,503	2,729	3,039	3,380

Quadro 5 Valores comparativos.

Fonte da variação	*SQ*	*gl*	*MQ*	*F*	*valor-P*	*F crítico*
Entre grupos	0,029	4	0,007	2,414	0,083	2,866
Dentro dos grupos	0,059	20	0,003			
Total	0,088	24				

Os dados da camada 21 a 40 cm demonstram que a densidade se mantém próxima a média geral, a variância também apresenta valores pouco significativos e independentes da localização da amostra. O teste de Tukey demonstra que não há diferença significativa nos valores da densidade dependendo da posição topográfica, os valores de “F” são menores do que os de “F crítico”, e os valores de P maiores que 0,05 comprova essas afirmativas.

Na camada 21-40 cm a linha “E” apresenta os maiores valores médios de densidade, os valores mais elevados nos pontos E3, E4 e E5 afetando o valor da média na linha. No gráfico 4 podemos ver que os índices médios da densidade apresentam uma tendência de assimetria negativa, com um comportamento contrário a camada superficial.

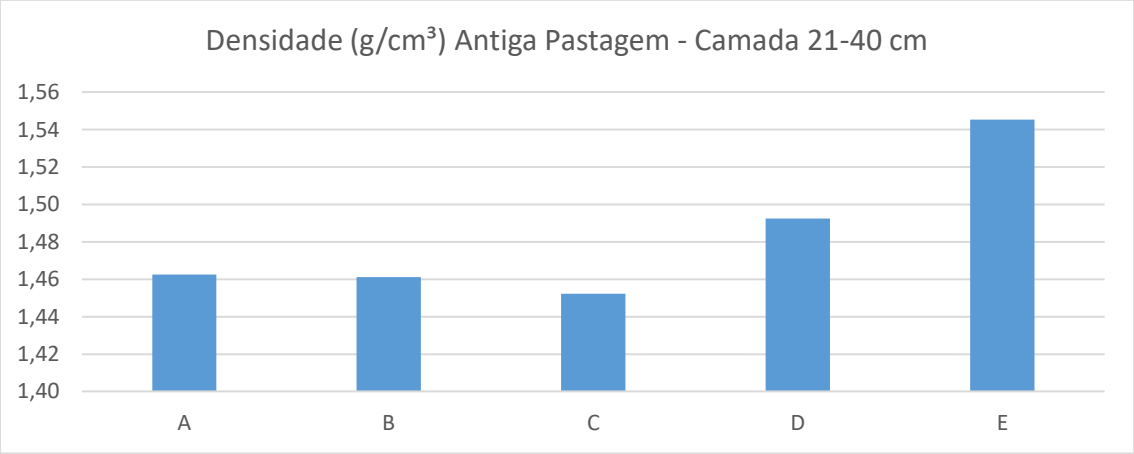

Gráfico 4 Densidade da área de Antiga Pastagem.

A assimetria pode ser comparada, quando visualizada na figura 26.

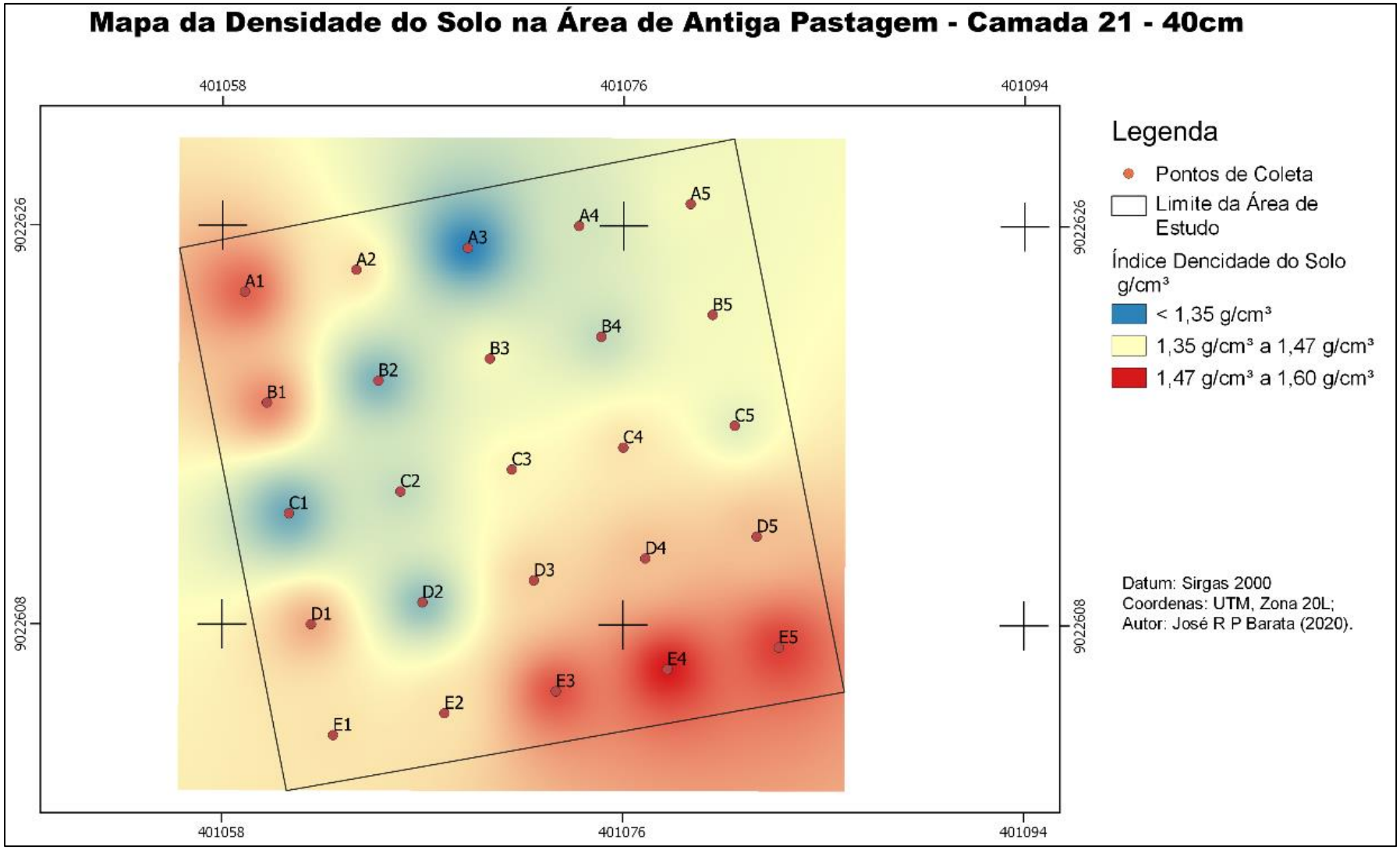

Figura 26 Mapa de densidade da área de Antiga Pastagem.

Os resultados estatísticos relativos à densidade do solo estudado na área de capoeira na camada superficial, profundidade de 0 a 20 cm, serão indicados na tabela 12 e no quadro 6.

Tabela 12 Tabela estatística da densidade do solo na área de Capoeira – camada 0 a 20 cm.

Estatística descritiva da densidade (g/cm³)	Linhas				
	A	B	C	D	E
N	5	5	5	5	5
Min (g/cm³)	1,080	1,160	1,140	1,260	1,140
Max (g/cm³)	1,630	1,390	1,410	1,360	1,330
Soma (g/cm³)	6,300	6,130	6,410	6,550	6,270
Média (g/cm³)	1,260	1,226	1,282	1,310	1,254
Erro padrão	0,095	0,042	0,053	0,022	0,034
Variância da amostra	0,046	0,009	0,014	0,003	0,006
Desvio padrão	0,214	0,093	0,119	0,050	0,077
Mediana	1,210	1,190	1,300	1,310	1,250
25 prcntil	1,125	1,175	1,160	1,260	1,185
75 prcntil	1,420	1,295	1,395	1,360	1,325
Assimetria	1,876	2,085	-0,216	0,000	-0,702
Curtose	3,944	4,524	-2,587	-3,000	-0,124
Média Geométrica	1,247	1,223	1,278	1,309	1,252
Coeff. var	16,948	7,577	9,302	3,817	6,141

Quadro 6 Quadro de valores comparativos.

Fonte da variação	*SQ*	*gl*	*MQ*	*F*	*valor-P*	*F crítico*
Entre grupos	0,020	4	0,005	0,323	0,859	2,866
Dentro dos grupos	0,308	20	0,015			
Total	0,327	24				

Assim como na área de antiga pastagem, os valores médios da densidade na camada se mantêm próximos a média geral, com valores de variância pouco significativo independentemente da posição topográfica. Os valores de “F”, também se mantêm menores que o de “F-critico”, e o valor de “P” continua maior de 0,05 que confirma que a localização dos pontos não tem influência no resultado.

No gráfico 5 podemos ver que os índices médios da densidade apresentam uma tendência de assimetria positiva. O comportamento da

assimetria ratifica que a linhas de menor altitude também apresentam menores índices densidade.

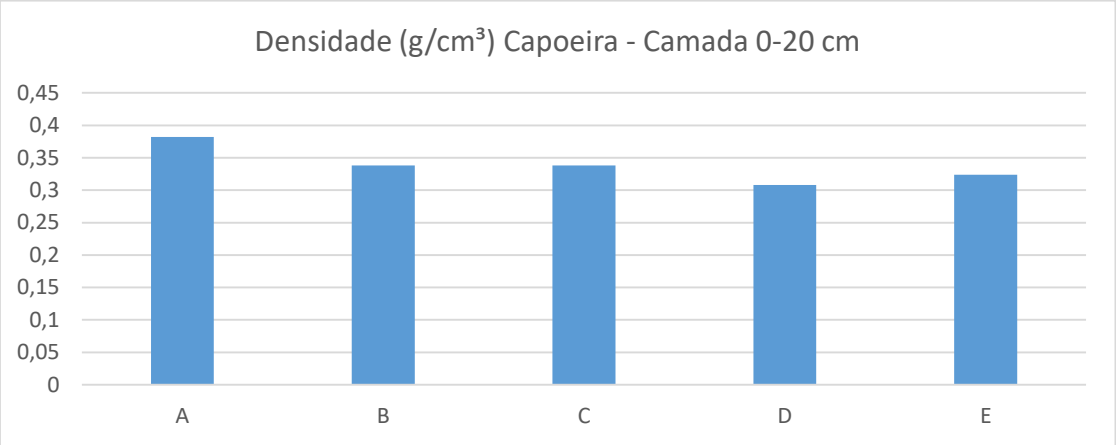

Gráfico 5 Densidade da área de Capoeira.

Na camada superficial a linha “D” apresenta os maiores valores médios de densidade, mas com valores de densidade mais baixos, se comparado com a área de antiga pastagem. É importante ressaltar que o valor da média na linha “A” foi afetado pelo alto valor de densidade no ponto “A2”; esse valor mais elevado pode afetar de maneira “artificial” vários pontos no seu entorno superestimando os valores nos pontos vizinhos, conforme figura 27.

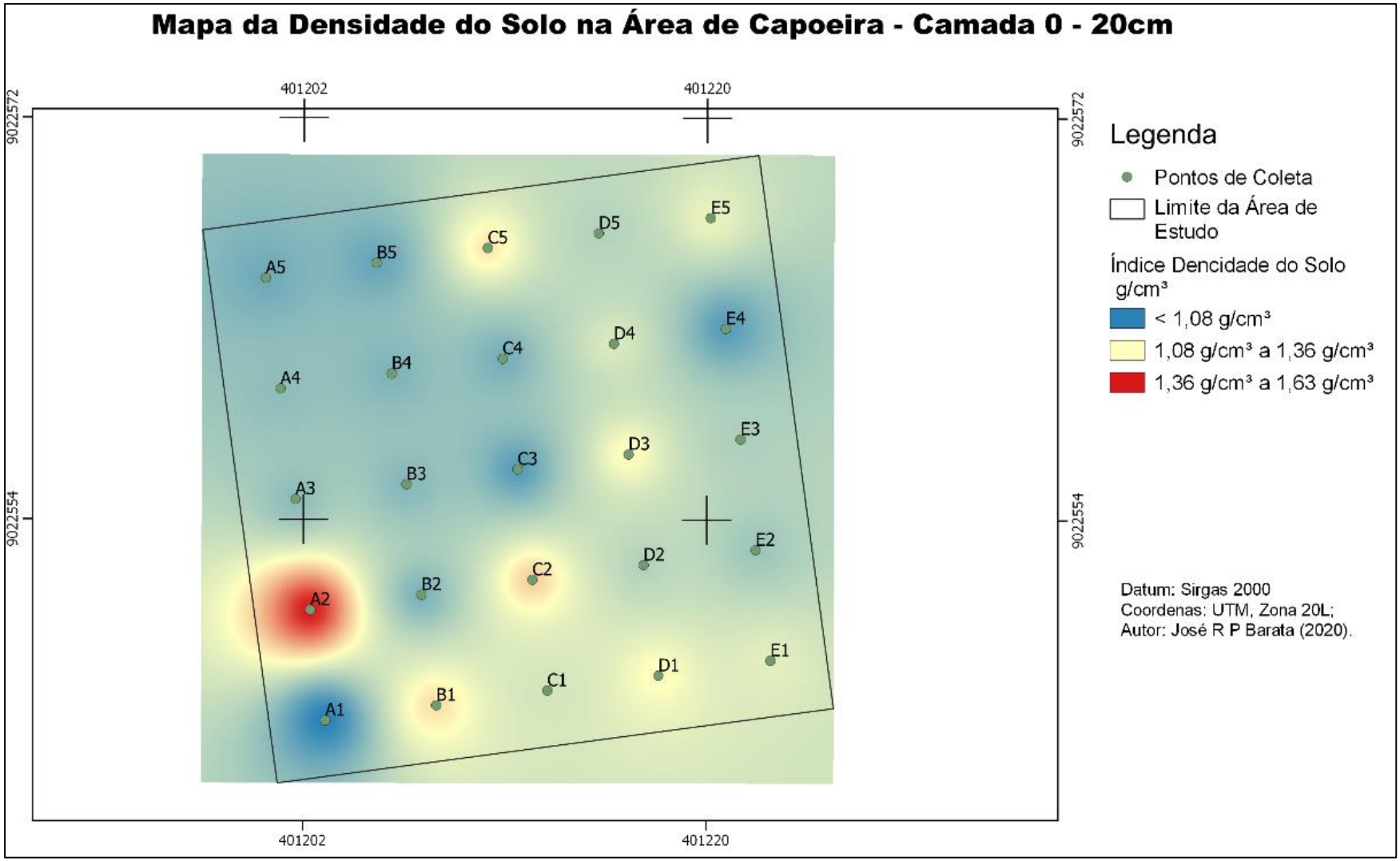

Figura 27 Mapa de densidade da área de Capoeira.

Os resultados estatísticos relativos à densidade do solo estudado na área de capoeira, camada 21 a 40 cm, serão indicados na tabela 13 e no quadro 7.

. Tabela 13 Tabela estatística da densidade do solo na área de Capoeira, camada 21 a 40 cm.

Estatística descritiva da densidade (g/cm³)	Linhas				
	A	B	C	D	E
N	5	5	5	5	5
Min (g/cm³)	1,210	1,440	1,410	1,410	1,390
Max (g/cm³)	1,610	1,510	1,510	1,510	1,490
Soma (g/cm³)	7,350	7,410	7,320	7,230	7,200
Média (g/cm³)	1,470	1,482	1,464	1,446	1,440
Erro padrão	0,068	0,014	0,019	0,017	0,017
Variância da amostra	0,023	0,001	0,002	0,002	0,001
Desvio padrão	0,152	0,030	0,042	0,039	0,038
Mediana	1,500	1,500	1,460	1,440	1,440
25 prcntil	1,355	1,450	1,425	1,415	1,405
75 prcntil	1,570	1,505	1,505	1,480	1,475
Assimetria	-1,723	-0,763	-0,158	1,377	0,000
Curtose	3,589	-1,841	-1,738	2,100	-0,378
Média Geométrica	1,463	1,482	1,464	1,446	1,440
Coeff. var	10,350	2,047	2,841	2,705	2,644

Quadro 7 Quadro de valores comparativos.

Fonte da variação	*SQ*	*gl*	*MQ*	*F*	*valor-P*	*F crítico*
Entre grupos	0,006	4	0,001	0,260	0,900	2,866
Dentro dos grupos	0,115	20	0,006			
Total	0,121	24				

Na camada 21-40 cm há um aumento no índice médio da densidade, as linhas “A, B e C” apresentam os maiores índices de densidade, conforme gráfico 6. Essas linhas possuem as maiores altitudes na área de estudo, podendo a topografia ter influência na densidade. Os valores de “F”, também se mantêm menores que o de “F-critico”, e o valor de “P” continua maior de 0,05, confirmando que a localização não influencia na densidade. No gráfico 6 estão descritos os índices médios da densidade na área de capoeira, camada 21 – 40 cm.

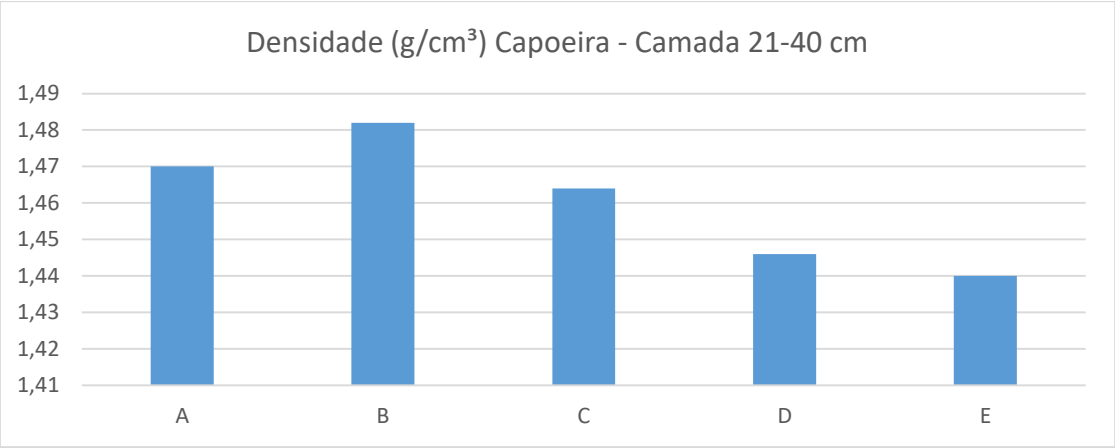

Gráfico 6 Densidade da área de Capoeira.

O gráfico 6 demonstra uma assimetria positiva, que pode evidenciar que a variação altimétrica pode influenciar nos maiores índices de densidade, conforme comparação com a figura 28.

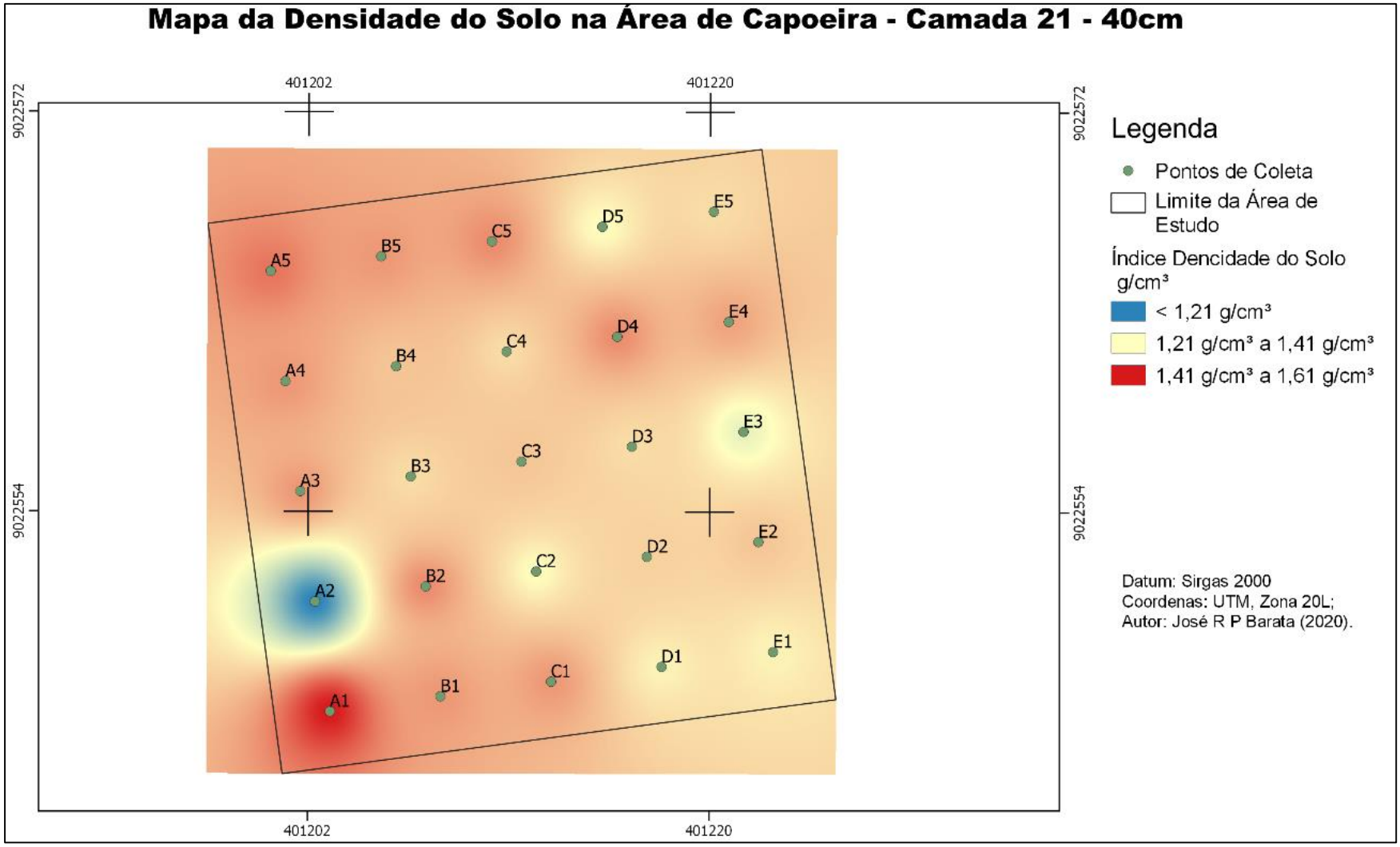

Figura 28 Mapa de densidade da área de Capoeira.

Dentro de um contexto geral a camada 21-40 cm apresenta um aumento significativo dos índices de densidade em todas as linhas, com valores mais próximos a área de antiga pastagem. O gráfico demonstra que a linha “B” apresenta os maiores índices da Densidade, e a borda inferior presenta os menores valores.

Os valores médios de Ds na camada superficial variaram entre 1,49 g/cm³ na área de antiga pastagem e 1,27 g/cm³ na área de capoeira. Doran et.al. (1994) determina um valor de densidade aparente mínima de 1,40 g/cm³, como sendo o índice restritivo ao crescimento radicular em solos de textura argilosa. A área de antiga pastagem apresenta valores mais elevados densidade em comparação com a área de capoeira onde os valores da densidade diminuem influenciados pelo aumento da concentração de MO.

Segundo Torres & Saraiva (1999) com o aumento da MO, há uma tendência para diminuição da densidade global do solo, devido ao baixo peso específico da MO que gira em torno de 0,90 g/cm³ a 1,00 g/cm³. A MO também pode alterar a densidade global do solo, através da sua característica cimentante que aumenta a estabilidade dos agregados em água, Torres & Saraiva (1999) e (Baver et al.,1973).

Os valores médios de Ds na camada 21-40 cm variaram entre1,48 g/cm³ na área de antiga pastagem e 1,46 g/cm³ na área de capoeira. Nas camadas 21-40 cm há uma diferença textural que deve ser levada em consideração; na área de pasto a textura do solo é classificada como muito argilosa, já na área de capoeira a textura é argilosa. Doran et.al. (1994) determina que para a Densidade aparente mínima para restrições crescimento radicular, que é para solos muito argilosos 1,65 g/cm³.

Os valores médios de Ds das camadas 21-40 cm da área de antiga pastagem e da área de capoeira se mantêm próximos para ambas as áreas. Ferreira et.al. (2010), ao estudar um argissolo, destaca que é comum nesses solos valores elevados de densidade por influência textural do teor de areia encontrado nas amostras. Conforme pode ser verificado na análise da granulometria em ambas as áreas de estudo há o predomínio da fração de areia

média e na fração de areia grossa há uma alta concentração de petroplintita, que é composta de óxidos e hidróxidos de ferro que têm um alto peso especifico.

4.6.2 Porosidade

Os resultados estatísticos relativos à porosidade do solo estudados na área de antiga pastagem, camada superficial, profundidade de 0 a 20 cm, serão apresentados na tabela 14 e no quadro 8.

Tabela 14 Tabela estatística da porosidade do solo na área de antiga pastagem, camada 0 a 20 cm.

Estatística descritiva Porosidade total (%)	Linhas				
	A	B	C	D	E
N	5	5	5	5	5
Min	29	12	27	28	20
Max	34	38	34	31	38
Soma	157	144	146	147	148
Média	31	29	29	29	30
Erro padrão	1	5	1	1	3
Variância da amostra	6	103	8	2	41
Desvio padrão	2	10	3	2	6
Mediana	30	31	28	29	30
25 prcntil	30	20	28	28	25
75 prcntil	34	37	32	31	35
Assimetria	0,473	-1,487	1,881	0,315	-0,454
Curtose	-3,086	2,468	3,773	-3,081	1,876
Média Geométrica	31,327	26,811	29,101	29,369	28,996
Coeff. var	7,670	35,188	9,503	5,158	21,711

Quadro 8 Quadro de valores comparativos.

Fonte da variação	*SQ*	*gl*	*MQ*	*F*	*valor-P*	*F crítico*
Entre grupos	17,167	4	7,292	0,134	0,966	2,866
Dentro dos grupos	638,327	20	31,916			
Total	655,494	24				

A porosidade na camada superficial da área de antiga pastagem se mantém próxima a média geral em toda a área, com um leve aumento no índice

na linha “A”. Assim como ocorreu com a densidade, a variância apresenta valores pouco significativos, com exceção da linha “B” onde o valor da média foi influenciado pelo valor baixo da porosidade no ponto “B2”, que afeta superestimando os índices de porosidade nos pontos em seu entorno. O teste de Tukey demostra que não há diferença significativa nos valores da Porosidade dependendo da posição topográfica no *grid*, os valores de “F” são menores do que os de “F crítico”, e os valores de P maiores que 0,05 corroboram com essa afirmativa.

A variância apresenta variação mais significativa na linha “B” influenciada pelo ponto supracitado. Abaixo será apresentado o gráfico 7, onde podemos ver que a linha “A” apresenta os maiores índices de Porosidade total.

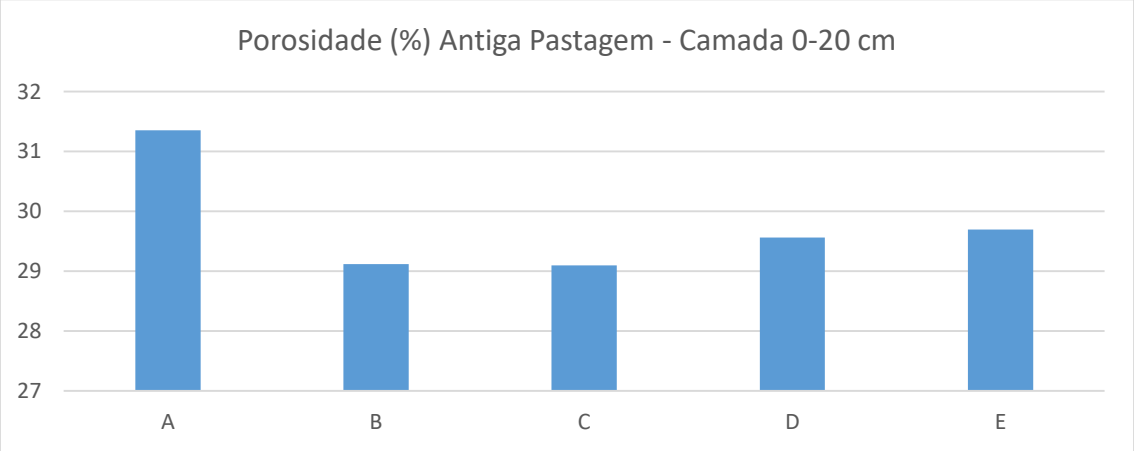

Gráfico 7 Porosidade da área de antiga pastagem.

O gráfico demonstra uma assimetria positiva, onde a linha de maior altitude apresenta os maiores índices de porosidade, e as linha centrais apresentam os menores valores de porosidade, conforme pode ser visto na figura 29.

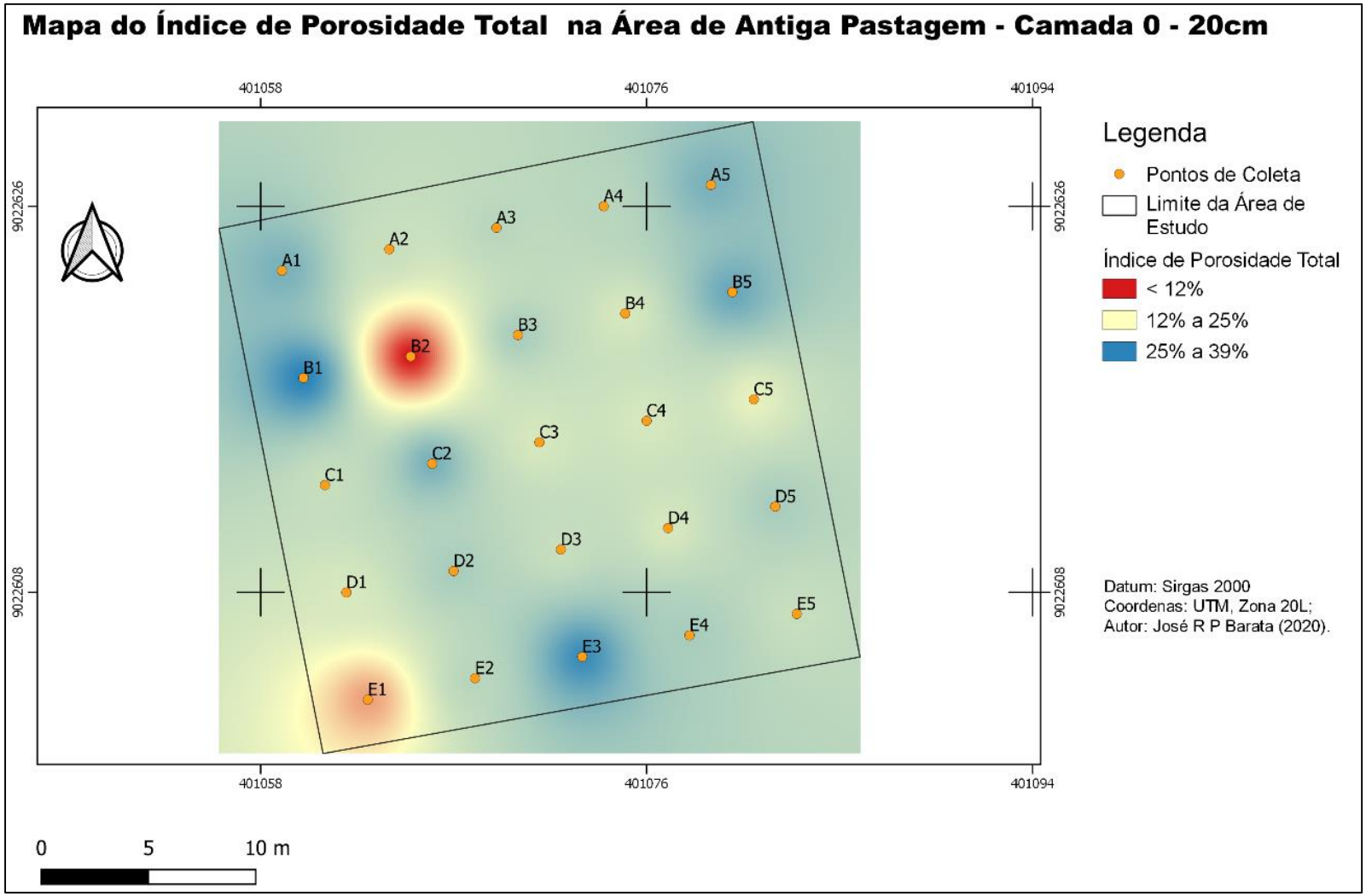

Figura 29 Mapa de índice de porosidade da área de Antiga Pastagem.

Os resultados estatísticos relativos à porosidade do solo estudado solo na área de antiga pastagem, camada 21 a 40 cm, serão apresentados na tabela 15 e no quadro 9.

Tabela 15 Tabela estatística de porosidade na área de Antiga Pastagem, camada 21 a 40 cm.

Estatística descritiva Porosidade total (%)	Linhas				
	A	B	C	D	E
N	5	5	5	5	5
Min	7	16	3	16	3
Max	27	30	20	26	22
Soma	101	119	60	116	68
Média	20	24	12	23	14
Erro padrão	4	3	3	2	4
Variância da amostra	70	33	48	17	69
Desvio padrão	8	6	7	4	8
Mediana	24	25	14	25	12
25 prcntil	12	18	5	20	6
75 prcntil	27	29	18	26	22
Assimetria	-1,266	-0,469	-0,344	-2,070	-0,077
Curtose	0,734	-1,535	-1,599	4,416	-2,004
Média Geométrica	18,215	23,199	9,879	22,858	10,942
Coeff. var	41,330	24,210	57,434	17,615	61,211

Quadro 9 Quadro de valores comparativos.

Fonte da variação	*SQ*	*gl*	*MQ*	*F*	*valor-P*	*F crítico*
Entre grupos	592,822	4	148,206	3,056	0,041	2,866
Dentro dos grupos	970,054	20	48,503			
Total	1562,876	24				

A porosidade na camada 21-40 cm na área de antiga pastagem possui variação significativa na relação entre as médias das linhas. O valor de “F” é maior que o de “F-crítico”, significando que a localização tem influência no índice de porosidade total, o valor de “P” é menor que 0,05 comprovando essa significância da posição topográfica.

O gráfico a seguir demonstra uma assimetria positiva, onde a linha “C” localizada no centro do *grid* apresenta os menores índices de porosidade, e as

linha “E”, na borda inferior do *grid,* apresenta também valores baixos de porosidade, conforme pode ser visto no gráfico 8.

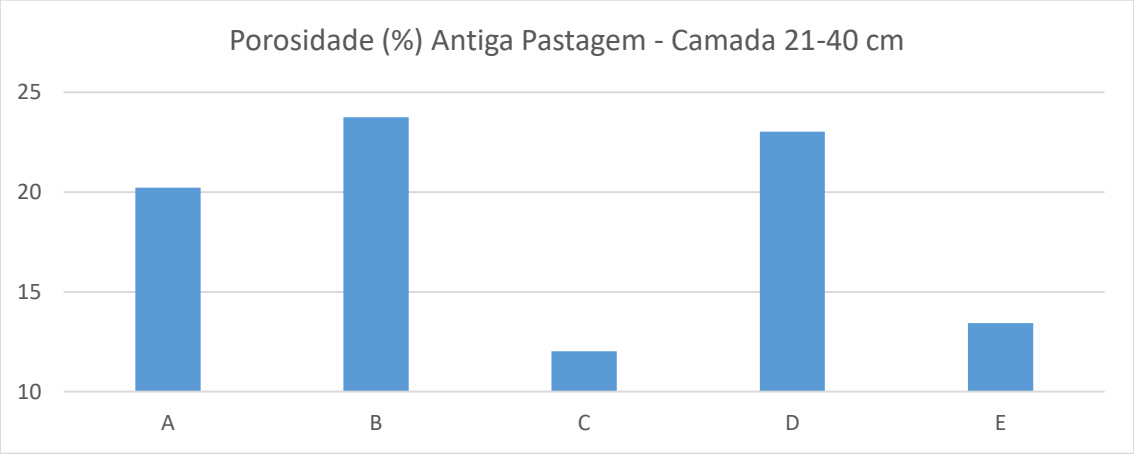

Gráfico 8 Porosidade da área de Antiga Pastagem.

O gráfico demonstra uma assimetria positiva, onde a linha “B” apresenta os maiores índices de porosidade, e as linhas “C e E” apresentam os menores valores.

Na figura 30, podemos ver que na linha “A” a média da porosidade é influenciada pela baixa porosidade do ponto “A2” que afeta a média da linha “A”. A linha “C” os pontos “C2 e C4”, também têm influência na redução da média da linha. Por fim, a linha “E” são os pontos “E3, E4 e E5” que baixam a média da linha. No gráfico pode-se ver que os pontos supracitados tenderam em puxar a média para baixo; o que podemos estimar é que esses valores extremos encontrados nesses pontos influenciaram os pontos no seu entorno criando uma “zona artificial” na análise estatística das linhas, sendo esses pontos responsáveis pelo o aumento dos valores da variância.

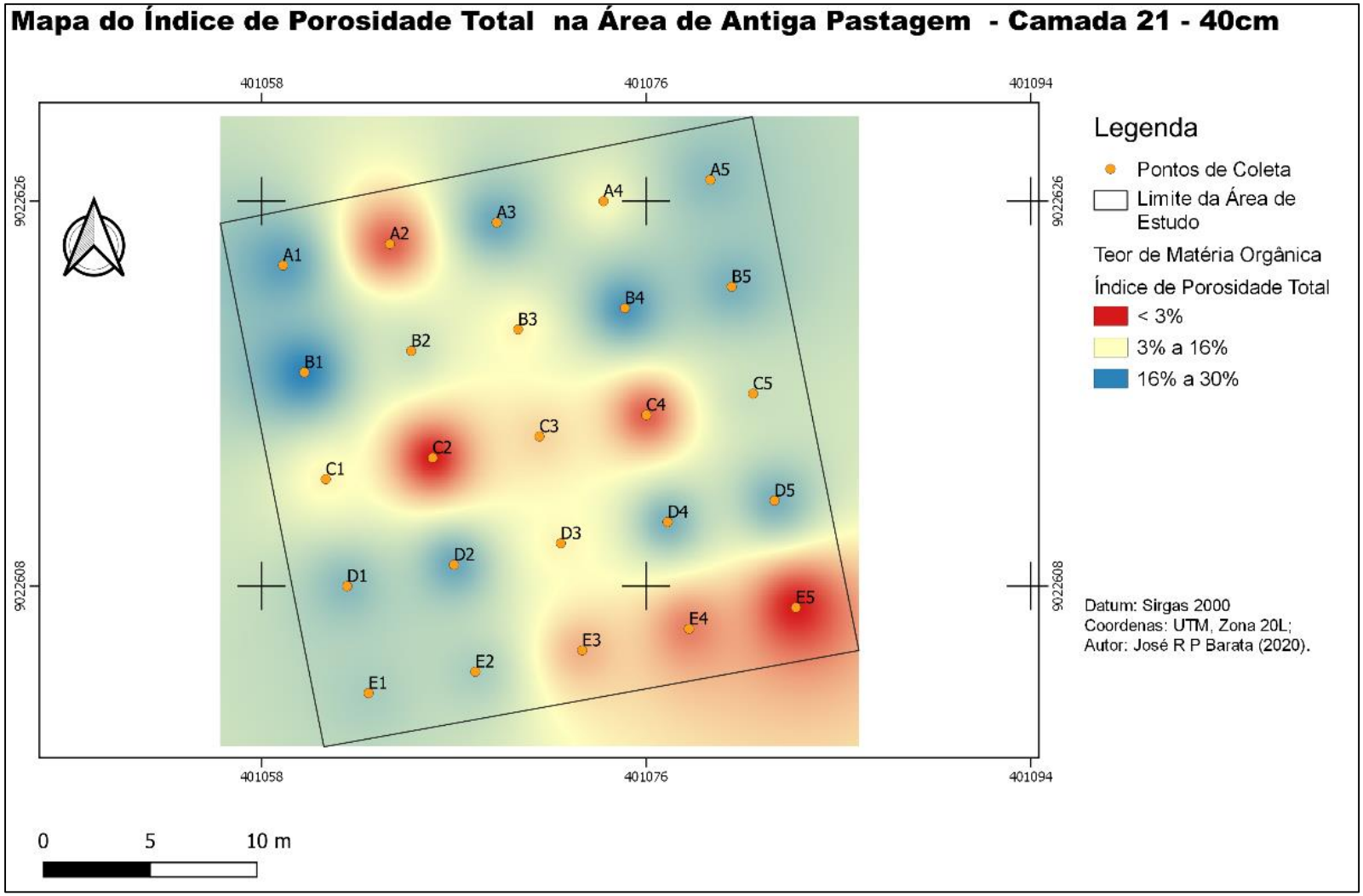

Figura 30 Mapa de porosidade da área de Antiga Pastagem.

Os resultados estatísticos relativos à porosidade do solo estudado na área de capoeira, camada superficial, serão apresentados na tabela 16 e no quadro 10.

. Tabela 16 Tabela estatística de Porosidade da área de Capoeira, camada 0 a 20 cm.

Estatística descritiva Porosidade total (%)	Linhas				
	A	B	C	D	E
N	5	5	5	5	5
Min	35	26	30	28	28
Max	42	38	38	33	37
Soma	191	169	169	154	162
Média	38	34	34	31	32
Erro padrão	1	2	2	1	2
Variância da amostra	8	21	13	4	12
Desvio padrão	3	5	4	2	4
Mediana	38	35	33	31	33
25 prcntil	36	30	31	29	29
75 prcntil	41	37	38	33	36
Assimetria	0,307	-1,657	0,272	-0,590	0,025
Curtose	-1,544	3,231	-2,680	-0,022	-0,874
Média Geométrica	38,115	33,521	33,651	30,751	32,247
Coeff. var	7,496	13,622	10,544	6,245	10,824

Quadro 10 Quadro de Valores comparativos da área de Capoeira.

Fonte da variação	*SQ*	*gl*	*MQ*	*F*	*valor-P*	*F crítico*
Entre grupos	151,60	4	37,90	3,262	0,033	2,866
Dentro dos grupos	232,40	20	11,62			
Total	384,00	24				

A porosidade na camada 0-20 cm na área de capoeira não possui variação significativa na relação entre as médias das linhas. O valor de “F” é maior que o de “F-crítico” expressando que a localização tem influência no índice de porosidade total, o valo de “P” é menor que 0,05 comprovando essa significância da posição topográfica.

O histograma apresentado no gráfico 9 demonstra uma assimetria positiva altamente influenciada pela cota da linha, onde as linhas “A, B e C” possuem os melhores índices de porosidade total.

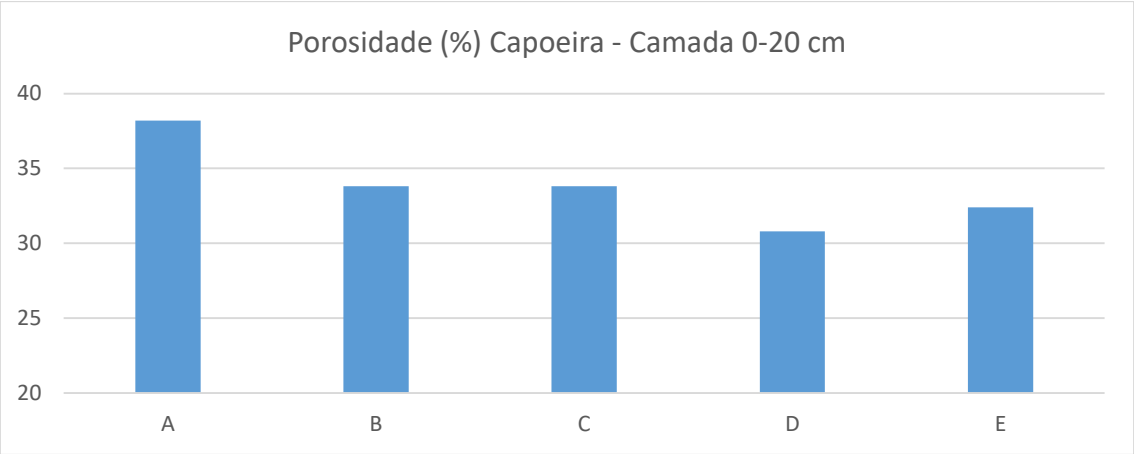

Gráfico 9 Porosidade da área de Capoeira.

Na figura 31 podemos verificar que a região de menor elevação possui os piores índices de porosidade.

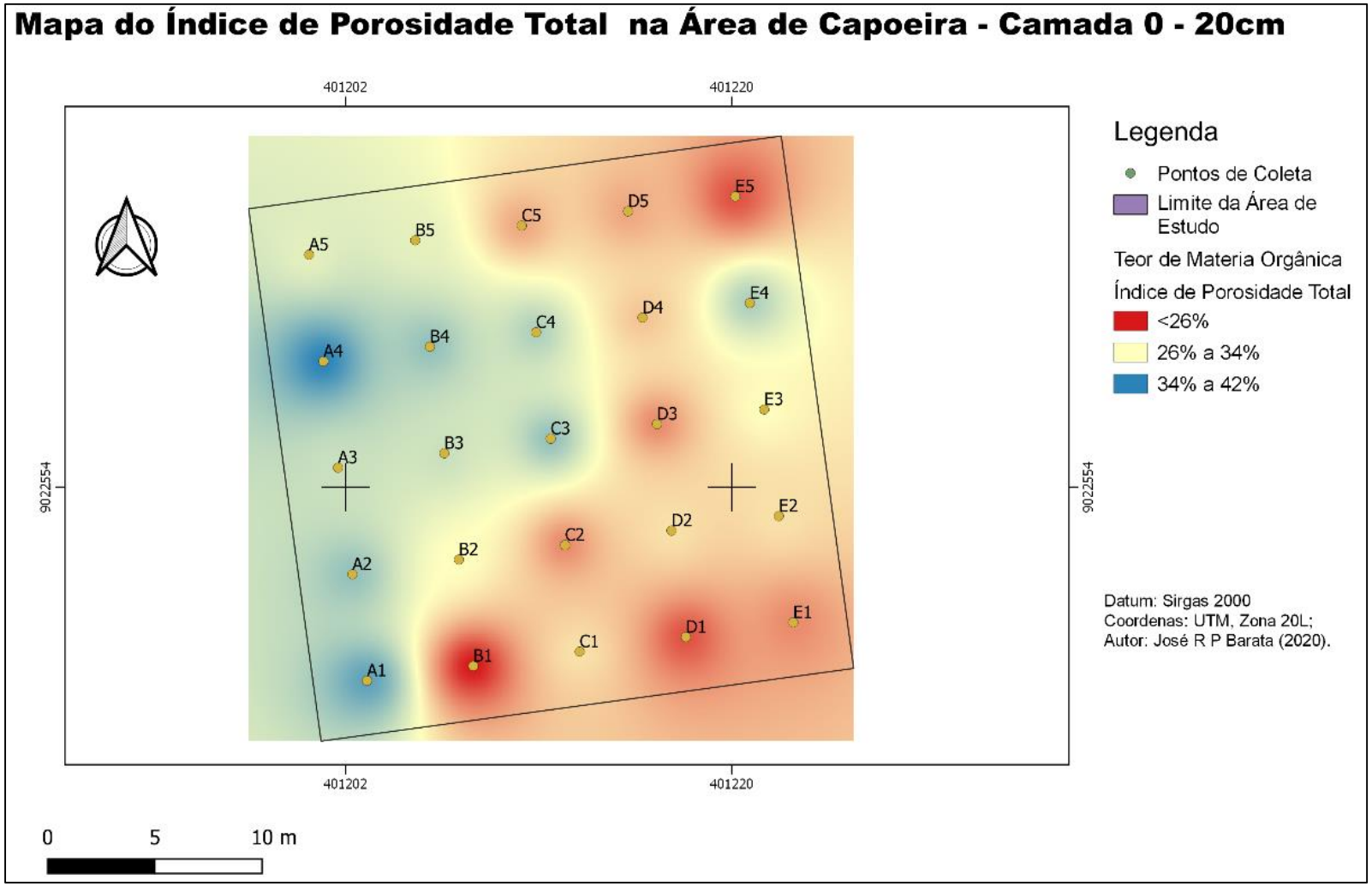

Figura 31 Mapa de porosidade da área de Capoeira.

Os resultados estatísticos relativos à porosidade do solo estudado na área de capoeira, camada 21 a 40 cm, serão apresentados na tabela 17 e no quadro 11.

Tabela 17 Tabela estatística de porosidade da área de Capoeira, camada 21 a 40 cm.

Estatística descritiva Porosidade total (%)	Linhas				
	A	B	C	D	E
N	5	5	5	5	5
Min	12	3	-4	19	13
Max	26	27	34	28	27
Soma	96	91	61	129	106
Média	19	18	12	26	21
Erro padrão	2	4	7	2	2
Variância da amostra	27	96	219	15	26
Desvio padrão	5	10	15	4	5
Mediana	20	20	11	27	22
25 prcntil	15	9	-1	23	17
75 prcntil	24	27	26	28	25
Assimetria	-0,191	-1,060	0,673	-2,142	-1,087
Curtose	0,521	0,625	-0,021	4,663	2,314
Média Geométrica	18,602	14,458	0,000	25,536	20,622
Coeff. var	26,913	53,751	121,356	14,861	24,144

Quadro 11 Quadro de valores comparativos.

Fonte da variação	*SQ*	*gl*	*MQ*	*F*	*valor-P*	*F crítico*
Entre grupos	487,44	4	121,86	1,593	0,215	2,866
Dentro dos grupos	1530,00	20	76,50			
Total	2017,44	24				

Os valores de porosidade na camada 21-40 da área de capoeira variam conforme a localização da linha na topografia do terreno. A variância demonstra que a tendência de quanto mais central for a posição da amostra menor o índice de porosidade em relação as bordas da camada da área de estudo. O teste de Tukey demonstra que não há relação significativa nos valores da porosidade dependendo da posição topográfica no grid, os valores de “F” são menores do que os de “F crítico”, e os valores de P maiores que 0,05 corroborando com essas afirmativas.

No gráfico 10 apresentado abaixo podemos ver essa tendência central nos menores índices de porosidade total.

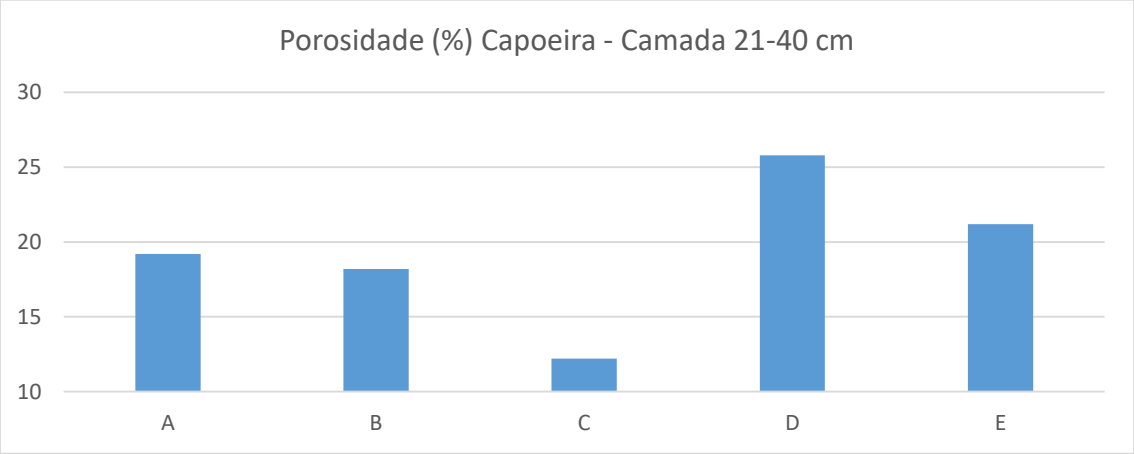

Gráfico 10 Porosidade da área.

O gráfico de porosidade mostra uma assimetria negativa, que pode estar evidenciando que os pontos de menores elevações são os com maiores índices de porosidade total, conforme comparação com a figura 32.

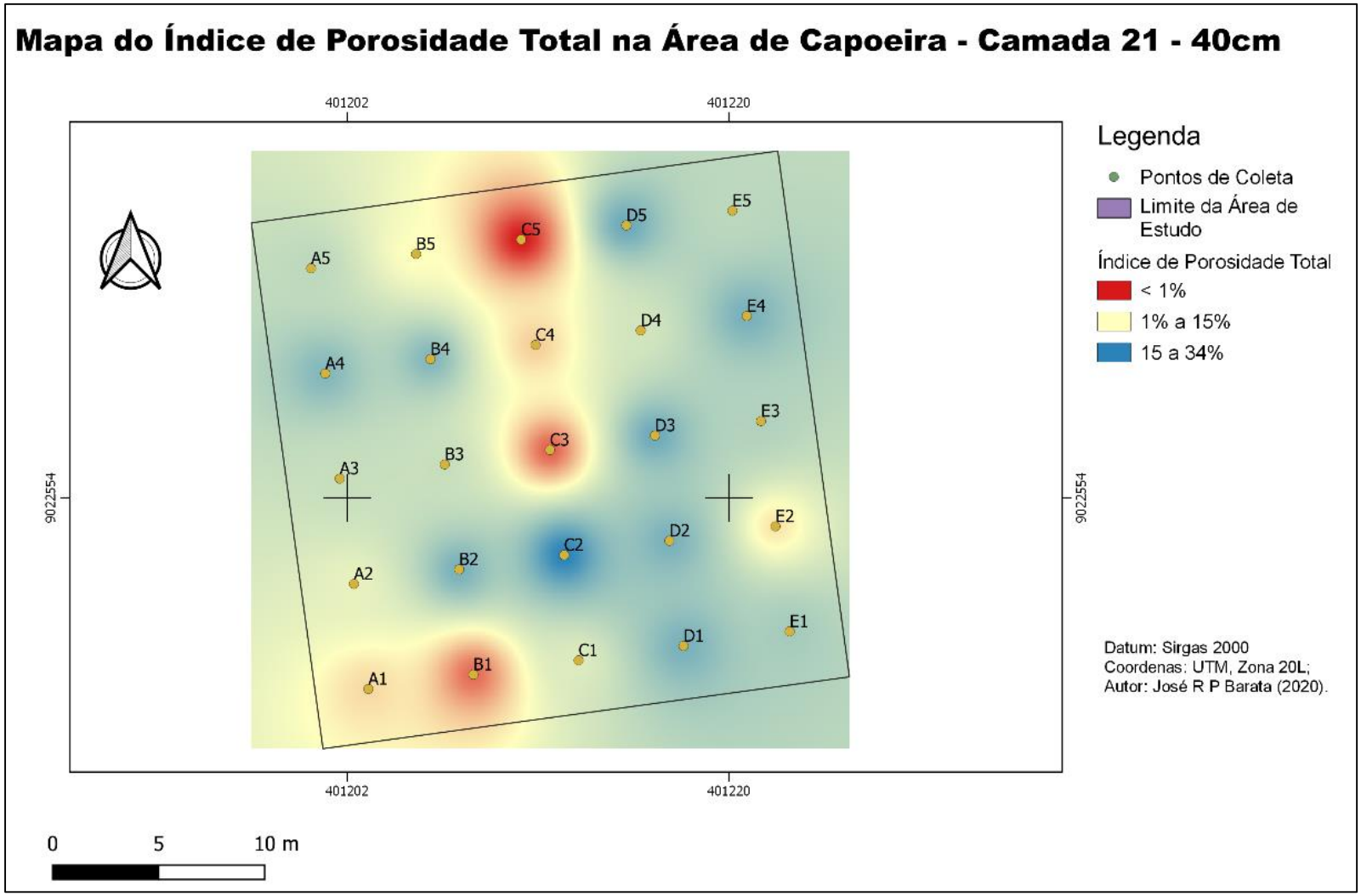

Figura 32 Mapa do Índice de Porosidade.

Os valores médios da Pt na camada superficial variaram entre 30% e 18%, respectivamente, na área de antiga pastagem e 34% e 19% simultaneamente na área de capoeira. Como referência tomaremos como parâmetro os valores estipulados por Andrade & Stone (2009) para a porosidade total em diagnóstico da qualidade física de solos do cerrado, de 53% para solos de textura muito argilosa e 51% para solos argilosos.

Todas as camadas analisadas estão com valores baixos de porosidade, esses valores podem estar sendo influenciados por diferentes variáveis, tais como textura e a densidade aparente. A taxa de porosidade na camada superficial da área de antiga pastagem apresenta uma porosidade maior em comparação com a camada 21-40 cm. Esse índice menor da porosidade total nas camadas 21-40 cm nas duas áreas deve estar relacionado com o adensamento do solo em função do peso da camada superficial.

4.6.3 Resistência do Solo a Penetração

Os resultados estatísticos relativos à resistência do solo a Penetração (RSP) estudados na área de antiga pastagem, camada superficial, profundidade de 0 a 20 cm, serão apresentados na tabela 18 e no quadro 12.

.Tabela 18 Estatística descritiva da área de antiga pastagem, camada 0 a 20 cm:

Estatística descritiva RSP (Mpa)	**Linhas**				
	A	**B**	**C**	**D**	**E**
N	**5**	**5**	**5**	**5**	**5**
Min	**3,030**	**2,520**	**2,690**	**2,900**	**2,830**
Max	**4,380**	**4,460**	**3,660**	**3,530**	**3,300**
Soma	**18,040**	**17,720**	**15,880**	**16,270**	**15,650**
Média	**3,608**	**3,544**	**3,176**	**3,254**	**3,130**
Erro padrão	**0,248**	**0,308**	**0,206**	**0,121**	**0,086**
Variância da amostra	**0,308**	**0,475**	**0,213**	**0,073**	**0,037**
Desvio padrão	**0,555**	**0,689**	**0,462**	**0,270**	**0,192**
Mediana	**3,620**	**3,550**	**3,060**	**3,190**	**3,230**
25 prcntil	**3,080**	**3,030**	**2,750**	**3,015**	**2,940**
75 prcntil	**4,130**	**4,055**	**3,660**	**3,525**	**3,270**
Assimetria	**0,433**	**-0,387**	**0,260**	**-0,141**	**-1,194**
Curtose	**-1,097**	**2,004**	**-2,941**	**-1,709**	**0,490**
Média Geométrica	**3,574**	**3,487**	**3,149**	**3,245**	**3,125**

Coeff. var	**15,386**	**19,441**	**14,532**	**8,299**	**6,133**

Quadro 12 Resultados do Teste de Tukey da área de antiga pastagem, camada 0-20:

Fonte da variação	*SQ*	*gl*	*MQ*	*F*	*valor-P*	*F crítico*
Entre grupos	**0,959**	**4**	**0,240**	**1,084**	**0,391**	**2,866**
Dentro dos grupos	**4,423**	**2**	**0,221**			
Total	**5,382**	**24**				

A RSP na camada superficial da área de antiga de pastagem se mantém próxima a média geral em toda a área, com uma leve diminuição no índice na linha “C”. A variância apresenta valores pouco significativos. O teste de Tukey demonstra que não há diferença significativa nos valores da RSP dependendo da posição topográfica no grid, os valores de “F” são menores do que os de “F crítico”, e os valores de P maiores que 0,05 corroboram com essa afirmativa.

A variância apresenta variação mais significativa na linha “B” assim como ocorreu na análise da porosidade. Abaixo será apresentado o gráfico 11, onde podemos ver que a linha “A” que apresenta os maiores índices de RSP assim como ocorreu com a densidade.

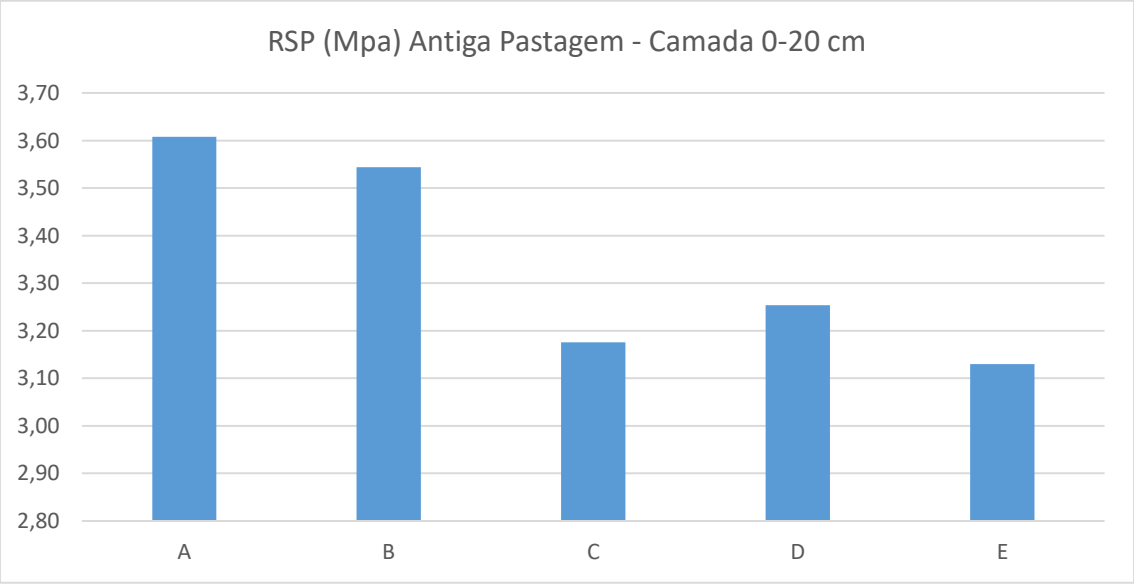

Gráfico 11 Resistencia do Solo à Penetração.

O gráfico demonstra uma assimetria positiva, onde a linha “A e B”, de maior altitude apresenta os maiores valores RSP, os valores da média nas referidas linhas foram afetados, por dois pontos de valores mais extremos, os

pontos “A5 e B5” respectivamente. Valores mais elevados, assim como ocorrido em outros índices analisados, podem afetar de maneira “artificial” a média da linha, onde um ponto de valor extremo influencia os pontos no seu entorno superestimando os valores nos pontos vizinhos, conforme pode ser visto na figura 33.

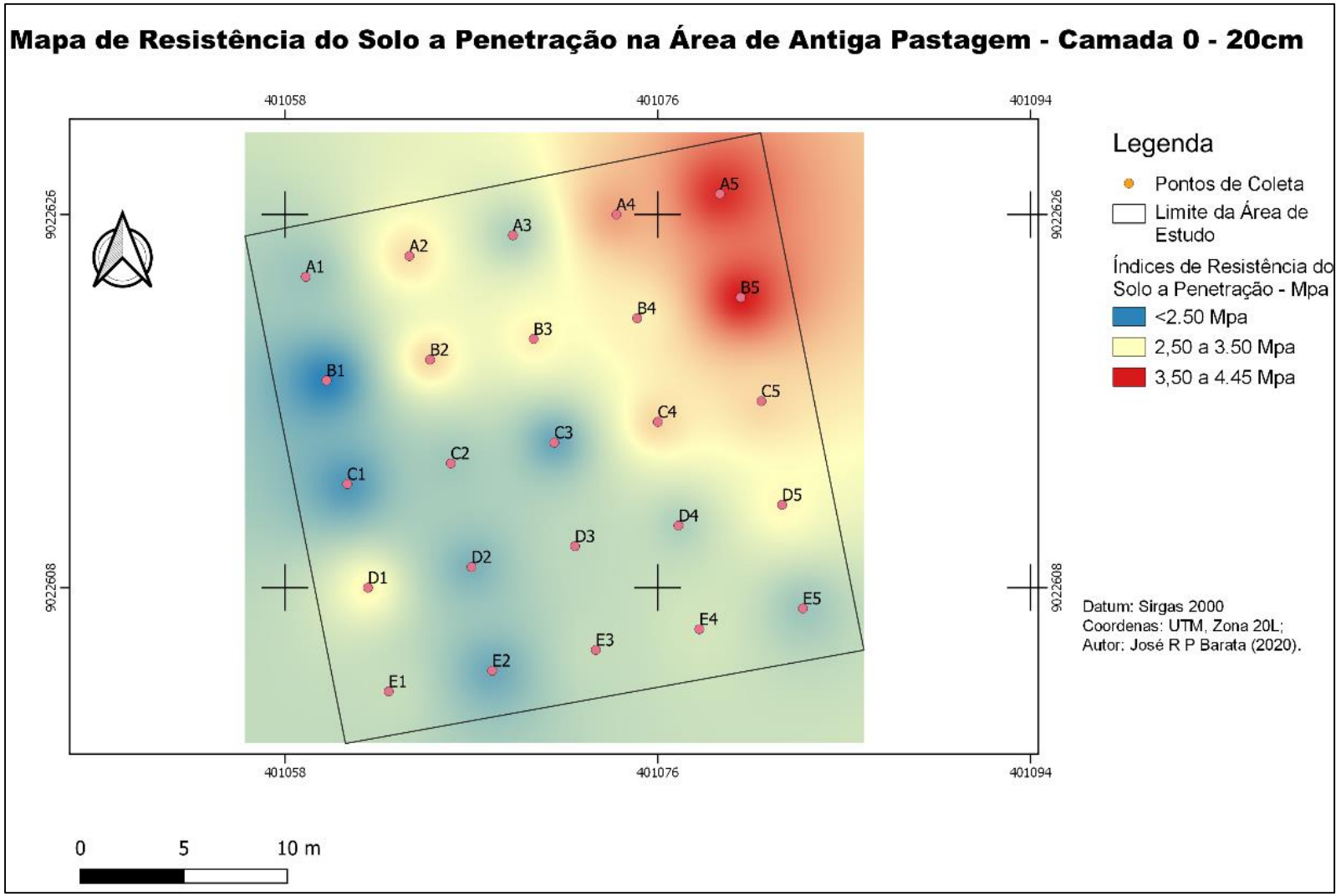

Figura 33 Mapa de RSP área de Antiga Pastagem.

Os resultados estatísticos relativos à RSP do solo estudado na área de antiga pastagem, camada 21 a 40 cm, serão apresentados na tabela 19 e no quadro 13.

Tabela 19 Estatística descritiva da área de antiga pastagem, camada 21 a 40 cm.

Estatística descritiva RSP (Mpa)	Linhas				
	A	B	C	D	E
N	5	5	5	5	5
Min	2,120	2,260	2,150	2,640	2,560
Max	3,040	2,920	2,980	3,310	2,970
Soma	13,290	13,000	13,130	14,490	14,120
Média	2,658	2,600	2,626	2,898	2,824
Erro padrão	0,159	0,132	0,164	0,117	0,070
Variância da amostra	0,126	0,087	0,135	0,068	0,024
Desvio padrão	0,355	0,296	0,368	0,261	0,156
Mediana	2,610	2,540	2,720	2,870	2,850
25 prcntil	2,365	2,325	2,245	2,680	2,700
75 prcntil	2,975	2,905	2,960	3,130	2,935
Assimetria	-0,786	0,135	-0,461	1,113	-1,618
Curtose	0,609	-2,626	-2,295	1,296	3,196
Média Geométrica	2,638	2,587	2,605	2,889	2,820
Coeff. var	13,348	11,374	14,006	8,990	5,535

Quadro 13 Resultados do Teste de Tukey da área de antiga pastagem.

Fonte da variação	*SQ*	*gl*	*MQ*	*F*	*valor-P*	*F crítico*
Entre grupos	0,348	4	0,087	0,986	0,438	2,866
Dentro dos grupos	1,764	20	0,088			
Total	2,111	24				

Os valores de RSP na camada 21-40 da área de antiga pastagem variam conforme a localização da linha na topografia do terreno. A variância demonstra que a tendência de quanto mais central for a posição da amostra menor o índice de RSP em relação as bordas da camada da área de estudo. O teste de Tukey demonstra que não há relação significativa nos valores da RSP dependendo da posição topográfica no grid, os valores de “F” são menores do que os de “F crítico”, e os valores de P maiores que 0,05 corroborando com essas afirmativas. Abaixo será apresentado o gráfico 12, onde podemos ver que a linha “A” e a linha “D” que apresenta os maiores índices de RSP.

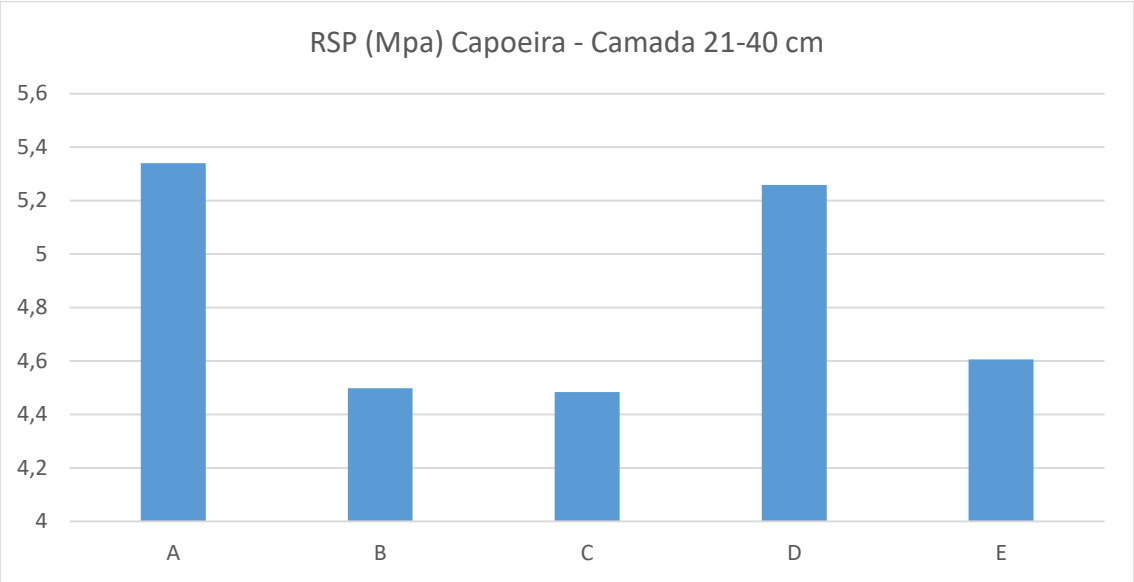

Gráfico 12 RSP da área de Capoeira.

O gráfico demonstra uma assimetria positiva, onde as linhas “B e C” localizadas no centro do *grid* apresentam os menores índices de RSP, e a linha “D” do *grid* apresenta valores mais elevados de RSP. Na figura 34 podemos ver que na linha “D” a média da RSP é influenciada pelo ponto “A5” que afeta a média da linha.

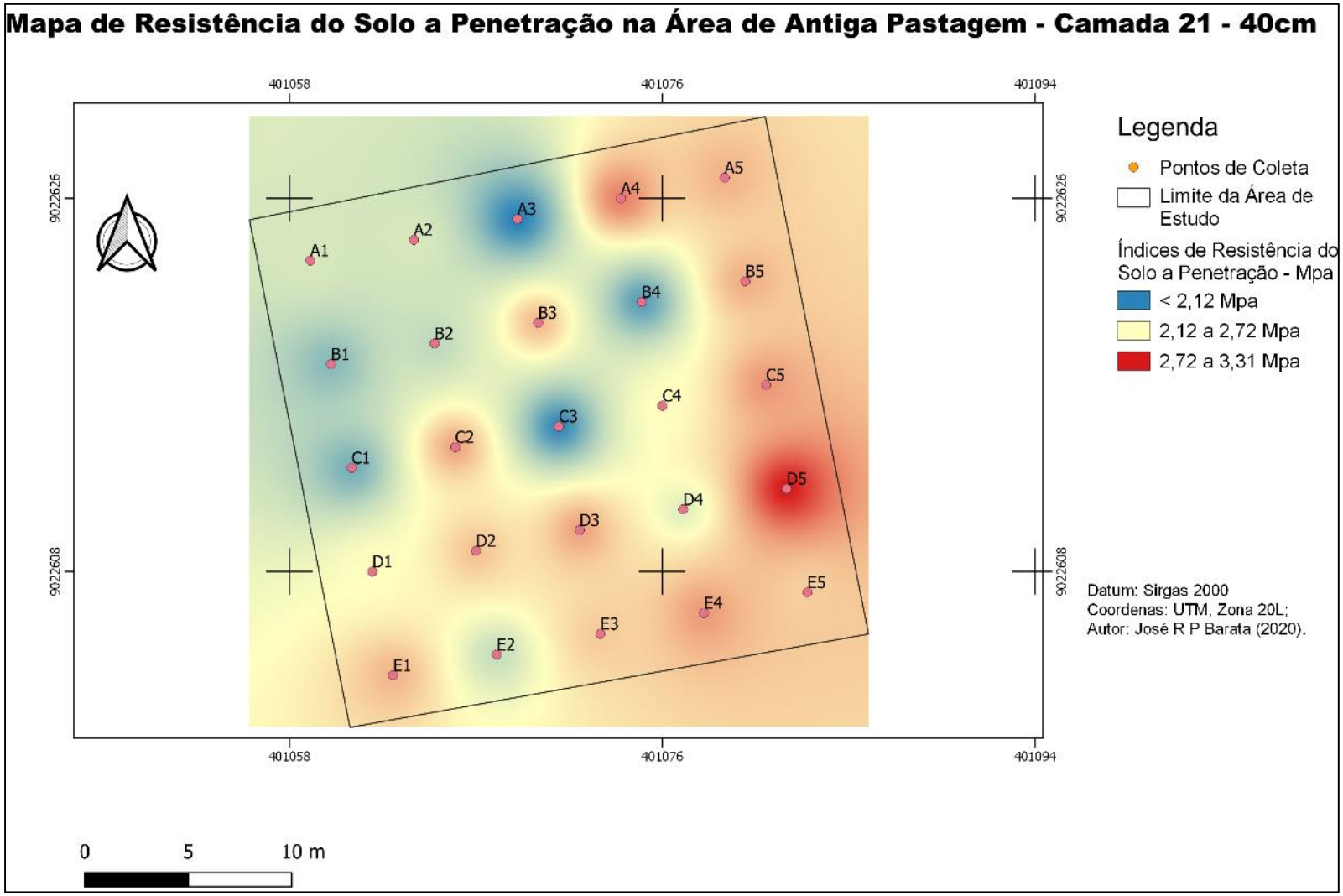

Figura 34 Mapa de RSP na área de antiga pastagem.

Os resultados estatísticos relativos à RSP do solo estudado na área de capoeira, camada superficial, serão apresentados na tabela 20 e no quadro 14.

Tabela 20 Estatística descritiva da área de Capoeira, camada 0 a 20 cm.

Estatística descritiva RSP (Mpa)	Linhas				
	A	B	C	D	E
N	5	5	5	5	5
Min	4,050	3,630	4,690	3,910	2,400
Max	6,250	7,450	5,550	5,440	5,660
Soma	26,940	23,640	25,960	22,400	20,920
Média	5,388	4,728	5,192	4,480	4,184
Erro padrão	0,366	0,694	0,159	0,290	0,571
Variância da amostra	0,671	2,407	0,127	0,420	1,629
Desvio padrão	0,819	1,551	0,356	0,648	1,276
Mediana	5,460	4,090	5,130	4,300	4,480
25 prcntil	4,730	3,810	4,880	3,925	2,930
75 prcntil	6,010	5,965	5,535	5,125	5,290
Assimetria	-1,287	2,027	-0,438	0,876	-0,485
Curtose	2,483	4,258	-0,847	-0,534	-0,719
Média Geométrica	5,333	4,563	5,182	4,444	4,009
Coeff. var	15,206	32,814	6,854	14,463	30,502

Quadro 14 Resultados do Teste de Tukey da área de Capoeira.

Fonte da variação	*SQ*	*gl*	*MQ*	*F*	*valor-P*	*F crítico*
Entre grupos	17,766	4	4,442	3,626	0,022	2,866
Dentro dos grupos	24,499	20	1,225			
Total	42,265	24				

A RSP na camada 0-20 cm na área de capoeira possui variação significativa na relação entre as médias das linhas. O valor de “F” é maior que o de “F-crítico” significando que a localização tem influência no índice de RSP, o valor de “P” é menor que 0,05 comprovando essa significância da posição topográfica. Abaixo será apresentado o gráfico 13, onde podemos ver que a linha “A” e a linha “C” que apresenta os maiores índices de RSP.

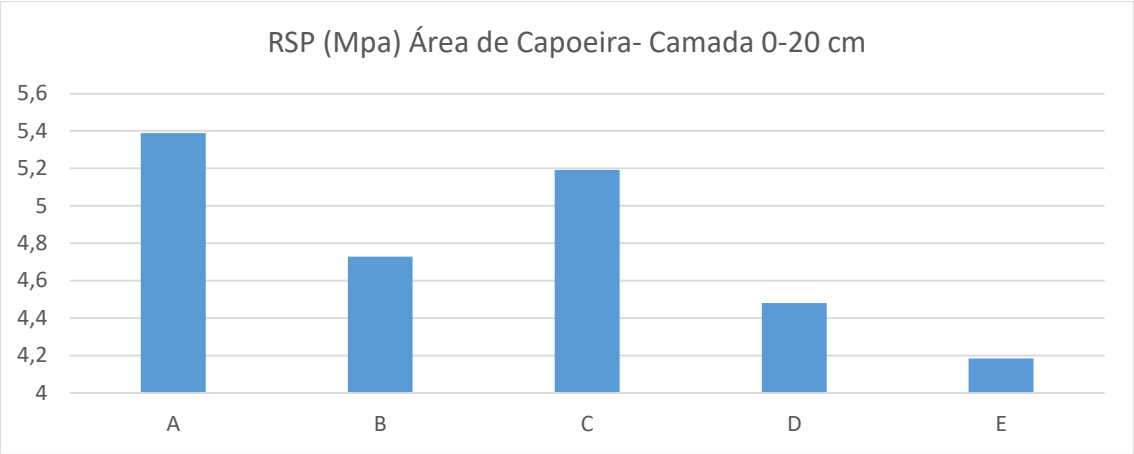

Gráfico 13 RSP da área de Capoeira.

O histograma apresentado demonstra uma assimetria positiva que evidencia que a linha de menor altitude também apresenta os menores valores de RSP, conforme pode ser comparado com a figura 35.

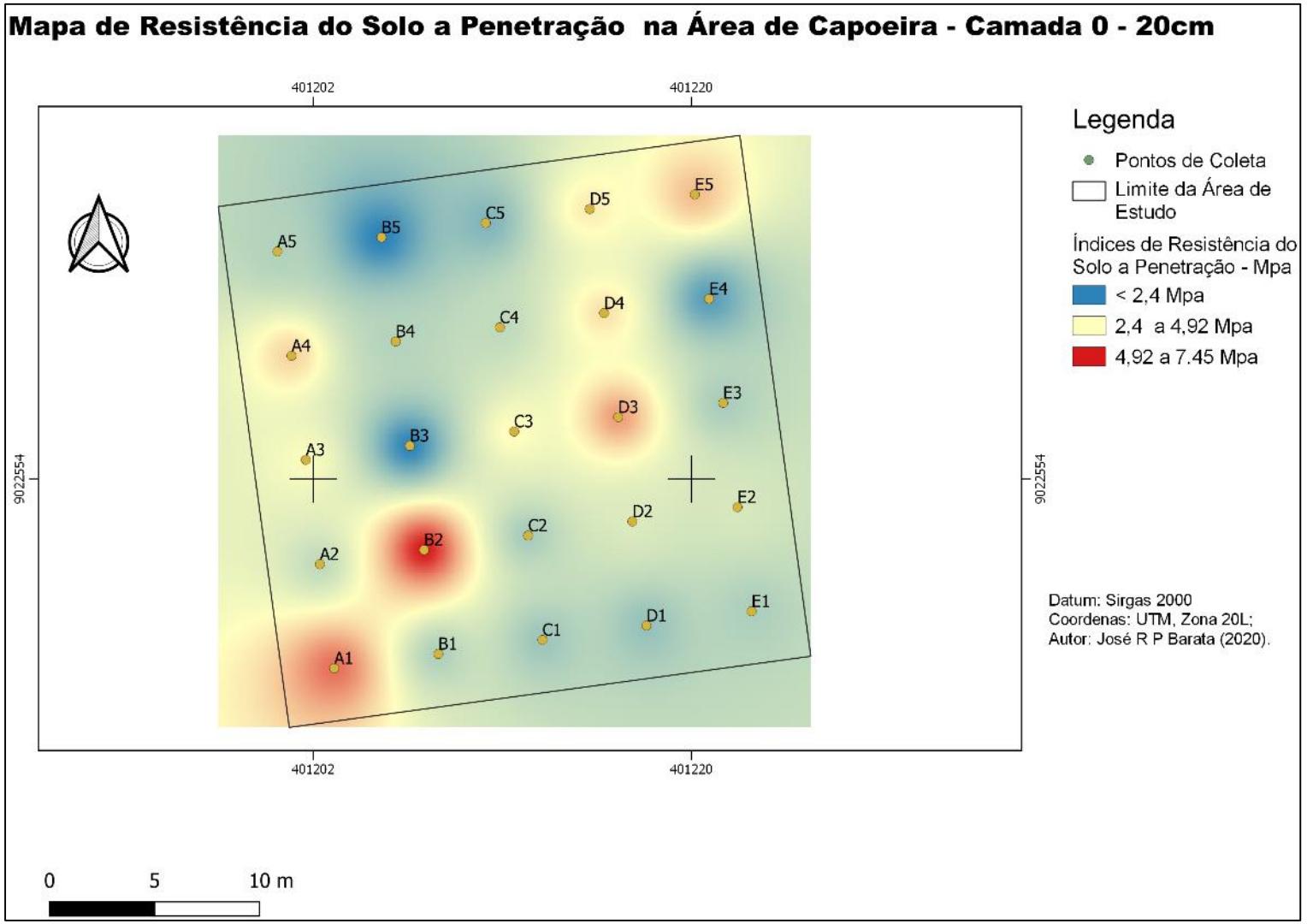

Figura 35 Mapa de RSP da área de Capoeira.

Os resultados estatísticos relativos à RSP do solo estudado solo na área de capoeira, camada 21 a 40 cm, serão apresentados na tabela 21 e no quadro 15.

Tabela 21 Estatística descritiva da área de Capoeira, camada 21 a 40 cm.

Estatística descritiva RSP (Mpa)	Linhas				
	A	B	C	D	E
N	5	5	5	5	5
Min	4,460	2,990	3,930	4,150	3,500
Max	6,680	7,560	5,320	6,240	5,910
Soma	26,700	22,490	22,420	26,290	23,030
Média	5,340	4,498	4,484	5,258	4,606
Erro padrão	0,401	0,831	0,235	0,349	0,393
Variância da amostra	0,805	3,452	0,276	0,611	0,773
Desvio padrão	0,897	1,858	0,525	0,781	0,879
Mediana	5,250	4,430	4,340	5,450	4,400
25 prcntil	4,540	3,010	4,080	4,525	3,930
75 prcntil	6,185	6,020	4,960	5,895	5,385
Assimetria	0,804	1,436	1,138	-0,373	0,526
Curtose	-0,072	2,248	1,630	0,256	1,204
Média Geométrica	5,282	4,233	4,460	5,210	4,540
Coeff. var	16,799	41,309	11,719	14,861	19,086

Quadro 15 Resultado do teste de Tukey da área de Capoeira

Fonte da variação	*SQ*	*gl*	*MQ*	*F*	*valor-P*	*F crítico*
Entre grupos	3,616	4	0,904	0,764	0,561	2,866
Dentro dos grupos	23,667	20	1,183			
Total	27,283	24				

A RSP na camada 21-40 cm na área de capoeira possui variação significativa na relação entre as médias das linhas. O valor de “F” é maior que o de “F-crítico” significando que a localização tem influência no índice de RSP, o valor de “P” é menor que 0,05 comprovando essa significância relação com a posição topográfica. No gráfico 14 podemos ver que as linhas “A” e Linha “D” apresentam os maiores índices de RSP na camada 0 – 20 cm na área de capoeira.

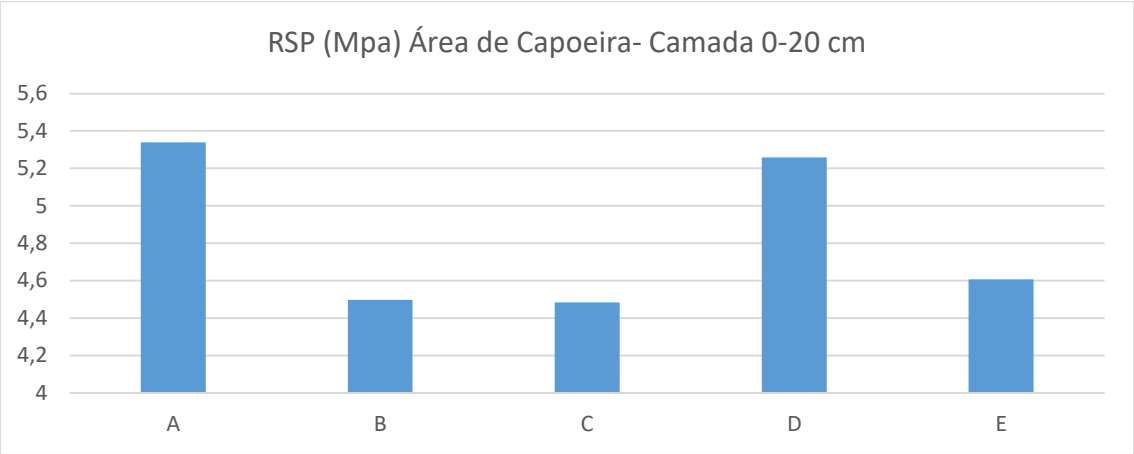

Gráfico 14 RSP da área de Capoeira.

O gráfico 14 demonstra uma assimetria Positiva, onde as linhas “B e C” localizada no centro do *grid* apresentam os menores índices de RSP, e a linha “A” do *grid* apresenta valores mais elevados de RSP. Os valores da densidade, porosidade e RSP na área capoeira possuem influência significativa da posição topográfica do terreno, onde em todos esses índices são menores na parte central da área em questão, conforme figura 36.

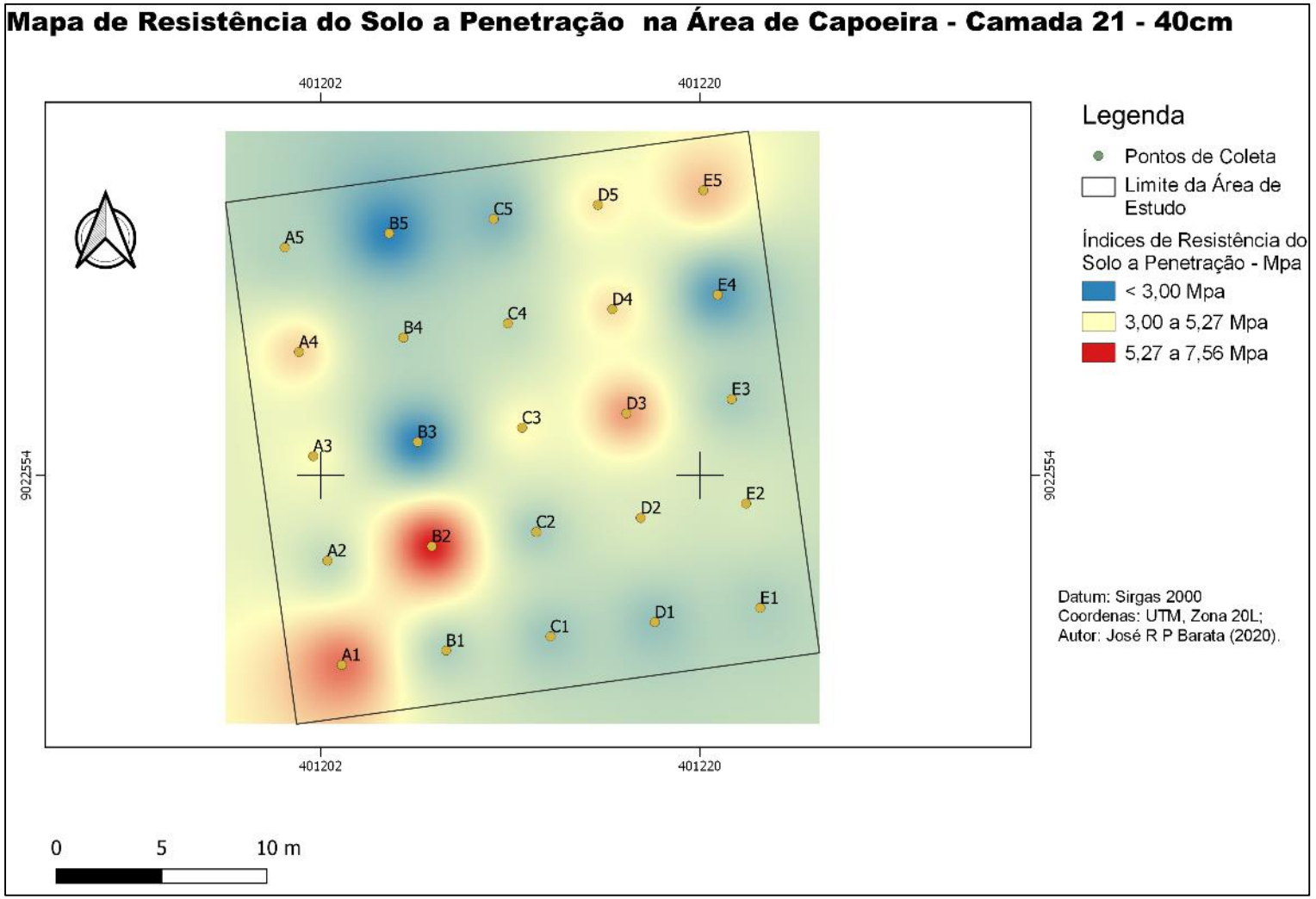

Figura 36 Mapa de RSP da área de Capoeira.

Os valores médios de RSP na camada superficial variaram entre 3,34 MPa na área de antiga pastagem e 4,79 MPa na área de capoeira. Os valores médios de RSP na camada 21-40 cm variaram entre 2,72 MPa na área de antiga pastagem e 4,84 Mpa na área de capoeira. Doran et.al. (1994) determina que um solo cultivável, e com RSP equivalente a 3,6 MPa ocasiona em restrições para o crescimento radicular, e para solos não cultiváveis esse índice é de 5 Mpa. O autor destaca que em algumas culturas anuais esse valor é em torno de 2 Mpa e que culturas com restrições abaixo de 1 Mpa podem ser consideradas pequenas.

Os valores da camada superficial nas duas áreas encontram-se abaixo do valor estipulado por Doran *op.cit*. A camada 21-40 cm nas duas áreas possuem índices restritivos para o crescimento radicular, esse fato se dá, muito possivelmente, por influências dos índices de matéria orgânica presentes na camada.

4.6.4 Matéria Orgânica

Os resultados estatísticos relativos à matéria orgânica na área de antiga pastagem, camada superficial, profundidade de 0 a 20 cm, serão apresentados na tabela 22 e no quadro 16.

Tabela 22 Estatística descritiva da área de Antiga pastagem, camada 0 a 20 cm.

Estatística descritiva Matéria Orgânica (%)	**Linhas**				
	A	**B**	**C**	**D**	**E**
N	**5**	**5**	**5**	**5**	**5**
Min	**8,0**	**8,0**	**8,0**	**8,0**	**8,0**
Max	**10,0**	**11,0**	**10,0**	**9,0**	**8,0**
Soma	**44,0**	**45,0**	**43,0**	**43,0**	**40,0**
Média	**8,8**	**9,0**	**8,6**	**8,6**	**8,0**
Erro padrão	**0,4**	**0,5**	**0,4**	**0,2**	**0,0**
Variância da amostra	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**
Desvio padrão	**0,8**	**1,2**	**0,9**	**0,5**	**0,0**
Mediana	**9,0**	**9,0**	**8,0**	**9,0**	**8,0**
25 prcntil	**8,0**	**8,0**	**8,0**	**8,0**	**8,0**
75 prcntil	**9,5**	**10,0**	**9,5**	**9,0**	**8,0**
Assimetria	**51,2**	**136,1**	**125,8**	**-60,9**	**0,0**
Curtose	**-61,2**	**200,0**	**313,**	**-333,3**	**0,000**

Média Geométrica	**8,8**	**8,9**	**8,6**	**8,6**	**8,0**
Coeff. var	**950,8**	**1360,8**	**1040,0**	**636,9**	**0,000**

Quadro 16 Resultados do Teste de Tukey da área de Antiga Pastagem.

Fonte da variação	*SQ*	*gl*	*MQ*	*F*	*valor-P*	*F crítico*
Entre grupos	**3,32**	**4**	**0,83**	**1,28**	**0,31**	**2,87**
Dentro dos grupos	**12,98**	**20**	**0,65**			
Total	**16,3**	**24**				

O teste de Tukey demonstra que não há diferença significativa nos valores da M.O dependendo da posição topográfica no grid, os valores de “F” são menores do que os de “F crítico”, e os valores de P maiores que 0,05 corroboram com essa afirmativa.

A M.O na camada superficial da área de antiga pastagem se mantém próxima a média em toda a área, com uma leve diminuição no índice na linha “E”. A variância é igual a zero em todas as linhas da camada. Abaixo são apresentados os índices médios no gráfico 15.

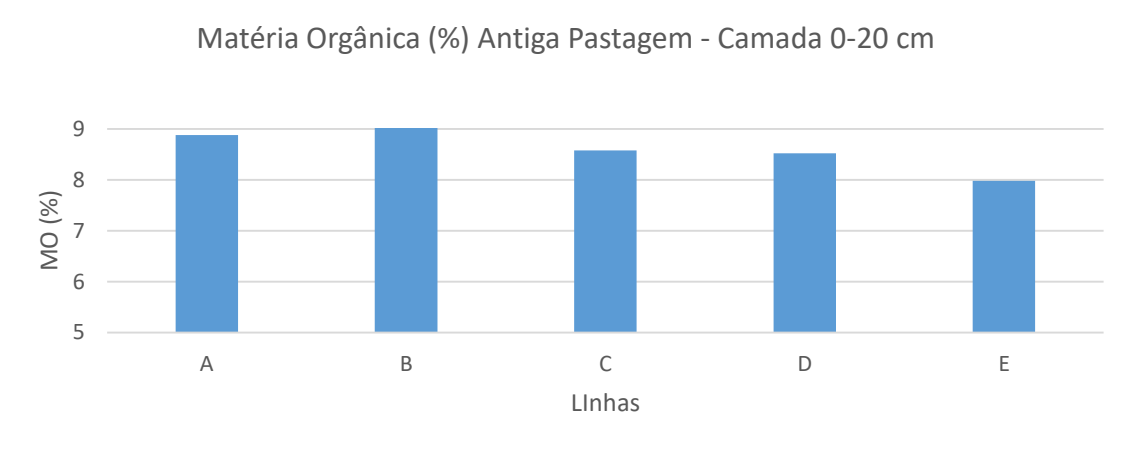

Gráfico 15 Matéria Orgânica da área da pastagem.

O gráfico 15 demonstra uma assimetria Positiva, onde as linhas “A e B” localizadas na borda superior do *grid* apresentam os maiores índices de M.O, e a linha “E” do *grid* apresenta os menores valores. A média na linha “B” foi afetada pelo ponto “B3” que possui o valor mais elevado, que afetou a média da linha, influenciando os pontos vizinhos superestimando seus valores, conforme pode ser visto na figura 37**.**

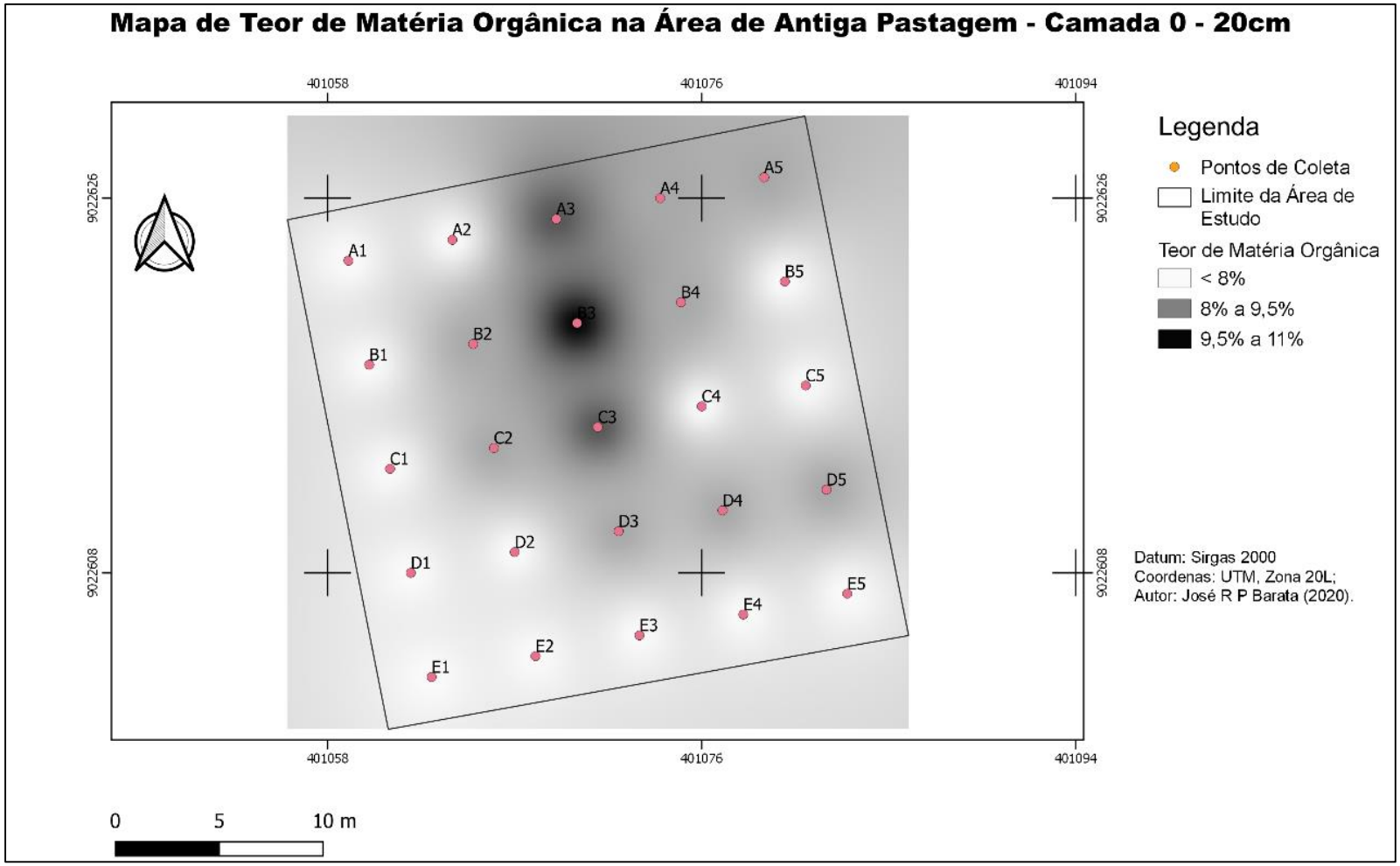

Figura 37 Mapa de Matéria Organica da área da Antiga Pastagem.

Os resultados estatísticos relativos à M.O do solo estudado na área de antiga pastagem, camada 21 a 40 cm, serão apresentados na tabela 23 e no quadro 17.

Tabela 23 Estatística descritiva da área de Antiga pastagem, camada 21 a 40 cm.

Estatística descritiva Matéria Orgânica (%)	Linhas				
	A	B	C	D	E
N	5	5	5	5	5
Min	9,0	8,0	8,0	9,0	9,0
Max	10,0	11,0	11,0	10,0	10,0
Soma	48,0	48,0	48,0	47,0	47,0
Média	9,6	9,6	9,6	9,4	9,4
Erro padrão	0,2	0,5	0,5	0,2	0,2
Variância da amostra	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Desvio padrão	0,5	1,1	1,1	0,5	0,5
Mediana	10,0	10,0	10,0	9,0	9,0
25 prcntil	9,0	8,5	8,5	9,0	9,0
75 prcntil	10,0	10,5	10,5	10,0	10,0
Assimetria	-60,9	-40,5	-40,5	60,9	60,9
Curtose	-333,3	-17,8	-17,8	-333,3	-333,3
Média Geométrica	9,6	9,5	9,5	9,4	9,4
Coeff. var	570,5	1187,7	1187,7	582,7	582,7

Quadro 17 Resultados do Teste de Tukey da área de Antiga Pastagem.

Fonte da variação	*SQ*	*gl*	*MQ*	*F*	*valor-P*	*F crítico*
Entre grupos	0,37	4	0,09	0,15	0,96	2,87
Dentro dos grupos	12,42	20	0,62			
Total	12,78	24				

A M.O na camada 21-40 cm na área de antiga pastagem possui variância igual a zero em todas as linhas. O valor de “F” é menor que o de “F-crítico” significando que a localização topográfica não tem influência no índice de M.O, o valor de “P” é maior que 0,05 confirmando essa afirmativa.

A M.O na camada 21-40 assim como na camada superficial mantém os valores próximos a média geral em toda a área, com uma leve diminuição no índice na linha “D e E”, respectivamente, conforme demonstrado no gráfico 16.

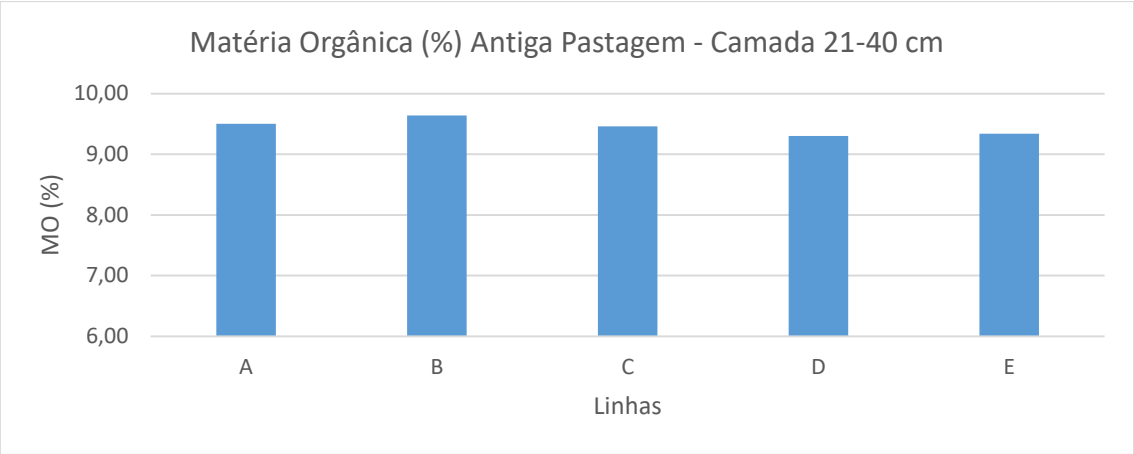

Gráfico 16 Matéria orgânica da área de antiga pastagem.

O gráfico demonstra uma assimetria positiva, onde as linhas “B e A”, assim como na camada superficial, apresentam os maiores índices de M.O, e a linha “D” do *grid* apresenta os menores valores. A média nas linhas “B e C” foram afetadas pelos pontos “B4 e C2”, respectivamente, que possuem valores mais elevados, conforme pode ser visto na figura 38. Assim como na camada superficial podemos ver que a linha “B” apresenta os maiores índices de M.O. A densidade na linha é baixa, a RSP e a porosidade são as maiores na linha, podendo indicar a influência da M.O nos demais índices na área de estudo.

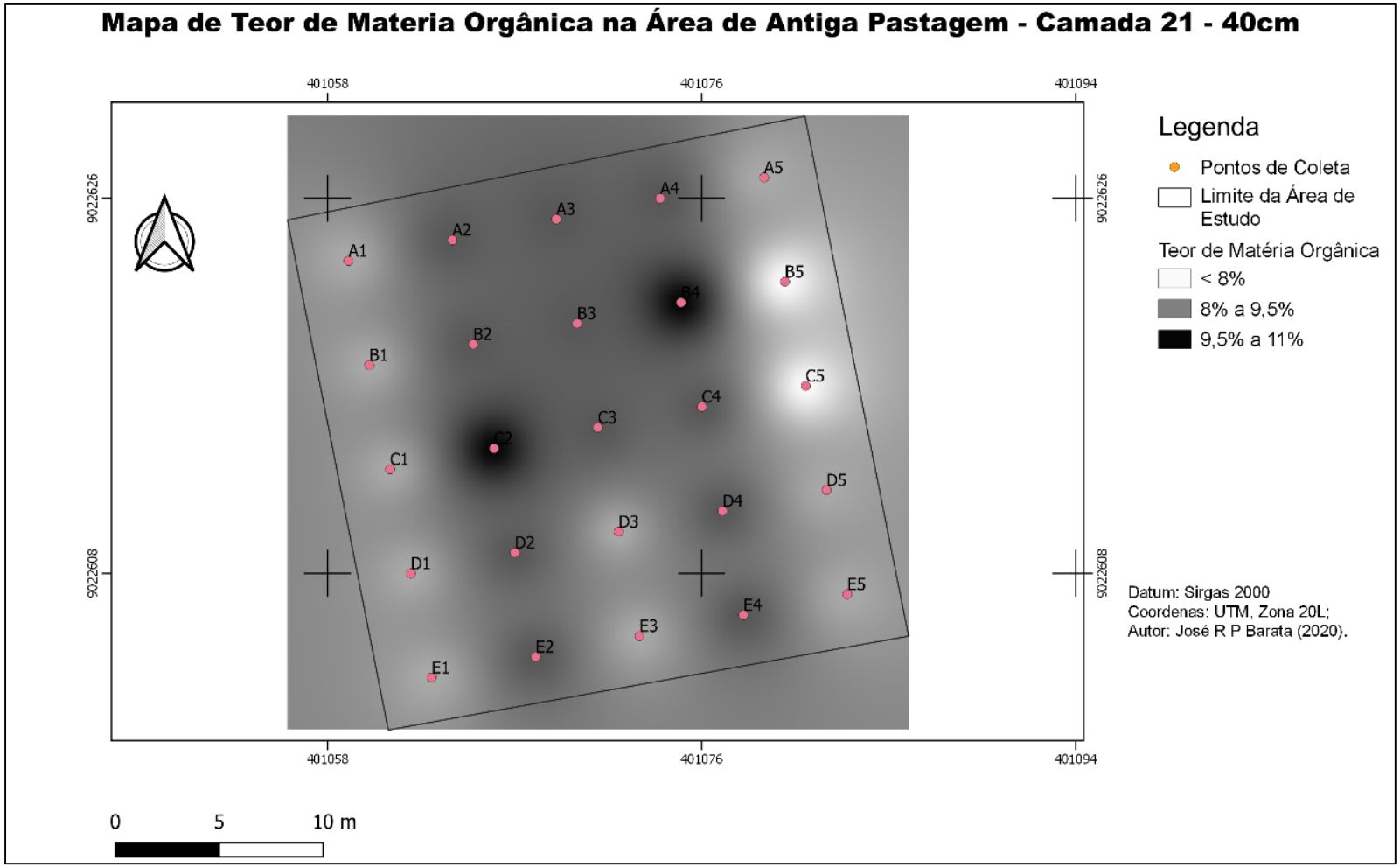

Figura 38 Mapa do Teor de Matéria Orgânica da Área de antiga pastagem.

Os resultados estatísticos relativos à M.O do solo estudado na área de capoeira, camada superficial, serão apresentados na tabela 24 e no quadro 18.

Tabela 24 Estatística descritiva da área de Capoeira, camada 0 a 20 cm.

Estatística descritiva Matéria Orgânica (%)	Linhas				
	A	B	C	D	E
N	5	5	5	5	5
Min	8,0	8,0	9,0	7,0	8,0
Max	9,0	9,0	10,0	10,0	10,0
Soma	44,0	41,0	47,0	44,0	47,0
Média	8,8	8,2	9,4	8,8	9,4
Erro padrão	0,2	0,2	0,2	0,5	0,4
Variância da amostra	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Desvio padrão	0,4	0,4	0,5	1,1	0,9
Mediana	9,0	8,0	9,0	9,0	10,0
25 prcntil	8,5	8,0	9,0	8,0	8,5
75 prcntil	9,0	8,5	10,0	9,5	10,0
Assimetria	-223,6	223,6	60,9	-129,3	-125,8
Curtose	500,0	500,0	-333,3	291,7	31,3
Média Geométrica	8,8	8,2	9,4	8,7	9,4
Coeff. var	508,2	545,4	582,7	1244,8	951,5

Quadro 18 Resultados do Teste de Tukey da área de Capoeira.

Fonte da variação	*SQ*	*gl*	*MQ*	*F*	*valor-P*	*F crítico*
Entre grupos	5,04	4	1,26	2,33	0,09	2,87
Dentro dos grupos	10,8	20	0,54			
Total	15,84	24				

A M.O na camada 0-20 cm na área de capoeira possui variância igual a zero em todas as linhas. O valor de “F” é menor que o de “F-crítico” significando que a localização não tem influência no índice de M.O, o valor de “P” é maior que 0,05 comprovando essa significância da posição topográfica.

A M.O na camada 0-20 se mantém os valores próximos a média geral em toda a área, com o maior desvio padrão na linha “D”, com uma leve diminuição no índice na linha “B”, conforme demonstrado no gráfico 17. A variância também é igual a zero em todas as linhas da camada.

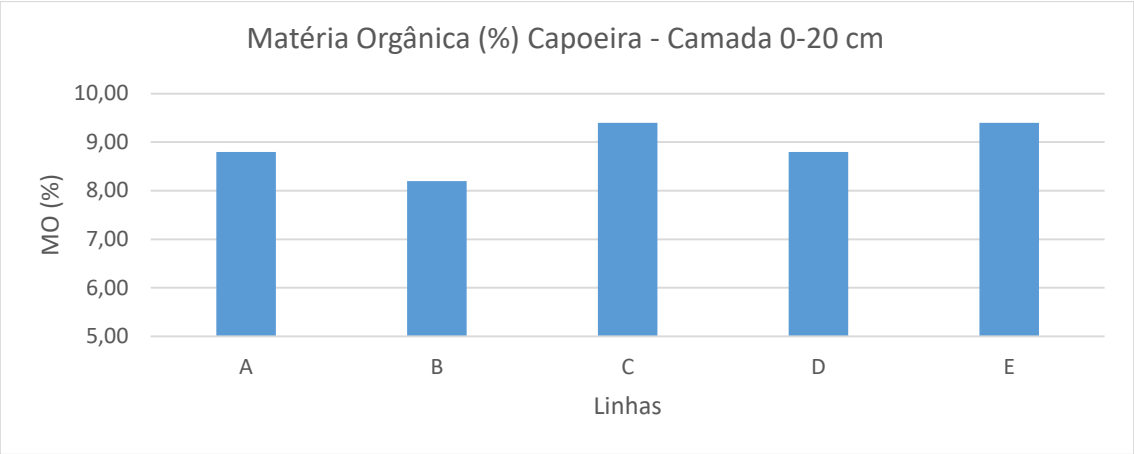

Gráfico 17 Matéria Orgânica da área de Capoeira.

O gráfico demonstra uma assimetria negativa, onde a linha “C” apresenta os maiores índices de M.O, conforme pode ser visto na figura 39. A linha C apresenta o menor índice de densidade e RSP, e a maior porosidade na camada, demonstrando a influência da M.O na qualidade do solo estudado.

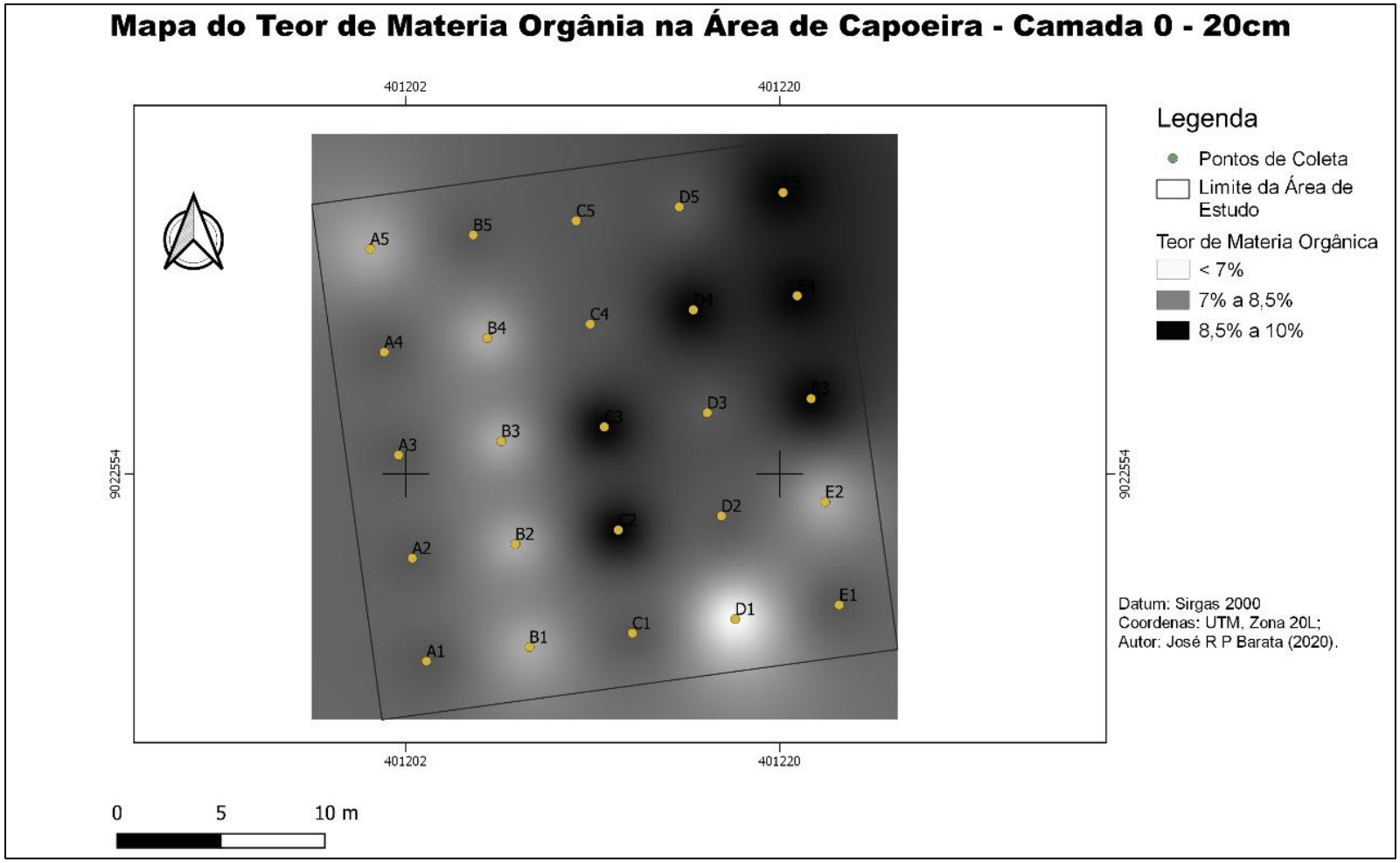

Figura 39 Mapa de teor de Matéria Orgânica da área de Capoeira.

Os resultados estatísticos relativos à M.O do solo estudado na área de antiga pastagem, camada 21 a 40 cm, serão apresentados na tabela 25 e no quadro 19.

Tabela 25 Estatística descritiva da área de Capoeira, camada 21 a 40 cm.

Estatística descritiva Matéria Orgânica (%)	Linhas				
	A	B	C	D	E
N	5	5	5	5	5
Min	8,0	9,0	9,0	10,0	10,0
Max	9,0	11,0	10,0	11,0	11,0
Soma	44,0	47,0	48,0	52,0	52,0
Média	8,8	9,4	9,6	10,4	10,4
Erro padrão	0,2	0,4	0,2	0,2	0,2
Variância da amostra	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Desvio padrão	0,4	0,9	0,5	0,5	0,5
Mediana	9,0	9,0	10,0	10,0	10,0
25 prcntil	8,5	9,0	9,0	10,0	10,0
75 prcntil	9,0	10,0	10,0	11,0	11,0
Assimetria	-223,6	223,6	-60,9	60,9	60,9
Curtose	500,0	500,0	-333,3	-333,3	-333,3
Média Geométrica	8,8	9,4	9,6	10,4	10,4
Coeff. var	508,2	951,5	570,5	526,7	526,7

Quadro 19 Resultados do Teste de Tukey da área de Capoeira.

Fonte da variação	*SQ*	*gl*	*MQ*	*F*	*valor-P*	*F crítico*
Entre grupos	9,44	4	2,36	6,21	0,002	2,87
Dentro dos grupos	7,6	20	0,38			
Total	17,04	24				

A M.O na camada 21-40 cm na área de antiga pastagem possui variação pouco significativa na relação entre as médias das linhas. O valor de “F” é maior que o de “F-crítico”, significando que a localização tem influência no índice de M.O, o valor de “P” é menor que 0,05 comprovando essa significância da posição topográfica.

A M.O na camada 21-40 há variação dos valores médios dependendo da posição altimétrica onde as linhas de menor altitude possuem os maiores índices

de M.O, conforme demonstrado no gráfico 18. A variância também é igual a zero em todas as linhas da camada.

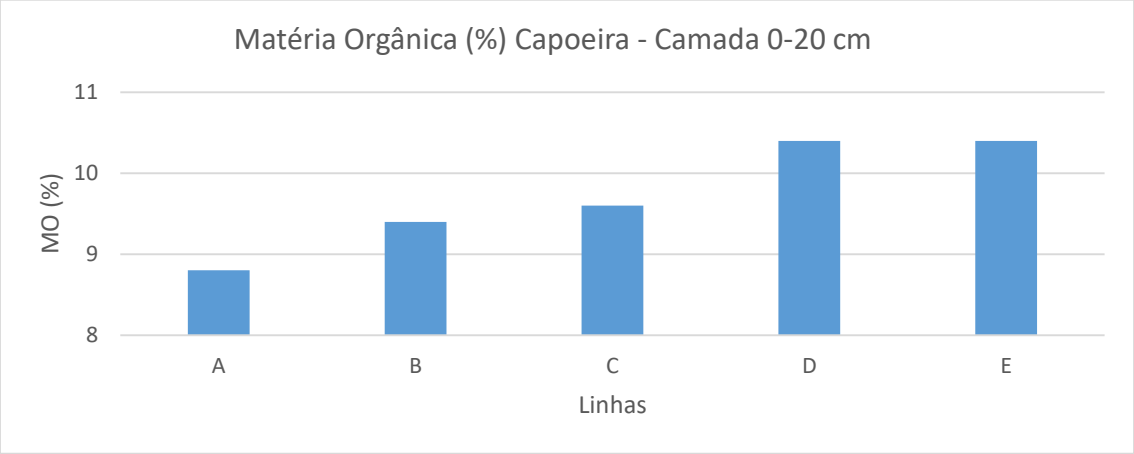

Gráfico 18 Matéria orgânica da área de Capoeira.

O gráfico demonstra uma assimetria negativa, onde as linhas “D e E” apresentam os maiores índices de M.O, conforme pode ser visto na figura 40.

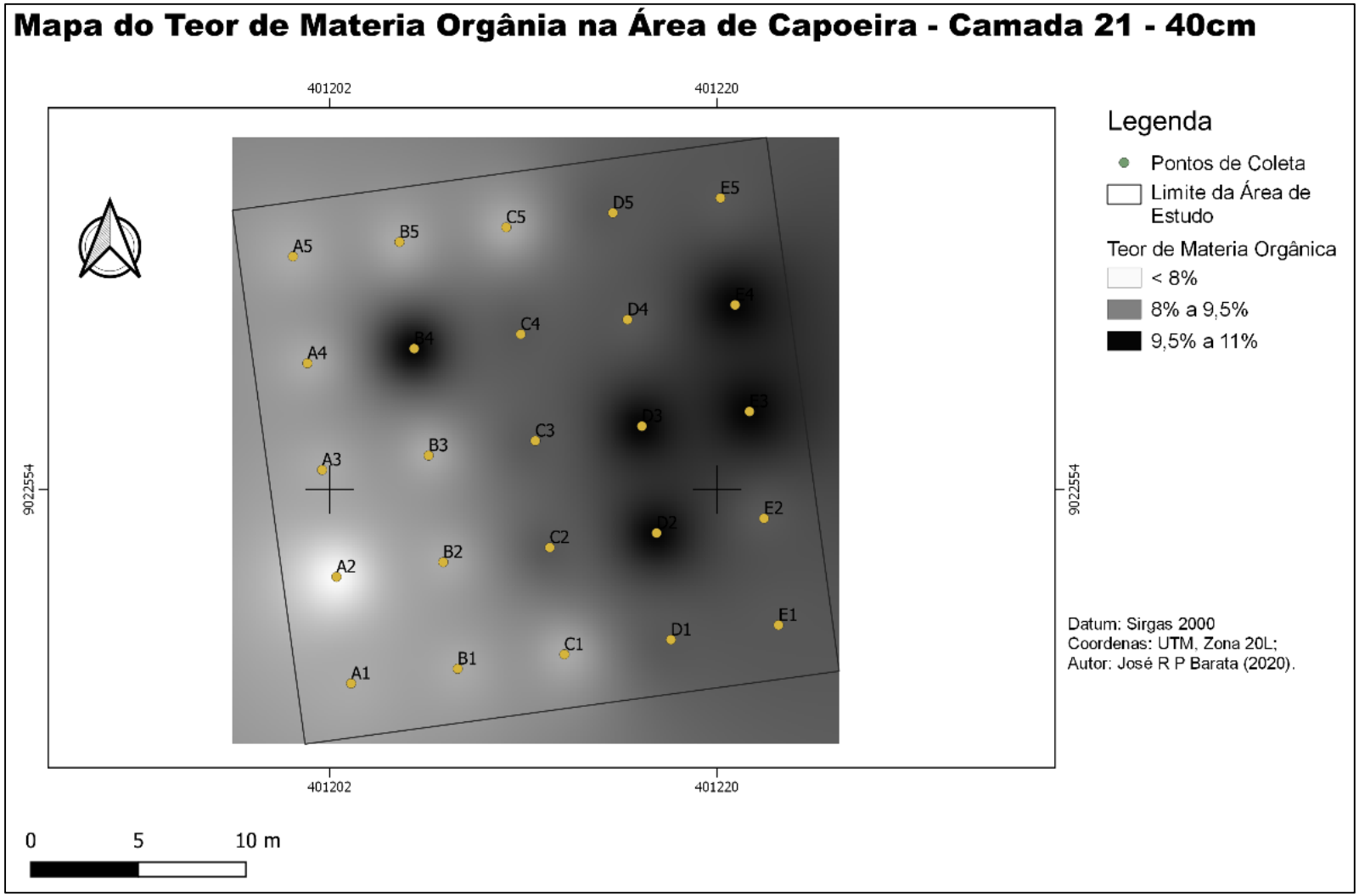

Figura 40 Mapa de Teor de Matéria Orgânica da área de Capoeira

4.6.5 Velocidade de infiltração básica do solo – VIB

O ensaio de condutividade hidráulica na área de antiga pastagem apresentou baixos índices de velocidade de infiltração nas duas etapas aplicadas por ponto. Em seguida serão apresentados na tabela 26 os dados de permeabilidade hidráulica medidos em campos na área de antiga pastagem.

Tabela 26 dados de permeabilidade da área de antiga pastagem.

Ponto	Velocidade de média de infiltração (cm/min)	Kfs
A3	0,88	0,0001316
C3	0,17	0,0001149
E3	0,78	0,0002224

Kfs: condutividade hidráulica saturada de campo.

A análise dos dados apresentados demonstra que todos os pontos apresentam índices baixos de permeabilidade, com a menor taxa de infiltração média localizada no terço médio da área de estudo, representada pelo ponto C3. Os pontos A3 e E3 que são a maior e a menor cota topográfica do terreno, apresentam as maiores taxas de infiltração, conforme pode ser visualizado no gráfico 19.

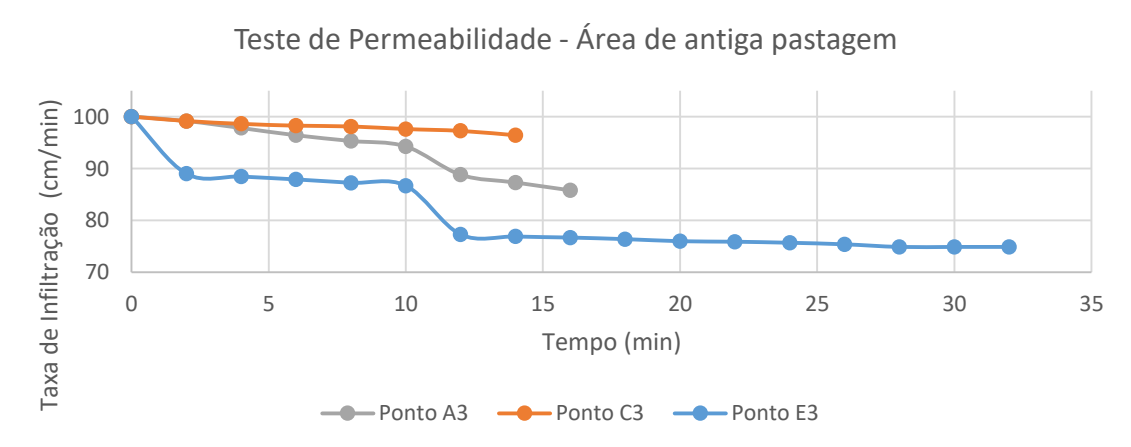

Gráfico 19 Demonstrativo da relaçao entre a Taxa de infiltração x tempo

Na área de antiga pastagem apresenta uma densidade média de 1,49 g/cm³ nas duas camadas, com uma porosidade total média de 24%,

respectivamente. A resistência do solo a penetração média corresponde a 3,03 Mpa que é considerada como alta, mas não restritiva ao crescimento radicular. A textura nas duas camadas foi classificada com argiloarenosa, com um aumento exponencial dessa concentração com o aprofundamento do perfil; o grau de floculação foi de 37,4% na camada superficial indica uma menor resistência a dispersão das argilas, que pode estar influenciando na porosidade das camadas devido a desestabilização da estrutura do solo.

Segundo Soto et. al. (2009) a condutividade do permeâmetro de Guelph ocorre tanto no sentido vertical com no horizontal. O autor Op. Cit. destaca que a macroporosidade, a compactação, textura, umidade, a presença de furos no solo produzidos por raízes, formigueiros, entre outros, podem influenciar na característica do fluxo de percolação entre um e o outro estágio de medição. Na tabela 27 serão apresentados os índices de permeabilidade na área de capoeira.

Tabela 27 dados de permeabilidade obtidos para seus respectivos pontos na área de capoeira.

Ponto	Velocidade de média de infiltração (cm/min)	Kfs
A5	0,58	0,0000794
C5	0,35	0,0000531
E3	1,94	0,0002869

A análise dos dados apresentados demonstra que todos os pontos A5 e C5 apresentam índices baixos de permeabilidade, com a menor taxa de infiltração média localizada no ponto C5 da área de capoeira. O ponto E3, que se localiza na menor cota topográfica do terreno, apresenta as maiores taxas de infiltração, conforme pode ser visualizado no gráfico 20 a seguir.

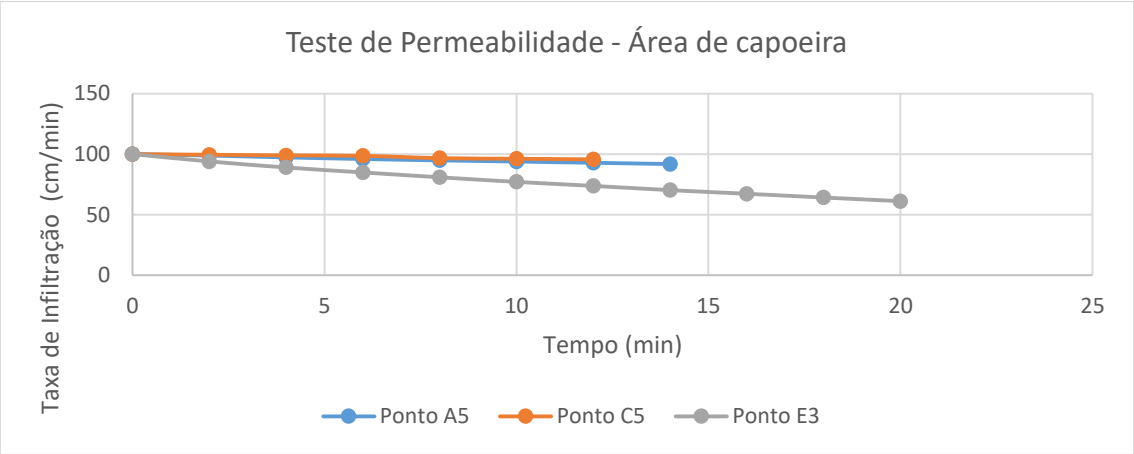

Gráfico 20 Demonstrativo da relaçao entre a Taxa de infiltração x tempo

A área de capoeira apresenta uma densidade média de 1,36 g/cm³ entre as camadas 0-20 cm e 21-40 cm, sua porosidade total média de 26%. A resistência do solo a penetração média corresponde a 4,81 Mpa, esse índice de RSP é caracterizado por ser restritiva ao crescimento radicular. A textura na camada 0-20 foi classificada com argiloarenosa, apresentando também um aumento exponencial dessa concentração com o aprofundamento do perfil, a camada 21-40 cm foi classificada como argilosa, o grau de floculação foi de 37,2% na camada superficial, 35,7% na camada 21-40 cm. O grau de floculação indica uma menor resistência das argilas a dispersão, que pode estar influenciando na porosidade das camadas devido a desestabilização da estrutura do solo.

4.7 Relação entre os dados analisados.

O loteamento Terra Nova localizado na bacia hidrográfica do Igarapé Bate Estaca, encontra-se sobre região dômica com morros residuais presentes na de paisagem. Está situada entre o contato geológico das suítes intrusivas da Serra da Providencia e de Santo Antônio.

A área de estudo fica situada no terço médio da vertente, seu solo que ficou parcialmente exposto e entre os anos de 1984 a 1995, quando passou a ser utilizada como pastagem. Após o ano de 2015 a área foi loteada e vendida

em pequenos lotes de terra. Atualmente o solo das duas áreas analisadas apresentam características de solos adensados e/ou compactados.

Para Ingaramo (2003) e Carmo et.al. (2018) a qualidade física do solo pode ser medida pela determinação da densidade do solo, a porosidade, a capacidade de infiltração de água no solo e a resistência do solo a penetração. Esses índices entre outros serão analisados e discutidos a seguir.

A textura do solo da área de antiga pastagem foi classificada como argiloarenosa nas camadas 0-20 cm e 21-40 cm, e argilosa com aprofundamento do perfil até a camada 81-100 cm, até onde foi realizada a análise de granulometria. A textura do solo é um elemento primordial de análise, pois, a mesma influência nas características físicas e químicas do solo. Solos de texturas mais arenosas têm uma maior densidade e porosidade total. Em contrapartida, solos mais argilosos possuem menor densidade e menor porosidade, esse efeito reflete na presença de solos impermeáveis e suscetíveis compactação.

A consistência do solo foi classificada; quando seca ela é dura e quando úmida é firme, podendo ser um indicativo do grau de coesão e adesão do solo, o que é comum em solos com uma alta concentração de argila. Apresenta estrutura granular na camada 0-20 cm, que é a camada com uma maior presença de MO.

As camadas 21-40 cm e 41-60 cm apresentaram uma estrutura de blocos subangulares, classificados quanto a coesão como de grau moderada, de tamanhos variando entre médios a grandes. Destaca-se que o fraco desenvolvimento da estrutura do solo associado a uma baixa permeabilidade, geralmente é um indicativo para solos adensados, Martins et. al. (2006).

Na densidade média do solo nas camadas 0-20 cm foi 1,45 g/cm³ e na camada 21-40 cm esse índice foi 1,48 g/cm³, ficando acima de 1,40 g/cm³ estipulados por Doran et.al. (1994) como restritivo ao crescimento radicular. Segundo Silva (2001) a densidade é a característica do solo que melhor oferece indícios da presença de camadas adensadas, fornece indicativos da situação da porosidade e às vezes da estrutura do solo, devido aos altos índices de densidade sugerem o grau de empacotamento das partículas.

O grau de floculação na camada 0-20 cm foi de 37% que sugere uma menor estabilidade dos agregados, o que pode resultar na dispersão natural da argila para camadas mais baixas ao longo do perfil do solo. Essa dispersão natural da argila resulta na desestabilização das estruturas do solo reduzindo os macroagregados, ocasionando no aumento dos microagregados estáveis em água, Silva (2001). Esses microagregados ocupam os espaços vazios do solo acarretando a diminuição da porosidade total.

A porosidade total média na área de antiga pastagem foi de 30% na camada superficial, havendo uma redução desse índice para 18% na camada 21-40 cm, o que ilustra a relação indicada acima. Outro fator que pode estar influenciando nesse baixo índice de porosidade total, é que como resultados da dispersão das argilas, ocorre o aumento dos teores de areia fina e muito fina na areia total. A areia fina quando arranjada em argila há um melhor encaixamento entre os grãos, diminuindo os espaços vazios e, consequentemente, diminui a porosidade total, ocasiona o aumento da densidade e da coesão do solo; Rocha et.al. (2002) que corrobora com Silva (2001) complementa que resulta também na diminuição da velocidade de infiltração e numa menor condutividade hidráulica.

Fatores como aumento na densidade e diminuição da porosidade podem resultar no aumento da resistência do solo a penetração. No gráfico 21 será demonstrado os índices médios de RSP por linha.

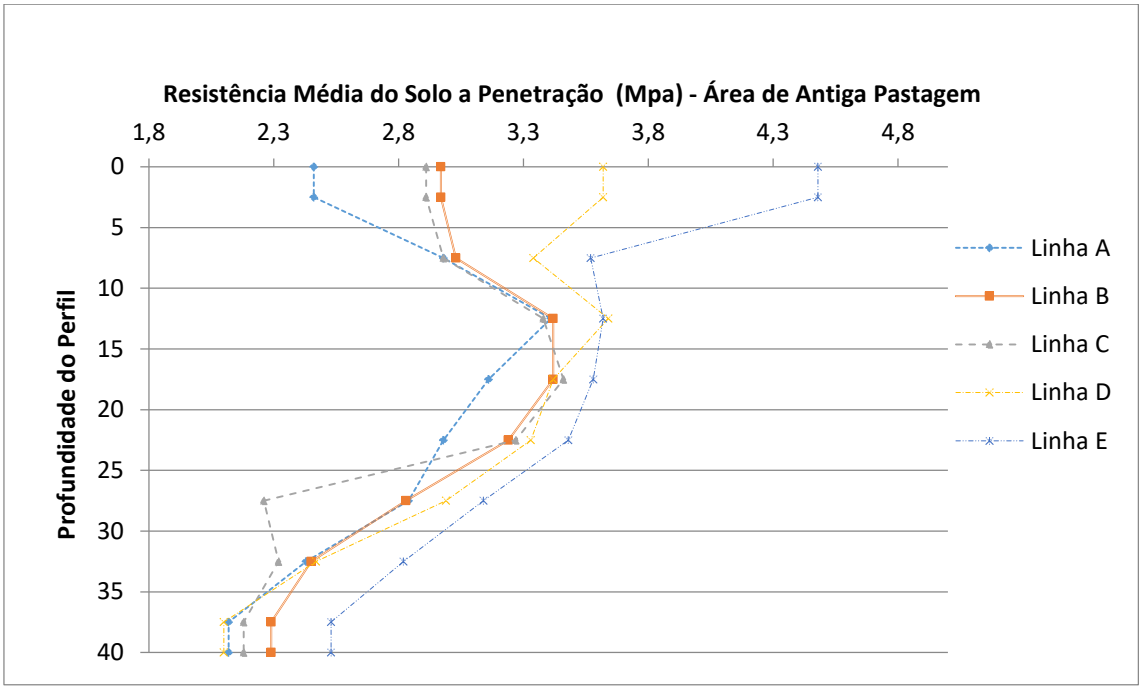

Gráfico 21 Demonstrativo da relação entre a Resistencia Média do solo a penetraçao x Profundidade.

O gráfico apresenta os valores médios por linha da área de antiga pastagem. As linhas “A, B e C” apresentam valores a baixos de 3 Mpa em superfície; esse índice aumenta de forma gradual entre a profundidade 10 cm e 20 cm, ficando com um RSP acima de 3,6 Mpa, índice que Doran et.al. (1994) estipulam como restritivo para o crescimento radicular. A camada 21-40 cm apresenta uma diminuição RSP com uma média de 2,63 Mpa. As linhas “D e E” possuem valores acima de 3,6 Mpa em superfície, apresentando a diminuição desse índice até a profundidade de 10 cm, porém mantém a tendência da alta RSP até a profundidade 20 cm, como nas outras linhas a camada 21-40 cm demonstra uma diminuição RSP com uma média de 2,86 Mpa.

A alta densidade e RSP, além dos baixos índices de porosidade total, influenciaram nos baixos índices de permeabilidade registrados na área de antiga pastagem. O ensaio com o permeâmetro de Guelph consiste em duas etapas nas profundidades 15 cm e 30 cm. A profundidade de 15 cm é onde se encontram os maiores índices de RSP, com a diminuição gradual da RSP com o aprofundamento do perfil. Na segunda leitura na profundidade 30 cm a velocidade de infiltração apresentou os maiores índices na análise.

A textura do solo da área de capoeira foi classificada como argiloarenosa na camada 0-20 cm, e argilosa com aprofundamento do perfil até a camada 81-100 cm onde foi realizada a análise de granulometria.

A consistência do solo também foi classificada quando seca dura e quando úmida firme, podendo, assim como na área de antiga pastagem, ser um indicativo do grau de coesão e adesão do solo. Apresenta estrutura granular grumosa na camada 0-20 cm com uma forte presença de MO influenciado pela serapilheira presente em superfície; nas camadas 21-40 cm e 41-60 cm apresentou uma estrutura de blocos subangulares de tamanho grande com forte grau de coesão.

A serapilheira em superfície pode ter influenciado no índice de densidade na camada 0-20 cm, que apresentou uma densidade média 1,27 g/cm³, mesmo assim, essa importância ficou acima do índice de densidade indicado por Silva (2001) para solos argilosos que varia entre 1,0 e 1,25 g/cm³. A camada 21-40 cm apresentou uma densidade média de 1,46 g/cm³ ficando dentro da faixa restritiva para o crescimento radicular estipulados por Doran et.al. (1994).

O grau de floculação nas camadas 0-20 cm e 21-40 cm foi, respectivamente, 34% e 35%, indicando uma menor estabilidade dos agregados associado a uma maior dispersão natural da argila. O que pode explicar a maior concentração de areia total na camada 0-20 cm, influenciando na classificação textural.

A maior concentração de areia total na camada 0-20 cm associada a maior concentração de MO na camada influenciaram no índice de porosidade total em superfície, que registrou uma porosidade total média de 34%. Com o aprofundamento do perfil há um incremento de 12% de argila na camada 21-40 cm e de 8% de areia fina em relação a areia total da camada. Esses fatores influenciaram na porosidade total média da camada 21-40 cm, que foi 19%.

No gráfico 22 serão apresentados os índices RSP.

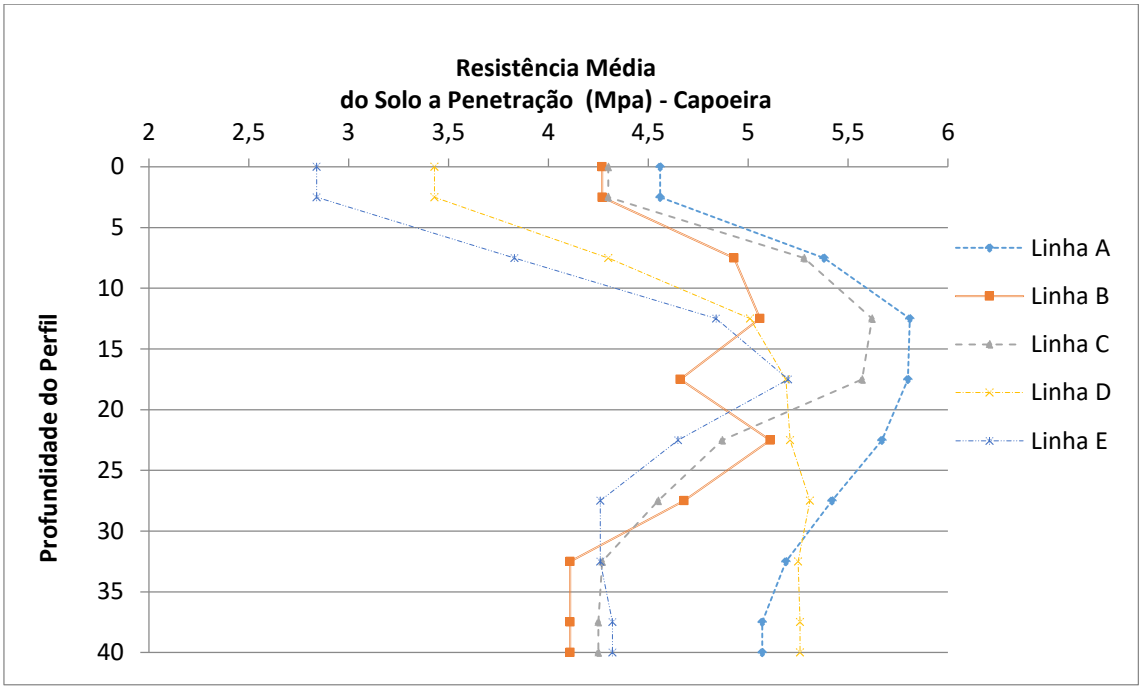

Gráfico 22 Demonstrativo da relação entre a Resistencia Média do solo a penetraçao x Profundidade.

A área de capoeira apresenta valores médios de RSP superiores a 4 Mpa em todas as linhas na alisadas. No gráfico podemos verificar que em todas as linhas, a partir da profundidade 10 cm, a RSP é superior a 3,6 Mpa, valor relacionado como sendo restritivo para o crescimento radicular. Entre as profundidades 10 e 30 cm esse índice chega a 4,5 Mpa em todas as linhas, porém, as linhas “A, B e D” registram um leve melhoramento com o aprofundamento do perfil, e as linhas “C e E” mantêm a RSP a cima de 5 Mpa.

A baixa velocidade de infiltração e condutividade hidráulica na área de capoeira também são influenciadas pelos altos índices de densidade e RSP; em decorrência do adensamento/compactação do solo os identificadores mostraram a baixa porosidade total. O trecho entre as profundidades 15 e 30 cm apresentam uma RSP superior a 4 Mpa, influenciando no resultado do ensaio. Na tabela 28 são apresentadas as médias encontradas em cada parâmetro físico analisado na pesquisa.

Tabela 28 Com as Médias dos parâmetros físicos do solo analisados na pesquisa.

Linha	Pastagem 0-20 cm	Capoeira 0-20 cm

	Ds (g/cm³)	Pt (%)	RSP (Mpa)	MO (%)	Ds (g/cm³)	Pt (%)	RSP (Mpa)	MO (%)
A	1,51	31	3,61	8,80	1,26	38	5,39	8,80
B	1,46	29	3,54	9,00	1,23	34	4,73	8,20
C	1,57	29	3,18	8,60	1,28	34	5,19	9,40
D	1,50	29	3,25	8,60	1,31	31	4,48	8,80
E	1,45	30	3,13	8,00	1,25	32	4,18	9,40
Média	1,49	29,60	3,34	8,60	1,27	33,80	4,79	8,92
Linha	Pastagem 0-20 cm				Capoeira 0-20 cm			
	Ds (g/cm³)	Pt (%)	RSP (Mpa)	MO (%)	Ds (g/cm³)	Pt (%)	RSP (Mpa)	MO (%)
A	1,46	20	2,66	9,60	1,47	19	5,34	8,80
B	1,46	24	2,60	9,60	1,48	18	4,50	9,40
C	1,45	12	2,62	9,60	1,46	12	4,48	9,60
D	1,49	23	2,90	9,40	1,45	26	5,26	10,40
E	1,55	14	2,82	9,40	1,45	21	4,41	10,40
Média	1,48	18,60	2,70	9,52	1,46	19,20	4,84	9,72

Ambas as áreas analisadas apresentam indícios de adensamento/compactação do solo. As características como densidade e RSP apontam que nas duas áreas analisadas ocorrem restrições ao crescimento radicular.

A porosidade total na área de antiga pastagem apresenta baixos índices em ambas as camadas analisadas. Na área de capoeira a camada 0-20 cm apresentou os melhores valores de porosidade total, porém, a camada 21-40 cm demonstrou uma maior impermeabilidade resultante da maior RSP, conforme pode ser analisado no gráfico 22.

Os índices de MO são baixos em ambas as áreas, solos com maior concentração de MO apresentam valores menores de densidade devido ao baixo peso especifico da MO que é próximo de 0,90 g/cm³ a 1,00 g/cm³, Torres & Saraiva (1999). Outra propriedade da MO a ser levada em consideração, é sua capacidade cimentante resultando em uma maior estabilidade dos agregados,

Torres & Saraiva (1999) e (Baver et al.,1973), a presença destes agregados auxiliam na circulação hídrica no solo, diminuindo da suscetibilidade dos solos a processos erosivos, além de uma menor resistência do solo a penetração o que auxilia no desenvolvimento radicular. Com isso podemos destacar que a baixa concentração de MO influenciou em todos os parâmetros analisados.

4.8 Mapa de Diagnóstico Ambiental.

Através dos dados levantados em campo foi possível elaborar os mapas: diagnóstico de avaliação ambiental e os mapas de degradação. Os mapas: diagnóstico de avaliação ambiental são baseados em uma imagem Raster resultante da interpolação por IDW. Já os mapas de degradação foram elaborados a partir da vetorização das imagens Raster. Esses mapas possuem três categorias de análise ou classes de degradação, que variam de alta, média e baixa degradação, com base na nota resultante de cada ponto avaliado, através da média das camadas de solo analisadas nas duas áreas de estudo. Sendo considerado notas menores que 7,0 como de baixa degradação, entre 7,0 e 8,0 como média degradação e os valores superiores a 8,0 com alta degradação.

Para a avaliação usamos os dados da densidade, porosidade, RSP e concentração de MO. Outros possíveis indicadores, como a textura e a infiltração, não entraram no diagnóstico por não ter sido analisados em todos os pontos. A apreciação das variáveis foi feita inicialmente através da análise individuais dos atributos, onde cada um possui o peso de 0,25, ou seja, 25% da nota final.

Na tabela 29, a seguir, serão apresentados os dados tabulados da área de antiga pastagem.

Tabela 29 Notas e atributos da avaliação da área de antiga pastagem.

Ponto	[15]Ds (g/cm³)	Nota	Pt (%)[16]	Nota	[17]RSP (Mpa)	Nota	[18]MO (g/kg)	Nota	[19]NDA
A1	1,49	10	31	10	2,82	8,80	8,80	10	7,51

[15] Ds: Densidade do solo;
[16] PT: Porosidade Total;
[17] RSP: Resistencia do solo a Penetração;
[18] MO: Matéria Orgânica;
[19] NDA: Nota do Diagnóstico Ambiental.

A2	1,52	10	18	10	3,11	9,05	9,05	10	7,74
A3	1,44	10	28	10	2,62	9,75	9,75	10	7,36
A4	1,56	10	24	10	3,46	9,70	9,7	10	8,01
A5	1,40	10	29	10	3,64	10,0	8,65	10	8,12
B1	1,43	10	34	10	2,45	6,42	8,75	10	7,23
B2	1,51	10	16	10	3,09	8,42	9,55	10	7,73
B3	1,48	10	24	10	3,22	8,81	10,50	10	7,83
B4	1,54	10	28	10	2,90	7,81	9,80	10	7,56
B5	1,34	9,08	30	10	3,69	10	8,10	10	7,89
C1	1,48	10	22	10	2,51	6,61	8,55	10	7,28
C2	1,43	10	19	10	3,00	8,12	9,75	10	7,66
C3	1,52	10	21	10	2,48	6,50	9,80	10	7,25
C4	1,56	10	18	10	3,19	8,72	8,80	10	7,80
C5	1,56	10	23	10	3,32	9,12	8,20	10	7,90
D1	1,55	10	26	10	3,12	8,51	8,20	10	7,75
D2	1,43	10	29	10	2,88	7,76	9,20	10	7,57
D3	1,53	10	22	10	3,07	8,34	9,10	10	7,71
D4	1,55	10	26	10	2,39	7,76	9,25	10	7,57
D5	1,39	9,94	28	10	3,41	9,42	8,80	10	7,96
E1	1,56	10	21	10	3,07	8,34	8,40	10	7,71
E2	1,52	10	26	10	2,69	7,17	9,00	10	7,42
E3	1,47	10	25	10	3,04	8,25	8,45	10	7,69
E4	1,46	10	20	10	2,13	8,54	9,05	10	6,76
E5	1,48	10	16	10	2,94	7,95	8,40	10	6,61

Na área de antiga pastagem em quase todos os pontos a densidade apresentou valores superiores a 1,4 g/cm^3, com exceção dos pontos “B5 e D5”, o quer dizer que a área apresenta restrições ao crescimento radicular. O índice de porosidade total apresenta em todos os pontos valores inferiores a 40%, isso se deve, provavelmente, à influência da densidade.

A RSP apresenta valores médios na maioria dos pontos, com exceção dos pontos “A5 e B5”, que apresentam os maiores valores de RSP. A MO

apresenta valores baixos em todos os pontos. Na figura 41 apresenta-se o mapa da área de pastagem.

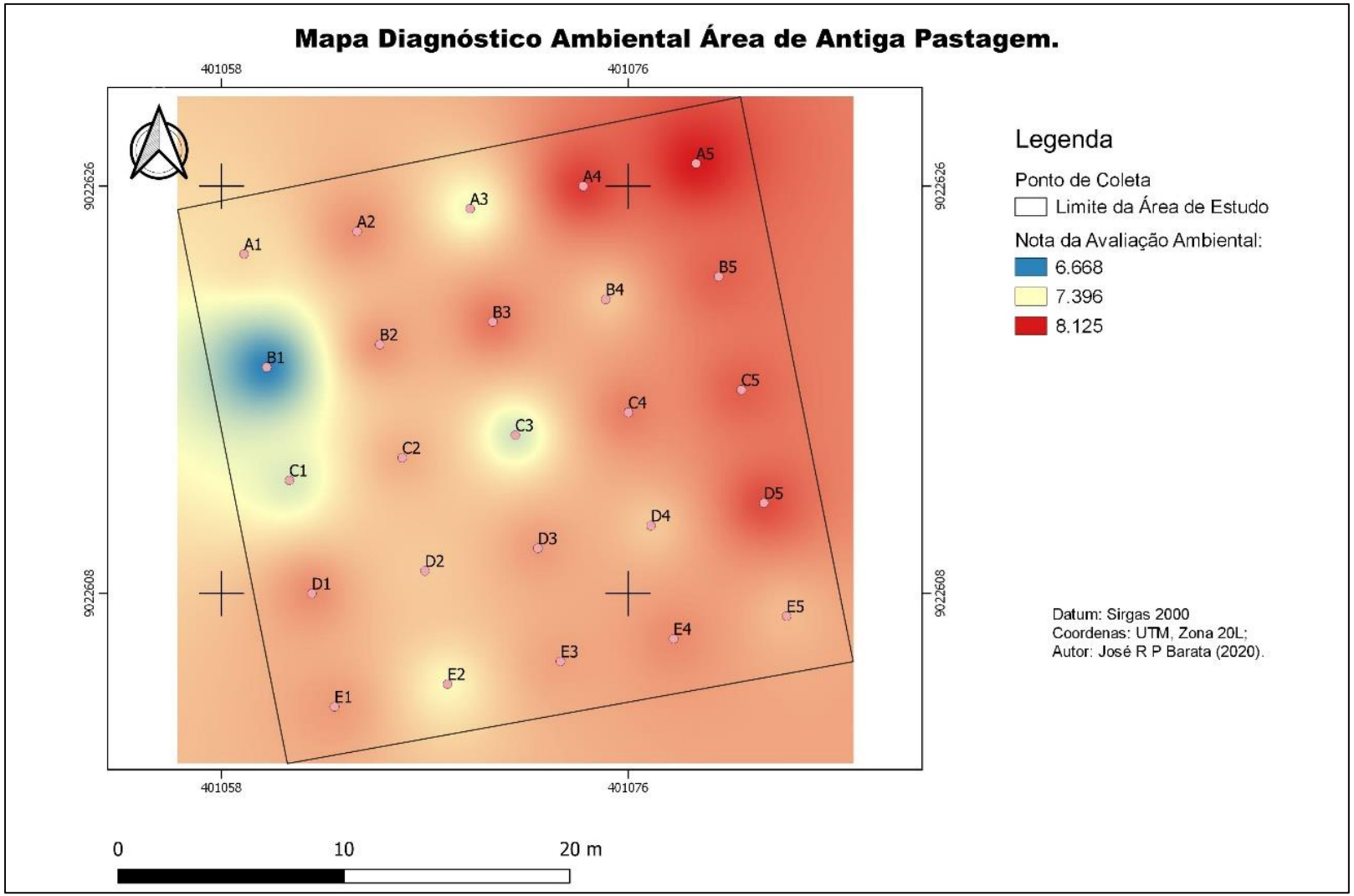

Figura 41 Mapa diagnóstico Ambiental da área de antiga pastagem

Na tabela 30, a seguir, serão apresentados os dados tabulados da área de capoeira.

Tabela 30 Notas e atributos da avaliação da área de

Ponto	Ds (g/cm³)	Nota	Pt (%)	Nota	RSP (Mpa)	Nota	MO (g/kg)	Nota	NDA
A1	1,345	9,31	26	10	6,46	10	9,00	10	7,95
A2	1,420	10	27	10	5,04	10	8,50	10	8,12
A3	1,355	9,44	28	10	5,33	10	9,00	10	7,98
A4	1,355	9,44	34	10	5,73	10	9,00	10	7,98
A5	1,350	9,38	28	10	4,25	10	8,50	10	7,97
B1	1,445	10	14	10	4,45	10	8,50	10	8,12
B2	1,350	9,38	30	10	7,50	10	8,50	10	9,97
B3	1,320	9,00	28	10	3,51	10	8,50	10	7,80
B4	1,325	9,06	23	10	4,05	10	9,50	10	7,89
B5	1,330	9,13	25	10	3,54	10	9,00	10	7,86
C1	1,400	10	25	10	4,65	10	9,00	10	8,12
C2	1,410	10	32	10	4,73	10	10,00	10	8,12
C3	1,300	8,75	20	10	5,43	10	10,00	10	7,81
C4	1,310	8,88	24	10	5,06	10	9,50	10	7,84
C5	1,445	10	13	10	4,31	10	9,00	10	8,12
D1	1,390	9,88	27	10	4,04	10	8,50	10	8,09
D2	1,355	9,44	30	10	4,60	10	10,00	10	7,98
D3	1,400	10	29	10	5,52	10	10,00	10	8,12
D4	1,410	10	25	10	5,49	10	10,00	10	8,12
D5	1,335	9,19	29	10	4,68	10	9,50	10	7,92
E1	1,370	9,63	26	10	3,40	9	9,50	10	7,87
E2	1,345	9,31	23	10	5,26	10	9,00	10	7,95
E3	1,320	9,00	28	10	4,64	10	10,50	10	7,87
E4	1,315	8,94	32	10	3,48	10	10,50	10	7,76
E5	1,385	9,81	24	10	5,19	10	10,00	10	8,08

A densidade na área de capoeira apresenta uma ligeira melhora em relação a área de antiga pastagem, a maioria dos pontos estão fora da faixa e restrição ao crescimento radicular. O índice de porosidade total se mantém baixo, com todos os pontos possuindo valores inferiores a 40%.

A RSP apresenta seus maiores valores na área de capoeira, demonstrando que mesmo em período de pousio a vegetação de capoeira não foi capaz de reestabelecer melhoras na compactação do solo. A MO apresenta uma leve melhora na sua concentração devido ao acúmulo de serapilheira da vegetação local. A seguir na figura 42 apresenta-se o mapa da área de capoeira.

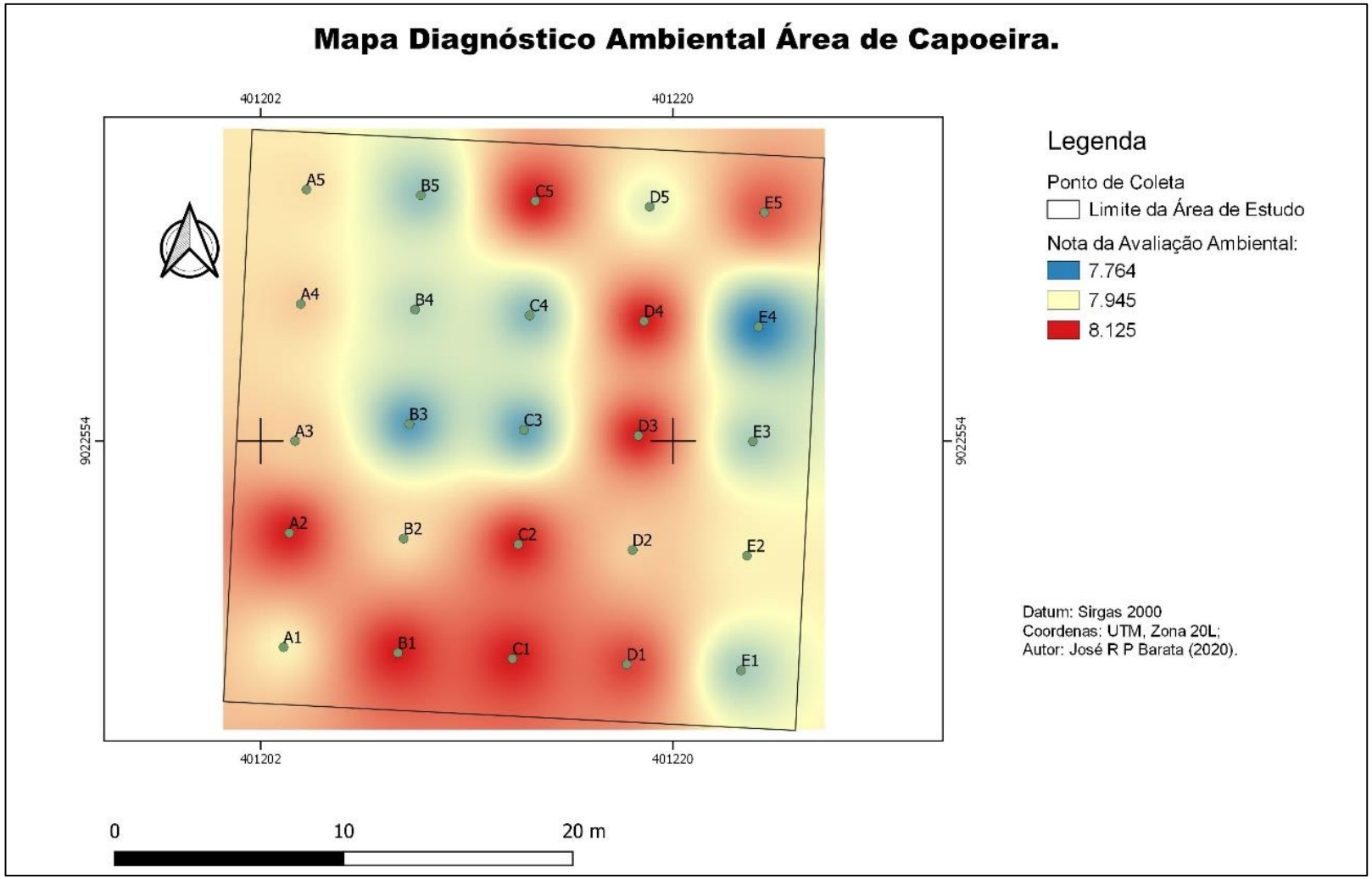

Figura 42 Mapa de Diagnóstico Ambiental da area de Capoeira

A área de antiga pastagem, apresenta um densidade média de 1,49 g/cm o que é classificada como alta degradação; a Porosidade Total possui um indice médio de 24% muito abaixo de 40% considerado como indicativo de alta degradação. A RSP apresenta um valor médio degradação de 3,03 Mpas estando abaixo do indicador de restrição a crescimento radicular, a MO possui um valor baixo de concentração sendo considerado com de alta degradação.

A seguir na figura 43 será apresentado o mapa de degradação da área de antiga pastagem.

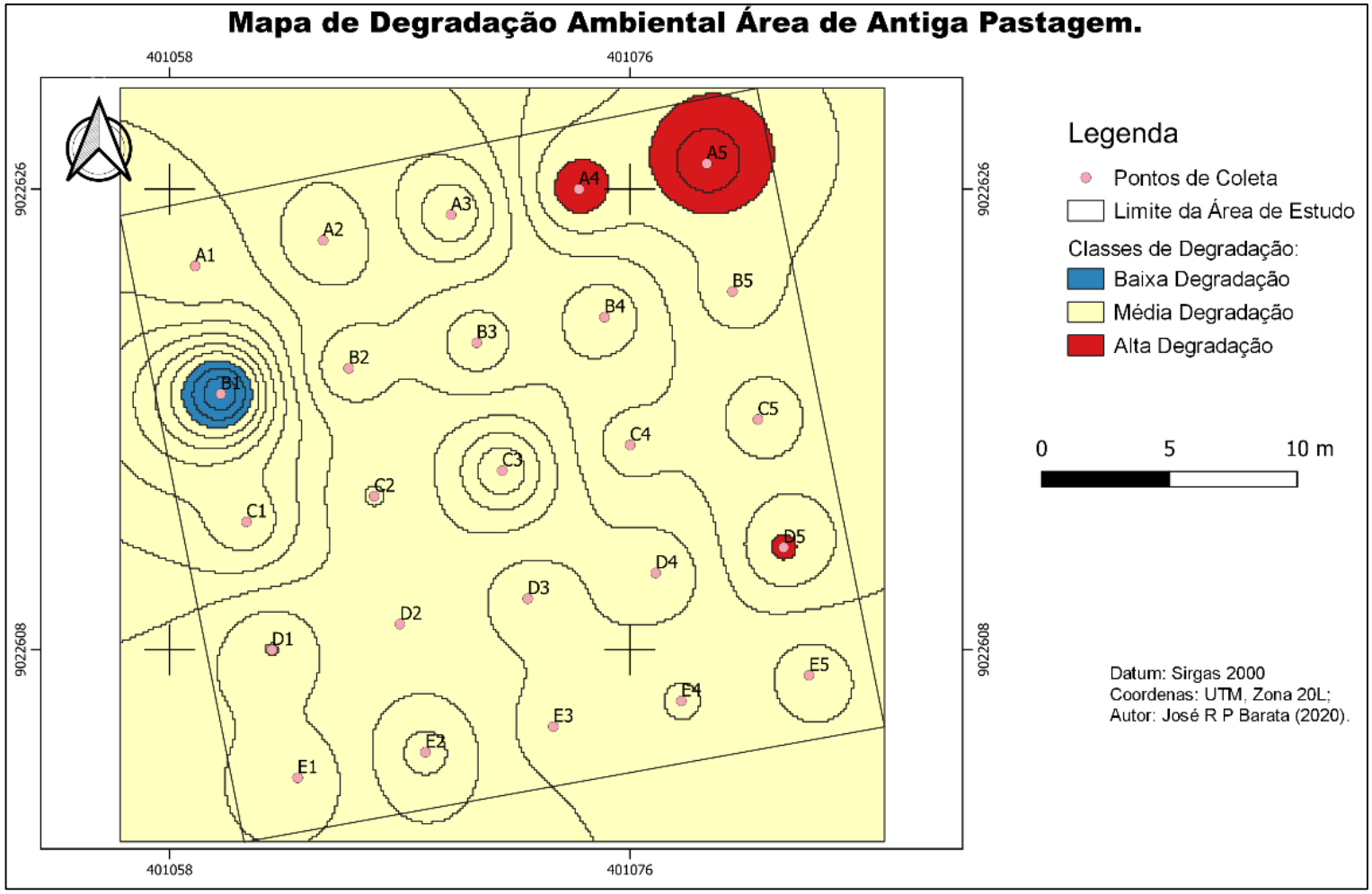

Figura 43: Mapa de Degradação Ambiental da Àrea de Antiga Pastagem.

No mapa de degradação da área de antiga pastagem podesse verificar que entre os ponto A1, B1 e C1 formam uma “ilha” essa representação se dá em função da interpoção entre os três pontos que apresentam indices de classificação como de baixa degradação. Como seus vizinhos apresentam indices mais elevados afetam de maneira “artificial” a interpolação desses pontos, os subestimando em função da vizinhança.

O mesmo ocorre com os ponto A3, C3, D4, E2, os pontos estão situados ao centro da área de estudo, criando um “divisor” no terreno causado pela interpolação entre eles que apresentam indices classificados como de baixa degradação. Os pontos E4 e E5 também são afetados pelos altos indices da vizinhança substimando seu indice de degradação. O mesmo fenômeno explica o “isolamento” dos pontos A4, A5 e D5 classificados como de alta degradação, mas em função da vizinhança não apresentam um espraiamento do poligono de alta degradação.

A área de capoeira apresenta uma leve melhoras nos índices de DS, PT e MO, porém o elevado valor da RSP, influenciou no resultado final da avaliação. A área apresenta uma densidade média de 1,36 g/cm o que é classificada como média degradação; a Porosidade Total possui um indice médio de 27% também muito abaixo de 40% que é considerado como indicativo de alta degradação. A RSP apresenta um valor de médio de degradação de 4,82 Mpa indice restritivo ao crescimento radicular, a MO possui um valor baixo de concentração sendo considerado com de alta degradação.

A seguir na figura 44 será apresentado o mapa de degradação da área de capoeira.

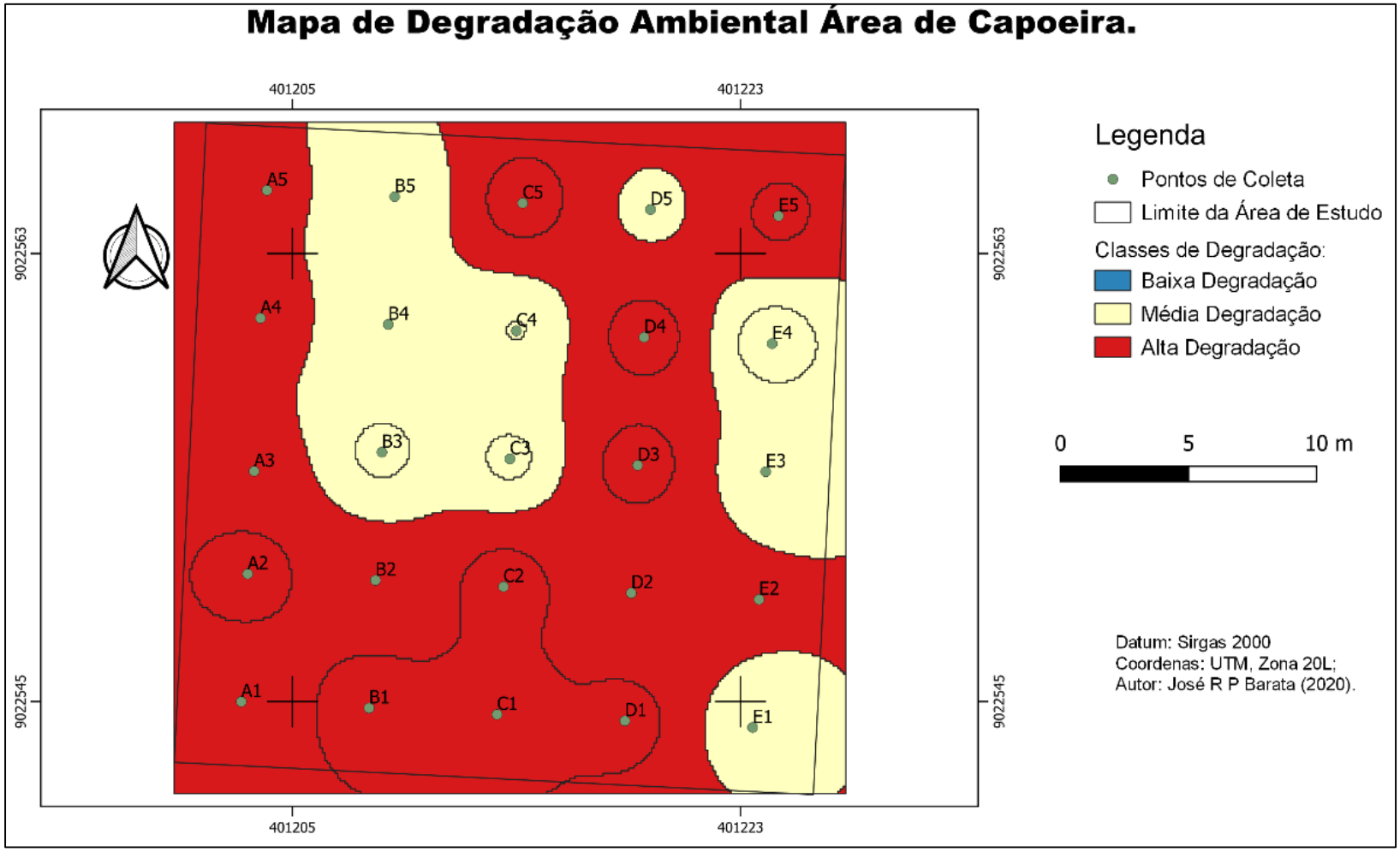

Figura 44: Mapa de Degradação Ambiental da Àrea Capoeira.

No mapa de degradação da área de capoeira podesse verificar que não há nenhum ponto classificado como de baixa degradação. A maior parte da área de capoeira é classificada como de alta degradação com exceção de uma de alguns pontos rotulados como de media degradação situados no sentido S/N das linhas B e C. Os pontos B3, B4, B5, C3 E C4 também formam uma “ilha” em função de seus índices serem representados por valores próximos e classificados como de média degradação.

Os pontos D5, E1, E3 e E4 apresentam não foram influenciados de maneira “artificial” na interpolação devido a seus vizinhos apresentarem indices próximos ao valores a os deles não ocorrendo um pico elevado do indice de degradação os subestimando em função da vizinhança.

os índices de Pt, RSP, MO estão muito elevados, e densidade apresenta em alguns pontos apresenta valores abaixo de 1,4 g/cm³ influenciando positivamente na avalição da nota de degradação.

Por fim temos que salientar que a área de estudo vem sendo explorada desde a década de 1980, e a partir de 1995 passou a ser utilizada como pastagem. A provavél causa da degradação do solo foi a compactação por pisoteio animal.

A restauração de área degradada pode ocorrer de duas formas segundo Moraus et.al (2006) “as que não requerem nenhuma intervenção direta às que têm alto grau de intervencionismo”. As técnicas não intervencionista já vem sendo empregadas, um vez que a área esta em um periodo de pousio de 5 anos, demonstrando que este período não foi o suficiente para a sua recuperação. Podendo a solução ser o uso de técnicas intervencionistas, que consistes na semeadura direta e o plantio de mudas floretais além da eliminação barreira à regeneração, que são as plantas invasora, como algumas gramíneas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta inicial deste trabalho era traçar um paralelo dos índices de qualidade do solo entre duas áreas: uma área de antiga pastagem e uma área de capoeira (área de mata em regeneração) degradadas pela ação antrópica, relacionando com a influência da micro topografia e da matéria orgânica.

As áreas de estudo apresentam características de solos adensados/compactados. A estatística descritiva evidenciou que, mesmo quando a variância apresenta valores pouco significativos e independentemente da localização da amostra, superficialmente a topografia tem controle sobre os índices analisados, demonstrando uma assimetria positiva conforme a declividade do terreno, ou seja, o ponto mais elevado possui maiores índices de degradação do solo na primeira camada analisada.

A metodologia aplicada na elaboração do mapa diagnóstico visou a demonstração gráfica dos picos de concentração de degradação das áreas estudadas. O método IDW cria a visibilidade de uma superfície formada por planos e arestas, essa característica de MDE gera uma projeção mais realistas em mapas de diagnósticos em pequenas escalas.

Apesar da avaliação dos indicadores demonstrarem graus de degradação similares, notou-se que a média geral da área de antiga pastagem foi influenciada pelos índices mais baixos de resistência do solo a penetração, enquanto que na área de capoeira a média geral decaiu em função da densidade do solo. A despeito disso as áreas podem ser recuperadas com o emprego de técnicas intervencionistas ou sem o emprego de nenhuma intervenção direta.

Ressalta-se que essa forma de análise apresenta baixo custo e em áreas pequenas pode indicar uma maior acurácia no diagnóstico ambiental. Porém também pode ser aplicada em grandes áreas de forma estimada.

O método de avaliação ambiental proposto por Xavier da Silva (1993) é comumente aplicado a áreas de grandes extensões, sendo aplicado nesse trabalho em escala de detalhe. Espera-se que essa metodologia seja mais aplicada no estado de Rondônia como forma de diagnóstico ambiental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMY, Amilcar. Geodiversidade do estado de Rondônia / Organização Amilcar Adamy. – Porto Velho: CPRM, 2010 337 p.:

ANDRADE, R. S.; STONE, L. F. . Índice S como indicador da qualidade física de solos do cerrado brasileiro. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental (Online)JCR, v. 13, p. 382-388, 2009.

ALBUQUERQUE, A. R. C.; Vieira; GUERRA, A. J. T. Erosão dos solos na Amazônia. Degradação dos Solos na Amazônia. 1 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2014, v. 1, p. 223-254.

ALMEIDA, F. F. M. de. Origem e evolução da plataforma brasileira. Rio de Janeiro: DNPM/DGM, 1967. 36 p. (Boletim, 241).

AQUINO, R. E.; MARQUES JÚNIOR, J.; CAMPOS, M.C.C.; OLIVEIRA I. A. & SIQUEIRA, D. S. Distribuição espacial de atributos químicos do solo em área de pastagem e floresta. Pesquisa agropecuária tropical (online), 44:32, 2014a.

AQUINO, R. E.; MARQUES JÚNIOR, J.; CAMPOS, M.C.C.; OLIVEIRA I. A. & SIQUEIRA, MANTOVANELI, B. C. & SOARES, M. D. R. Geoestatistica na avaliação dos atributos físicos em Latossolo sob floresta nativa e pastagem na região de Manicoré, Amazonas. Revista Brasileira de Ciências do Solos, 38:397-406, 2014b.

ARAÚJO, Edson Alves De; KER, João Carlos; NEVES, Júlio César Lima ; LANI, João Luiz. Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação. Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia (Impresso), v. 5, p. 187-206, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT), 1994. NBR13133 Execução de Levantamentos Topográficos. Rio de Janeiro. 35 p.

BAVER, L.D.; GARDNER, W.H.; GARDNER, W.R. Estructura de los suelos: classificacion y genesis. In: BAVER, L.D.; GARDNER, W.H.; GARDNER, W.R. Física de suelos. Mexico: Centro Regional de Ayuda Técnica, 1973. p. 138-165.

BENACI, VANESSA. Avaliação de métodos de análise para carbono orgânico em amostras de interesse agronômico. / Vanessa Benaci. Campinas, 2010.

BARCELOS, Giovani Da Silva. Cidade Imaginária e Cidade Real: um estudo urbanístico sobre Porto Velho a partir do Plano de Ação Imediata de 1972. / Giovani da Silva Barcelos. Porto Velho, Rondônia, 2015. 140 f.: il.

BLAINSKI, Everton; TORMENA, Cássio Antonio; FIDALSKI, Jonez; GUIMARÃES, Rachel Muylaert Locks . Quantificação da degradação física do solo por meio da curva de resistência do solo à penetração. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 32, p. 975-983, 2008.

BOSCATTO, Flavio. Diretrizes para o levantamento topográfico e geodésico do Patrimônio Cultural Material / Flavio Boscatto; orientador, Francisco Henrique de Oliveira - Florianópolis, SC, 2014. 264 p.

BONFANTE, A. and TERRIBILE, F. and BOUMA, J. Refining physical aspects of soil quality and soil health when exploring the effects of soil degradation and climate change on biomass production: an Italian case study. SOIL. VOL.5. 2019.

BUCKMAN, O.; BRADY, N.C. Natureza e propriedade dos solos. 5. Ed. Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 1979. 647p.

BÜNEMANN, E. K., BONGIORNO, G., BAI, Z., CREAMER, R. E., De DEYN, G., DE GOEDE, R., … BRUSSAARD, L. (2018).Soil quality – A critical review. Soil Biology and Biochemistry, 120, 105–125. doi:10.1016/j.soilbio.2018.01.030

CAMARGO, O. A.; ALLEONI, L. R. F.. Efeitos da compactação em atributos do solo hipertexto -. InfoBibos - Informações Tecnológicas, Campinas, 28 maio 2006. Disponível no site www.infobibos.com/artigos/compsolo/c4/c4.htm Acessado em 21/04/2020.

CAMBARDELLA, C.A.; ELLIOTT, E. Pariculate soil organic maer changes across a grassland cultivation sequence. Soil science Society of Amarica Journal, Madison. V. 56, p. 777-783, 1992.

CARMO, Marina; CUNICO, Jonas; SANTOS, Marta; SILVA, Poliana; SIQUEIRA, Marcos. Densidade e Porosidade do Solo em Pastagem Recuperada e Degradada, na Amazônia Ocidental. AGRARIAN ACADEMY, v. 5, p. 153-159, 2018.

CARMO, Davi L; SILVA, Carlos A. Metodologia de Quantificação de Carbono e Matéria Orgânica em Resíduos Orgânicos. Revista Brasileira de Ciências do Solo, vol. 36, p. 1211 – 1220. Rio de Janeiro. 2012.

CARMI, A., STADEN, J. (1983) Role of roots in regulating the growth rate and cytokinin content in leaves. Plant Physiology, 73: 76-78.

CHRISTOFOLETT A. 1980. Geomorfologia. Edgard Blücher, São Paulo, 188 p.

COCHRANE, T.; SANCHEZ, P. 1982. Land resource, soil and their management in the Amazon region: a state of knowledge report. In: Hecht, S. (Eds).Amazon: agriculture and land use. Cali: Ciat. p.137-209.

COMASTRI, J. A. TULER, J.C. Topografia Altimetria. Viçosa: UFV, 1980.

COSTA, F. P. M.; NISHIYAMA, Luiz. Utilização do Permeâmetro Guelph e Penetrômetro de Impacto em estudos de uso e ocupação dos solos em bacias hidrográficas. Caminhos da Geografia (UFU. Online), v. 8, p. 131-143, 2007.

CPRM, Companhia de Pesquisa em Produção Mineral. Livro Texto Explicativo da Carta Geológica Porto Velho 1:100.000. CPRM. Porto Velho, 1990.

CPRM, Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais. Geologia e Recursos Minerais do Estado de Rondônia: Programa Geologia do Brasil. Porto Velho. 2007.

CPRM, Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais. FOLHA SC.20 V-B-V PORTO VELHO. PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASILCARTA GEOLÓGICA - ESCALA 1:100.000. 2012a.

CPRM, Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais. FOLHA SC.20 V-B-V PORTO VELHO. PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL CARTA DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO - ESCALA 1:100.000. 2012b.

CRAVO, M. S.; SMYTH, T. J.; BRASIL, E. C. Calagem em latossolo amarelo distrófico da Amazônia e sua influência em atributos químicos do solo e na produtividade de culturas anuais. Revista Brasileira de Ciência do Solo (Impresso)JCR, v. 36, p. 895-908, 2012.

CUNHA, T. J. F., MENDES, A. M. S.; Gongo, V. Matéria Orgânica do Solo. In: Ramom Rachide Nunes; Maria Olímpia Oliveira Rezende. (Org.). RECURSO SOLO - PROPRIEDADES E USOS. 1 ed. São Carlos: Editora Cubo, 2015, v. 1, p. 271-290.

B. Geomorfologia Fluvial. In: Guerra; A. J. T; Cunha; S. B. (Org.). Geomorfologia: Uma Atualização de Bases e Conceitos. 1ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994, v., p. 211-252.

CUNHA, S. B.; GUERRA, Antônio José Teixeira. Degradação Ambiental. In: Guerra, A. J. T.; Cunha, S. B. (Org.). Geomorfologia e Meio ambiente. 1ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996, v., p. 337-379.

DIAS, J. E.; GOES, M. H. B.; X.; O. Geoprocessamento Aplicado à Análise Ambiental: O Caso do Município de Volta Redonda-RJ. In: Jorge Xavier -da-Silva; Ricardo Tavares Zaidan. (Org.). Análise Ambiental por Geoprocessamento: Aplicações. 5 ed. Rio de Janeiro: BERTRAND BRASIL, 2011, v., p. 143-177.

DELLA JUSTINA, E. E. Zoneamento Geoambiental da Zona de Amortecimento da Reserva Biológica do Jarú - RO, como Subsídios ao seu Plano de Manejo. Tese de Doutoramento. UNESP, Instituto de Geociências e Ciências. 2009.

DNPM, Departamento Nacional da Produção Mineral. Projeto RADAMBRASIL. Folha SC.20 Porto Velho; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1978.

DONAGEMA, GUILHERME KANGUSSÚ.Manual de métodos de análise de solos / organizadores, Guilherme KangussúDonagema... [et al.]. — Dados eletrônicos. — Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011.230 p.

DORAN, J.W. & PARKIN, T.B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F. & STEWART, B.A., eds. Defining soil quality for a sustainable environment. Madison, SSSA, 1994. p. 1-20. (Special, 35).

EMBRAPA-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Serviço Nacional de levantamento e Conservação de Solos. Manual de métodos de análises de solo. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 1997.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de métodos de análise de solo / Paulo César Teixeira ... [et al.], editores técnicos. – 3. ed. rev. e ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2017.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos / Humberto Gonçalves dos Santos ... [et al.]. – 5. ed., rev. e ampl. − Brasília, DF: Embrapa, 2018.356 p

FAUSTINO, LUCAS LUÍS. Indicadores da qualidade física e morfológica de um Argissolo Vermelho Amarelo em áreas de pastagem revegetadas por leguminosas arbóreas / Lucas Luís Faustino. – Campos dos Goytacazes, RJ, 2018. 111 f.: il. Bibliografia: 104 – 111.

FELISBERTO SILVA, M. Análise Morfoestrutural da Folha Porto Velho SC20 V-B-V como Subsidio a Delimitação de Traçados de Estradas e Rodovias. Dissertação (Programa de Pós-Graduação Mestrado em Geografia) – Fundação Universidade Federal de Rondônia – UNIR. Porto Velho, 2013.

FERREIRA, G. M. Atividade microbiana e agregação de um Latossolo Vermelho Distroférrico em Campinas, SP, sob usos e manejos distintos. 2008. 70 p. Dissertação (Curso de Pós-graduação em Agricultura Tropical) - Instituto Agronômico Campinas – IAC, Campinas, 2008.

FERREIRA, M. M. Caracterização física do solo. In: VAN LIER, J. (Ed). Física do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciências do solo, 2010. P. 1-283.

FILIZOLA, Heloisa Ferreira. Manual de procedimentos de coleta de amostras em áreas agrícolas para análise da qualidade ambiental: solo, água e sedimentos / editado por Heloisa Ferreira Filizola, Marcos Antônio Ferreira Gomes e Manoel Dornelas de Souza. - Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2006. 169 p. il.

GUERRA, A. J. T. Degradação dos Solos na Amazônia – Conceitos e temas. Degradação dos Solos na Amazônia. 1 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2014, v. 1, p. 15-50.

GOLDIN, A. Reassessing the use of loss-on-ignition for estimating organic matter content in noncalcareous soils. Commun. Soil Sci. Plant. Anal., 18:1111-1116, 1987.

GOUDIE, A.S. Human influence in geomorfophology. Geomorphology 7, p. 37-59, 1993.

GOUDIE, A. S.; VILES, H. The Earth Transformed: an introduction to human impacts on the environment. Oxford: Blackwell Publishers Ltd., p. 165, 1997.

HOWARD, A. D. Drainage Analysis in Geologic Interpretation: A summation. The American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 1967.

HERRERA, ISABEL LEONOR IZA ECHEVERRIA. Utilização de dados altimétricos, geomorfológicos e gamaespectrométricos para a identificação de crostas lateríticas em uma área da porção norte do Estado de Rondônia / Isabel Leonor Iza Echeverria Herrera. Porto Velho, Rondônia, 2016. 93 f.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e estatística. Manual técnico de pedologia / IBGE, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. - 3. ed. - Rio de Janeiro: IBGE, 2015. 430 p.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e estatística. Manual técnico de pedologia: guia prático de campo / IBGE, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. - Rio de Janeiro: IBGE, 2015b. 134 p.

ISOTTA, C.A.L.; CARNEIRO, J.M.; KATO, H.T.; BARROS, R.J.L. Projeto Província Estanífera de Rondônia. Relatório Final. Porto Velho: CPRM, 1978. 16 v., il. (Convênio DNPM/CPRM).

INGARAMO, O. E. Indicadores físicos de la degradación del suelo. 2003. 298 p. Tese (Doutorado) -Universidade da Coruña, La Coruña. 2003.

JAKELAITIS, A.; da; dos; Rafael. Qualidade da camada superficial de solo sob mata, pastagens e áreas cultivadas. Pesquisa Agropecuária Tropical (Impresso), v. 38, p. 118-127, 2008.

JORGE, José Antônio. Solos: manejo e adubação: compêndio de edafologia / José Antônio Jorge. – 2ª Ed. – São Paulo: Nobel, 1983.

C. Latossolos do Brasil: Uma Revisão. Geonomos, BELO HORIZONTE - MG, v. 5, n. 1, p. 17-40, 1997.

KING, L.C. A geomorfologia do Brasil Oriental. Rev., bras. Geog., 18147-265, 1956.

KOCHHANN, R. A.; DENARDIN, J. E. & BERTON, A. L. Compactação e descompactação de solos. Passo Fundo, EMBRAPA Trigo, 2000. 20 p. (Embrapa Trigo. Documentos, 19)

LEPSCH, I. F. (2002). Solos: formação e conservação. São Paulo: Oficina de Texto, 178 p.

LI, Z., ZHU. Q. GOLD, C., Digital Terrain Modeling: Principles and Methodology. Boca Raton: CRC press. 2005, p. 1-340.

LIMA, F. G. F.; E.; SANTOS, M. S. T.; SANTOS, A. L. S. Avaliação de métodos de interpolação na geração de Modelos Digitais de Elevação de precisão em zonas costeiras de alta dinâmica sedimentar. RBC. Revista Brasileira de Cartografia (Online), v. 68, p. 527-538, 2016.

LOPES, A.S.; SILVA, M.C. & GUILHERME, L.R.G. Acidez do solo e calagem. 3. ed. São Paulo, ANDA, 1991. 22 p. (Boletim Técnico, 1)

MACHADO, Pedro Luiz Oliveira De Almeida. Manejo da matéria orgânica de solos tropicais / Pedro Luiz Oliveira de Almeida Machado. - Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2001. 20 p. - (Embrapa Solos. Documentos; n. 24). ISSN 1517-2627. 1. Solo tropical - Matéria orgânica - Manejo. I. Título. II Série.

MARQUES, FLÁVIO ADRIANO. Matéria orgânica de Latossolos com horizonte A húmico / Flávio Adriano Marques. Piracicaba, 2009. 143 p.

MARTINS, G. C.; SWAMI, Sundari Narayan; MACEDO, Rodrigo S. Resistência a penetração como indicador da qualidade física do solo na província petrolífera de Urucu-Coari-AM. In: II Workshop de avaliação técnica e científica - Rede CT-Petro, 2006, Manaus. II Workshop de avaliação técnica e científica - Rede CT-Petro, 2006.

MATOS, J. L., Fundamentos de Informação Geográfica. Ed. Libel, Lisboa. 2008.

MARINI, G.B.S. Espacialização do Impacto Ambiental Por Compactação Em Solos de Pastagens E Sua Recuperação Em Áreas De REVEGETAÇÃO NATURAL POR CAPOEIRAS. 2010. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Rondônia.

MEA - Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystem and human well-being: Synthesis. Washington: Island Press, 2005. 137 p.

MELO, N. B.; Ribeiro, F. C.; NERES, Y.X. C.; BUSSINGUER, A. P.; GATTO, A. Fertilidade de um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico sob diferentes usos e sob Cerrado sensu stricto na Fazenda Água Limpa- DF. In: XXXC Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2015, Natal- RN. O Solo e suas múltiplas funções. Viçosa-MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2015. p. 1-4

MIRANDA, GISELE HORTA BARROSO, 1988-M672a. Análise de amostragem e interpolação na geração de MDE/Gisele Horta Barroso Miranda - Viçosa, MG, 2017. Xii, 65 f : il.

MOEBIUS-CLUNE, B. N., MOEBIUS-CLUNE, D. J., GUGINO, B. K., IDOWU, O. J., SCHINDELBECK, R. R., RISTOW, A. J., VAN ES, H. M., THIES, J. E., SHAYLER, H. A., MCBRIDE, M. B., KURTZ, K. S. M., WOLFE, D. W., AND ABAWI, G. S.: Comprehensive assessment of soil health: The Cornell Framework Manual, edn. 3.1, Cornell Univ., Ithaca, NY, USA, 2016.

MONTANARI, R.; Zambianco, E. C. ; CORRÊA, A.R. ; PELLIN, D.M.P. ; CARVALHO, Morel de Passos e ; DALCHIAVON, F. C. . Atributos físicos de um Latossolo Vermelho correlacionados linear e espacialmente com a consorciação de guandu com milheto. Revista Ceres, v. 59, p. 125-135, 2012.

MORAES, L. F. D.; ASSUMPÇÃO, J. M.; S.; LUCHIARI, C. Manual técnico para a restauração de áreas degradadas no estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2006. v. 1. 84 p.

MOTTA, P. E. F.; CURI, N.; SIQUEIRA, J. O.; VAN RAIJ, B.; FURTINI NETO, A. E.; LIMA, J. M. Adsorção e formas de fósforo em Latossolos: influência da mineralogia e histórico de uso. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 26, n. 2, p. 349-359, 2002.

MULVANEY, M.J.; WOOD, C.W.; BALKCOM, K.S.; SHANNON, D.A.; KEMBLE, J.M. Carbon and nitrogen mineralization and persistence of organic residues under conservation and conventional tillage. Agronomy Journal, v. 102, p. 1425-1433, 2010.

OLIVEIRA, Luiz Antônio de; MOREIRA, F. W. A importância do uso adequado dos solos no zoneamento ecológico-econômico da Amazônia. In: FERREIRA, E. J. G.; SANTOS, G.M.; LEÃO, E.L.M.; OLIVEIRA, L.A. (Org.). BASES CIENTIFICAS PARA A ESTRATÉGIAS DE PRESERVAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DA AMAZÔNIA. Manaus-AM, 1993, v. 2, p. 17-24.

OLIVEIRA, I. A.; CAMPOS, M. C. C.; AQUINO, R. E.; MARQUES JÚNIOR, J.; J & NASCIMENTO, E.P. Variabilidade espacial de atributos físicos em um Cambissolo Háplico, sob diferentes usos na região sul do Amazonas. Revista Brasileira de Ciências do Solos, 37:1103-1112, 2013.

OLIVEIRA, I. A.; CAMPOS, M. C. C.; AQUINO, R. E.; MARQUES JÚNIOR, J.; FREITA, L. & SOUZA, Z. M. Semivariograma escalonado no planejamento amostral da resistência à penetração e umidade de solo com cana-de-açúcar. Revista de Ciências Agrárias, 57:287-296, 2014.

PEQUENO, P. L. L.; LEONIDAS, F. C.; MENDES, A. M.; VIEIRA, A. H.; MARTINS, E. P.; VASCONCELOS, L. P. Água Disponível do Solo: Algumas Características Físicas do Solo Importantes para Quantificação. Documentos, EMBRAPA RO, v. 1, p. 1-13, 2002.

PEREIRA, ELAINE COSMO FIORELLI. Indicadores de qualidade em um latossolo sob diferentes usos e manejos em Rondônia/ Elaine Cosmo Fiorelli – Porto Velho, RO, 2017.

Piccolo A (2001) The supramolecular structure of humic substances.Soil Science, 166:810-832.

PORTO VELHO, Plano Diretor Municipal, Porto Velho – RO, 2008, https://www.portovelho.ro.gov.br/uploads/docman/semplaanexounico-documentotecnicodoplanodiretor.pdf, acessado em 24/02/2020.

PRINS, C. L. Efeito do confinamento do sistema radicular sobre as medidas biométricas, trocas gasosas e produção de óleo essencial em capim-limão. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, UENF, Brasil, 2007.

QUADROS, MARCOS LUIZ DO ESPÍRITO SANTO. Geologia e recursos minerais do Estado de Rondônia: Sistema de Informações Geográficas – SIG: Texto Explicativo do Mapa Geológico e de Recursos Minerais do Estado de Rondônia/Organizado por Marcos Luiz do Espírito Santo Quadros [e] Gilmar José Rizzotto. – Escala 1:1.000.000. – Porto Velho: CPRM, 2007. 153 p.: (il.)

QUADROS, M. L. E. S.; RIZZOTTO, G. J. ; MESQUITA, J. B. . A Origem dos Lagos Pantanosos Situados a Jusante da Cachoeira de Santo Antônio no Rio Madeira, Rondônia. In: Xi Simpósio De Geologia Da Amazônia, 2009, Manaus-AM. XI Simpósio de Geologia da Amazônia, 2009

RAMALHO FILHO, A; BEEK, K. J. Sistemas de Avaliação de Aptidão Agrícola das Terras. 3ª ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1995.

RAGAB, R.; COOPER J. D. Variability of unsaturated zone water transport parameters: Implications for hydrological modelling. 1. In situ measurements. Journal of Hydrology. v. 148, 1990. p. 109-131.

REYNOLDS, W. D.; ELRICK, D. E.; TOPP, G. C. A reexamination of the constant head well permeameter method for measuring saturated hydraulic conductivity above the water table. Soil Science, v. 136, 1983. p. 250–268.

REYNOLDS, W. D.; ELRICK, D. E. In situ measurement of field saturated hydraulic conductivity, sorptivity and the α-parameter using the Guelph permeameter. Soil Science, v.140, n° 4, 1985. p. 292–302.

RICHARDS, L. A. (1931). Capillary conduction of liquids in porous mediums, Physics, 1, 318-333.

ROCHA, W. W. DIAS JUNIOR, LIMA, J.M; MIRANDA, E.E.V; SILVA, A.R. Resistência ao cisalhamento e grau de intemperismo de cinco solos na região de Lavras (MG). Rev. Bras. Ciênc. Solo [online]. 2002.

RODELLA. A. A.; ALCARDE. J. C. Avaliação de materiais orgânicos empregados como fertilizantes. Scientia Agrícola, Piracicaba. V. 51, n. 3. P. 556-562, 1994.

RODRIGUES, T.E. Solos da Amazônia. In: ALVAREZ, V.H.V.; J. C. FONTES, L.E.F.; FONTES, M.P.F. eds. Os solos nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado. Viçosa, SBCS/UFV, 1996. p. 16-60.

RONDÔNIA, Secretaria de Estado do Planejamento. Plano Agroflorestal e Pecuário de Rondônia – PLANAFLORO (banco de dados geográfico). Porto Velho, 2002.

SALAMUNI, E. Geologia Estrutural. Aula 10, Morfoestruturas. Universidade federal do Paraná (UFPR). Disponível em: http://www.neotectonica.ufpr.br/aula-geologia/aula10.pdf. Acesso em: 17 de setembro 2020.

SANTOS, G. G.; MARCHÃO, R. L.; SILVA, E. M.; SILVEIRA, P. M.; BECQUER, T. Qualidade física do solo sob sistemas de integração lavoura-pecuária. Pesquisa 0 78- Agropecuária Brasileira, v. 46, p. 1339-1348, 2011 a

Schaefer, C.E.G.R; Lima, H.N; Teixeira, W.G; Vale Jr, J.F; Souza, K.W; Corrêia, G.R; Mendonça, B.A.F; Amaral, A.F; Campos, M.C.C; Ruivo, M.L. Capitulo III – Solos da Região Amazônica. In: Pedologia: solos dos biomas brasileiros (pp. 111-176). Editores: Nilton Curi, João Carlos Ker, Roberto Ferreira Novais, Pablo Vidal-Torrado, Carlos Ernesto G R Schaefer. 2017.

Schlindwein, Jairo André; MARCOLAN, A. L.; FIORELLI-PEREIRA, E. C.; PEQUENO, P. L.; MILITAO, J. S. T. L. Solos de Rondônia: usos e perspectivas. Revista Brasileira de Ciências da Amazônia, v. 1, p. 213-231-231, 2012.

SILVA, M. S. L. da. Produtividade agrícola no semiárido é prejudicada por solos adensados e/ou compactados. Diário rural, Petrolina-PE, 17 dez. 2001.

SILVA, I. R.; MENDONÇA, E. S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, j. C.L. (Ed.). Fertilidade do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 1017 p

SILVA FILHO, E. P.; CARNEIRO, E. Avaliação da compactação do solo em áreas de pastagem no município de Porto Velho - RO, Amazônia Ocidental. Primeira Versão (UFRO). Porto Velho-RO, p. 1-11, 2002.

SILVA FILHO, E. P. da. Estudo da Degradação dos Solos em Áreas de Pastagens no Município de Porto Velho (RO). Tese de Doutorado. UNESP/Rio Claro, 159 p. 2009.

SILVA FILHO, E. P.; COTTAS, L. R.; S. AVALIAÇÃO DA COMPACTAÇÃO DOS SOLOS EM ÁREAS DE PASTAGENS E FLORESTAS EM PORTO VELHO-RONDÔNIA. Boletim de Geografia (UEM), v. 28, p. 145-155, 2010.

SILVA JÚNIOR, J. F.; MARQUES JÚNIOR, J. CAMARGO, L. A.; TEIXEIRA, D. B.; PENOSO, AR. & PEREIRA, G. T. Simulação geostatística na caracterização espacial de óxidos de ferro em diferentes pedoformas. Revista Brasileira da Ciência do solo, 36:1690-172-182, 2014.

SILVA, N. M. F.; MARINO, T. B.; GOES, M. H. B. Geoprocessamento no Apoio à Avaliação da Qualidade de Vida no Município de Seropédica (RJ). In: XXVI Congresso Brasileiro de Cartografia, 2014, Gramado - RS. Anais do XXVI Congresso Brasileiro de Cartografia, 2014.

SILVEIRA, CLAUDINEI TABORDA; SILVEIRA, RICARDO MICHAEL PINHEIRO. Classificação das formas do estado do estado do paraná com uso do índice de

posição topográfica. Revista Ra'e Ga Espaço Geográfico em Análise, v. 41, p. 98-130, 2017.

SMYTH, T.J. 1996. Manejo da fertilidade do solo para produção sustentada de cultivos na Amazônia. In: O solo nos grande s domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado. Soc. Bras, de Cienc. do Solo, Viçosa, p. 71-93

SINGER, M.; EWING, S. Soil quality. In: Sumner, M. E. (ed.). Handbook of soil science. Boca Raton: CRC Press, 2000. p. 271-298.

SILVA, A. C. B. D. A produção do espaço em Porto Velho, o Papel de um Agente Múltiplo: um estudo de caso. Dissertação (Mestrado) Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFRJ. Rio de Janeiro: [s.n.], 1993.

SILVA, A. C. B. D. O centro histórico de Porto Velho-Rondônia. Patrimônio (In) visível da cidade: pequenas concessões ao passado? Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal Fluminense. Rio de Janeiro: [s.n.], 2015.

Silva, Drielly Naamma Fonsêca. Reconstrução da paisagem através da assinatura geoquímica dos eventos deposicionais da bacia do rio Capibaribe-Mirim, Pernanbubuco/ Drielly NaammaFonsêca da Silva. – Recife: O autor, 2012.

SIQUEIRA NETO, M.; PICCOLO, M. de C.; SCOPEL, E.; COSTA JUNIOR, C. da; CERRI, C.C; BERNOUX, M. Carbono total e atributos químicos com diferentes usos do solo no Cerrado. Acta Scientiarum. Agronomy, v. 31, p.709-717, 2009.

SOIL MOISTURE CORP (1991) Guelph Permeameter: Operating Instructions. Santa Bárbara.

SOTO, M. A. A. OU ALFARO SOTO, M.A.; KIANG, C. H. . Análise do método do permeâmetro Guelph na determinação da condutividade hidráulica saturada. Águas Subterrâneas, v. 23, p. 137-152, 2009.

SCHAEFER, C. E. G. R. ; LIMA, H. N. ; TEIXEIRA, W. G. ; VALE JUNIOR, J. F. ; SOUZA, K. W. ; CORREA, G. R. ; MENDONCA, B. A. ; AMARAL, E. F. ; CAMPOS, M. C. C. ; RUIVO, M. L. P. . Solos da Região Amazônica. In: Curi, N.; Ker, J.C.; Novais, R.F.; Vidal-Torrado, P.; Shaefer, C.E.G.R.. (Org.). Pedologia - Solos dos Biomas Brasileiros. 1ª .ed. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2017, v. 1, p. 111-175.

SOUSA, D.M.G.; MIRANDA, L.N. & OLIVEIRA, S.A. Acidez do solo e sua correção. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B. & NEVES, J.C.L., eds. Fertilidade do solo. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 205-274.

SPERA, S.T.; DENARDIN, J.E.; ESCOSTEGUY, P.A.V.; SANTOS, H.P. & FIGUEROA, E.A. Dispersão de argila em microagregados de solo incubado com calcário. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 32:2613-2620, 2008.

STEFANOSKI, DIANE C.; SANTOS, GLENIO G.; MARCHÃO, ROBÉLIO L.; PETTER, FABIANO A.; P. Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental (Online) JCR, v. 17, p. 1301-1309, 2013.

STOLF, R; FERNANDES, J. & FURLANI NETO, V.L. Penetrometro de Impacto IAA/PLANALSUCAR – Stolf; recomendação para seu uso. STAB, Piracicaba, 1 (3): p 18 – 23. 1983.

STOLF, R. & FAGANELLO, B. F. Utilização do penetrometro de impacto IAA/PLANALSUCAR – STOLF, na recomendação do preparo do solo na Usina Nossa Senhora Aparecida, (Pontal, S. Paulo). STAB, Piracicaba 1(6): 11 – 23. 1983.

STOLF, R. Teoria e teste experimental de formula de transformação dos dados de penetrometro de impacto em resistência do solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 15; nº 3; set/dez; p. 229 – 235. 1991.

TASSINARI C. C. G., MACAMBIRA M. J. B. A Evolução Tectônica do Cráton Amazônico. In: Geologia do Continente Sul-Americano. São Paulo, Ed. Beca, 2004.

VALE JÚNIOR, J. F.; SOUSA, M. I. L.; NASCIMENTO, P. P. R. R. ; Cruz . Solos da Amazônia: etnopedologia e desenvolvimento Sustentável. Agro@mbiente On-line, v. v. 5, p. 158-165, 2011.

TORRES, E.; SARAIVA, O.F. Camadas de impedimento do solo em sistemas agrícolas com a soja. Londrina: Embrapa Soja, 1999. 58p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 23). 1. Física do solo. 2. Manejo do solo. 3. Soja - Manejo do solo. I. Embrapa Soja (Londrina, PR). II Título. III Série. ISSN 0100-6703.

VALERIANO, M. M. Dados topográficos. In: Teresa G. Florenzano. (Org.). Geomorfologia - conceitos e tecnologias atuais. 1 ed. São Paulo: Oficina de textos, 2008, v., p. 72-104

Vieira, Siloneide Torres. Caracteristica físico-química e microbiológica da água do Igarapé bate-Estaca em Porto Velho – RO. Porto Velho Rondônia, 2012, 79 f.: il.

VIEIRA, Ima Célia Guimarães; NEPSTAD, D. C.; BRIENZA JÚNIOR, S.; PEREIRA, Cássio Alves. Ambiente - Importância de áreas degradadas no contexto agrícola e ecológico da Amazônia. In: Efrem Jorge Gondim Ferreira; Geraldo Mendes dos Santos; Elizabeth Lima Mendes Leão; Luiz Antônio de Oliveira. (Org.). Bases Científicas para Estratégias de Preservação e Desenvolvimento da Amazônia. Manaus: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA, 1993, v. 2, p. 43-53.

VEIGA, LUIS A.K.; ZANETTI, MARIA A.Z.; FAGGION, PEDRO L. – Fundamentos de Topografia, 2012.

XAVIER-DA-SILVA, J., CARVALHO FILHO, L.M. Sistemas de informação geográfica: uma proposta metodológica. IV Conferência latino-americana sobre sistemas de informação geográfica. 2º Simpósio Brasileiro de Geoprocessamento, 7 a 9/07/1993. Anais. São Paulo, 1993, p. 608-629.

WANDER, M. M., CIHACEK, L. J., COYNE, M., DRIJBER, R. A., GROSSMAN, J. M., GUTKNECHT, J. L. M., TURCO, R. F. (2019). Developments in Agricultural Soil Quality and Health: Reflections by the Research Committee on Soil Organic Matter Management. Frontiers in Environmental Science, 7.

ZAIDAN, R. T.; XAVIER DA SILVA, J. Geoprocessamento Aplicado ao Zoneamento de Áreas com Necessidade de Proteção: O Caso do Parque Estadual do Ibitipoca - MG. In: Jorge Xavier-da-Silva; Ricardo Tavares Zaidan. (Org.). Geoprocessamento e Análise Ambiental: aplicações. 7 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2013, v. 1, p. 31-65

ZECK, Z., SENESI, N., GUGGENBERGER, G., KAISER, K., LEHMANN, J., MIANO, T.M., MILTNER, A., SCHROTH, G. Factors controlling himificaion and mineralization of soil organic matter in the tropics. Geoderma, v. 769, p. 69-116, 1997.

ZIA-UR-REHMAN, M., MURTAZA, G., QAYYUM, M. F., SAIFULLAH, RIZWAN, M., ALI, S. KHALID, H. (2016). Degraded Soils: Origin, Types and Management. Soil Science: Agricultural and Environmental Prospectives, 23–65. doi: 10.1007/978-3-319-34451-5_2

APÊNDICE

A- Tabela de coordenadas corrigidas da área de antiga pastagem.

Ponto	Coordenada Calculada	
	E	N
A1	401.059,00	9.022.623,00
A2	401.063,88	9.022.624,05
A3	401.068,78	9.022.625,09
A4	401.073,67	9.022.626,14
A5	401.078,56	9.022.627,19
B1	401.060,05	9.022.618,11
B2	401.064,94	9.022.619,16
B3	401.068,82	9.022.620,20
B4	401.074,71	9.022.621,25
B5	401.079,60	9.022.622,30
C1	401.061,09	9.022.613,22
C2	401.065,98	9.022.614,27
C3	401.070,87	9.022.615,32
C4	401.075,76	9.022.616,34
C5	401.080,65	9.022.617,41
D1	401.062,14	9.022.608,33
D2	401.067,03	9.022.609,38
D3	401.071,92	9.022.610,42
D4	401.076,81	9.022.611,47
D5	401.081,70	9.022.612,52
E1	401.063,19	9.022.603,44
E2	401.068,08	9.02.2604,49
E3	401.072,97	9.022.605,54
E4	401.077,86	9.022.606,58
E5	401.082,75	9.022.607,63

B- Tabela de coordenadas corrigidas da área de capoeira.

Ponto	Coordenada Calculada	
	E	N
A1	401.203,00	9022545,00
A2	401.203,25	9.022.549,99
A3	401203,50	9.022.554,98
A4	401.203,75	9.022.559,98
A5	401.203,00	9.022.564,97
B1	401.207,99	9.022.544,75
B2	401.208,24	9.022.549,74
B3	401.208,49	9.022.554,74
B4	401.208,74	9.022.559,73
B5	401.208,99	9.022.564,72
C1	401.212,99	9.022.544,50
C2	401.213,24	9.022.549,49
C3	401.213,49	9.022.554,48
C4	401.213,74	9.022.559,48
C5	401.213,99	9.022.564,47
D1	401.217,98	9.022.544,25
D2	401.218,23	9.022.549,24
D3	401.218,48	9.022.554,23
D4	401.218,73	9.022.559,23
D5	401.218,98	9.022.564,22
E1	401.222,97	9.022.543,99
E2	401.223,22	9.022.548,99
E3	401.223,48	9.022.553,98
E4	401.223,73	9.022.558,98
E5	401.223,98	9.022.563,97

C. Tabela com os dados da área de antiga pastagem camada 0 – 20 cm.

Dados de campo da área de antiga pastagem - Camada 0 - 20 cm.					
PONTO	Ds (g/cm³)	PT (%)	RSP (Mpa)	M.O (%)	Kfs (cm/min)
A1	1,43	34	3,03	8%	
A2	1,56	29	3,62	8%	
A3	1,54	30	3,13	10%	1,32E-04
A4	1,67	30	3,88	9%	
A5	1,33	34	4,38	9%	
B1	1,33	39	2,52	8%	
B2	1,63	12	3,65	9%	
B3	1,5	31	3,55	11%	
B4	1,64	28	3,54	9%	
B5	1,18	35	4,46	8%	
C1	1,56	29	2,69	8%	
C2	1,43	34	3,06	9%	
C3	1,57	28	2,81	10%	1,15E-04
C4	1,63	28	3,66	8%	
C5	1,66	27	3,66	8%	
D1	1,58	28	3,53	8%	
D2	1,46	31	2,9	8%	
D3	1,56	29	3,19	9%	
D4	1,6	28	3,13	9%	
D5	1,28	31	3,52	9%	
E1	1,64	20	3,24	8%	
E2	1,56	30	2,83	8%	
E3	1,38	38	3,23	8%	2,22E-04
E4	1,32	31	3,3	8%	
E5	1,38	29	3,05	8%	

D. Tabela com os dados da área de antiga pastagem camada 21 – 40 cm.

Dados de campo da área de antiga pastagem - Camada 21 - 40 cm.					
PONTO	Ds (g/cm³)	PT (%)	RSP (Mpa)	M.O (%)	Kfs (cm/min)
A1	1,56	27%	2,61	9%	
A2	1,49	7%	2,61	10%	
A3	1,35	26%	2,12	10%	1,32E-04
A4	1,45	17%	3,04	10%	
A5	1,47	24%	2,91	9%	
B1	1,54	30%	2,39	9%	
B2	1,40	20%	2,54	10%	
B3	1,47	16%	2,89	10%	
B4	1,44	28%	2,26	11%	
B5	1,47	25%	2,92	8%	
C1	1,39	16%	2,34	9%	
C2	1,44	3%	2,94	11%	
C3	1,48	14%	2,15	10%	1,15E-04
C4	1,49	7%	2,72	10%	
C5	1,46	20%	2,98	8%	
D1	1,52	24%	2,72	9%	
D2	1,41	26%	2,87	10%	
D3	1,50	16%	2,95	9%	
D4	1,51	25%	2,64	10%	
D5	1,51	25%	3,31	9%	
E1	1,49	22%	2,9	9%	
E2	1,49	22%	2,56	10%	
E3	1,57	12%	2,85	9%	2,22E-04
E4	1,60	9%	2,97	10%	
E5	1,58	3%	2,84	9%	

E. Tabela com os dados da área de Capoeira camada 0 – 20 cm.

Dados de campo da área de Capoeira - Camada 0 - 20 cm.					
PONTO	Ds (g/cm³)	PT (%)	RSP (Mpa)	M.O (%)	Kfs (cm/min)
A1	1,08	40%	6,25	9%	
A2	1,63	38%	5,46	9%	
A3	1,21	36%	5,41	9%	
A4	1,21	42%	5,77	9%	
A5	1,17	35%	4,05	8%	7,94E-05
B1	1,39	26%	4,48	8%	
B2	1,19	34%	7,45	8%	
B3	1,20	36%	3,99	8%	
B4	1,19	38%	3,63	8%	
B5	1,16	35%	4,09	9%	
C1	1,30	33%	5,07	9%	
C2	1,41	30%	5,13	10%	
C3	1,14	38%	5,55	10%	
C4	1,18	37%	5,52	9%	
C5	1,38	31%	4,69	9%	5,31E-05
D1	1,36	28%	3,94	7%	
D2	1,26	33%	4,3	9%	
D3	1,36	30%	4,81	9%	
D4	1,31	32%	5,44	10%	
D5	1,26	31%	3,91	9%	
E1	1,32	30%	2,4	9%	
E2	1,23	33%	5,66	8%	
E3	1,25	34%	4,92	10%	2,87E-04
E4	1,14	37%	3,46	10%	
E5	1,33	3%	4,48	10%	

F. Tabela com os dados da área de Capoeira camada 21 – 40 cm.

Dados de campo da área de Capoeira - Camada 21 - 40 cm.					
PONTO	Ds (g/cm³)	PT (%)	RSP (Mpa)	M.O (%)	Kfs (cm/min)
A1	1,61	12%	6,68	9%	
A2	1,21	17%	4,62	8%	
A3	1,50	20%	5,25	9%	
A4	1,50	26%	5,69	9%	
A5	1,53	21%	4,46	9%	7,94E-05
B1	1,50	3%	4,43	9%	
B2	1,51	27%	7,56	9%	
B3	1,44	20%	3,03	9%	
B4	1,46	26%	4,48	11%	
B5	1,50	15%	2,99	9%	
C1	1,50	18%	4,23	9%	
C2	1,41	34%	4,34	10%	
C3	1,46	2%	5,32	10%	
C4	1,44	11%	4,6	10%	
C5	1,51	0%	3,93	9%	5,31E-05
D1	1,42	27%	4,15	10%	
D2	1,45	27%	4,9	11%	
D3	1,44	28%	6,24	11%	
D4	1,51	19%	5,55	10%	
D5	1,41	28%	5,45	10%	
E1	1,42	23%	4,4	10%	
E2	1,46	13%	4,86	10%	
E3	1,39	22%	4,36	11%	2,87E-04
E4	1,49	27%	3,5	11%	
E5	1,44	21%	5,91	10%	