

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: GEOGRAFIA E GESTÃO DO TERRITÓRIO

FABIANA CRISTINA DOS SANTOS

**VARIABILIDADE ESPACIAL FÍSICO-QUÍMICA DE MATERIAIS SUPERFICIAIS
DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO DO GLÓRIA-UBERLÂNDIA-MG**

UBERLÂNDIA/MG

2017

FABIANA CRISTINA DOS SANTOS

**VARIABILIDADE ESPACIAL FÍSICO-QUÍMICA DE MATERIAIS SUPERFICIAIS
DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO DO GLÓRIA-UBERLÂNDIA-MG**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito à obtenção do Título de Mestre em Geografia.

Área de Concentração: Geografia e Gestão do Território.

Orientador: Prof. Dr. Sílvio Carlos Rodrigues

UBERLÂNDIA/MG

2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

S237v
2017

Santos, Fabiana Cristina dos, 1983

Variabilidade espacial físico-química de materiais superficiais da bacia hidrográfica do Córrego do Glória - Uberlândia-MG / Fabiana Cristina dos Santos. - 2017.

133 f. : il.

Orientador: Sílvio Carlos Rodrigues.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Geografia.

Inclui bibliografia.

1. Geografia - Teses. 2. Geoquímica - Teses. 3. Geomorfologia - Teses. 4. Bacias hidrográficas - Uberlândia (MG) - Teses. I. Rodrigues, Sílvio Carlos. II. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Geografia. III. Título.

CDU: 910.1

A todos que amo.

*Ao meu marido Alisson e minhas gêmeas
Alissa e Antonela.*

*Aos meus pais Julieta e Hélio, meu irmão Luiz
Gustavo e cunhada Amanda.*

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus por me abençoar e principalmente, por duas jóias que me concebeu.

Ao meu orientador Sílvio Carlos Rodrigues, pela oportunidade e paciência na orientação e incentivo, as quais tornaram possível a conclusão desta dissertação.

Aos amigos e colegas pelo apoio constante.

Ao meu esposo, Alisson, que de forma carinhosa me da força e coragem, apoiando-me em todos momentos.

As minhas filhas, Alissa e Antonela, que embora ainda não tenham conhecimento disto, me iluminam de maneira especial.

E não deixando de agradecer de forma grata e grandiosa meus pais, Hélio e Julieta, a quem eu rogo todas as noites a minha existência.

Ao meu irmão Luiz Gustavo e minha cunhada Amanda.

Obrigada aos colegas do LAGES, Ana Carolina, Jean, Thalita, Lísia, Kamila, Vinícius, Mateus, Giliander sempre solícito com suas ajudas cruciais e Renato com seu modo carinhoso em apoiar-me. De modo especial, sou grata a Marina pela amizade construída, ajuda de grande valia nos campos e ensinamentos de geoprocessamento.

A Comissão de Aperfeiçoamento de Pessoal do Nível Superior – CAPES pelo amparo através da bolsa de estudos nº 1478161.

Agradeço a FAPEMIG através do projeto PPM-00201-14, pela ajuda no custeio de parte da pesquisa.

MUITO OBRIGADA.

RESUMO

A distribuição dos materiais superficiais nas vertentes do ambiente de Cerrado possui particularidades intrínsecas, que são relacionadas com o posicionamento topográfico, com o formato das vertentes e com escoamento superficial da água. Todos estes aspectos também são relacionados com a sazonalidade climática, típica deste ambiente. Os atributos físicos e químicos dos materiais superficiais relacionam-se fortemente com as características geomorfológicas, influenciadas em sua variabilidade espacial, exercendo papel preponderante na qualidade destes ecossistemas. A bacia está localizada no município de Uberlândia, na região sudeste do Triângulo Mineiro. Portanto foram consideradas duas escalas de abordagem: a bacia hidrográfica e uma pequena vertente, enquanto recorte espacial, analisando os atributos físico-químico e geomorfológicos de ambas. A metodologia baseou-se na análise das propriedades físicas, químicas e mapeamento de alguns parâmetros. Foram analisados: textura; densidade aparente; porosidade; teor de matéria orgânica; CTC, V%, H+Al; pH; K⁺, hipsometria, declividade e uso e cobertura. Além de três mapas contendo as porcentagens de argila, silte e areia para a elaboração do mapa exploratório e seus periféricos, tanto da bacia hidrográfica, quanto da vertente sob cerrado em estágio de recuperação. Cerca de 80% da bacia está ocupada por agropecuária e ação antrópica. Do mesmo modo, os demais fatores analisados também contribuíram para a reflexão da dinâmica dos materiais superficiais-paisagem, que a condiciona. A análise prognóstica correlacionou os atributos físico-químico de forma subjetiva, por se tratar de um estudo embasado em probabilidades, considerando o conhecimento disponível sobre cada atributo na literatura nacional. A análise dos materiais superficiais somada aos atributos mapeados oferece aos pesquisadores, informações importantes, dotada de grande valor geográfico, seja no âmbito da geomorfologia, seja no que se refere aos estudos do meio físico integrados aos setores de planejamento e gestão ambiental.

Palavras-chave: Atributos físico-químicos, Geoquímica, Geomorfologia

ABSTRACT

The distribution of surface materials on the slopes of Cerrado presents intrinsic particularities, which are associated with topographic positioning, the shapes of slopes and runoff. All these aspects are also pertinent to the climatic seasonality, typical of this environment. Physical and chemical attributes of surface materials relate strongly to the geomorphological characteristics, influenced on their spatial variability, playing an important role in the quality of these ecosystems. The basin is located in Uberlândia in the southeast region of the Triângulo Mineiro. Therefore, two approaches were taking into consideration: the river basin and a small slop as spatial area, examining their geomorphological, physical and chemical attributes. The methodology was based on the evaluation of physical and chemical attributes and on the mapping of some parameters. It was analysed: texture, apparent density, porosity, organic matter content, CTC, V%, H+Al, pH, K⁺, hipsometry, declivity, land use and vegetation cover and also three maps indicating the percentages of clay, silt and sand in order to design the exploratory map and peripheral ones of the river basin as well as the slope under cerrado in recovery stage. Approximately 80% of the basin is occupied by agriculture and human activities. Likewise, the other evaluated factors also contributed to the reflection on the surface materials-landscape dynamics, which has an influence on the landscape. The prognostic analysis correlated the physical and chemical features subjectively as it is a study based on probabilities, taking into account the knowledge available in national literature on each attribute. The analysis of surface materials along with the mapped attributes provide for researches important information endowed with great geographical value, concerned with geomorphology as well as physical studies for environmental planning and management.

Keywords: Physical and chemical attributes, Geochemistry, Geomorphology

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Densidade de partícula de alguns minerais	29
Figura 2 - Representação da textura pelo triângulo	31
Figura 3 - Arranjos estruturais típicos dos três principais grupos de argilo minerais	34
Figura 4 - Limites de acidez de material superficial.	35
Figura 5 - Coleta de amostra indeformada para análise de Densidade absoluta e Densidade de partícula.	47
Figura 6 - Análise de Densidade de partícula por picnometria.	48
Figura 7 - Coleta por tradagem para análises textural, físico-química e matéria orgânica.	49
Figura 8 - Preparo da solução de NaOH 1N, para lavagem físico-química das amostras, na metodologia de textura.	49
Figura 9 - Análise textural.	50
Figura 10 – Fracionamento de areia grossa e fina.	50
Figura 11 - Peneiramento.	51
Figura 12 - Pesagem pós peneiramento.	51
Figura 13 - Fluxograma metodológico simplificado	53
Figura 14 - Camadas de seixos rolados.	56
Figura 15 - Área de afloramento basáltico. A figura A mostra a visão parcial de uma cachoeira, localizada no leito do canal onde verifica-se a Formação Basáltica. A figura B mostra onde ocorrem os afloramentos basálticos.	56
Figura 16 - Gráfico de precipitação e temperatura	58
Figura 17 - Material superficial com presença de matéria orgânica.....	59

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Densidade aparente agrupadas por classe textural.....	69
Gráfico 2 – Porosidade total agrupada por classe textural.	71
Gráfico 3 - Relação entre os valores de densidade aparente e porosidade total.....	74
Gráfico 4 - Matéria orgânica agrupadas por classe textural.	75
Gráfico 5 - CTC agrupada por classe textural.	79
Gráfico 6 - Saturação por base agrupada por classe textural.....	81
Gráfico 7 - Alumínio trocável agrupado por classe textural.	83
Gráfico 8 - pH agrupado por classe textural.....	85
Gráfico 9- Potássio agrupado por classe textural.	87
Gráfico 10 - Densidade aparente agrupada por classe textural na vertente.....	101
Gráfico 11 - Porosidade total agrupada por classe textural na vertente.	103
Gráfico 12 - matéria orgânica agrupada por classe textural na vertente.	105
Gráfico 13 - Capacidade de troca catiônica agrupada por classe textural na vertente.	108
Gráfico 14 - Saturação por bases agrupada por classe textural na vertente.	111
Gráfico 15 - Alumínio trocável agrupado por classe textural na vertente.....	111
Gráfico 16 - pH agrupado por classe textural na vertente.	114
Gráfico 17 - Potássio agrupado por classe textural na vertente.....	115

LISTA DE MAPAS

Mapa 1- Mapa de localização da área de estudo	15
Mapa 2 - Localização da área de estudo e pontos amostrais	62
Mapa 3 - Hipsometria da área de estudo.	64
Mapa 4 - Declividade da área de estudo.....	65
Mapa 5 - Uso e ocupação da terra na área de estudo.....	67
Mapa 6 - Krigagem da densidade aparente na bacia hidrográfica.....	70
Mapa 7 - Krigagem da porosidade total na bacia hidrográfica.....	73
Mapa 8 -Krigagem da matéria orgânica na bacia hidrográfica.	77
Mapa 9 - Krigagem da CTC na bacia hidrográfica.	80
Mapa 10 - Krigagem da saturação por base na bacia hidrográfica.....	82
Mapa 11 - Krigagem da saturação por base na bacia hidrográfica.....	84
Mapa 12 - Krigagem de pH na bacia hidrográfica.	86
Mapa 13 - Krigagem do Potássio na bacia hidrográfica.....	88
Mapa 14 - Distribuição espacial da argila na bacia hidrográfica.	91
Mapa 15 - Distribuição espacial de silte na bacia hidrográfica.....	92
Mapa 16 - Distribuição espacial de areia na bacia hidrográfica.....	93
Mapa 17 - Localização dos pontos amostrais na vertente em sob cerrado me estágio de recuperação, na bacia hidrográfica do Córrego do Glória.....	99
Mapa 18 - Krigagem de densidade aparente na vertente.....	102
Mapa 19 - Krigagem de porosidade total na vertente.....	104
Mapa 20 - Krigagem da matéria orgânica na vertente.....	106
Mapa 21 - Krigagem da CTC na vertente.....	109
Mapa 22 - Krigagem da saturação por base na vertente.....	112
Mapa 23 - Krigagem de alumínio trocável na vertente.	113
Mapa 24 - Krigagem do pH na vertente.	116
Mapa 25 - Krigagem do potássio na vertente.....	117
Mapa 26 - Distribuição espacial de argila na vertente.....	119
Mapa 27 - Distribuição espacial de silte na vertente.	120
Mapa 28 - Distribuição espacial de areia na vertente.....	121

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tamanho das frações mais utilizadas no Brasil.....	31
Tabela 2 – Distribuição do uso e ocupação na bacia hidrográfica.	66
Tabela 3 - Resultados de Densidade aparente, Densidade de partícula e Porosidade total	68
Tabela 4 - Análises das propriedades químicas dos materiais superficiais da bacia hidrográfica	78
Tabela 5 - Resultado da análise textural	89
Tabela 6 - Resultados de Densidade aparente, Porosidade total e Matéria orgânica.	100
Tabela 7- Análises das propriedades químicas dos materiais superficiais da vertente.	107
Tabela 8 - Resultado da análise textural.....	118

LISTA DE SIGLAS

CTC – Capacidade de troca catiônica

DA – Densidade aparente

DP – Densidade de partícula

H+Al - Alumínio trocável

LAGES – Laboratório de Geomorfologia e Erosão de Solos

MO – Matéria Orgânica

K⁺ - Potássio

PT – Porosidade total

V- saturação de base

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO.....	14
CAPÍTULO 1	18
1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	19
1.1Dinâmica de vertente	19
1.2Formações Superficiais	24
1.3Atributos Físicos.....	28
1.3.1 Densidade absoluta	28
1.3.2 Densidade de Partícula	28
1.3.3 Porosidade total	29
1.3.4 Textura.....	30
1.4Atributos Químicos	32
1.4.1 Capacidade de Troca Catiônica (CTC).....	34
1.4.2 Elementos minerais dos materiais superficiais.....	36
1.5Uma breve reflexão sobre a cartografia geomorfológica.	39
CAPÍTULO 2	44
2 PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS	45
2.1 Etapa envolvendo trabalho de gabinete	45
2.2 Etapa envolvendo trabalho de campo	46
2.3 Etapa envolvendo análise laboratorial.....	46
2.4 Etapa do tratamento dos dados	52
CAPÍTULO 3	54
3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	55
3.1 Geologia regional e Local	55
3.2 Geomorfologia regional e local	57
3.3 Clima	58
3.4 Vegetação	58
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	61
4.1 Escala de abordagem Bacia Hidrográfica do Córrego do Glória	61
4.1.2 Mapas temáticos: Hipsometria, Declividade e Uso e Ocupação na Bacia Hidrográfica do Córrego do Glória.....	63
4.1.3 Análise dos atributos físicos para Bacia Hidrográfica.....	68
4.1.4 Análise dos atributos químicos para Bacia Hidrográfica.	78
4.1.5 Mapa exploratório da bacia hidrográfica do Córrego do Glória	94
4.2 Escala de abordagem da vertente sob cerrado em estágio de recuperação na Bacia hidrográfica do Córrego do glória.	98
4.2.1 Análise dos atributos físicos para escala de abordagem da vertente	100
4.2.2 Análise dos atributos químicos para escala de abordagem da vertente	107
4.2.3 Mapa exploratório da vertente.	122
CAPÍTULO 5	125
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	126
REFERÊNCIAS	128

APRESENTAÇÃO



APRESENTAÇÃO

INTRODUÇÃO

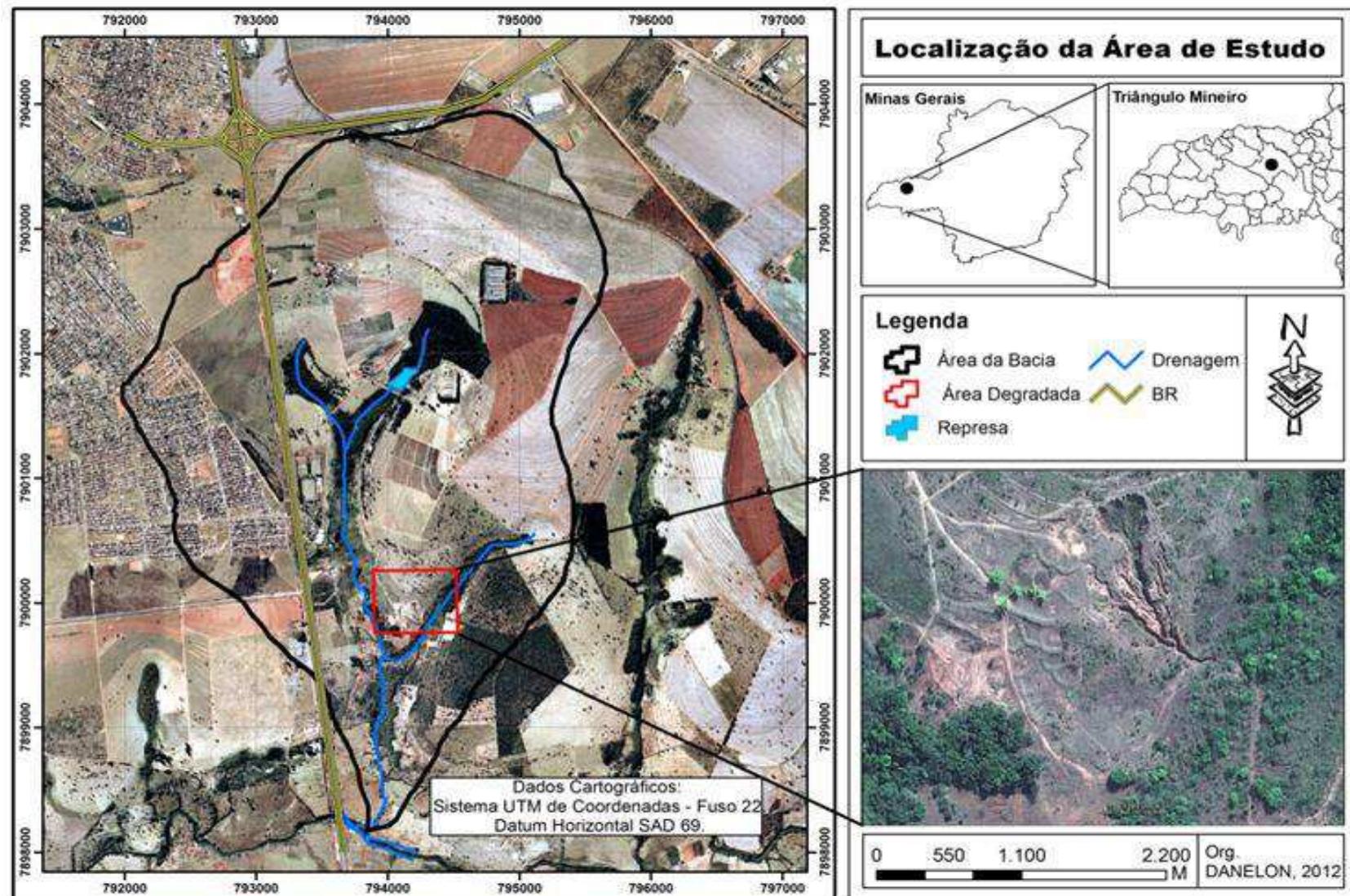
Devido a intensa urbanização e sua demanda, o homem vem se apropriando do meio natural e modificando-o para atender as necessidades de uma sociedade cada vez mais consumista. O resultado dessas modificações é uma crescente degradação ambiental que se configura na perda da qualidade de vida e do bem estar das populações. Essas modificações também estão presentes no Município de Uberlândia na região do Triângulo Mineiro, área anteriormente dominada pelo bioma do Cerrado que vem sofrendo profundas alterações com a introdução da agricultura moderna, principalmente a partir da década de 1960.

Nesse contexto, salienta-se como recorte espacial deste trabalho a Bacia Hidrográfica do Córrego do Glória. Esta área foi escolhida pela facilidade de acesso e pela necessidade de se elaborar um estudo mais detalhado da região, devido principalmente a intensificação da ação antrópica que vem ocorrendo por causa da expansão urbana de Uberlândia. Para tanto, este estudo compreenderá duas escalas: a primeira, ao nível da bacia hidrográfica e a segunda, numa escala de vertente sob uma área de cerrado em estágio de recuperação.

Diante do exposto acima, esses diferentes níveis de escala de abordagem, permite uma melhor visualização dos atributos físico-químicos, tornando conveniente se comparados de região para região.

A pesquisa em questão foi desenvolvida na Fazenda Experimental do Glória, nas coordenadas geográficas de 18°56'56" de latitude Sul e 48°12'21" de longitude Oeste de Greenwich, com altitude entre 920 e 865 metros acima do nível do mar, presentes na bacia hidrográfica do Córrego do Glória, afluente da margem direita do rio Uberabinha e subafluente do rio Araguari, conforme observa-se no Mapa 1 a seguir:

Mapa 1- Mapa de localização da área de estudo



Fonte: Danelon, 2012.

A bacia hidrográfica do Córrego do Glória no município de Uberlândia/MG, é uma área, quase totalmente modificada pelas ações humanas, característica esta que norteou a criar a problemática a qual este estudo pretendeu responder: como os tipos de materiais superficiais estão relacionados com a dinâmica de uma vertente representativa da bacia?

Nesse contexto, o objetivo geral da pesquisa foi caracterizar os atributos físicos e químicos dos materiais superficiais da bacia hidrográfica do Córrego do Glória, em diferentes escalas de abordagem, a fim de avaliar propriedades que possam ser utilizadas para a reflexão sobre a relação materiais superficiais-paisagem.

Os objetivos específicos encontram-se sumariados abaixo:

- Avaliar as características geomorfológicas na escala da bacia hidrográfica do Córrego do Glória e na escala de uma pequena vertente sob área de cerrado em estágio de recuperação..
- Determinar as variações dos atributos físicos e químicos dos materiais superficiais nessas diferentes escalas de abordagem.
- Elaborar mapas temáticos de declividade, hipsometria, cobertura vegetal e uso e ocupação da terra e mapas de espacialização e krigagem dos atributos físico-químicos dos materiais superficiais.
- Identificar as relações dinâmica e de posicionamento dos componentes avaliados, através das observações de campo e reflexões sobre a interação material superficial-paisagem

Dentro dessa perspectiva, este projeto se justifica tendo em vista a necessidade de estabelecer atributos físico-químicos qualitativos e quantitativos dos materiais superficiais, para fins referenciais que serão úteis na tarefa de avaliação de impactos ambientais quando biomas são incorporados ao processo produtivo, seja de forma extensiva ou intensiva. Torna-se assim, um instrumento importante nas funções de controle de áreas destinadas à proteção ambiental ou para manejo em áreas degradadas.

Segundo todas as metas que este estudo almejou alcançar e considerando às reflexões de outros trabalhos, também com esse enfoque, ele está composto em quatro capítulos.

O primeiro, REFERENCIAL TEÓRICO, que traz o entendimento e a análise de ideias e modelados teóricos de suma importância para balizar este estudo, como conceitos da geomorfologia de vertente, materiais superficiais, atributos físico-químicos que caracterizam esses materiais superficiais e uma breve reflexão de cartografia geomorfológica.

No capítulo 2, CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO, elaborou-se a caracterização natural da área como: contexto geológico regional e local, informações climáticas e geomorfologia. A necessidade desta caracterização está pautada em conhecer a integração do meio ambiente com todas as variáveis e elementos que o compõem.

No capítulo 3, PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS, mostrou-se as metodologias e técnicas, bem como suas referências, utilizadas para a estruturação deste estudo, iniciando desde a adoção do tema até sua finalização.

O capítulo 4, RESULTADOS E DISCUSSÕES, trabalhou-se com tratamento e integração dos atributos físico-químicos dos materiais superficiais, em forma de tabelas, gráficos, mapas e um estudo de caso, concomitante com comentários que justifiquem e expliquem a abordagem em diferentes escalas da bacia hidrográfica do córrego do Glória.

E para finalizar, no ítem CONSIDERAÇÕES FINAIS, foi realizado um apanhado, das análises tanto para bacia hidrográfica do Córrego do Glória quanto para a vertente sob cerrado em estágio de recuperação.

CAPÍTULO 1



1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1.1 Dinâmica de vertente

Estudar as formas e organização de evolução das vertentes, é um fator de extrema relevância da pesquisa geomorfológica, pois elas constituem o universo dinâmico da paisagem, responsável por suprir água e sedimentos, para os cursos d'água que drenam as bacias hidrográficas. Dessa forma, há diferentes colaborações das principais teorias geomorfológicas para o entendimento da dinâmica de vertentes.

De acordo com Gilbert (1877) devido o equilíbrio dinâmico dos processos morfogenéticos do relevo, a forma das vertentes seria produto entre a energia que nela atua e a resistência dos materiais que a compõem. A relação desse equilíbrio estável preservaria a vertente, porém, se rompida, devido evento climático ou tectônico, ocorreria uma reestrutura do relevo seja erosivos ou por corrida de massa significativos nas encostas.

Hack (1960) reforça o conceito de Gilbert com modelos aplicados levando em consideração as diferentes resistências das rochas em função de seu histórico litoestratigráfico. Portanto, numa paisagem, em que se encontra tanto quartzitos quanto folhelhos, a primeira demoraria a ser erodida resultando em afloramentos e a segunda erodida rapidamente formando superfícies aplainadas. O equilíbrio dinâmico das vertentes funcionaria como um sistema aberto o qual existe trocas de energia e materiais com sua vizinhança como: atmosfera e redes fluviais.

Todavia, para Davis (1899) a paisagem é o conjunto de três produtos: estrutura, processo e tempo. Sua proposta estrutura-se, no ciclo de evolução do relevo, iniciando com um ligeiro soerguimento continental, em relação ao nível de base geral(oceanos) e um longo período sem atividade tectônica, apenas com alguns pequenas eventos. O rápido soerguimento cria condições para que o relevo seja moldado por processos erosivos, uma vez que faz com que exista uma significativa diferença gradiente entre os oceanos e os continentes. Esse processo caracteriza-se pelo rebaixamento vertical das vertentes.

Davis (1930), pelo seu ponto de vista geomorfológico, deu ênfase a migração do manto de intemperismo devido a gravidade na vertente e parte de sua remoção através do rio. Em seus estudos pioneiros o autor deu pouca importância, aos fatores que atuam nas encostas. Assim, para um modelado geral, de evolução das vertentes, são de grande valia suas ideias, porém é necessário considerar mais especificidades em estudos de sub estruturas das formas de relevo.

Segundo Penck (1953 apud Kleim 2012, p.62), dois processos integrados são responsáveis no papel da evolução das vertentes: levantamento crustal e denudação. O balanço entre essa forças endógenas e exógenas, dariam origem aos diferentes modelados de vertentes. O que destaca nos estudos de Penck é a associação a forma paralela de recuo dessas vertentes.

O estudo da vertente, enquanto segmento do relevo assume importância com o trabalho de Tricart (1957), quando afirmou ser a vertente o elemento dominante do relevo na maior parte das regiões, apresentando-se, portanto, como uma forma importante para o homem.

Tricart (1968) analisa que o escoamento superficial na vertente pode encontrar obstáculos como vegetação, rugosidade de uma superfície pedregosa e detritos vegetais. E que o escoamento difuso em forma de filetes dividem-se em proporções aos seus obstáculos. Seu estudo foi direcionado para processos morfogenéticos em vertentes nas florestas tropicais úmidas, onde a morfogênese pluvial é bastante significativa.

Ainda de acordo com Tricart (1968), há uma contradição entre morfogênese e pedogênese, em que discorre a ação da água responsável pelo deslocamento e transporte de elementos, a nível interno, com interferência da pedogênese; e externo, pela ação direta da morfogênese. Essa ideia, confirmaria a interpretação da impermanência das vertentes, amplamente estudada pelos geomorfólogos.

Para Bigarella et al. (1965), “[...] assim como Davis, entretanto Penck elaborou um esquema por demais dedutivo e extremamente teórico, de aplicação difícil dentro da complexidade que apresenta a realidade prática”. De acordo com o autor, é necessário considerar o efeito das variações climáticas, pois estas observações são informações precisas no sentido de evolução atual. (BIGARELLA et al., 1965)

Bigarella et al. (1965, p.108) acrescenta outros argumentos sobre encostas

[...] dois conjuntos de processos morfogenéticos têm periodicamente se alterado no modelado da paisagem. Um conjunto operante sob clima semi-árido, é representado pelos processos de morfogênese mecânica e promove um degradação lateral da topografia. O outro conjunto operante sob clima úmido compreende a decomposição química, erosão linear e profunda dissecação da topografia.

Salgado (2007) reflete a ideia da quietude tectônica e existência de condições climáticas tropicais semi-úmidas:

[...] para o modelo de etchplanação, os aplaínamentos têm início quando uma região adquire clima tropical semi-úmido e estabilidade tectônica. Nessas

condições o intemperismo químico age de forma intensa e constante durante todo o ano. A alta

intensidade desses processos permite a criação de um espesso manto de intemperismo. Esse espesso manto de alteração tem por base a superfície basal irregular de intemperismo. Nessa superfície ocorrem o apodrecimento das rochas sãs e a perda de massa litosférica, graças à matéria que sai do sistema intemperizado em solução na água subterrânea. No entanto, a principal contribuição da superfície basal de intemperismo aos aplainamentos reside na preparação de material para a ação dos processos mecânicos que ocorrem na superfície de lavagem. Esses processos são caracterizados pela erosão laminar, que, graças ao escoamento da água pluvial, erode e rebaixa as vertentes. Essa erosão, nas condições tropicais semi-úmidas, é facilitada pela vegetação de savana, que não protege completamente o solo do gotejamento pluvial. Nesse ambiente de dupla superfície, a rede fluvial possui fundamental importância em razão de favorecer o transporte dos sedimentos carreados das vertentes pela erosão pluvial e, graças à erosão fluvial lateral, criar concavidades nas vertentes, que também favorecem a erosão pluvial.(SALGADO, 2007, p.72).

É relevante destacar que não há uma explicação isolada para a formação das vertentes e sim um conjunto de fatores. Fernandes e Amaral (1996) em seu capítulo “ Movimentos de Massa: uma abordagem Geológica e Geomorfológica” infere que a atuação indireta está relacionada ao papel que a forma da encosta, principalmente em planta exerce na geração de zonas de convergência e divergência dos fluxos d’água superficiais e subsuperficiais.

O autor argumenta o papel desempenhado pelas porções côncavas do relevo, na concentração dos fluxos d’água e de sedimentos, o qual merece destaque na paisagem e seus depósitos, tanto como tálus quanto colúvio, diretamente associados às zonas de convergência nas vertentes.(FERNADES; AMARAL,1996)

Erhardt (1956) acredita que há um balanço entre os processos físicos e químicos na vertente. Sua ideia principal é que existe uma sistemática promovendo um equilíbrio dinâmico na paisagem denominado bio-resistasia.

Esse conceito de equilíbrio é reforçado pelos autores (Vidal-Torrado e Lepsch,1999; Teramoto et al.,2001) em que superfícies geomórficas mais antigas tendem a ser mais estáveis, mais homogêneas de cobertura pedológica madura e menos complexa.

Daniels et al. (1971) vai na mesma linha de pensamento dos autores supracitados, explicando que o resultado de equilíbrio das vertentes é correlata com os processos de erosão e deposição na paisagem, formando superfícies geomórficas erosionais e deposicionais, geralmente contíguas espacialmente.

Em contrapartida, superfícies mas antigas são mais equilibradas e tem relação com os divisores da bacia e ambiente erosionais enquanto as jovens estão em áreas de acumulação e ambientes deposicionais. (Graham et al., 1990)

Aos conceitos desenvolvidos acima é possível acrescentar o trabalho de Ab'Saber (1962), o qual propôs uma interpretação da evolução do relevo e das vertentes no Quaternário,

onde sintetizam modelos que abrangem sucessivas fases de erosão em climas secos e áridos e pedogênese em climas mais úmidos.

Ao analisar obras específicas sobre a temática da dinâmica das vertentes, encontra-se um leque variado de conceitos, cada qual refletindo um posicionamento intelectual da época.

Queiroz Neto (2000), em seu estudo, escreveu sobre a necessidade dos geomorfólogos após segunda metade do século XX, de conhecer as formas, formações superficiais das vertentes relacionadas com as alterações das rochas, e sua importância para o fortalecimento da geomorfologia quantitativa, e consequente contribuição de estudos para vertentes.

De acordo com Campos et al. (2010), os segmentos da vertente em conjunto com clima, material de origem, vegetação e relevo, influenciam e regulam o escoamento superficial, a drenagem e o tempo de exposição dos materiais à ação do intemperismo.

São muitas as variáveis e elementos relacionados ao assunto de evolução das vertentes, revelando o quanto complexo e abrangente é essa temática. Dentre outro aspecto de grande importância relacionado a vertente reside no fato de considerar a especificidade de cada região, a qual ela encontra.

Para Christofoletti (1999), a abordagem sistêmica foi de grande valia para estudos de Geomorfologia, uma vez aplicado no entendimento das vertentes. Nesse sentido, os sistemas morfológicos compreendem as formas geométricas e a composição dessas formas na paisagem.

O autor supracitado argumenta que a vertente pode então ser analisada em relação a sua altura, comprimento, declividade, largura, profundidade do manto de alteração, entre outros atributos. Interessa, nesse sistema, entender correlações entre esses atributos, de forma a detectar padrões e classificações. Por exemplo, quanto maior a declividade de uma vertente, a tendência é uma menor profundidade do manto de alteração, pois o material é carreado das posições mais altas para áreas rebaixadas, com maior facilidade na ocorrência de chuvas. A declividade também influenciará a separação da precipitação fluvial em escoamento superficial e infiltração.

Para Queiroz Neto e Pellerin (1994), na vertente os sistemas em equilíbrio dinâmico mostram a presença de vertentes regularizadas e em equilíbrio relativo, indicando uma momentânea estabilidade da rede hidrográfica. Somente a modificação das relações geométricas entre a vertente e as organizações pedológicas poderá romper esse equilíbrio.

Ainda sobre o autor supracitado, os processos erosivos de sistemas pedológicos laterais, são responsáveis pela modelagem das vertentes, preenchendo o fundo dos vales com sedimentos.(PELLERIN E QUEIROZ NETO, 1992a ; 1992b). Esse conceito, sugere a

presença de coluvios super-postos e superfícies relativas de idades antagônicas (Lepsch et al., 1977), relacionadas a vertentes cujas formas evoluíram integradas aos sistemas de processos erosivos e transformações pedológicas.

Campos et al. (2012) argumenta que as diferentes posições e configurações do terreno irão mostrar a evolução do relevo e tempo de exposição dos materiais de origem e magnitude da direção dos fluxos de água no perfil.

Bui (2004) acrescenta ainda que o uso e inferências do estudo do modelo de vertentes, que consideram as pequenas variações nos declives e formas do relevo são importantes componentes para compreensão da dinâmica desse ambiente.

Ávila e Carvalho (2012) também considera que conhecer os procedimentos de formação e organização pedológica, principalmente em escala das vertentes, são ferramentas importantes que ajudam na compreensão da evolução do relevo.

Assim é preciso entender e interpretar a importância da compartimentação topográfica no estudo do relevo que se deve principalmente ao fato de que

[...] evidencia o resultado das relações processuais e respectivas implicações tectônico-estruturais registrado ao longo do tempo, considerando o jogo das componentes responsáveis pela elaboração e re-elaboração do modelado, em que as alternâncias climáticas e as variações estruturais tendem a originar formas diferenciadas (CASSETI, 2005).

O estudo da estratigrafia também ajuda a propor relações entre rochas e outros elementos estruturais, permitindo a resgatar a história da evolução geológica em nível local, regional e até mundial. (BIGARELLA, 2007).

Queiroz Neto (2011, p.16) se posiciona e afirma que “[...]para a geomorfologia, os geomorfólogos conseguiram apresentar um modelo de evolução dos relevos dando conta não só das diferenças entre formas, que apareciam contiguamente numa região determinada, como também dos processos responsáveis, incluindo as alternâncias climáticas do quaternário”.

Bigarella et al. (1965) nessa mesma linha de raciocínio destaca que o mecanismo de desenvolvimento das encostas resulta no conjunto de interações entre as profundas mudanças climáticas, deslocamentos de níveis de base locais e levantamentos crustais.

Dessa forma,

Considerando como tendo sido gerais as modificações climáticas em vastas áreas, deduz-se que durante as fases mais úmidas a rede de drenagem tenderá a se aprofundar ao mesmo tempo, por toda a sua extensão não tendo, portanto a retomada de erosão um caráter eminentemente regressivo como sugerem Davis e Penck, baseado numa origem endógena para as mesmas.(BIGARELLA, 1965, p.107).

Apesar de serem trabalhos individualmente no que concerne a aspectos de modelado por exemplo, na realidade ocorre a confluência de um ou mais, mostrando que há interfaces entre eles.

A vertente como elemento norteador dessa pesquisa, permitirá a compreensão da sua dinâmica e consequente evolução do relevo uma vez que estão integrados.

1.2 Formações Superficiais

O solo é constituído de camadas ou horizontes de compostos minerais e/ou orgânicos, com diferentes espessuras, que constituem o denominado perfil de intemperismo. Pode ser definido como um conglomerado de corpos naturais ocorrendo na superfície terrestre, contendo matéria viva e capaz de suportar vegetação. É formado por diversas partículas de rochas em diferentes estágios de decomposição, água, substâncias químicas dissolvidas, ar, organismos vivos e matéria orgânica.

Um solo ideal é aquele que apresenta uma boa aeração (porosidade) e consegue reter boa parte da água, além de possuir um bom armazenamento de calor e pouca resistência mecânica ao crescimento de raízes.

Estudos do solo colaboram para analisar a evolução da paisagem e o estágio de seu desenvolvimento é um importante indicador de variações na dinâmica geomorfológica ao longo do tempo.

Conforme Brady (1983) há vantagens em aprender sempre mais a respeito do solo, devido seu significado para o homem, sendo portanto, mais do que um meio ambiente para desenvolvimento de culturas. Ele lembra que as características do solo estão interligadas ao seu local de desenvolvimento, portanto peculiares. Assim, nas vertentes íngremes, o solo não é tão profundo quanto em vertentes suaves.

Segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA (2006), solo é uma coleção de corpos naturais, constituídos por partes sólidas, líquidas e gasosas, tridimensionais, dinâmicos, formados por materiais minerais e orgânicos que ocupam a maior parte do manto superficial das extensões continentais do planeta, e que contém matéria viva.

Se os conceitos do solo não são meramente contemplativos e apresentam uma finalidade didática podemos associá-lo à estudos pedológicos e geomorfológicos. Esse é o posicionamento de (Lepsch, 2010, p.18) ao afirma que “[...] como em qualquer especialidade do conhecimento natural, na ciência do solo surgiram algumas subdivisões ou especializações,

uma vez que o estudo de qualquer ser é normalmente feito segundo certos modelos conceituais [...].”

Outra designação para alguns autores sobre estudo dos solos é de formação superficial, o qual será utilizado nessa pesquisa.

De acordo com Ramos (2008, p.24), formações superficiais:

[...] compreendem os materiais que recobrem as vertentes, sendo, tanto a sua espessura quanto a sua natureza litológica, variáveis. Trata-se do manto de intemperismo que recobre a rocha sã ou substrato, sendo, em geral, fracamente ou não consolidadas e comumente designadas como regolito. Também são denominadas como perfil de intemperismo, manto de intemperismo ou de alteração. Podem ser de natureza autóctone (eluvial) ou alóctone.

Esta citação vai ao encontro do conceito de Menezes et al. (2006), enfatizando que destes materiais é importante diferenciar sua gênese e evolução, distinguindo-os quanto ao caráter de autoctonia e aloctonia.

Nesse sentido Campy e Macaire (1989 *apud* RAMOS, 2008) explica que a caracterização morfológica das formações superficiais que recobrem as vertentes, possibilita o reconhecimento e a interpretação dos materiais friáveis, intemperizados, e os processos pedogenéticos que nelas se instalaram.

Delvigne (1981 *apud* RAMOS, 2008) esclarece que recobrimentos alóctones são os materiais coluvionares que recobrem o embasamento rochoso. Segundo este autor, esses materiais que repousam sem transição sobre a rocha são sede de diferenciação pedológica se o movimento de coluvionamento não for muito rápido, uma vez que permitem uma umidificação semi-permanente ou permanente da superfície rochosa subjacente, que pode, assim, começar um novo ciclo de alteração.

É importante destacar que já existem estudos sugerindo que não há uma explicação isolada para as formações superficiais e sim um apanhado de fatores. Queiroz Neto (2001, p.1) explica que no Brasil, desenvolveram-se duas grandes tendências “[...] nem sempre convergentes, porém ambas tentando distinguir as autóctones das alóctones: a dos pedólogos, porque as formações superficiais representam os materiais de origem dos solos, e a dos geomorfólogos/geólogos, porque podem representar testemunhos dos processos responsáveis pela elaboração do relevo”.

O autor supracitado argumenta que é preciso lembrar que os caminhos trilhados por pedólogos e geomorfólogos no estudo das formações superficiais nem sempre foram convergentes, por não terem tido pontos de partida, procedimentos e objetivos comuns.

Atualmente o estudo sobre formações superficiais é considerando importante, uma vez que está integrado com a dinâmica das vertentes e sua resultante na evolução do relevo e, neste caso, torna-se perceptível a relação da geomorfologia com a pedologia, revelando que de fato as características geológicas e geomorfológicas de determinadas áreas, são de suma importância no que concerne a estória da composição desses locais.

Medina et al.(1995) refere-se a formação superficial como materiais desagregados (ou posteriormente consolidados) que revestem a rocha *in situ* e, algumas vezes podem dar consistência ao solo.

De acordo com Pfaltzgraff (2003) a formação superficial é sempre um produto de processos geológicos-geomorfológicos, não importando na sua cartografia, a espessura da unidade, desde que ocupe espaço geográfico significativo. Sua origem está ligada aos processos de intemperismo superficiais, deposição e diagênese incipiente.

Queiroz Neto (2001) acrescenta que as formações superficiais produzidas pela alteração *in situ* das rochas podem ser remanejadas e/ou retrabalhadas ao longo do tempo. Essas formações testemunhariam processos pedogenéticos e morfogenéticos responsáveis pela evolução dinâmica das vertentes.

Considerando a variável *lugar*, Bigarella (1994) defende que as formações coluviais resultam do deslocamento do elúvio na vertente e limitam-se àquelas em que houve ocorrência de movimento de massa. Porém há autores que relacionam colúvios ao resultado de escoamento superficial. Campy e Macaire (1989 *apud* RAMOS, 2008), por exemplo, relacionam os depósitos coluviais com as forças gravitacionais e afirmam que a maior parte desses depósitos decorre do transporte, tanto por movimentos de massa como por escoamento superficial.

O entendimento da complexidade da evolução geomorfodinâmica e consequente identificação dos depósitos, permite caracterizar e associar as formações coluviais da área e assim direcionar os estudos quanto a aloctonia e autoctonia das formações superficiais do substrato geológico, uma vez que esses materiais podem recobrir a totalidade do relevo, desde os topos até os fundo de vale.

São muitas semelhanças de conceitos relacionados à aloctonia, dispostos sobre as linhas de pedra, pela maioria dos autores. Um deles é Bigarella et al. (1994) ao afirmar que o colúvio encontra-se assentado sobre o elúvio, estando, frequentemente, separado deste ou de outras seqüências coluviais por um horizonte de seixos representativo de um paleopavimento detrítico.

Apesar das similaridades de ideias de muitos autores, conforme mencionado acima, não pode-se afirmar que são regras a aloctonia sobre as linhas de pedra. Nesse sentido, “[...] deve-se reafirmar que não se trata de uma regra geral, pois, em função de outros condicionantes, é comum observar linhas de pedras angulosas em perfis de solo” (RAMOS, 2008, p.26).

Segundo Rocha (2004), em seu estudo de topossequências, ele afirma que houve ocorrência de linhas de pedra localizadas muito próximas à superfície à desintegração de veios de quartzo, com posterior transporte e deposição do material que as recobriu, assim os depósitos coluviais, antes existentes, teriam sido removidos e, a partir de análises de atributos físico-químicos e mineralógicos, considerou parte do material por ele estudado como sendo de provável origem *in situ*.

A partir desses conceitos,

Diante das considerações expostas, há que se ressaltar, portanto, que o conhecimento das características das formações superficiais é um item importante no registro das descrições dos solos, uma vez que deve ser informada a natureza do material a partir do qual o solo se originou. Dessa forma, da mesma maneira que se deve fazer constar na ficha de descrição morfológica a situação, a vegetação, a litologia, dentre outros aspectos, deve-se informar, sempre que possível, se há influência de material autóctone ou alóctone. Trata-se de considerações relevantes que, somadas à classificação do solo estudado, favorecem o entendimento da sua constituição. (RAMOS, 2008, p.26).

Pfaltzgraff (2003, p.2) ressalta que “[...] para a definição e espacialização em mapa das formações superficiais, é necessário que se tenha uma visão ampla do espaço físico e das forças naturais e antrópicas que agem sobre esse espaço”.

Inferimos, diante da variedade dos conceitos existentes, que as formações superficiais, veio complementar e integrar os estudos dos processos da evolução do relevo, tema de suma importância para a Geomorfologia. E prioriza os fatores abióticos da paisagem, como os elementos geológicos e geomorfológicos, buscando sua caracterização e interpretação.

De acordo com Filho e Francelino (2001, p.2) a distribuição aproximada dos constituintes dos materiais superficiais são “[...]Cerca de 50% é ocupado pela fase sólida, que é formada pelos minerais (45%) e pela matéria orgânica (5%) e a outra metade é ocupada pela fase líquida (25%) e pela fase gasosa (25%)”.

Diante desta perspectiva faz-se necessária analisar os diferentes contextos sob influência do relevo, os quais esses materiais superficiais estão inseridos e consequente fazer sua análise para fins de caracterização.

1.3 Atributos Físicos

Estudar os atributos físicos das formações superficiais que recobrem as rochas que mantêm a vida animal e vegetal na Terra, resultante da ação conjugada de agentes intempéricos sobre os materiais preexistentes de natureza mineral e orgânica, requer uma reflexão acerca da abordagem de um sistema dinâmico.

Segundo Suzuki et al. (2008), a participação das propriedades dos materiais superficiais relacionadas com condições de estabilidade, ocorre por conta de influência direta de atributos físicos como: densidade, porosidade e textura, conforme discussões à seguir.

1.3.1 Densidade absoluta

Reinert et al. (2006), afirma que a densidade tem sido usada principalmente como indicador da compactação, assim como para medir a porosidade, pelo fato de estarem inversamente relacionadas.

De acordo com Corsine e Ferraudo (1999); Silva et al. (2000), a densidade é calculada pela relação entre a massa da amostra seca e o volume total, sendo afetada pela cobertura vegetal, teor de matéria orgânica e pode ser calculada a partir da expressão abaixo, conforme Embrapa (1997):

$$\text{Da} = \text{massa da amostra seca (g)} / \text{volume da amostra seca (cm}^3\text{)} \text{ ou}$$

$$\text{Da} = \text{massa da amostra seca (mg)} / \text{volume da amostra seca (m}^3\text{)}.$$

A densidade, portanto é uma propriedade relativamente instável: varia de material superficial para material superficial e dentro de um mesmo espaço, dependendo principalmente do grau de compactação, do teor de matéria orgânica, da ausência ou presença de cobertura vegetal, do sistema de cultivo empregado e da profundidade. (BRADY, 1989; CARVALHO et al., 1999).

1.3.2 Densidade de Partícula

A densidade de partícula é basicamente o mesmo que a massa específica de uma substância sólida. A composição química e estrutura cristalina de um mineral determinam sua

densidade de partículas, portanto não é afetada pelo espaço poroso, e consequentemente não está relacionada com o tamanho ou o arranjo das partículas (estrutura).

A escolha do método para a determinação da densidade de partícula, leva em consideração aspectos como quantidade do material a ser analisado, disponibilidade de equipamentos e exatidão requerida na determinação (EMBRAPA, 1997).

Segundo alguns autores, entre eles Brady (1989), a densidade de partícula depende da natureza do material mineral predominante, portanto apresentando pouca ou nenhuma diferença para a mesma classe de materiais superficiais.

Neste sentido Filho e Francelino (2001), argumenta que considerando a proporção em que esses elementos se encontram nos materiais superficiais e a pouca variação existente, a Sociedade Internacional de Ciência de Solos adota como padrão uma densidade de partículas igual a 2,65 g/cm³. (Figura 1).

Figura 1 - Densidade de partícula de alguns minerais

Material	Densidade das partículas (g/cm ³)
Húmus	1,3 - 1,5
Argila	2,2 - 2,5
Quartzo	2,5 - 2,8
Feldspato	2,5 - 2,6
Calcita	2,6 - 2,7
Hematita, pirita e magnetita	4,9 - 5,3

Fonte: FILHO; FRANCELINO, 2001.

Relevante lembrar que o arranjo das partículas do solo, que por sua vez define as características do sistema poroso, são todas as manifestações que influenciam a disposição das partículas e refletem diretamente nos seus valores.

1.3.3 Porosidade total

Araújo (2007), definiu porosidade como sendo a proporção do volume do solo que não é ocupada por partículas sólidas e esse espaço poroso é por onde a água e o ar fluem. No entanto todo material superficial possui poros, mas sua quantidade, tamanho, distribuição e continuidade são variáveis conforme a característica de cada material superficial.

Ribeiro; Ribeiro Filho; Oliveira (2013) em seu estudo verificou diferenças significativas em materiais superficiais entre a porosidade total nos horizontes diagnósticos superficiais como nos subsuperficiais, cujos valores mais elevados foram na superfície, coincidindo nos ambientes de maiores teores de matéria orgânica.

Referente a esse conceito existe uma grande variação nos valores encontrados na porosidade de diferentes materiais superficiais. Ela é função, principalmente, da textura e da estrutura. A matéria orgânica também afeta a porosidade, contribuindo para valores mais elevados.

No entanto para material superficial arenoso:

”[...] apresentam menor porosidade total, uma vez que suas partículas, grosseiras, tendem a se arranjar numa disposição piramidal, que apresenta menor espaço entre as partículas. Já os solos argilosos apresentam, em geral, maiores porosidades porque suas partículas finas, tendem a assumir um arranjo mais espaçado e, além disto, formam agregados que aumentam sua porosidade”.(FILHO e FRANCELINO, 2001, p.24)

Diante dos conceitos acima, podemos acrescentar que estudar porosidade, não é tarefa fácil devido sua complexidade.

Assim podemos inferir que a porosidade total está ligada a uma série de características importantes, tais como o movimento e retenção da umidade, arejamento, reações dos materiais superficiais, movimento de água relacionada à erosão e manejo, além de ser uma importante análise condicionada a dinâmica hidrológica do relevo.

1.3.4 Textura

O termo textura refere-se à proporção das frações areia, silte e argila no solo. Cada material superficial, recebe uma designação quanto à sua textura, designação esta que nos dá ideia do tamanho das partículas mais frequentes.

Lepsch (2010, p.38) em seu estudo, esclarece que “[...] ao separar os constituintes minerais unitários que compõem os agregados ou torrões, verifica-se que eles são compostos de um conjunto de partículas individuais que estão interligadas em condições naturais”.

Portanto, a textura é uma característica de suma importância, devido grande parte das reações que ocorrem no sistema dos materiais superficiais, serem fenômenos de superfície, que tem sua magnitude dependente do tamanho das partículas envolvidas.

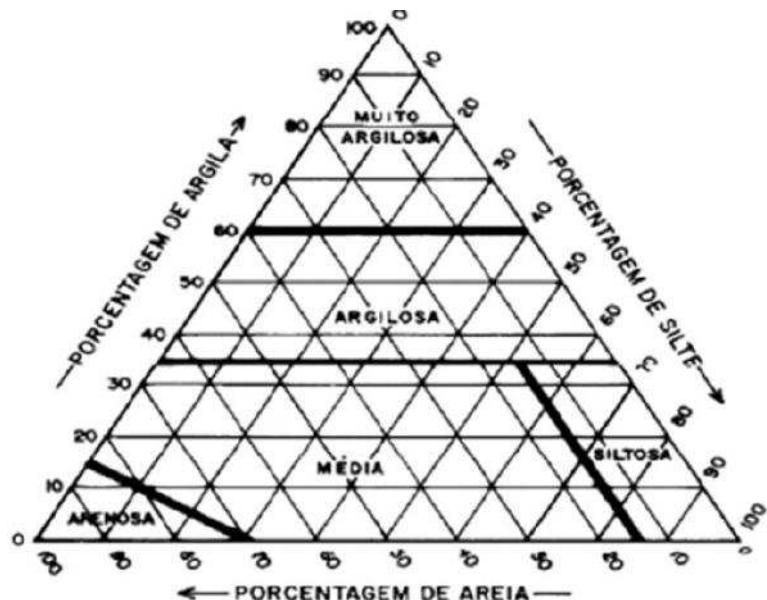
Segundo Lepsch (2010), para que o estudo dessas partículas tornem-se convenientes, é praxe classificá-las em frações, cujos limites usados no Brasil são (Tabela 1):

Tabela 1 - Tamanho das frações mais utilizadas no Brasil.

Fração	Diâmetro médio
Calhaus	200 a 20mm
Cascalho	20 a 2mm
Areia	2 a 0,05mm
Silte(ou limo)	0,05 a 0,002mm
Argila	Menor que 0,002mm

Fonte: Adaptado de Lepsch 2010, p.38.

Dessa forma, conhecida as quantidades relativas destas frações através de uma análise textural, o material superficial recebe uma designação, sendo encaixado em uma classe, determinada com auxílio de um Triângulo (Figura 2).

Figura 2 - Representação da textura pelo triângulo

Fonte: Embrapa, 1996.

Filho e Francelino (2001), ressaltam a questão da textura, argumentando que é ferramenta indispensável para análise dos materiais superficiais,

Os resultados da análise textural são, geralmente, utilizados na classificação textural de materiais, uma vez que estes são formados por diferentes combinações das frações areia, silte e argila. Estas diferentes combinações são agrupadas e denominadas classes texturais, seguindo, em geral, um diagrama triangular. No Brasil, utiliza-se, normalmente a classificação adaptada (do USDA) elaborada pela SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO (SBCS), a partir do triângulo equilátero, a partir das frações areia (2,0 – 0,05 mm), silte (0,05 – 0,002 mm) e argila (< 0,002 mm), distribuindo os solos em treze classes texturais, ao invés de doze classes proposta pelo USDA".(Filho e Francelino, 2001, p.17).

Considerando essa temática textural dos materiais superficiais, nota-se a importância de sua participação, para análises quantitativas, uma vez que contribui para classificar os elementos constituintes das amostras, tratando-se de uma característica estável, pois os tamanhos das partículas de material mineral não estão sujeitos à mudanças rápidas, além do fato que a proporção de cada grupo de fração, não poderá ser alterado.

1.4 Atributos Químicos

De acordo com Santos (2015), os materiais superficiais estão constantemente em atividade química, onde inúmeras reações se processam ao mesmo tempo, dentro de cada uma de suas fases (sólida, líquida e gasosa), entre elas e delas com o ambiente. Devido a sua alta reatividade, a maioria dos fenômenos químicos ocorre nas partículas menores, chamada fração coloidal.

Filho e Francelino (2001) lembra que a influência dos materiais de origem na composição dos materiais superficiais, decresce à medida que se intemperizam. Ou seja, materiais pouco intemperizados preservam ainda minerais primários tornando fontes de nutrientes para materiais superficiais.

Materiais superficiais tropicais, o que irão nortear esse estudo, muito intemperizados não contém minerais primários, sendo formados quase exclusivamente por minerais secundários (argilas e óxidos).

Oliveira (2009), explica que as reações químicas também alteram o tamanho e a composição do material de origem que participam do processo de “construção dos materiais superficiais”. Reações químicas de hidratação, dissolução, hidrólise, oxidação e redução promovem o intemperismo químico de rochas e minerais.(SANTOS, 2015)

Pequenos fragmentos de rochas expostos a condições atmosféricas podem ter elementos de alguns de seus constituintes oxidados; isto é, podem, sob ação do oxigênio do ar, transformar-se quimicamente, propiciando a formação de outros compostos. Um exemplo desse tipo de alteração é o surgimento de crosta amarelada ou avermelhada na superfície daquelas rochas de cor escura. Neste caso, trata-se, principalmente, da oxidação de ferro do estado de oxidação (Fe^{2+}) para (Fe^{3+}). (SANTOS, 2015)

Desta forma, outros constituintes de rochas podem combinar com moléculas de água, resultando em hidratação, dissolução e hidrólise. Frequentemente, as moléculas oxidadas ou hidrolisadas são mais prontamente solúveis em água e, portanto, podem ser removidas pela

água que se movimenta em meio aos fragmentos. A água das chuvas é ligeiramente ácida, o que pode facilitar a dissolução dos minerais constituintes das rochas.

Filho e Francelino (2001) explica que as parcelas mais ativas dos materiais superficiais são aquelas em estado coloidal e existem dois tipos distintos de matéria coloidal: orgânico e inorgânico. O primeiro está representado sob a forma de húmus e o segundo acha-se presente quase que exclusivamente sob a forma de minerais argilosos de diversas formas.

Essa citação vai ao encontro de Santos,

[...] Os colóides, que compreendem as partículas com diâmetro entre um micrôn e um nanômetro, são compostos principalmente pelas argilas e pela fração mais reativa da matéria orgânica (ácidos húmicos e fúlvicos). Partículas menores que um nanômetro são chamadas de solutos e compreendem as moléculas de tamanho médio a pequeno, os íons e os átomos.(SANTOS, 2015, p.28)

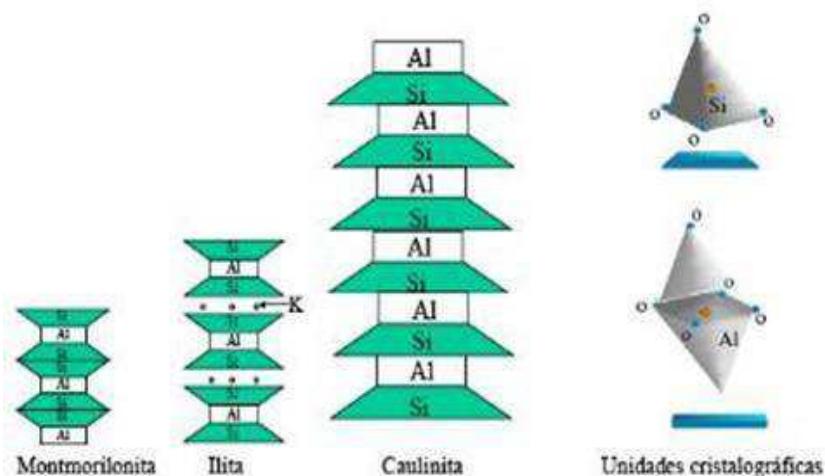
Em relação a composição e natureza da fração coloidal dos materiais superficiais, “[...] os colóides podem ser divididos por sua origem em inorgânicos e orgânicos, relacionados ao surgimento de forças de atração de curta distância entre as partículas e interações do tipo Van der Waals”(FILHO E FRANCELINO, 2001, p.11).

Os coloides inorgânicos são denominados em dois grupos básicos: argilas silicatadas e óxidos e hidróxidos de Ferro e Alumínio.

Fontes; Camargo; Sposito (2001) em seu estudo esclarece que materiais altamente intemperizados são predominantes no território brasileiro, e devido seu alto grau intempérico possuem mineralogia da fração argila dominada por minerais silicatados do tipo 1:1 e óxidos de Fe, Al além de, ocasionalmente, de Mn.

Exemplo de argilo-minerais 1:1 são do grupo caulinita e segundo Corrêa et al. (2008, p.1) “[...] elas estão no elemento estrutural (unidade básica), que é uma camada de composição $Al_2Si_2O_5(OH)_4$. Cada uma dessas camadas consiste de uma folha tetraédrica de SiO_4 e uma folha octaédrica de Al, coordenada por O e OH”. Assim sendo, segue na Figura 3, o esquema estrutural da folha tetraédrica e octaédrica:

Figura 3 - Arranjos estruturais típicos dos três principais grupos de argilo minerais



Fonte: Adaptado de JUNIOR, 2015. Org.: SANTOS, 2016.

A grande diversidade de características como tamanho de partículas, faces expostas, graus de substituição isomórfica, grau de envelhecimento, etc., induz a comportamentos bem diferenciados quanto a importantes reações dos materiais superficiais. A diversidade das características é atribuída, principalmente, aos diferentes ambientes de formação a que esses minerais estão sujeitos.

Segundo alguns autores, entre eles Fontes et al. (2001) e Reinert et al. (2008), a caulinita é o principal e virtualmente o único mineral silicatado em quantidade expressiva; goethita e hematita são os principais óxidos de Fe, e gibbsita é praticamente o único óxido de Al presente nos materiais superficiais tropicais, o que os faz apresentarem, boa profundidade, estrutura estável, boa porosidade e alta permeabilidade. Porém, eles também apresentam propriedades de alguma forma indesejáveis como alta acidez, baixa reserva de nutrientes e consequente baixa capacidade de troca catiônica (CTC), tema que veremos no ítem

1.4.1 Capacidade de Troca Catiônica (CTC)

De acordo com Ronquim (2010) os argilo-minerais, as substâncias húmicas e os óxidos de ferro e alumínio possuem determinada superfície de troca e são os principais coloides responsáveis pela capacidade de troca de cátions (CTC) dos materiais superficiais sob condições tropicais. Em razão do maior número de cargas negativas do que positivas desses coloides, a adsorção é principalmente de cátions. No entanto, há alguns sítios nestes coloides com cargas positivas que podem atrair ânions (principalmente nos óxidos de ferro e alumínio).

Machado et al. (2009) esclarece que a capacidade de troca catiônica (CTC) é o principal atributo químico dos materiais superficiais, o qual representa o somatório das cargas elétricas negativas presentes na superfície das partículas responsáveis pela adsorção de íons, água etc. Posicionamento também dos autores (COSTA et al., 1999 ; FONTES et al., 2001) ao ressaltarem a magnitude da CTC, cuja dependência está no teor de argila, matéria orgânica e tipo mineral presente.

O conceito acima é completado com a ideia da formação de cargas nos materiais superficiais, o qual deve ser entendido como “[...] a capacidade de troca de cátions (CTC) de um solo, de uma argila ou do húmus que representa a quantidade total de cátions retidos à superfície desses materiais em condição permutável ($\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+ + \text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$). (RONQUIM, 2010, p.8).

Nesse sentido, mecanismos de formação de cargas diferem entre os constituintes dos materiais superficiais. As cargas podem ser permanentes, como no caso dos minerais de argila 2:1, ou dependentes de pH, como nos demais componentes da fração coloidal do solo. A figura 4 mostra a capacidade de troca de cátions (CTC), de alguns coloídes, sob condições tropicais.

Figura 4 - Limites de acidez de material superficial.

Acidez	pH em solução de CaCl_2
Acidez Muito alta	< 4,3
Acidez Alta	4,4 - 5,0
Acidez Média	5,1 - 5,5
Acidez Baixa	5,6 - 6,0
Acidez Muito baixa	6,1 - 7,0
Neutro	7,0
Alcalino	> 7,0

Fonte: RONQUIM, 2010.

A CTC pode ser expressa como total, se analisarmos os cátions trocáveis dos materiais superficiais ($\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+ + \text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$). Porém o íon hidrogênio H^+ , somente será retirado da reação, se houver presença da hidroxila OH^- ($\text{H}^+ + \text{OH}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}$), cujo produto da reação é água.

Quando a CTC é expressa sem considerar o íon H^+ ($\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+ + \text{Al}^{3+}$) a denominação é “CTC efetiva”. A soma de bases trocáveis (SB) de um solo, argila ou húmus representa a soma dos teores de cátions permutáveis, exceto H^+ e Al^{3+} ($\text{SB} = \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+$). (RONQUIM, 2010).

Ainda de acordo com o autor supracitado, denomina-se saturação por bases (V%) a soma das bases trocáveis expressa em porcentagem de capacidade de troca de cátions:

$$V = 100 \times SB \div CTC$$

É preciso entender a interpretação da saturação de bases como esclarece Ronquim (2010) “[...]Um índice V% baixo significa que há pequenas quantidades de cátions, como Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ , saturando as cargas negativas dos coloides e que a maioria delas está sendo neutralizada por H^+ e Al^{3+} ”.

Os materiais superficiais, nesse caso provavelmente será ácido, podendo até conter alumínio em nível tóxico à vegetação. Essa situação pode ser comum para áreas tropicais, que é o assunto dessa pesquisa.

1.4.2 Elementos minerais dos materiais superficiais

Oliveira (2009) explica, que a camada mineral mais superficial contém, normalmente, mais matéria orgânica do que as demais. Esta camada é conhecida como horizonte A. A espessura do horizonte A pode variar de menos de um centímetro, nas condições íngremes de montanhas, a mais de um metro, em situações de baixadas e pradarias. A maior parte dos organismos e nutrientes é encontrada na parte superior do horizonte A. A parte inferior deste horizonte contém, frequentemente, menos nutrientes, devido ao fluxo de água que promove a dissolução e o transporte para camadas mais profundas e/ou a sua remoção do perfil. Este processo é chamado lixiviação.

Alvarenga e Davide (1999) ressaltam que vários atributos químicos podem ser úteis como indicadores da qualidade dos materiais superficiais, como Alumínio, Cálcio, Magnésio, Potássio, Enxofre, Carbono Orgânico, Boro e Manganês.

Essa citação vai de encontro a Ronquim (2010, p.6), em que,

“Os macronutrientes P, K, Ca e Mg (também chamados de nutrientes principais) são absorvidos pela planta em maior proporção que os micronutrientes B, Zn, Cu, Fe, Mo, Cl e Mn (também chamados de elementos traço). Ambos são constituintes dos minerais e da matéria orgânica do substrato onde a planta cresce e encontram-se também dissolvidos na solução do solo. Um ou vários nutrientes podem estar quase ausentes no solo ou em uma forma que as raízes não conseguem absorver”.

Miranda et al. (2006) reforça o conceito acima quando afirma que o conhecimento da composição química, fornece subsídios importantes para o entendimento das alterações físicas e químicas e auxilia nas estimativas das taxas de intemperismo, na taxa de ciclagem desses elementos químicos e no influxo e lixiviação dos mesmos no campo.

São vários os aspectos que envolvem os componentes dos materiais superficiais, revelando sua complexidade. De acordo com Salvador; Carvalho; Lucchesi (2011), o elemento cálcio (Ca) é encontrado geralmente em baixas concentrações nos materiais superficiais, que são típicos do território brasileiro. Seu comportamento, catiônico e secundário é muito importante para o desenvolvimento das plantas, e encontra-se disposto em forma de carbonatos, sulfatos e silicatos. (Santos, 2015).

Para Faquim (2005), o Mg é um macronutriente secundário, componente da estrutura de minerais de argila (ilita, vermiculita e montmorilonita), tem sua origem primária em rochas ígneas, metamórficas e sedimentares. Portanto, quanto mais intemperizado for o solo, menor a ocorrência destes minerais, até que reste somente o Mg trocável adsorvido aos colóides e componentes da matéria orgânica.

Dentro da multiplicidade de possibilidades dos elementos químicos, Santos (2015, p.43), analisa o comportamento do Potássio (K):

O potássio (K) é absorvido pelas plantas na forma de íon K^+ . As plantas absorvem o potássio da solução do solo, cuja concentração é mantida pelo equilíbrio com o potássio retido nos sítios de troca (trocável). Entretanto, quando concentração de K na solução atinge valores muito baixos, pode haver difusão de parte do potássio contido nas estruturas dos argilominerais e dissolução dos minerais primários que contém K, indicando que as formas de K não trocáveis são potencialmente disponíveis para as plantas.

O potássio é retido pelos colóides do solo por meio da capacidade de troca catiônica CTC, portanto não é um nutriente fixado nos solos como o fósforo (P). De acordo com

Bernadi et al. (2012), esses fatores regulam a disponibilidade do K, uma vez que regulam a relação entre K na solução do solo e K adsorvido nos coloides.

Ainda sobre essa temática sobre os componentes minerais, Rheinheimer e Anghinoni, (2003), afirma que o fósforo orgânico pode constituir de 5 a 80% do fósforo total dos materiais superficiais e em climas tropicais. É fonte de fósforo às plantas e deve ser levado em consideração estudos envolvendo a sua dinâmica e a biodisponibilidade. Esse comportamento deve-se, ao aumento do intemperismo, motivo que o torna mais eletropositivos e com grande capacidade de adsorver e reter ânions, tais como os fosfatos.

Os minerais primários fosfatados comuns em rochas são as apatitas, de onde são liberados durante a intemperização, resultando em minerais secundários mais estáveis termodinamicamente, ou incorporados a compostos orgânicos biologicamente.

Para Santos et al. (2008), nos materiais superficiais altamente intemperizados, predominam as formas inorgânicas ligadas à fração mineral com alta energia e as formas orgânicas estabilizadas física e quimicamente.

De acordo com o maior ou menor grau de estabilidade destes compostos, são enquadrados como fosfatos lábeis e não-lábeis. Por isso as frações mais lábeis, dependem da textura, mineralogia, teor de matéria orgânica e características físico-químicas.(SANTOS, 2015).

Sobre o elemento alumínio, pode-se dizer que o material superficial possui tanto mais alumínio, quanto maior for o teor em argila caolinítica, uma vez que o alumínio é parte integrante e predominante dessa argila mineral 1:1.

Segundo Ronquim (2010), quando a argila se decompõe, ocorre liberação do Al^{3+} das camadas octaédricas. O Al^{3+} produzido pode permanecer na superfície em forma trocável (deslocando H^+ dos sítios de adsorção dos materiais) ou passar para a solução. Se o alumínio for absorvido, pode alterar a fisiologia e a morfologia da vegetação.

O óxido de alumínio é um agente que contribui de maneira eficaz na estrutura do solo tropical, sendo, portanto, altamente benéfico. Se o alumínio trocável não ultrapassar determinada porcentagem dos cátions existentes na CTC efetiva (dependendo da textura do solo), possivelmente não será maléfico. (JANSEI et al., 2003).

Outro indicador importante é a matéria orgânica (MO), porque mantém relação com várias propriedades físicas, químicas e biológicas.

Conforme Leite, (2003) a MO é influenciada pela adição de fertilizantes químicos e materiais orgânicos, que atuam melhorando os processos biológicos de decomposição e

mineralização dos materiais superficiais. Na formação de agregados a MO é de fundamental importância, pois estabiliza os agregados formados pela aproximação das partículas minerais.

Considerando todos aspectos acima explanados, que explicam o comportamento dos elementos minerais, nota-se a complexidade do assunto e a necessidade do estudo para compreender e interpretar como os processos dos materiais superficiais estão integrados com a evolução do relevo.

1.5 Uma breve reflexão sobre a cartografia geomorfológica.

Uma importante ferramenta que auxilia os estudos na elaboração e representação do relevo é a cartografia geomorfológica, pois permite compreender a gênese, as condições atuais e as alterações do relevo, em especial as que o colocam em dinâmicas instáveis, por meio dos fenômenos que se processam na superfície terrestre e assim diagnosticar as condições do equilíbrio ambiental.

Cunha e Queiroz (2012) ressaltam que os mapas geomorfológicos possuem suma importância para os estudos da área, pois permitem compreender a distribuição espacial dos processos atuais e pretéritos, pelas formas de relevo e das paisagens contemporâneas.

A cartografia geomorfológica é composta da representação gráfica e espacial, bem como objetos e fenômenos. Segundo Florenzano (2008), a cartografia portanto é um instrumento relevante para a geomorfologia, uma vez que sintetiza e analisa suas pesquisas.

O relevo ajusta-se como peça fundamental da análise pois é nele que se desenvolve dinâmicas, para sua esculturação. Configura-se portanto, como um sistema, necessitando de grandes fluxos de matéria e energia. Ross (1992, p.12) nesse sentido, sinaliza que:

O entendimento do relevo passa, portanto pela compreensão de uma coisa maior que é a paisagem como um todo. Não se pode entender a gênese e a dinâmica das formas de relevo sem que se entenda os mecanismos motores de sua geração, sem que se perceba as diferentes interferências dos demais componentes em uma determinada Unidade da Paisagem.

De acordo com o autor supracitado, o mapa geomorfológico deve orientar os estudos e quando terminado, mostrar um resumo que seria o produto da pesquisa. É portanto um componente de informação.(ROSS, 2007).

Dessa forma a eficiência da cartografia geomorfológica deverá indicar todos elementos, considerados como essenciais para o entendimento do relevo. Assim, uma classificação genética e cronológica do relevo em estudo permite identificar formas ativas e processos operantes.

Neste contexto Silveira (2009) constata que a Geomorfologia constitui-se de uma ferramenta para estudar as formas de relevo e os processos atuais e pretéritos conforme mencionado anteriormente.

A cartografia geomorfológica envolve estudos acerca do relevo, geologia, solo, uso do solo e clima para que sejam gerados produtos cartográficos que sirvam de subsídios para a elaboração da fragilidade potencial de um dado local, além de trabalhos de campo que possam confirmar os dados obtidos em gabinete (ROSS, 1992,1995).

Todavia, confeccionar mapas geomorfológicos não é tarefa inteligível. Muitos autores dentre eles Martins (2013, p.35), afirma que “[...] surgem diversos questionamentos acerca do quê, do como, e do qual elemento, representação ou metodologia utilizar para a elaboração de um documento cartográfico”. Ross (1995) reitera o quanto complexo, os mapas em relação aos outros temáticos são, uma vez que trata-se do relevo, um objeto de estudo abstrato.

O conceito acima vai ao encontro de Theler et al. (2010) que afirma sobre o conteúdo dos mapas geomorfológicos tradicionais nem sempre responderem às necessidades dos pesquisadores. Além disso, os autores chamam a atenção para a possível subjetividade que o material pode conter, devido às inúmeras propostas metodológicas existentes para sua realização. Nesse contexto, é importante compreender ainda a questão da escala de trabalho a qual condiciona os fatos geomorfológicos com possibilidade de serem mapeados. Será de acordo com a escala do mapeamento que se poderá representar determinada unidade taxonômica do relevo.(CUNHA E QUEIROZ, 2012).

Rodrigues (2000, p.8), em seu estudo e de acordo com a recomendação da União Geográfica Internacional, salienta que:

[...] a cartografia geomorfológica deve apresentar quatro níveis de abordagem. Assim deve ser anotados a morfometria (altimetria, dimensões, desniveis,extensões); a morfologia (formas do perfil, concavidades,convexidades, retilinidades, rupturas, topos, fundos de vale,etc); a gênese (degradação ou agradação); a cronologia relativa (idade relativa das formas,datação absoluta) e o comportamento morfodinâmico.

Ainda sobre a temática metodológica internacional, pode-se citar o Sistema ITC-International Institute for Aerial Survey and Earth Sciences (1968)- Verstappen; Van Zuidam (1968 apud Martins, 2013, p.35), utilizado para várias escalas; Sistema Francês- Tricart (1965

apud Martins 2013,p.36) o qual estabelece oito ordens de grandeza, mas inadequado para formas; Sistema IGU- international geographical Union- Demeck (1972 apud Martins, 2103, p.36), é trabalhado com modelado de formas, com importância na morfologia e morfogênese.

Existem várias contribuições para a cartografia geomorfológica ao nível do Brasil, as quais abrangem diferentes metodologias e abordagens para mapear o relevo. Segundo Martins (2013), destacam-se o Projeto RADAMBRASIL, que buscou mapear os recursos naturais renováveis e não renováveis do país, utilizando imagens de radar e outros sensores (RADAMBRASIL, 1983); os trabalhos embasados no tema de que o relevo é resultado das forças endógenas e exógenas de Jurandyr Ross (1992, 2007); informações orientadas pelo próprio RADAMBRASIL e o IPT- Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, que criou o mapa da cidade utilizando metologia relacionada com premissas de sistemas de relevo.

A proposta de cartografia geomorfológica de Ross (1992), consiste em uma classificação taxonômica do relevo, tendo como referência Demek (1967) Tal classificação é apresentada a seguir:

- 1º táxon: unidades morfoestruturais que correspondem às grandes macroestruturas, como os escudos antigos, as faixas de dobramentos proterozóicos, as bacias paleomesozóicas e os dobramentos modernos.
- 2º táxon: unidades morfoesculturais, que correspondem aos compartimentos gerados pela ação climática ao longo do tempo geológico, com intervenção dos processos tectogenéticos. As unidades morfoesculturais são caracterizadas pelos planaltos, planícies e depressões, que estão inseridas numa unidade morfoestrutural.
- 3º táxon: unidades morfológicas, correspondentes ao agrupamento de formas relativas aos modelados, que são distinguidas pelas diferenças da rugosidade topográfica ou do índice de dissecação do relevo, bem como pelo formato dos topos, vertentes e vales de cada padrão.
- 4º táxon: corresponde à unidade de padrão de formas semelhantes. Estas formas podem ser: a) de agradação (acumulação), como as planícies fluviais ou marinhas, terraços; b) de degradação como colinas, morros e cristas.

- 5º táxon: corresponde aos tipos de vertentes ou setores das vertentes de cada uma das formas do relevo
- 6º táxon: refere-se às formas menores resultantes da ação dos processos erosivos atuais ou dos depósitos atuais. Exemplo: por ação antrópica: voçorocas, ravinas, cortes de taludes.

Essa estruturação da cartografia deve ser vista como uma forma de classificação e representação que visa, em linhas gerais, tornar-se uma estratégia de ordenamento das atividades e como contribuição metodológica.

Referente a temática de contribuições da evolução tecnológica Silva e Rodrigues (2009, p.1) afirmam que:

[...] as novas tecnologias, conhecidas por geotecnologias, as quais abrangem o sensoriamento remoto, o geoprocessamento e diversos outros segmentos; propiciam à geomorfologia recursos imprescindíveis para o sucesso de várias pesquisas, em especial, para o avanço das técnicas de cartografiação do relevo, ao permitir a extração de informações quantitativas da superfície terrestre por meio de diversas ferramentas, entre as quais destacam-se a análise espacial e o MDE (Modelo digital de Elevação).

Para Rosa (2005, p.1) a geotecnologia,

Também conhecidas como "geoprocessamento", as geotecnologias são o conjunto de tecnologias para coleta, processamento, análise e oferta de informações com referência geográfica. As geotecnologias são compostas por soluções em hardware, software e peopleware que juntos constituem poderosas ferramentas para tomada de decisões. Dentre as geotecnologias podemos destacar: sistemas de informação geográfica, cartografia digital, sensoriamento remoto, sistema de posicionamento global e a topografia.

Devido a potencialidade atualmente do uso de Sistema de Informação Geográficas (SIG) que visa análise integrada da paisagem, Cunha e Queiroz (2012), enfatiza a incompatibilidade em relação ao mapeamento tradicional nos quais o uso de símbolos e linhas é constante, e para integração e tratamento dos dados geomorfológicos, os mapeamentos devem apresentar unidades espaciais (polígonos) fechadas que apresentem determinados atributos que as caracterizem. E ainda, que muitas vezes, as informações geomorfológicas que integram os bancos de dados são introduzidas por especialistas em Sistemas de Informação Geográfica e não por especialistas em geomorfologia.

Diante do exposto, acredita-se que essa visão seja pertinente, quando se trata de ambientes quentes e úmidos, nos quais, em cenário natural, a morfogênese tende a ser mais

lenta do que em outros ambientes e, para ser identificada, necessita da representação de feições geomorfológicas de detalhe, as quais muitas vezes, são os indicativos da atividade morfogenética.(CUNHA E QUEIROZ, 2012).

Segundo Martins (2013,p 44) a”[...] a geotecnologia têm sido, atualmente, suporte relevante para a realização de trabalhos em diversas áreas.[...] a demanda de geo-informações, dotadas de referência espacial e associadas principalmente ao estudo dos recursos naturais, torna-se cada vez mais crescente[...].”

Rosa (2005), ressalta que o geoprocessamento refere-se as informações temáticas ligadas a superfície terrestre, em relação ao sistema de coordenadas que poderá ser o Geográfico ou UTM, e chama a atenção para a importância da base cartográfica na elaboração de qualquer mapa temático, portanto sendo o pano de fundo sobre o qual se passa o fenômeno ou fato analisado.

CAPÍTULO 2



2 PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS

Siqueira (2006) em sua pesquisa afirma que diante da importância que a coleta de dados de atributos físicos e químicos dos materiais superficiais possuem sobre o processo de caracterização da área, é necessário compreender como os diferentes métodos de amostragem interferem e disponibilizam os resultados, visando a otimização do trabalho de campo e laboratório, assim como também os ganhos com a produção.

2.1 Etapa envolvendo trabalho de gabinete

Incialmente após escolha da área de estudo e delineamento do tema, recorreu-se a etapa da elaboração do referencial metodológico, busca por bases cartográficas e pesquisa sobre procedimentos metodológicos que foram de suma importância, devido à contribuição dos conceitos de vários autores, bem como explicações, modelados teóricos e técnicas já trabalhadas, no que tange a temática deste estudo. Nesta etapa, ocorreram pesquisas em biblioteca, laboratório e internet; a fim de que se pudesse direcionar ao foco principal do trabalho. Utilizou-se para isso, livros, artigos, periódicos, teses, dissertações acerca da temática pertinente; bem como, que abordem a área de estudo no que se refere aos aspectos naturais (geologia, clima, aspectos hidrográficos) e também socioambientais no âmbito do planejamento territorial da região.

A relação dos materiais utilizados na elaboração dessa etapa são:

a) Softwares

- Sistema Operacional Windows 10
- Microsoft Office 2010.
- Família ArcInFO (ArcGIS 10.2.0.3348)

b) Fontes de dados

- Imagens do Google Earth
- Cartas Topográficas do Mapeamento Sistemático Brasileiro, IBGE – Instituto Brasileiro de geografia e Estatística.

2.2 Etapa envolvendo trabalho de campo

Posteriormente, fez-se o trabalho de campo com visitas à Fazenda Experimental do Glória com o objetivo de coletar amostras de materiais superficiais, para avaliação das análises físicas: densidade aparente (Da), densidade de partícula (Dp), textura (T), granulometria e porosidade total (Pt), químicas pH, K(potássio), Ca(cálcio), H+Al(alumínio trocável), CTC, V% (saturação por base) e MO. A amostragem contou com coletas de amostras simples em 14 pontos na escala da bacia hidrográfica e 20 pontos na escala da pequena vertente, no sentido da alta para a baixa vertente.

Ainda nesta etapa, todos os pontos foram georreferenciados e realizado o portfólio fotográfico.

A relação dos materiais utilizados na elaboração dessa etapa estão descritos à seguir:

a) Hardwares

- Notebook CCE intel core, i3 3GB 500 GB.
- Aparelho GPS Garmin Etrex.
- Câmera Fotográfica Sony Cyber-Shot DSC-W530.

b) Ferramentas

- Trado holandês
- Pá
- Anel volumétrico para coleta de amostra indeformada 50cm³
- Baldes
- Facas

2.3 Etapa envolvendo análise laboratorial

A seguir estão elencados a relação dos materiais necessários e as técnicas utilizadas no período das análises laboratoriais físicas, as quais passaram pelas seguintes fases e foram realizadas no LAGES- Laboratório de Geomorfologia e Erosão dos solos.

a) Aparelhos laboratoriais do Laboratório de Geomorfologia e Erosão de Solos

- Balança eletrônica Helmac-HM-500 UM.
- Balança digital analítica AND HR-200

- Estufa para secagem e esterilização DELEO Temperatura 50°C-250°C
- Banho Maria Thermomix BM
- Mesa Agitadora orbital TE-141- Tecnal
- Peneiras granulométricas redondas ViaTest

b) Vídrarias

- Bécker 1000 mL
- Pcnômetro 50 mL
- Cadinhos
- Pissetas
- Pipetas volumétrica graduada 25 mL
- Provetas graduada 1000 mL
- Bastão de vidro
- Misturador manual
- Balão volumétrico 1000 mL
- Pera automática

c) Para determinação da densidade aparente (Da) e densidade de partícula (Dp), foram coletadas amostras indeformadas, nas profundidades de 0 - 10 cm, pelo método do anel volumétrico (100 cm³) (Embrapa 1997). (Figura 5 e 6).

Figura 5 - Coleta de amostra indeformada para análise de Densidade absoluta e Densidade de partícula.



Fonte: autor, 2016

Figura 6 - Análise de Densidade de partícula por picnometria.



Fonte: autor, 2016

- d) A porosidade total (Pt), foi calculada através da relação existente entre densidade aparente (Da) e densidade de partícula (Dp), descrita no método da Embrapa (1997) e seu resultado é expresso em %.
- e) A textura e a matéria orgânica (MO), foram avaliadas retirando-se amostras com trado holandês na profundidade de 0-10 cm (Figura 7). Para textura usou-se o método da pipeta, utilizando solução de NaOH 0,1 mol L⁻¹ como dispersante químico e agitação mecânica em aparato de alta rotação (~15.000 rpm) por 15 min. (Figura 8, 9 e 10). O peneiramento foi realizado seguindo método proposto pela Embrapa (1997) (Figura 11 e 12). Para matéria orgânica (MO), utilizou-se o método adaptado por Davies 1974.

Figura 7 - Coleta por tradagem para análises textural, físico-química e matéria orgânica.



Fonte: autor, 2016

Figura 8 - Preparo da solução de NaOH 1N, para lavagem físico-química das amostras, na metodologia de textura.



Fonte: autor, 2016

Figura 9 - Análise textural.



Fonte: autor, 2016.

Figura 10 – Fracionamento de areia grossa e fina.



Fonte: autor, 2016.

Figura 11 - Peneiramento.



Fonte: autor, 2016.

Figura 12 - Pesagem pós peneiramento.



Fonte: autor, 2016.

- f) As análises químicas do foram terceirizadas no laboratório da GEAP, e realizadas extrações de K por HCl 0,05 mol.L-1 + H₂SO₄ mol.L-1 analisados por colorimetria (Vettori 1969), Ca extraído por KCl 1 mol.L-1 analisados por titulometria (Embrapa 1997) e H+Al por solução tampão, SMP a pH 7,5.

2.4 Etapa do tratamento dos dados

A etapa do tratamento dos dados, permitiu relacionar os resultados alcançados nas etapas anteriores e contextualizá-los com a temática em questão e consequente avançar para a etapa dos resultados e discussões.

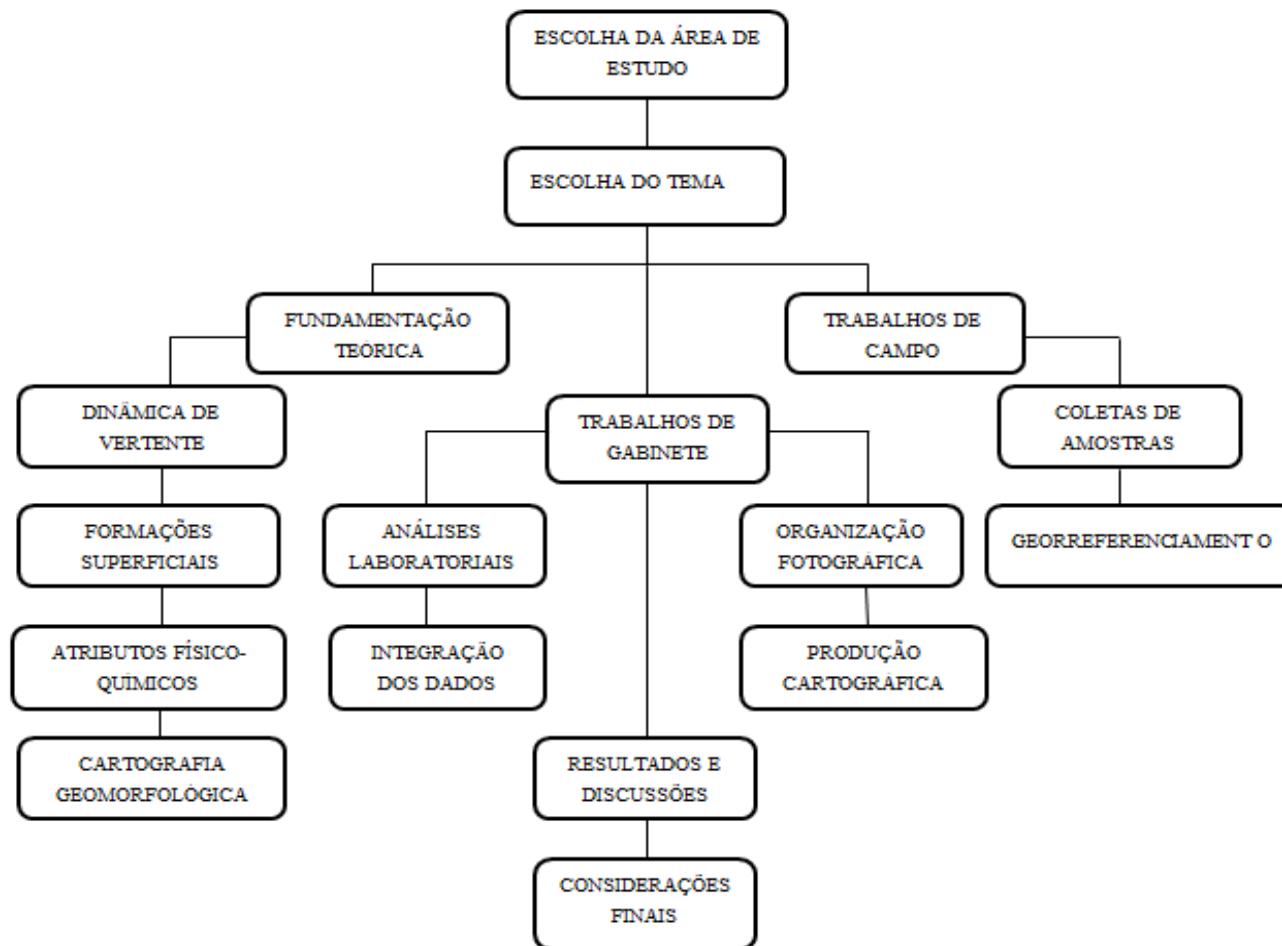
Para a confecção dos mapas de krigagem exploratório da bacia hidrográfica e vertente de acordo com os pontos amostrais georreferenciados e com base nos dados gerados pelos ensaios laboratoriais, foi gerado uma interpolação do tipo krigagem (método ordinário, com semivariograma esférico, estendendo a área de abrangência do processamento por um retângulo envolvente, criado manualmente).

Com base na krigagem gerada e as curvas de nível, elaborou-se os polígonos que delimitam as áreas com predominância de determinadas texturas (arenosas, siltosas ou argilosas). Como procedimento final, elaborou-se o layout, dispondo os dados resultantes da krigagem de cada elemento físico-químico analisado na pesquisa.

Para o mapa de uso e ocupação foi usada a técnica de vetorização manual por fotointerpretação. A imagem utilizada foi obtida no software Google Earth Profissional, da Digital Globe, ano de captura 2007. A composição da imagem é tipo Cor natural.

O fluxograma metodológico (Figura 13), traz as etapas e técnicas utilizadas neste estudo, com a pretensão de alcançar as metas propostas.

Figura 13 - Fluxograma metodológico simplificado



Org.: o autor, 2016.

CAPÍTULO 3



3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

3.1 Geologia regional e Local

Nishiyama, (1989) caracterizou, diversas unidades geológicas no Município de Uberlândia. O Complexo Goiano, o qual ocupa uma faixa estreita as margens do rio Araguari e os tipos litólicos deste complexo são os mais antigos da região. Tal caracterização é apresentada a seguir:

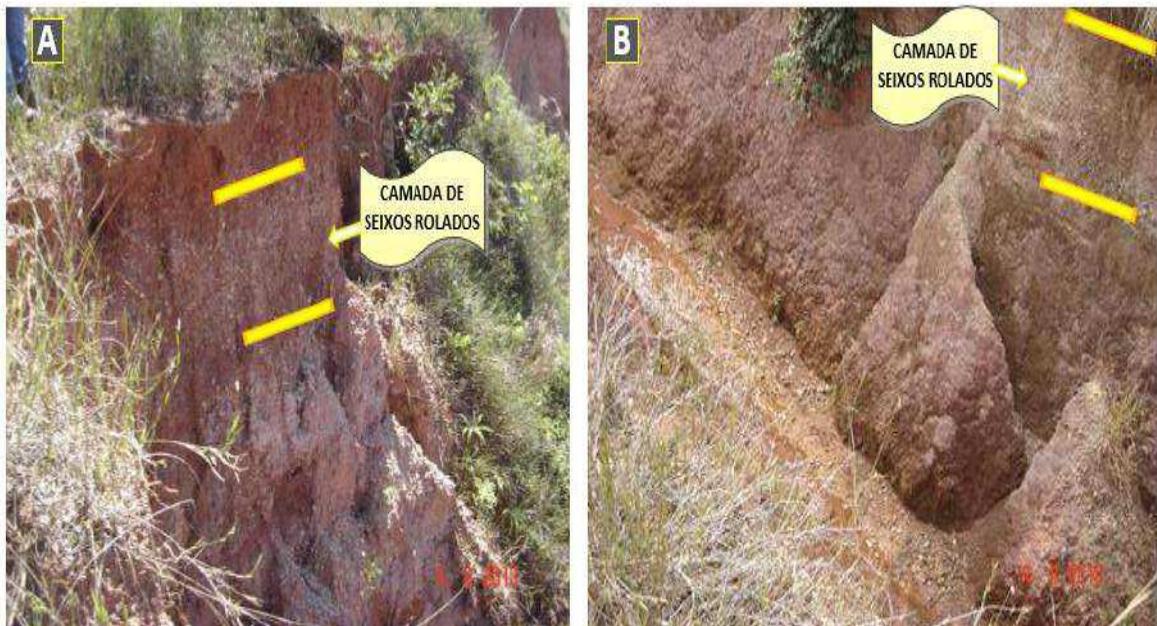
- O Grupo Araxá, apresenta nos vales do rio Araguari e Uberabinha com maior expressão ao longo do vale do rio Araguari, na Formação Botucatu: os arenitos desta formação tem pequena expressão no Município. A sua maior extensão não ultrapassa a dezenas de metros e estão localizados as margens do rio Araguari.

- A Formação Serra Geral esta amplamente distribuída na região do Triângulo Mineiro. No Município de Uberlândia o basalto da Formação Serra Geral se encontra aos longos dos vales dos rios Araguari, Uberabinha e seus afluentes, Tijuco e Douradinho.

- A Formação Adamantina é representada no Município pelos arenitos de granulação média e grossa de coloração marrom, marrom-avermelhada e marrom arroxeadas e avermelhadas, enquanto a Formação Marília é caracterizada por camadas espessas de arenitos imaturos e conglomerados superpostos aos níveis carbonáticos e afloram em áreas extensas na região do Triângulo Mineiro. Em Uberlândia esta formação apresenta uma extensão expressiva, a sudeste é limitada pelos rios Araguari e Bom Jardim estendendo-se rumo ao sul para o município de Uberaba, para o Norte seguindo em direção aos distritos de Martinésia e Cruzeiro dos Peixotos e para o oeste no sentido dos Municípios de Monte Alegre de Minas e Tupaciguara.

A geologia da bacia hidrográfica do Córrego do Glória, caracteriza-se pelos sedimentos da idade Cenozoica que recobrem quase que a totalidade do município de Uberlândia, aparecendo em todos os níveis topográficos, sendo constituídos de leitos de cascalheiras. (Figura 13)

Figura 14 - Camadas de seixos rolados.



Fonte: Biulchi, 2012.

Alves (2007), destaca que devido ao intemperismo, atualmente se verificam poucas características estruturais originais da rocha. No leito do canal afloram a Formação Serra Geral. (Figura 15).

Figura 15 - Área de afloramento basáltico. A figura A mostra a visão parcial de uma cachoeira, localizada no leito do canal onde verifica-se a Formação Basáltica. A figura B mostra onde ocorrem os afloramentos basálticos.



Fonte: Biulchi, 2012.

3.2 Geomorfologia regional e local

A região do Triângulo Mineiro faz parte de um conjunto geomorfológico denominado por Ab'Saber (1977), como Domínio dos Chapadões Tropicais do Brasil Central, situada nas chapadas da Bacia Sedimentar do Paraná.

Baccaro, (1991) classificou quatro grandes unidades geomorfológicas no Triângulo Mineiro.

- Áreas de relevo intensamente dissecado, correspondente à borda da chapada Araguari-Uberlândia e se estende até o rio Paranaíba e Grande, apresentando vertentes abruptas, corredeiras e cachoeiras. Há ocorrência de uma porção mais elevada entre 700 e 800 m com topos aplainados e alongados. As maiores declividades se encontram nas porções das rupturas das vertentes e são de 25 a 40º relacionadas ao afloramento do basalto. Nas áreas de maior inclinação da vertente ocorrem processos erosivos de ravinamento de alta intensidade.
- Áreas de relevo medianamente dissecado: Apresenta topos nivelados entre 750 a 900 m com declividade que varia de 3 a 15º. Neste relevo os processos pluviais originam a montante uma intensa rede de canais difusos, ravinamentos e voçorocas, onde a cobertura vegetal de cerrado é retirada e as vertentes apresentam maior instabilidade e os processos erosivos são mais acelerados.
- Áreas de relevo com topos planos amplos e largos: São áreas de baixa densidade de drenagem e vales com pouca ramificação de drenagem com declividade entre 3 a 5º. Nesta unidade se apresentam microformas de relevo (murundus), que são pequenas elevações nas periferias das planícies ou em depressões úmidas. São vales amplos de fundos úmidos. Apresentam menor intensidade de erosão acelerada.
- Áreas de relevo residual: Apresenta bordas escarpadas erosivas de até 150 m em contornos irregulares chegando a 45º de declividade. São as porções mais elevadas dos divisores de água, entre 800 e 900m, cujas regiões, são denominadas de serras. Apresentam relevo intensamente dissecado. Os

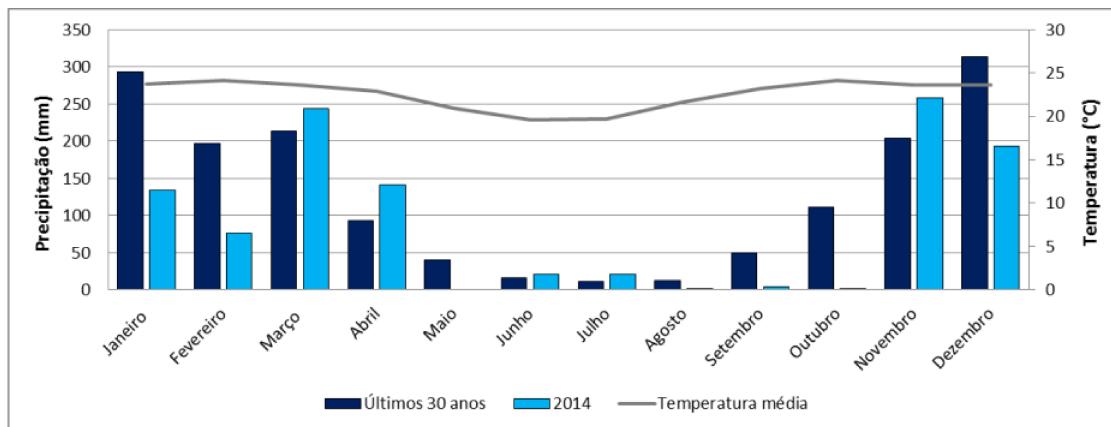
processos de erosivos propiciam o carreamento bastante ativo dos sedimentos mais finos.

O relevo da área de estudo, de acordo com Alves (2007), ocorrem colinas (predominantes), quanto os tabuleiros como padrão de forma de relevo.

3.3 Clima

De acordo com Silva (2010), o clima da região é caracterizado por clima tropical, sendo Aw segundo a classificação de Köppen. Apresenta invernos seco e verão chuvoso, com temperatura média anual de 22°C, variando entre médias de 24°C nos meses de Outubro a Março (meses mais quentes) e 18°C nos meses de Junho e Julho (meses mais frios). Em relação à precipitação, a variação se dá entre 1300 mm a 1700 mm/ano. (Figura 16)

Figura 16 - Gráfico de precipitação e temperatura



Fonte: Yasmin, 2015.

3.4 Vegetação

Segundo Ab'Saber (1977) o Domínio Morfoclimático do Cerrado é caracterizado por chapadões cobertos por vegetação de cerrado e penetrado por floresta-galeria ao longo dos cursos d'água.

A vegetação da área de estudo é dividida em três tipos, ocorrendo cerrado senso restrito, onde predominam árvores baixas, inclinadas, tortuosas, com ramificações irregulares e retorcidas e presença de serapilheira.

No fundo do vale, acompanhando o canal fluvial, ocorre uma vegetação arbórea, latifoliada e adaptada às condições de alta umidade do solo.

3.5 Materiais superficiais

Rodrigues e Nishiyama (2001), caracterizaram os materiais superficiais na região do Triângulo Mineiro como profundos, de boa drenagem e permeabilidade e elevada fração de areia de coloração uniforme. De modo geral apresentam baixa fertilidade natural, baixos teores de matéria orgânica e elevada acidez.(Figura 17)

Figura 17 - Material superficial com presença de matéria orgânica



Fonte: o autor, 2016.

CAPÍTULO 4



4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Existem explanações diversas para a gênese e morfologia das vertentes, uma vez que são parte integradoras da bacia hidrográfica, as quais, em diferentes escalas de abordagem são objeto de estudo dessa dissertação. Bigarella (2003, p. 972) argumenta que essas explicações devem ser concebidas em conjunto, pois “ [...] A análise da morfologia das vertentes permite reconhecer a sequência de eventos operantes no desenvolvimento da paisagem. [...]”.

Depreende-se que na Bacia Hidrográfica do Córrego do Glória também é preciso compreender as vertentes de forma integrada. Assim, este estudo compreendeu duas escalas de abordagem: a primeira da Bacia Hidrográfica do Córrego do Glória e a segunda a escala da vertente sob uma área de cerrado em estágio de recuperação, inserida na bacia hidrográfica.

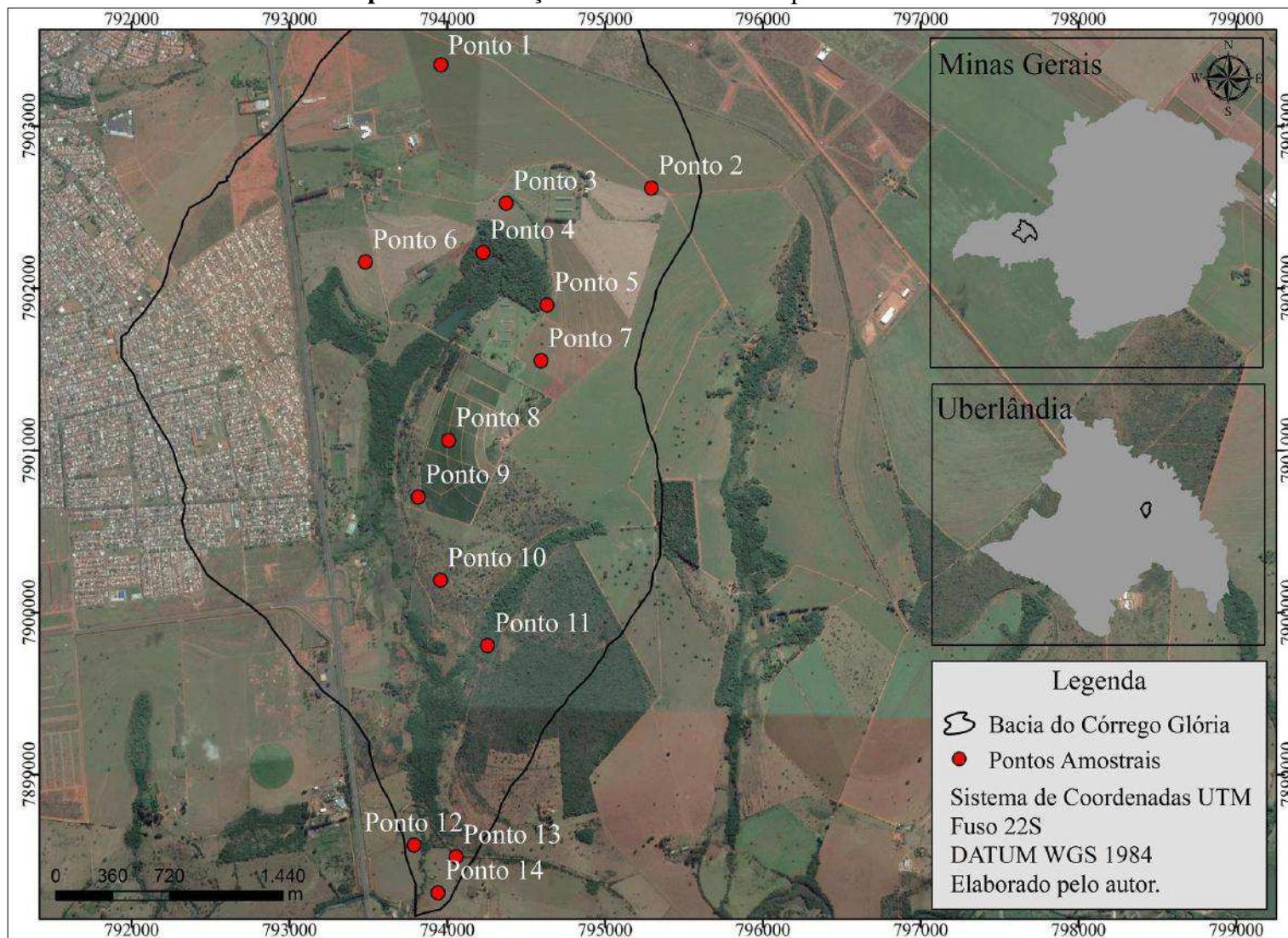
O primeiro passo foi reconhecer as características físico-químicas dos materiais superficiais das duas escalas de abordagem dependentes de uma série de fatores como: clima regional, cobertura vegetal, litologia, e estrutura geológica.

Os resultados são apresentados em função da sequência das etapas estruturadoras deste estudo. Inicialmente fez-se interpretação físico-química na escala da bacia hidrográfica e na escala da vertente sob estágio em recuperação. Em seguida, elaborou-se mapas temáticos de declividade, hipsometria, cobertura vegetal e uso e ocupação da terra e mapas de espacialização dos atributos físico-químicos dos materiais superficiais, para identificar as relações dinâmicas e de posicionamento dos componentes avaliados, através de reflexões sobre a interação material superficial-paisagem tanto da bacia hidrográfica, quanto da vertente.

4.1 Escala de abordagem Bacia Hidrográfica do Córrego do Glória

Diante da metodologia proposta apresentada no Capítulo 2, para os resultados finais, iniciou-se com levantamentos de campo e coleta de quatorze pontos na Bacia Hidrográfica , conforme visualização no Mapa 2. E o segundo momento equivaleu à análises labororiais físico- químicas e sua interpretação e integração dos dados

Mapa 2 - Localização da área de estudo e pontos amostrais



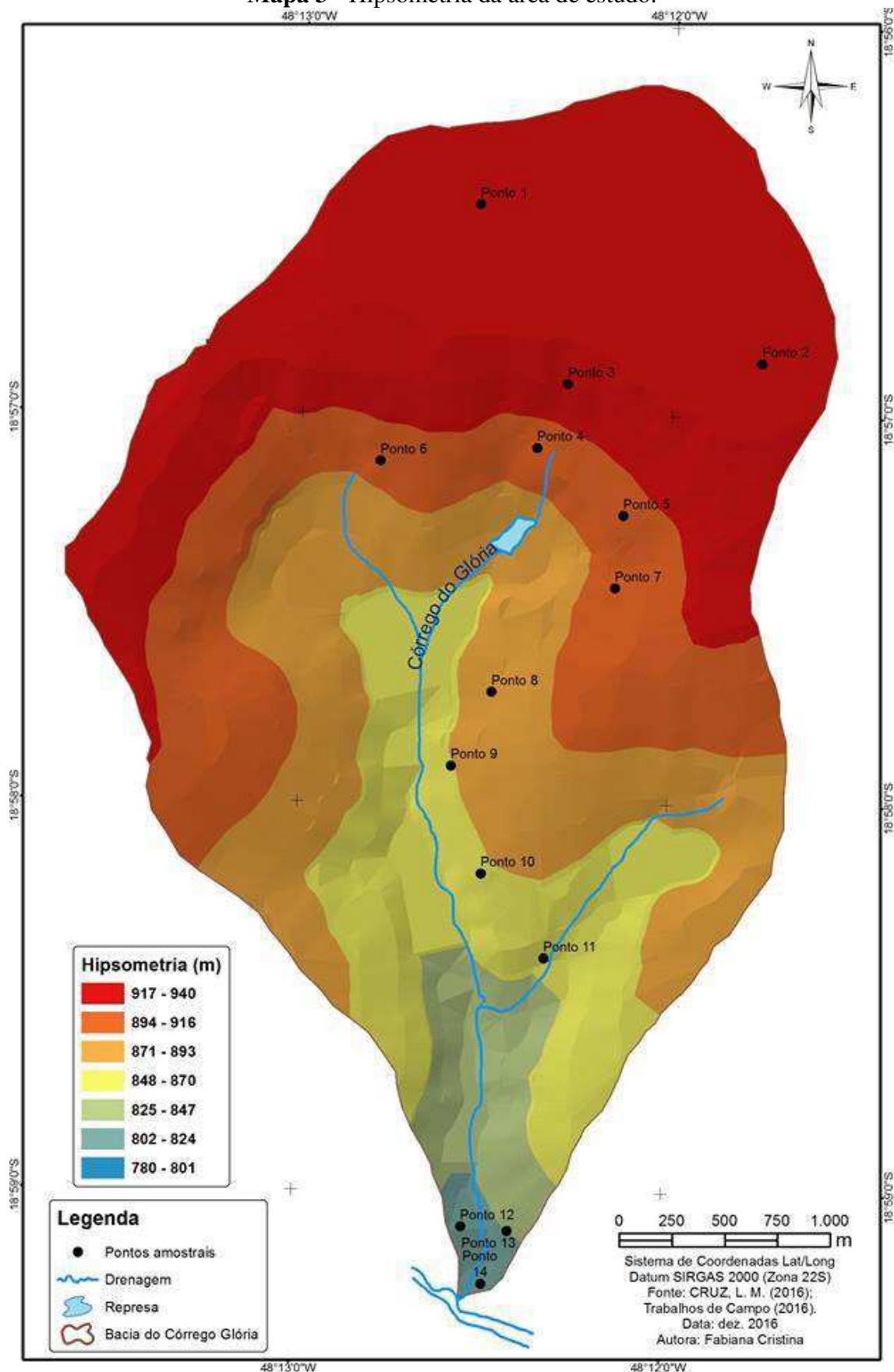
4.1.2 Mapas temáticos: Hipsometria, Declividade e Uso e Ocupação na Bacia Hidrográfica do Córrego do Glória

As classes hipsométricas, representadas nos mapas temáticos, são importantes por favorecerem a delimitação das unidades morfoesculturais, tais como planaltos, planícies, depressões, etc.; sendo as mesmas responsáveis pela definição dos limites entre um compartimento e outro. Sendo assim, avaliou-se os desníveis topográficos da região de estudo, os quais demonstram cimento do relevo, os padrões topográficos predominantes e as dimensões interfluviais. Portanto os valores altimétricos demonstraram amplitude de 780 m, com o ponto cotado mais alto equivalente a 940m, abrangendo os pontos amostrais do 1 ao 3. A menor cota encontra-se no vale do rio Uberabinha com 780m. O Mapa 3, demonstra as classes hipsométricas da área.

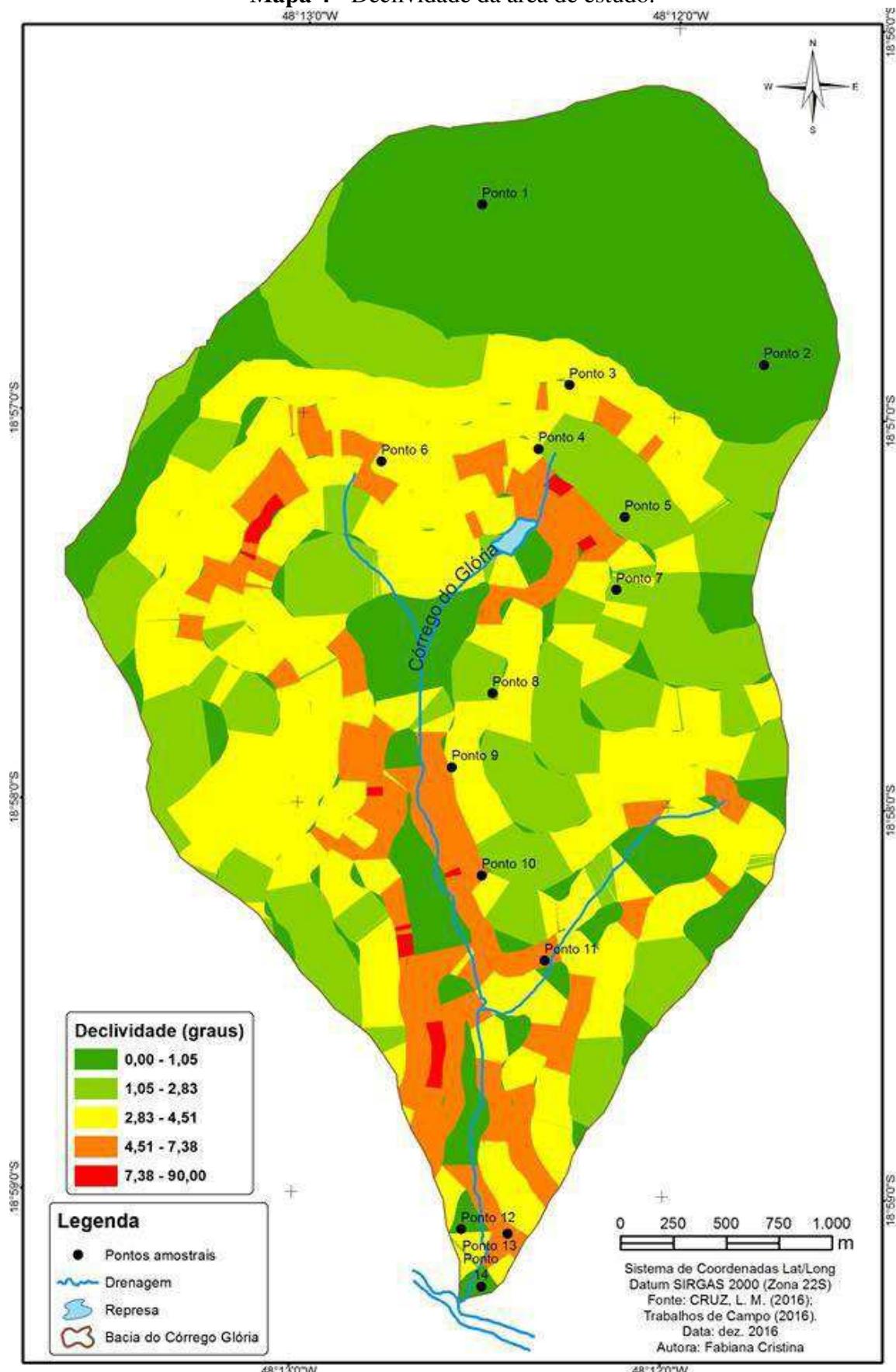
Em relação às classes de declive, estas também auxiliam a definição de diferentes compartimentos, embora são mais utilizadas em escalas de detalhe, para definir as vertentes e suscetibilidade a processos geomorfológicos diversos, como erosão e movimentos de massa, além das aptidões agrícolas, potencialidades e fragilidades de uma área. No estudo em questão, o mapa de declividade Mapa 4, foi importante para identificar os processos com maior propriedade.

Em algumas áreas, como nos cotas entre 920m e 850m da bacia hidrográfica, são encontrados declives entre 4,51 – 7,38 graus; e as declividades entre 7,38 – 90 graus ocorrem principalmente na cota com 780m.

Mapa 3 - Hipsometria da área de estudo.



Mapa 4 - Declividade da área de estudo.



O uso e ocupação da terra da bacia hidrográfica encontra-se disposto no Mapa 5. A área total equivale à 12.795.655 m², onde verifica-se uso e ocupações diversificadas. A quantificação dos diferentes tipos de uso e ocupação listados na Tabela 2, demonstra o predomínio de área de cultura (33,08%).

Tabela 2 – Distribuição do uso e ocupação na bacia hidrográfica.

Uso e Ocupação	ha	%
Cultura	423,4	33,08
Influência urbana	308,9	24,14
Pastagem	330,3	25,81
Material superficial exposto	5,700	0,43
Vegetação	211,3	16,51
TOTAL	1.279,65655,9	100

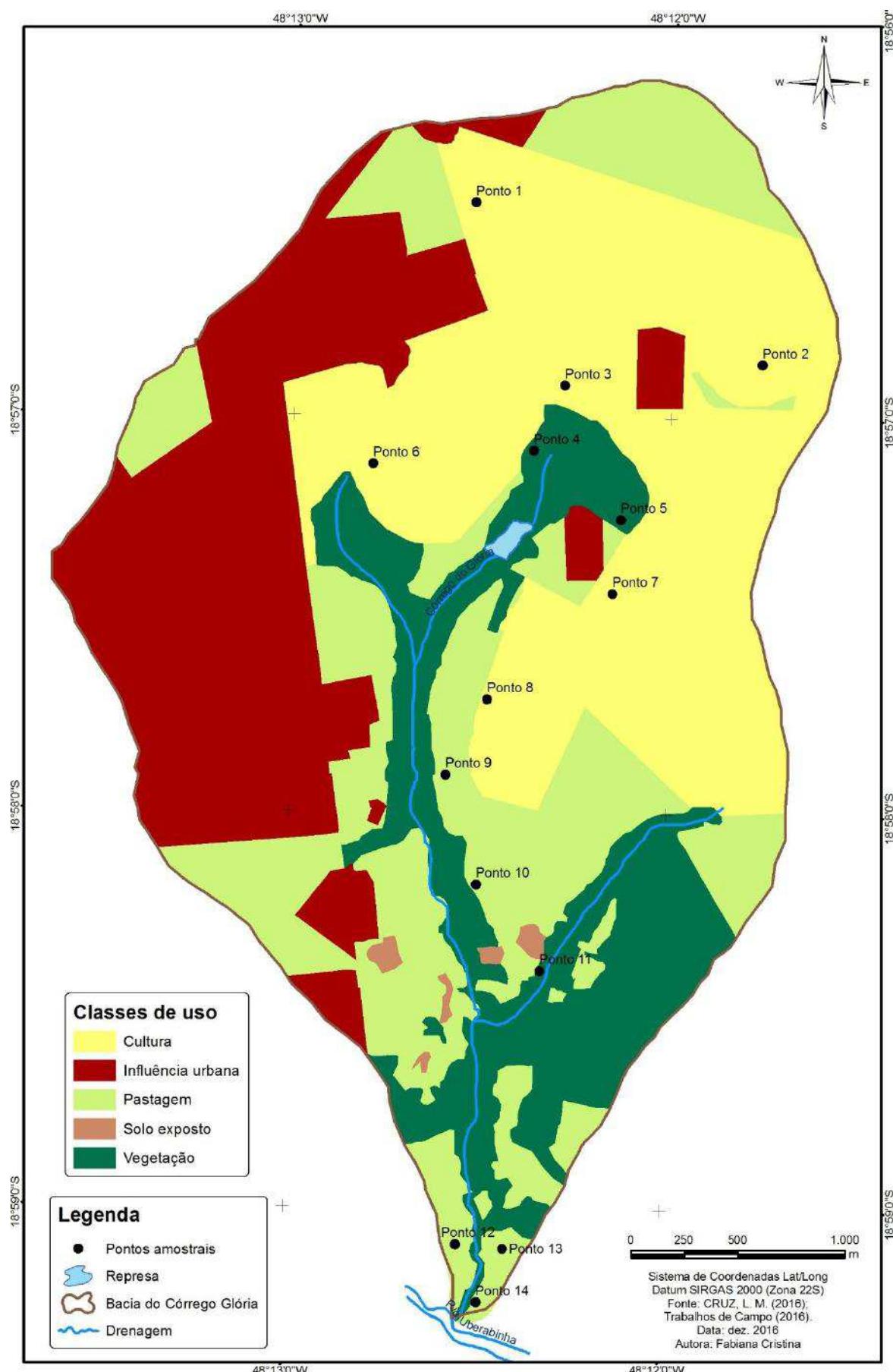
Org.: o autor, 2016.

Observa-se que somatório das áreas destinadas à exploração agrícola (33,08%), pastagem (25,81%) e influência urbana (24,14%) representam 83,03% das áreas investigadas na bacia hidrográfica. Já a área ocupada por vegetação totalizam apenas 16,51% da bacia em questão. Há de considerar, que a susceptibilidade dos materiais superficiais, em virtude da ausência de cobertura vegetal, representa significativo agravante nos processos de degradação dos recursos hídricos da bacia hidrográfica em estudo.

Embora representem apenas 16,51% da bacia, a vegetação exerce um papel fundamental na preservação e manutenção da qualidade dos materiais superficiais e da água. Pela análise visual do mapa 5, fica nítida a diminuição e descontinuidade das matas de galeria que margeiam toda a extensão do Córrego do Glória, resultante de interferências antrópicas na abertura de novas áreas agrícolas.

Assim, evidencia-se pelo exposto a destinação quase que exclusiva das áreas da bacia hidrográfica para fins de atividades agropecuárias.

Mapa 5 - Uso e ocupação da terra na área de estudo.



4.1.3 Análise dos atributos físicos para Bacia Hidrográfica

Os resultados de Densidade aparente, Densidade de partícula e Porosidade total encontram-se apresentados na Tabela 3.

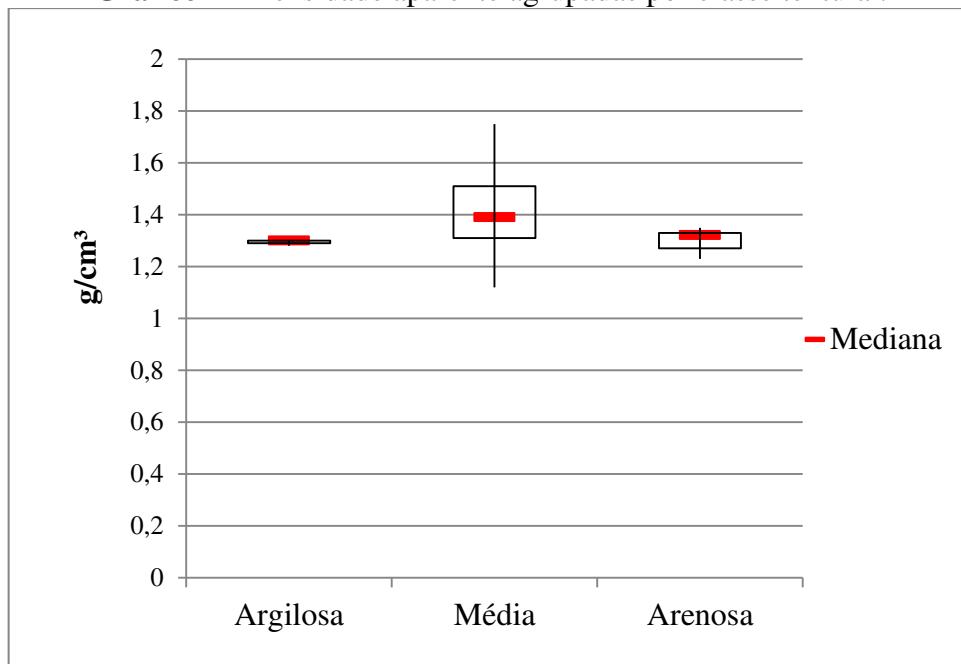
Tabela 3 - Resultados de Densidade aparente, Densidade de partícula e Porosidade total

Pontos	Profundidade		
	0-10 cm	0-10 cm	0-10 cm
	DA(g/cm ³)	DP(g/cm ³)	Porosidade%
1	1,30	2,33	40,0
2	1,30	2,40	45,8
3	1,28	1,86	46,0
4	1,13	1,90	40,5
5	1,39	1,86	25,2
6	1,40	2,00	40,0
7	1,12	1,87	45,0
8	1,55	1,93	20,0
9	1,50	1,90	43,7
10	1,37	1,90	44,0
11	1,75	1,83	35,0
12	1,35	2,08	76,0
13	1,32	2,33	48,0
14	1,23	2,36	47,0

Org. autor, 2016.

A densidade aparente obtida, nas áreas de cultura (pontos 1, 2, 3, 6, 7 e 8), área de pastagem (pontos 9, 10, 12, 13 3 14) e área de vegetação (pontos 4, 5 e 11), evidencia a diferença nos valores entre as amostras dos materiais superficiais da bacia hidrográfica do Córrego do Glória e seus diferentes tipos de exploração.

Gráfico 1 - Densidade aparente agrupadas por classe textural.



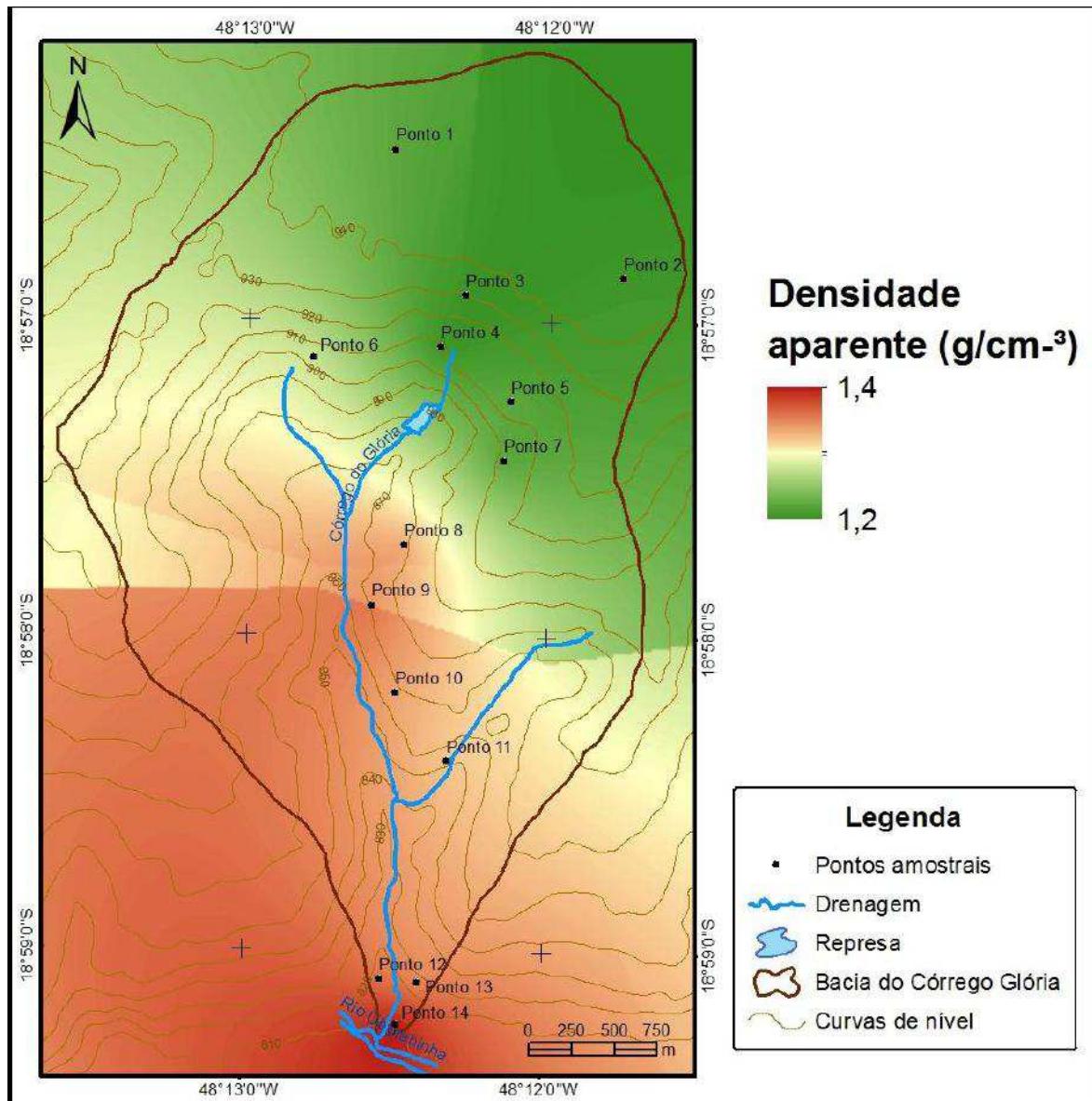
Org.: o autor, 2016.

O padrão de distribuição da densidade aparente, demonstrou-se heterogêneo, evidenciando variabilidade nos valores entre os pontos amostrais investigados conforme Mapa 6.

A variabilidade de valores da densidade aparente na profundidade de 0-10 cm pode ser atribuída à maior exposição desta profundidade à movimentação dos materiais superficiais restrita principalmente nas áreas de cultura e pastagem, bem como ao tráfego de máquinas.

Por outro lado, os resultados da densidade aparente foram mais elevados nas cotas abaixo de 850m no sopé de transporte do que nas outras cotas 920m por exemplo, possivelmente em consequência da maior instabilidade desse ambiente. A avaliação da distribuição espacial da densidade aparente confirma o detectado nos ensaios estatísticos experimentais (Gráfico 1).

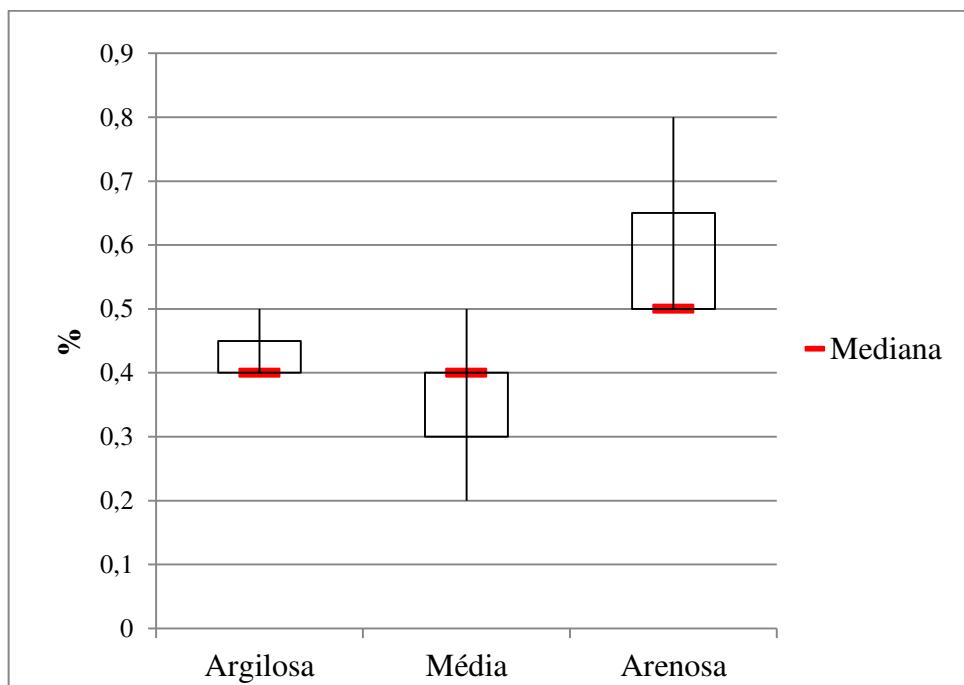
Mapa 6 - Krigagem da densidade aparente na bacia hidrográfica.



Os valores médios de densidade de partícula (Tabela 3) nas culturas foram de 1,8 g/cm³, nas pastagens de 1,9 g/cm³ e vegetação de 2,4 g/cm³. A composição química não está relacionada com o tamanho ou o arranjo das partículas (estrutura) e sim com a densidade de seus constituintes, demonstrando que nas culturas e pastagens os resultados relacionam-se com presença de húmus e a área de vegetação com presença de material superficial de textura média.

Segundo Greenwood e Mckenzie (2001), a densidade e a porosidade são as propriedades físicas mais amplamente utilizadas na quantificação dos atributos físicos dos materiais superficiais, os quais são mais afetados nos primeiros 10 cm de profundidade. (Gráfico 2).

Gráfico 2 – Porosidade total agrupada por classe textural.



Org.: o autor, 2016.

O ponto 12 (76%) é o que apresentou maior porosidade Tabela 13. Embora localizado em área de pastagem, a textura arenosa é a justificativa do aumento considerável desse valor.

Com relação à distribuição espacial da porosidade total pode-se observar que há uma tendência geral de maiores altitudes (cotas entre 920m e 850m), apresentarem menores valores de porosidade total. Maiores valores de porosidade total foram encontrados nas zonas de maior declividade 90 graus Mapa 7, onde observa-se, presença da classe textural arenosa devido ao enriquecimento residual, uma vez que partículas finas do tamanho de argila são

mais facilmente transportadas nas partes de maior fluxo acumulado que ocorreram na parte superior da área de estudo na cota de 920m.

Nessas regiões ocorrem os maiores valores de porosidade total e pode-se sugerir um efeito de aumento do volume de água como principal agente condicionante do atributo na parte inferior da área na profundidade 0-10 cm.

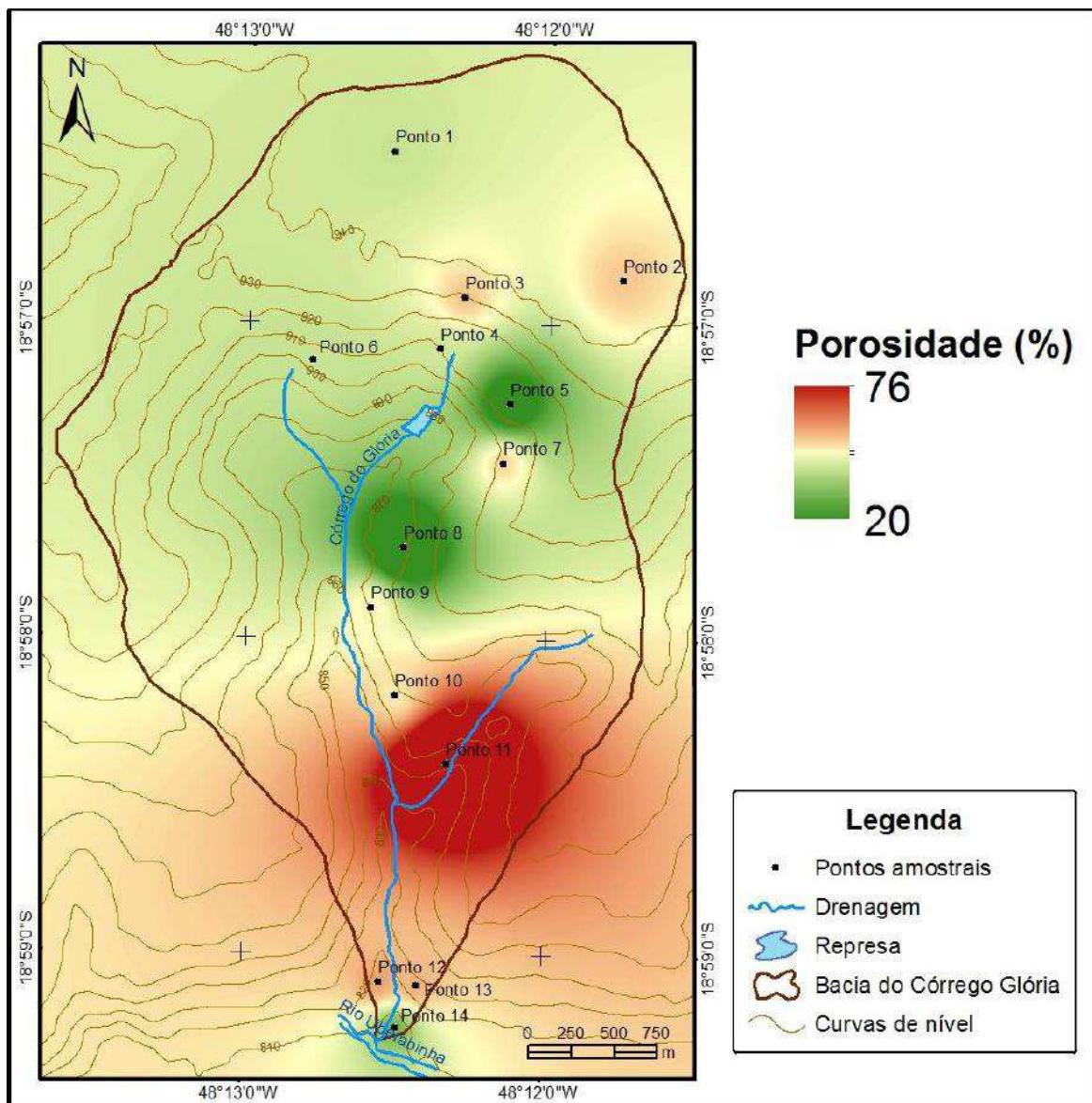
No intervalo de 920m e 850m, as condições de maior intemperismo e maiores teores de matéria orgânica favorecem uma maior agregação e estabilidade estrutural dos materiais superficiais, o que reflete, por sua vez, na maior porosidade total.

A partir da comparação do padrão de distribuição espacial da porosidade total e os atributos geomorfológicos (altitude e declive), pode-se observar uma maior influência do relevo na distribuição espacial das frações areia e argila. Isto demonstra o comportamento diferenciado das frações areia grossa e areia fina em função da dinâmica da água e relevo, denotando a importância da subdivisão da fração areia em estudos pedogeomorfológicos.

O maior tamanho da fração areia não favorece seu transporte a grandes distâncias, ao contrário da argila, que é transportado mais facilmente pelo escoamento superficial da água. Como consequência disto, nos locais com maiores teores de areia ocorrem os menores valores de argila.

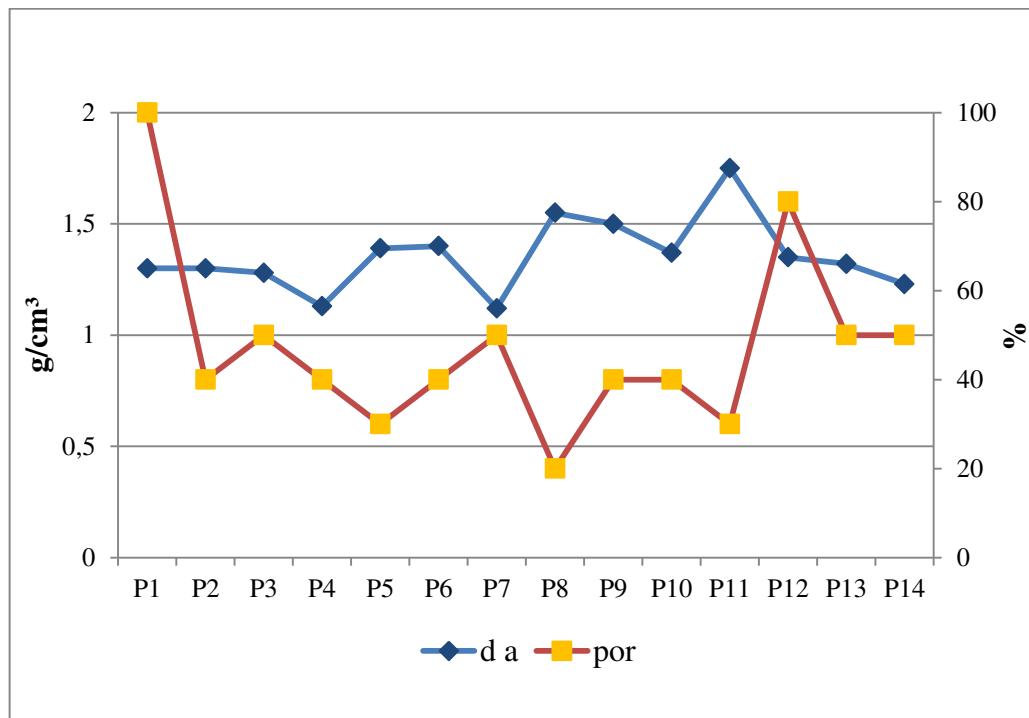
Isto posto, pode-se sugerir um efeito de aumento do volume de água pelo fluxo acumulado como principal agente condicionante de zonas com materiais superficiais mais arenosos e com maior porosidade total. Ademais, a perda de partículas mais finas dos materiais superficiais com tamanho das frações silte e argila, assim como a matéria orgânica durante o escoamento superficial podem resultar na maior perda de nutrientes.

Mapa 7 - Krigagem da porosidade total na bacia hidrográfica.



Diante dos resultados de porosidade total elencados na tabela 3 e Gráfico 3, observa-se que eles são inversamente proporcionais à densidade aparente, ou seja, uma vez que os materiais superficiais estão fortemente compactados, os poros diminuem, e consequente o movimento e retenção da umidade e arejamento também diminuem interferindo diretamente na dinâmica hidrológica do relevo.

Gráfico 3 - Relação entre os valores de densidade aparente e porosidade total.



Org.: o autor, 2016.

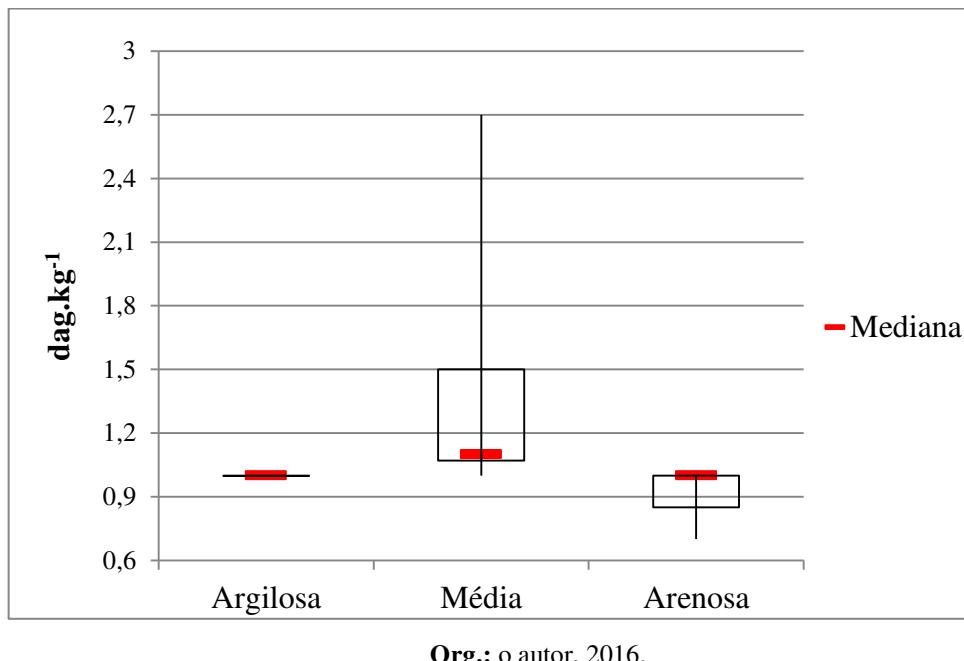
O teor de matéria orgânica é apresentado no Gráfico 4. Conforme mencionado na metodologia deste trabalho, o método pela perda por ignição (queima da matéria orgânica em Mufla) e o método pela oxidação do carbono orgânico (pelodicromato de potássio) apresentam limitações, pois o primeiro superestima os resultados e o segundo os subestima. Sendo assim foi feita uma estimativa média (%) entre os dois resultados para maior confiabilidade na análise final, como propõe Loureiro (2013).

Com base nas médias, quase a totalidade apresentou teor de matéria orgânica de $1,0 \text{ dag} \cdot \text{kg}^{-1}$, sendo este de alta suscetibilidade à erosão (GREENLAND et al., 1975 in GUERRA, 2007).

De acordo com Mapa 8, essa característica também tem relação direta com a textura média dos materiais superficiais encontradas na pesquisa. Materiais superficiais com textura fina contêm mais MO. Eles têm uma melhor retenção de água e de nutrientes fornecendo

condições ideais para o desenvolvimento das plantas. Já materiais arenosos são mais arejados e com uma decomposição mais rápida da MO, pela presença do oxigênio.

Gráfico 4 - Matéria orgânica agrupadas por classe textural.



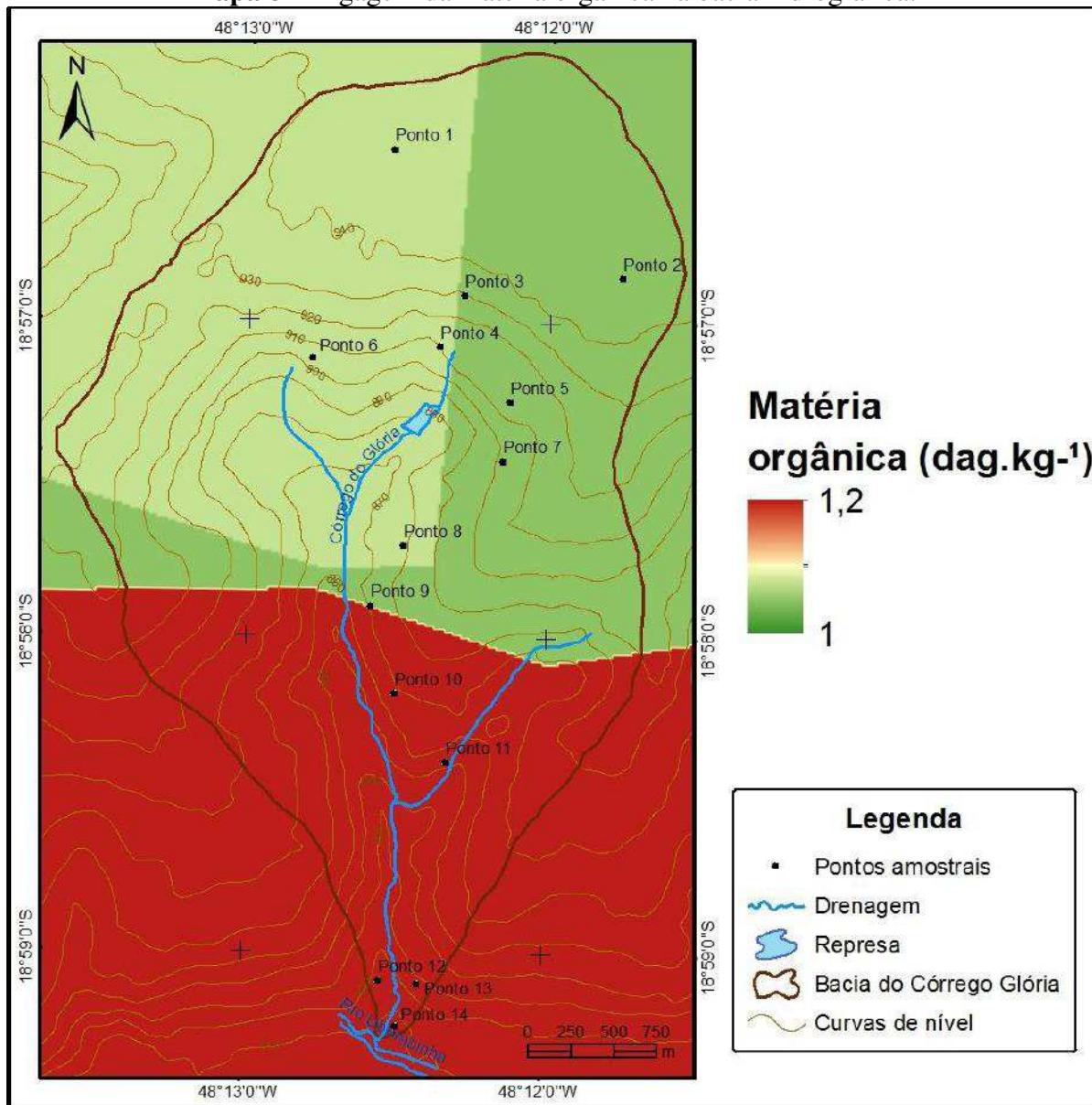
De modo geral, os maiores teores de matéria orgânica dos materiais superficiais foram observados na posição inferior da bacia hidrográfica entre as cotas abaixo de 850m, não havendo, nessa região, diferença significativa entre os teores de matéria orgânica nos diferentes pontos amostrados.

Comparando-se o intervalo de 920m e 840m da bacia, observou-se que não houve diferenças significativas nas quantidades de MO, no entanto, houve maior concentração pontual deste componente nos materiais superficiais na classe textural média. (Gráfico 4)

Em estudo realizado em veredas localizadas em dois ambientes distintos, Ramos et al. (2006) verificaram que a matéria orgânica se apresenta como grande contribuinte para a fase sólida dos solos do terço inferior das vertentes das veredas de ambos os ambientes mas principalmente do terço inferior das vertentes das veredas de chapada. Os mesmos autores apresentam resultados em que os teores de MO também são maiores na camada superficial dos terços médio e superior das vertentes dessas veredas. Também se observou, em vereda estudada no estado de Minas Gerais, na zona de borda da área (região mais elevada), no limite com o cerrado, a ocorrência de melhor drenagem e, em contrapartida, menor teor de matéria orgânica (Guimarães et al., 2002). Este fato decorre, provavelmente, da decomposição e

mineralização mais intensas da matéria orgânica, observadas numa condição de melhor aeração. No presente estudo observou-se não haver diferenças significativas dos teores gerais de MO entre as cotas 920m e 840m na bacia hidrográfica amostrada, não sendo verificadas, também, nessa mesma posição, quaisquer diferenças da quantidade de matéria orgânica, considerando-se os variados usos da terra na bacia.

Mapa 8 -Krigagem da matéria orgânica na bacia hidrográfica.



Org.: o autor, 2016.

4.1.4 Análise dos atributos químicos para Bacia Hidrográfica.

Os resultados dos atributos químicos estão descritos na Tabela 4.

Tabela 4 - Análises das propriedades químicas dos materiais superficiais da bacia hidrográfica

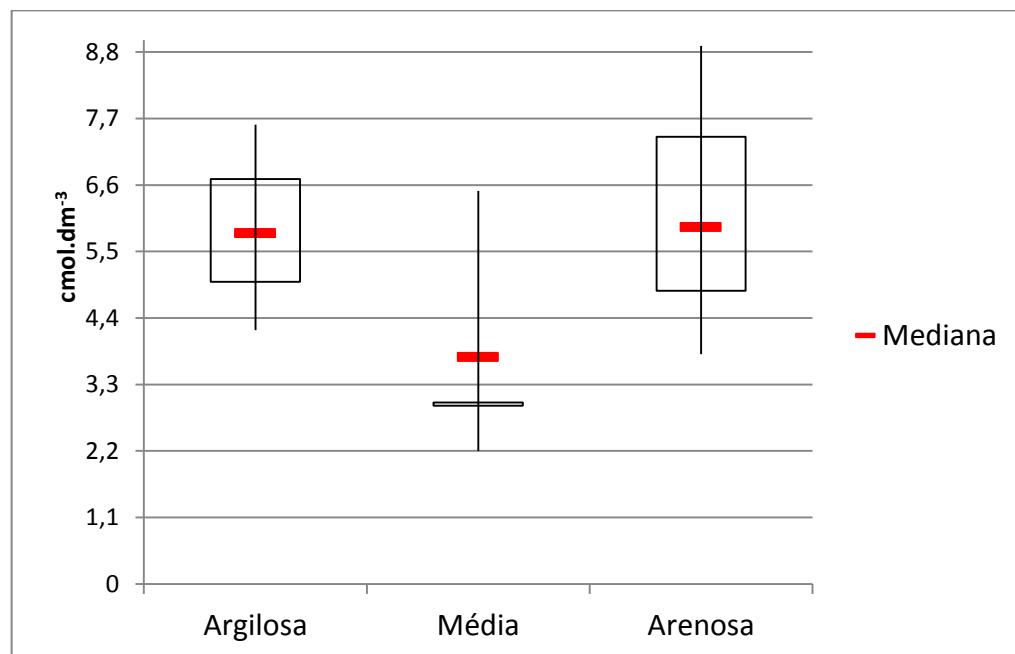
Profundidade 0-10 cm					
Pontos	K (cmol.dm ⁻³)	H+Al (cmol.dm ⁻³)	pH (H ₂ O)	CTC (cmol.dm ⁻³)	V (%)
1	0,13	1,7	6,2	5,8	70,8
2	0,21	1,0	7,2	7,6	86,9
3	0,22	1,8	5,6	4,2	57,3
4	0,28	2,7	5,3	6,5	58,3
5	0,07	2,4	6,6	3,0	19,2
6	0,04	3,7	5,5	4,5	18,5
7	0,12	3,8	5,2	6,1	37,9
8	0,08	2,6	5,0	4,9	46,7
9	0,08	1,7	5,4	3,0	43,0
10	0,1	2,1	6,0	2,8	25,0
11	0,05	1,7	5,9	2,2	24,4
12	2,3	2,0	6,1	5,9	66,2
13	0,6	2,4	5,7	3,8	36,2
14	0,17	6,0	5,2	8,9	32,4

Org.: o autor, 2016.

Os valores da Capacidade de Troca Catiônica (CTC), variaram entre 8,9 e 2,2 cmol.dm⁻³ Gráfico 5. O valor de CTC possui intrínseca relação com matéria orgânica e teor de argila. Dessa forma o ponto 7 apresentou maior valor desse atributo, 7,92 cmol.dm⁻³, justificado pela teor de 80% de argila e posição em área de cultivo. Os materiais superficiais, nesse caso provavelmente serão ácidos; confirmado pelos valores de pH descritos na tabela 4.

Essa situação pode ser comum para áreas tropicais, que é o assunto dessa pesquisa.

Gráfico 5 - CTC agrupada por classe textural.



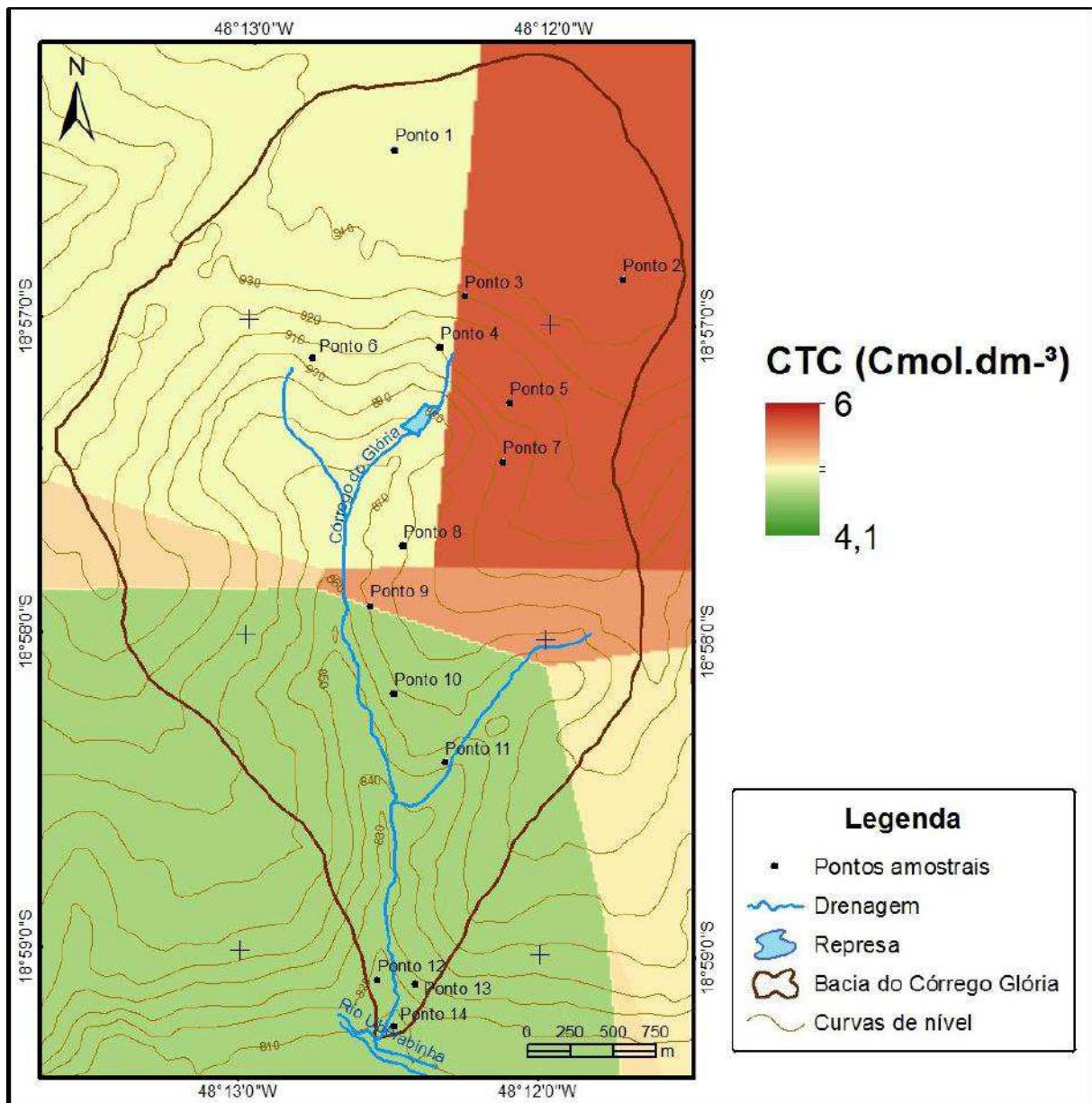
Org.: o autor, 2016.

A capacidade de troca catiônica (CTC) apresentou valores mais elevados na cota acima de 920m, este resultado deve-se às contribuições dada pela prática de manejo, justificada pelo uso da terra por área de cultura nessa região da bacia (Mapa 9).

Maiores valores de CTC normalmente ocorrem em locais onde os teores de MO e argila são elevados. Esses atributos contribuem com o aumento de cargas negativas favorecendo, assim, a retenção de nutrientes. Outro fator que deve ser considerado na área estudada é a topografia com intervalo de declive de 0 - 1,05 mapa 4, o que provavelmente, contribuiu com o acúmulo de argila e incremento da CTC nessa superfície. Nota-se portanto, uma heterogeneidade na distribuição espacial desse atributo.

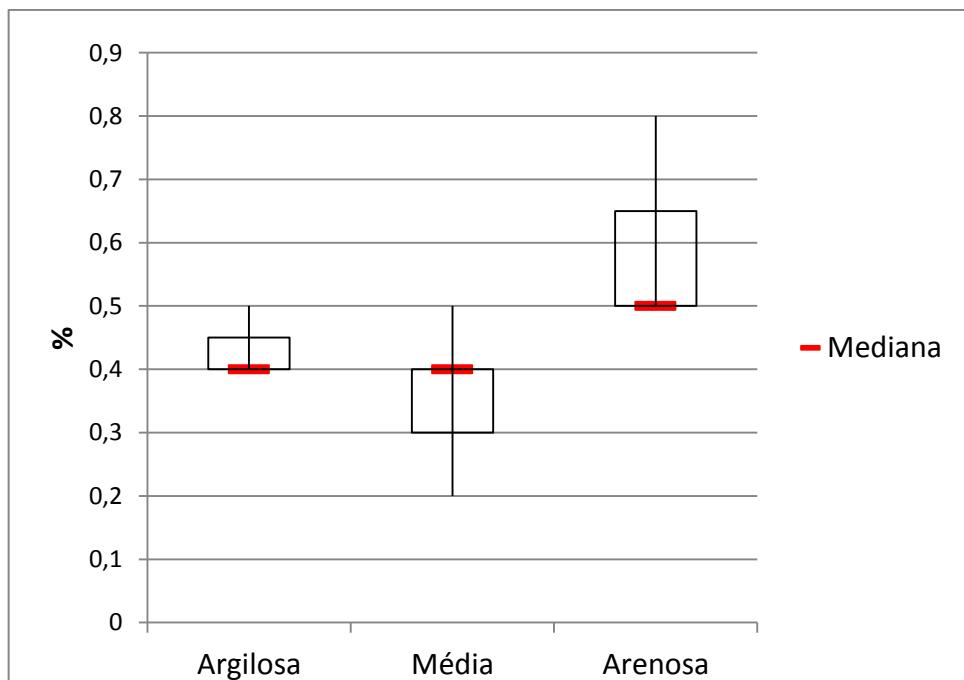
Os menores valores de CTC, observados estão localizados nas áreas de pastagem Mapa 5, o que também podem ser explicados pela ausência de calagem, bem como pelo avançado estado de degradação do sistema sob pastagem.

Mapa 9 - Krigagem da CTC na bacia hidrográfica.



A saturação de bases (V), oscilou entre 86,9 % e 18,5% (Tabela 40) . Ressalta-se que materiais superficiais nas regiões de cerrado, apresentam geralmente $V < 50\%$, ou seja são distróficos. Os pontos 1, 2, 3, 4, 12 e 14 apresentaram valores maiores que 50%, justificados por localizarem em áreas de cultura e pastagem, que já foram expostas à intervenções químicas por calagem. A textura arenosa mantém relação de proporção com os valores maiores que 50% devido possibilitar a lixiviação das bases em solução (Gráfico 6).

Gráfico 6 - Saturação por base agrupada por classe textural.

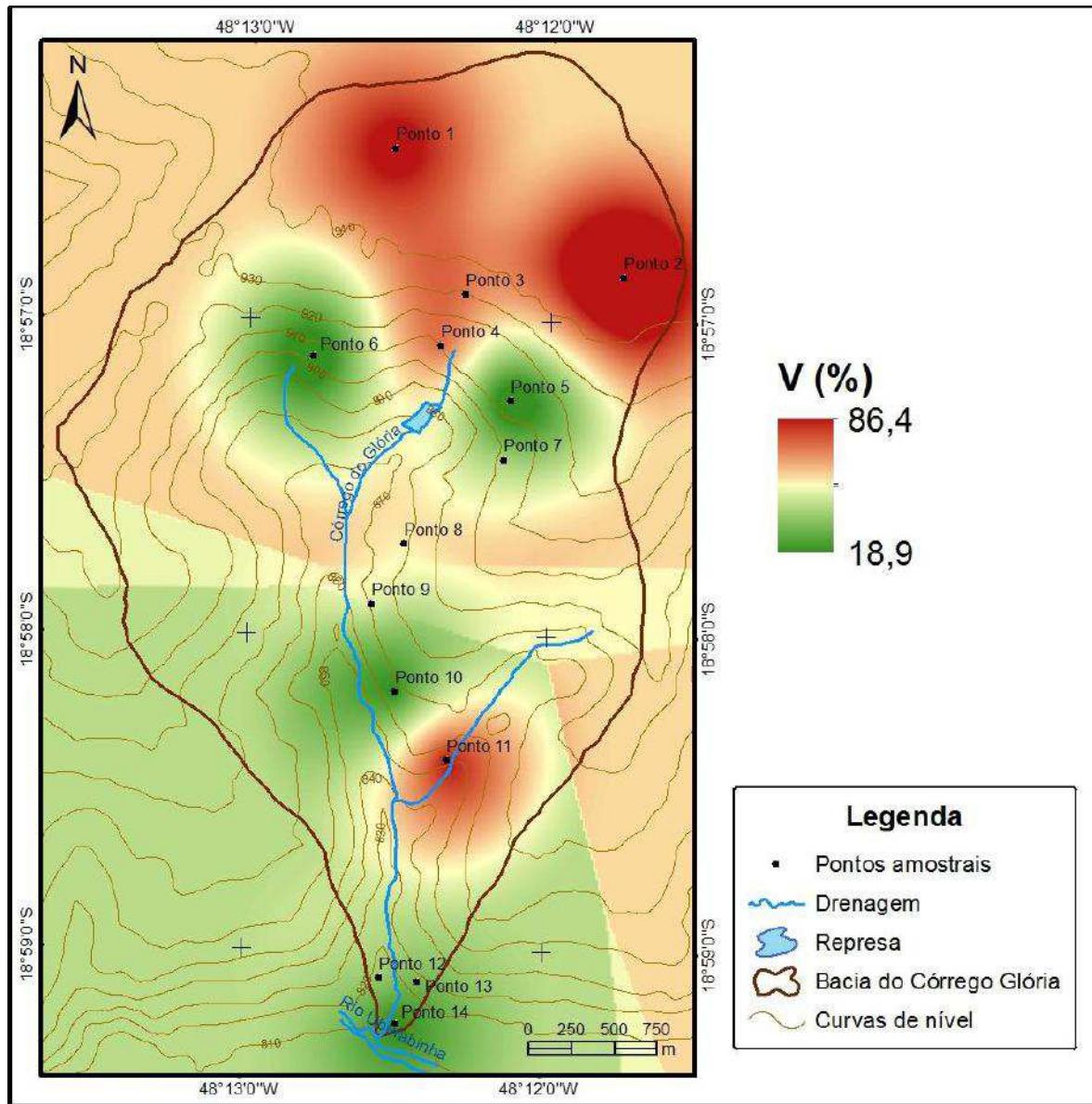


Org.: o autor, 2016.

Os valores de saturação por bases (V) foram elevados nas cotas de 920m e 850m (Mapa 10), o que contribuiu para os altos valores de pH em água. Os menores valores de observados na cota abaixo de 850m podem ser decorrentes da posição que favorece a adição dos íons das partes mais altas e diminuição das perdas por lixiviação, em razão da condição de drenagem.

Nesse mesmo raciocínio, as cotas mais baixas estão sendo favorecidas, pela chegada de nutrientes oriundos das cotas mais altas, ou seja, é possível que os fluxos sejam tão intensos que os cátions básicos têm a rampa como forma preferencial de passagem.

Mapa 10 - Krigagem da saturação por base na bacia hidrográfica.

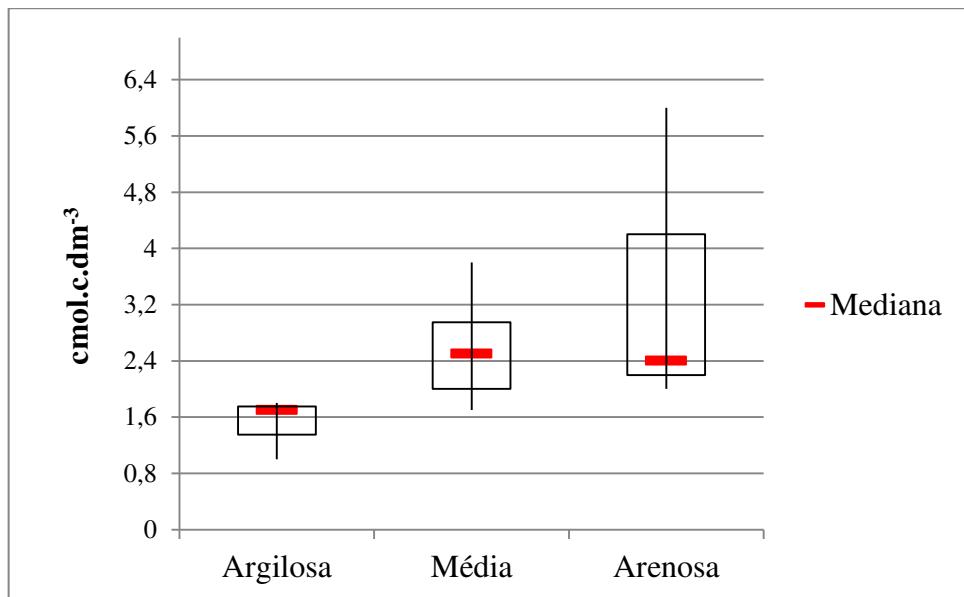


Org.: o autor, 2016.

Os materiais superficiais de regiões tropicais são normalmente ácidos e apresentam altos teores de Al trocável (Ronquim, 2010). O ponto 7 na área de cultura, apresentou maior valor

(3,8 cmol.cdm⁻³) e pH 5,5. Explicação para tal fato está relacionado com a fração mineralógica e textural da região de estudo que predominam óxidos de Al e Fe tanto na forma cristalina (gibsita, goetita e hematita) quanto na forma amorfa. (Gráfico 7) (Ronquim, 2010).

Gráfico 7 - Alumínio trocável agrupado por classe textural.

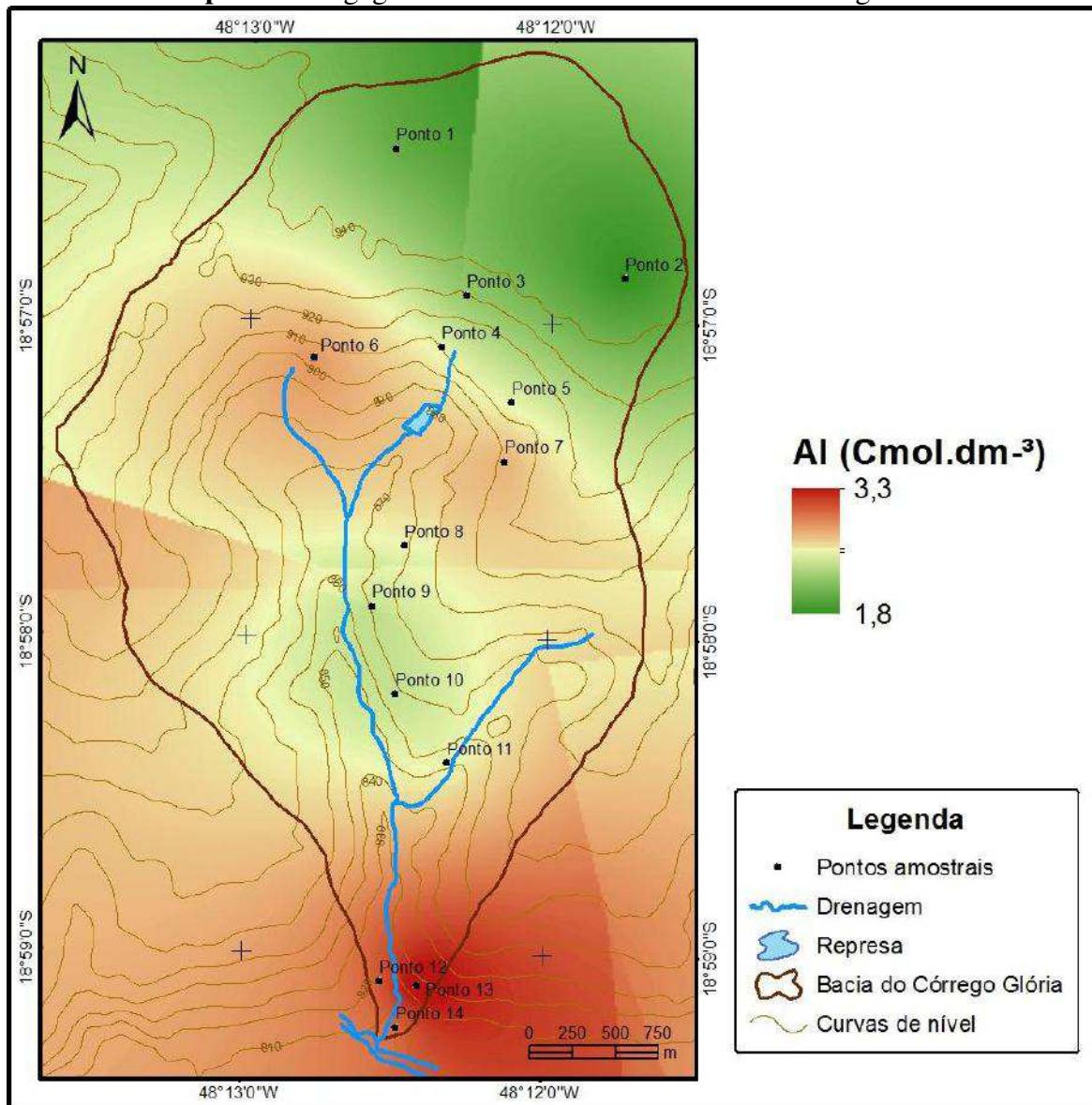


Org.: o autor, 2016.

O alumínio trocável ($H + Al$) foi predominantemente formado pelos íons H^+ , uma vez que os teores de Al^{+3} não foram expressivos. Canellas et al. (2003) observaram maiores valores de alumínio trocável na camada superficial indicando que a oxidação da matéria orgânica pode ser um componente importante na geração da acidez. Os maiores valores de alumínio na bacia em questão foram verificados nas cotas entre 920m e 850m. Os valores encontrados para essa característica foram baixos, concordando com as variações de pH observadas na área.

O Alumínio trocável apresenta comportamento inverso ao dos valores da saturação por bases, sendo maior na cota abaixo que 850m, confirmando valores obtidos por Nunes et al. (2001) que estudaram a relação solo-paisagem-material de origem em solos de Minas Gerais.

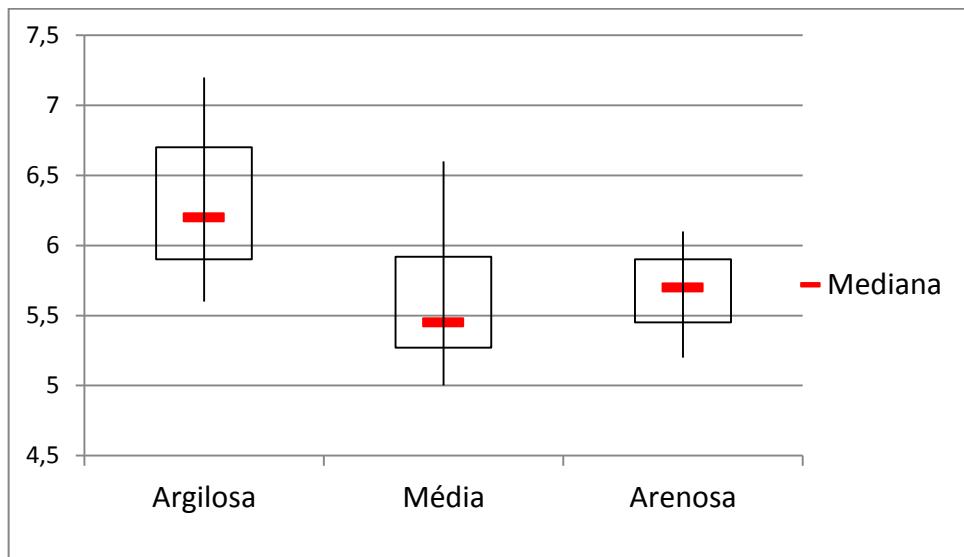
Mapa 11 – Krigagem de alumínio trocável na bacia hidrográfica.



Org.: o autor, 2016.

Quanto ao pH dos materiais superficiais, todos os pontos apresentaram pH inferior a 7,5 (Gráfico 8), o que confere acidez aos materiais superficiais, comportamento normal da região de estudo. (OLIVEIRA, 2011).

Gráfico 8 - pH agrupado por classe textural.



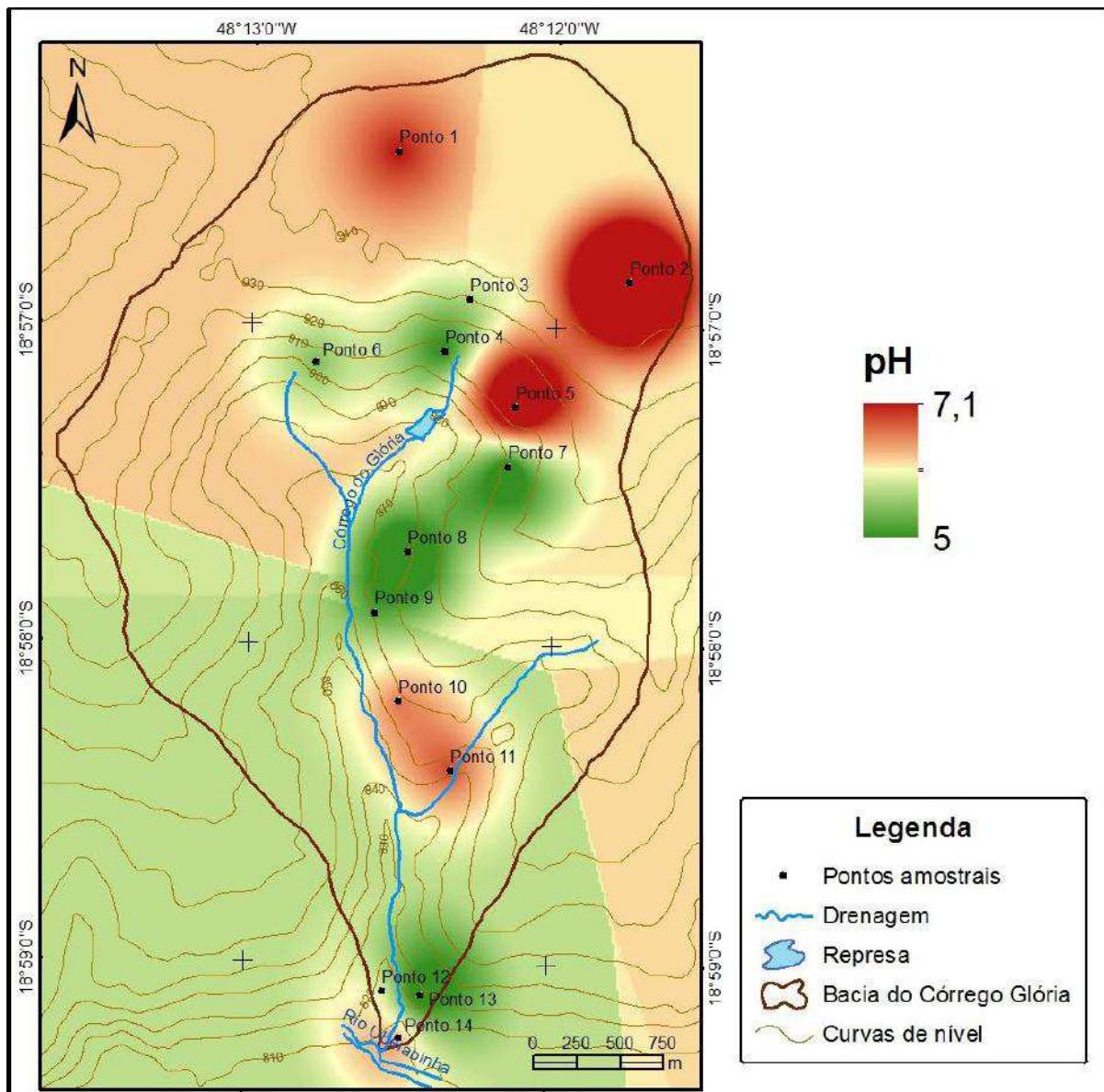
Org.: o autor, 2016.

Dos 14 pontos analisados, 8 pontos apresentaram acidez média, com valores variando entre 5,2 e 5,9. Diante desses resultados, ressalta-se a importância da cobertura vegetal ajudando os materiais superficiais a manter coesão entre suas partículas, já que observando os resultados de pH de forma isolada, os mesmos podem ser suscetíveis à erosão. Segundo Yoshioka (2005) a erosão também pode ser uma das causas da acidez, pois há a remoção da camada superficial, e esta possui maiores teores de bases e favorece a acidificação, expondo as camadas mais ácidas do subsolo. O menor valor de pH encontrado foi no P8, área de cultura apresentando 20% de porosidade e 1,55 g/cm³ de densidade aparente.

A variação temporal do pH da solução e o seu comportamento são apresentados no Mapa 12, na qual se verifica ligeira redução do pH na cota 850m e aumento na cota de 920m. Essa redução foi mais acentuada na área de pastagem sem cobertura vegetal, onde a lixiviação de bases mostrou-se mais intensa e o aumento em área de culturas que são feitas calagens. A diminuição do pH da solução pode ser atribuída à elevação da concentração de H⁺ no meio

pelo aumento da decomposição da matéria orgânica, advinda da atividade microbiana com o início do período chuvoso após um período de seca

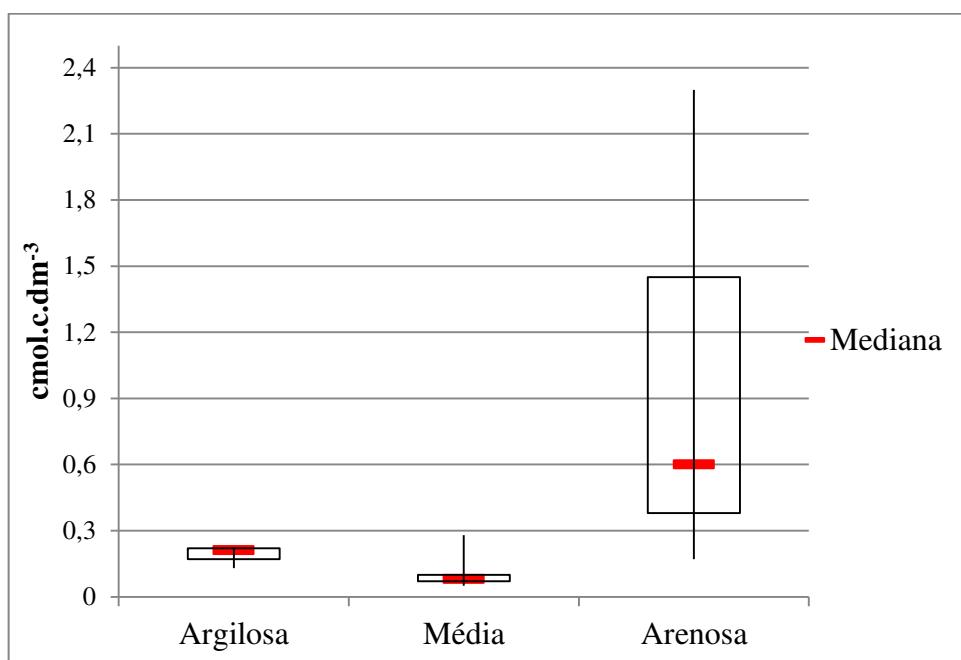
Mapa 12 - Krigagem de pH na bacia hidrográfica.



Org.: o autor, 2016.

Os resultados do elemento químico potássio (K^+) apresentou maior concentração no ponto 13 ($0,36 \text{ cmol} \cdot \text{dm}^{-3}$) e a classe textural arenosa foi a maior em expressão nos valores. Esse comportamento deve-se, ao aumento do intemperismo, principalmente em condições tropicais, devido a mobilidade do potássio que mantém-se em solução.(Gráfico 9)

Gráfico 9- Potássio agrupado por classe textural.

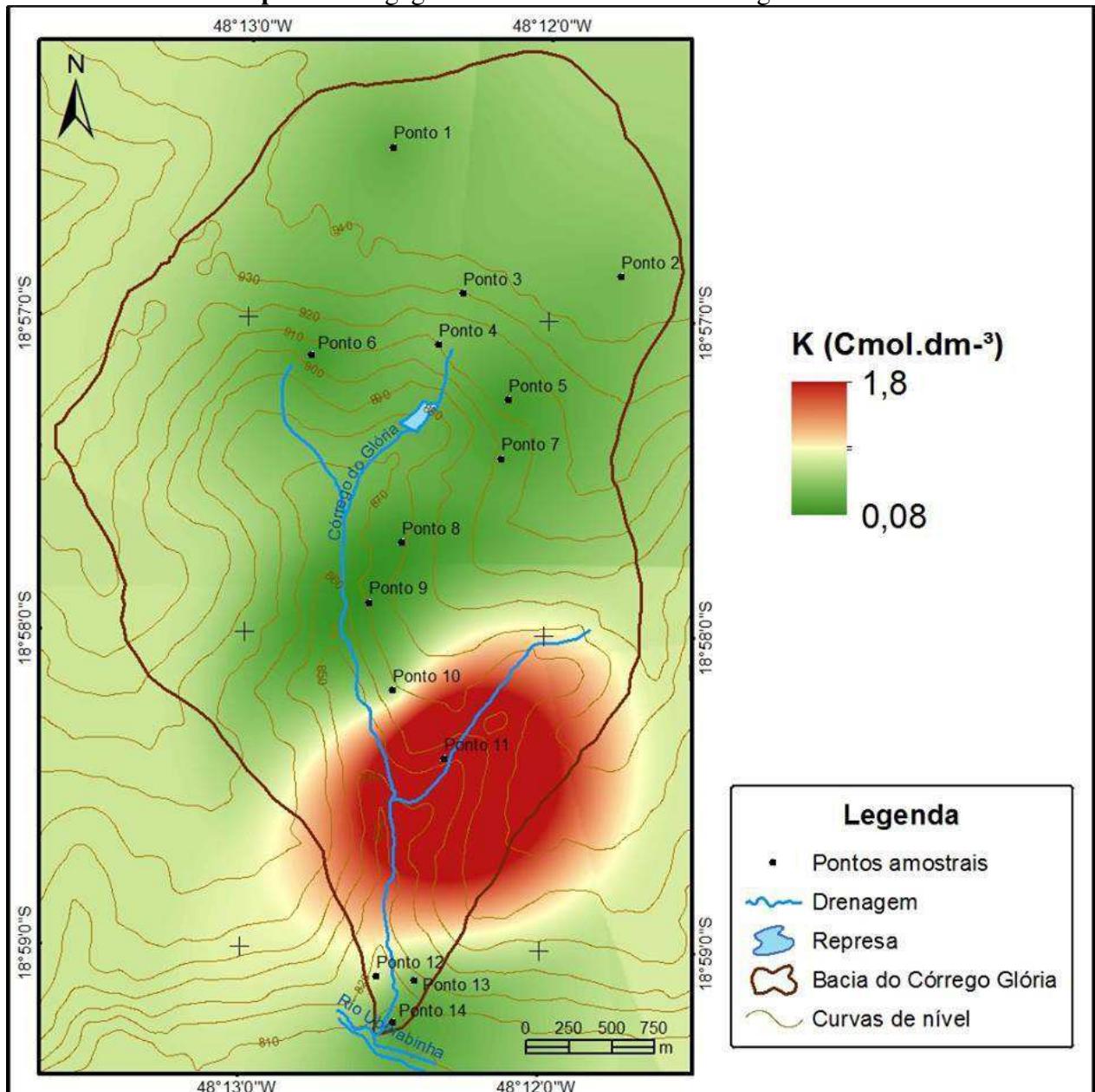


Org: o autor, 2016.

O pH mais elevado dos materiais superficiais favorece a troca de cátions e o aumento dos teores de K^+ . Na área em estudo pode-se constatar que, mesmo não recebendo qualquer adubação ou correção de acidez (área de vegetação), os valores de cátions trocáveis foram elevados e nas cotas entre 920m e 850m os teores foram medianos.(Mapa 13)

Na medida em que as áreas passam a ser cultivadas, essas diferenças podem interferir no manejo da adubação. Os teores mais elevados de K^+ foram constatados no ponto 11 (tabela 4 e mapa 13); porém, não foi detectada dependência espacial, o que pode ser explicado pelo intemperismo dos materiais primários, haja vista que este elemento apresenta alta mobilidade que facilita seu transporte com o fluxo de água acarretando em características químicas diferenciadas na área.

Mapa 13 - Krigagem do Potássio na bacia hidrográfica.



Org.: o autor, 2016.

Os resultados obtidos a partir da análise granulométrica das amostras coletadas na bacia hidrográfica são apresentadas na Tabela 5.

Tabela 5 - Resultado da análise textural

Pontos	Profundidade		
	0-10 cm	0-10 cm	0-10 cm
	Areia %	Argila %	Silte %
1	40,0	48,4	11,6
2	45,0	48,0	7,0
3	68,0	34,5	2,70
4	19,8	70,2	10,0
5	35,0	41,6	23,4
6	45,0	35,2	19,8
7	7,0	90,0	3,00
8	40,0	57,3	2,7
9	19,8	74,74	25,26
10	45,0	30,10	24,9
11	80,0	13,62	6,38
12	30,0	45,22	24,78
13	60,0	38,54	1,46
14	40,0	36,88	23,12

Org. Autor, 2016.

A maior parte dos pontos analisados apresentou classe textural média, com alguma variação. Mas predominância de maior % argila. Em média apresentaram valores de areia em torno de 40% e argila em torno de 30%. A predominância da fração areia indica alta permeabilidade ao material superficial.

As observações realizadas com as tradagens e os resultados da tabela 5, demonstram que estes materiais superficiais são bem evoluídos, muito profundos, apresentando horizonte “A” e “B”, sendo que o limite do inferior do horizonte “B” não pode ser observado, em função da grande espessura desenvolvidas.

De acordo com esses resultados pode-se inferir que tais comportamentos, deve-se a composição de um conjunto de partículas individuais que estão interligadas em condições naturais, característica, devido grande parte das reações ocorrerem no sistema dos materiais superficiais, atribuídos como fenômenos de superfície.

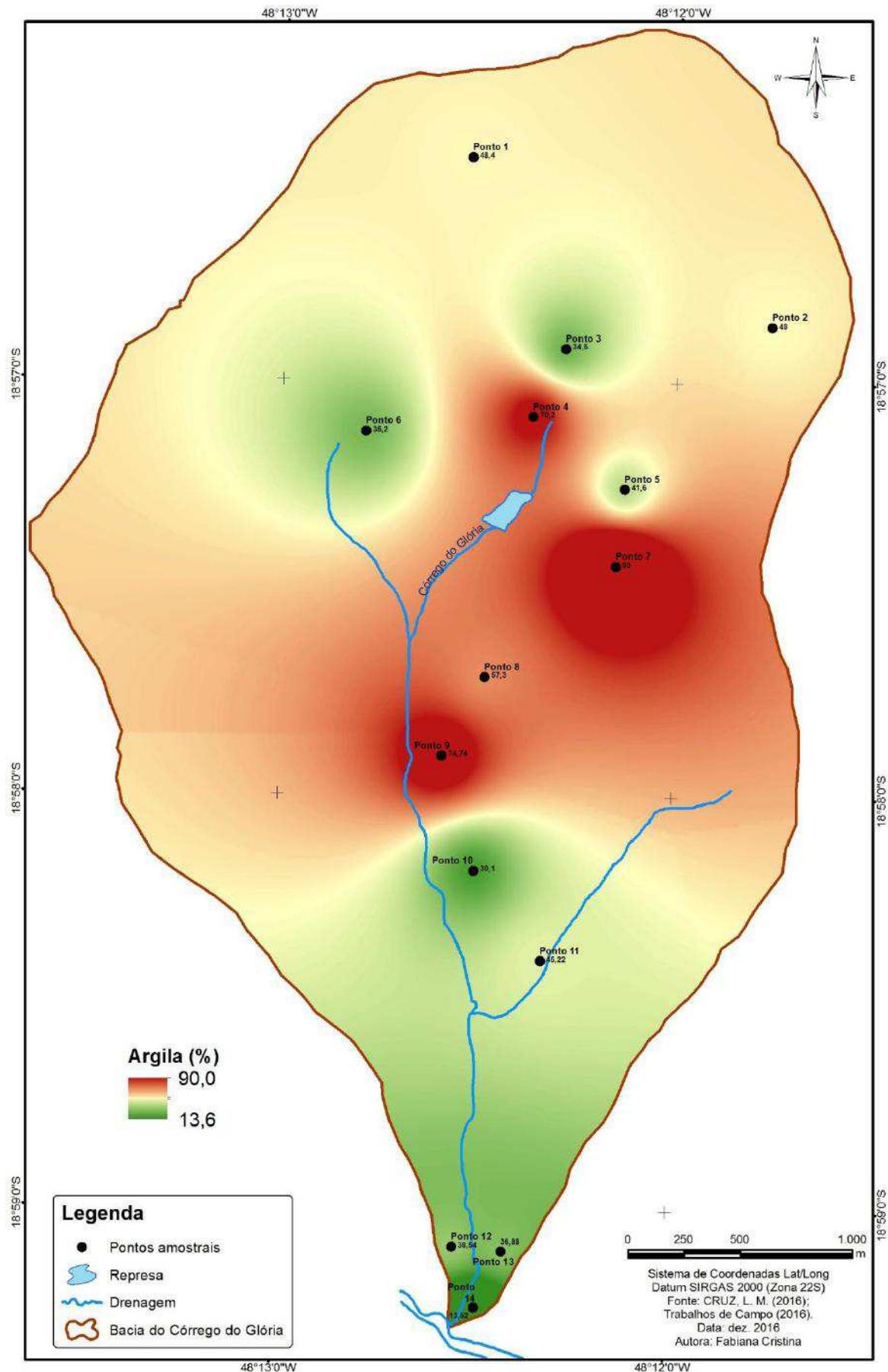
O maior alcance foi observado para argila (54,6%) Mapa 14. Isso demonstra que este atributo, dentre os atributos que compõem a textura dos materiais superficiais, é o que apresenta menor variabilidade e maior continuidade espacial, garantindo melhor precisão nas

estimativas em locais não amostrados. Uma das possíveis causas desta continuidade pode estar associada ao material de origem e ação do processo de intemperismo, sendo o relevo levemente ondulado.

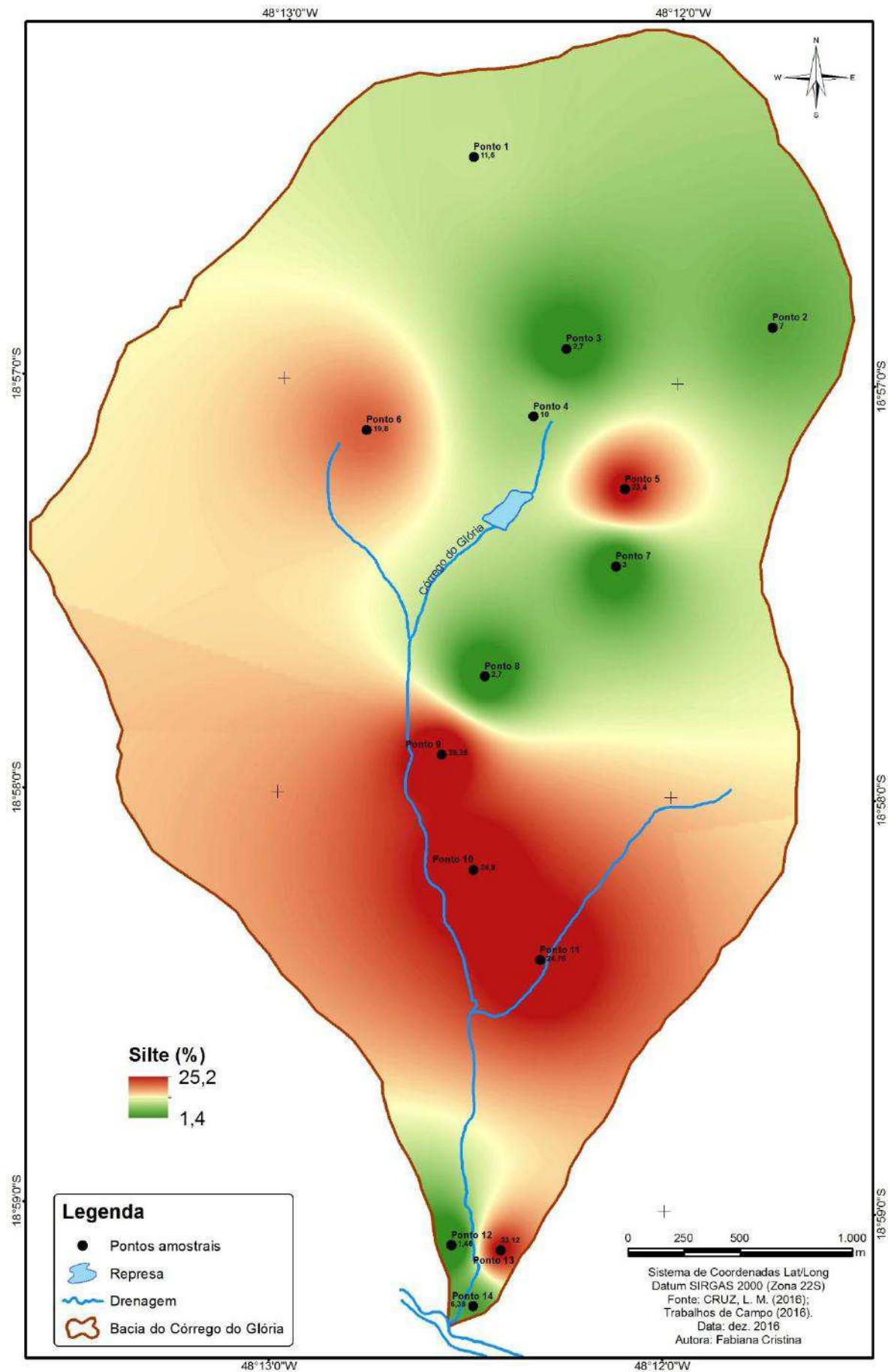
A relação silte/argila, apresentou variação regular (Mapa 15); em geral aqueles que apresentaram valores menores indicaram maiores graus de intemperismo.

Já os teores de areia tenderam a ser maiores nas cotas entre 920m e 850m, quando comparados aos demais, comportamento esse, devido a influência do substrato geológico, uma vez que a declividade e o fator topografia não são expressivos a ponto de transportar a partículas finas das partes mais altas (Mapa 16).

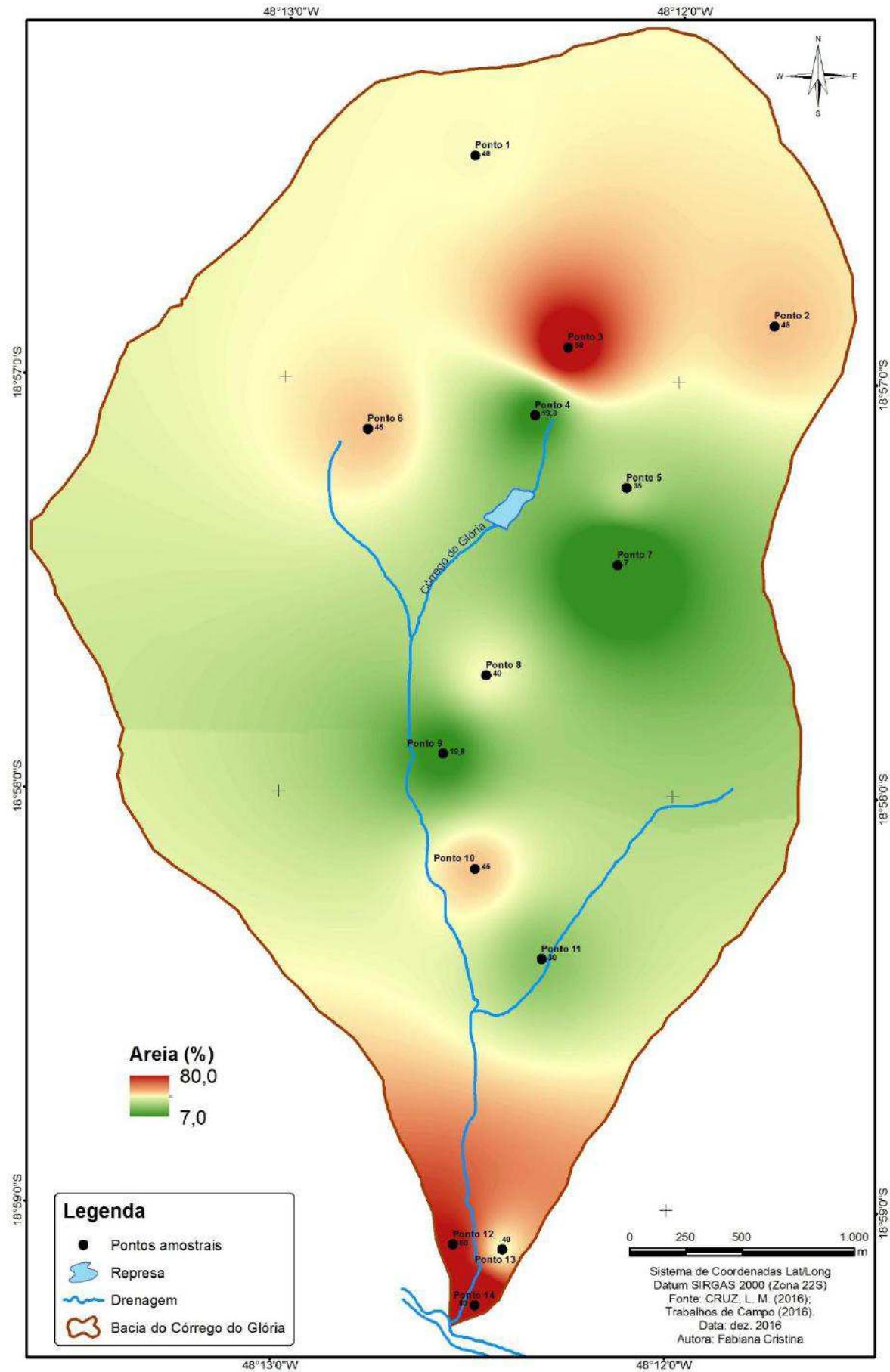
Mapa 14 - Distribuição espacial da argila na bacia hidrográfica.



Mapa 15 - Distribuição espacial de silte na bacia hidrográfica.



Mapa 16 - Distribuição espacial de areia na bacia hidrográfica.

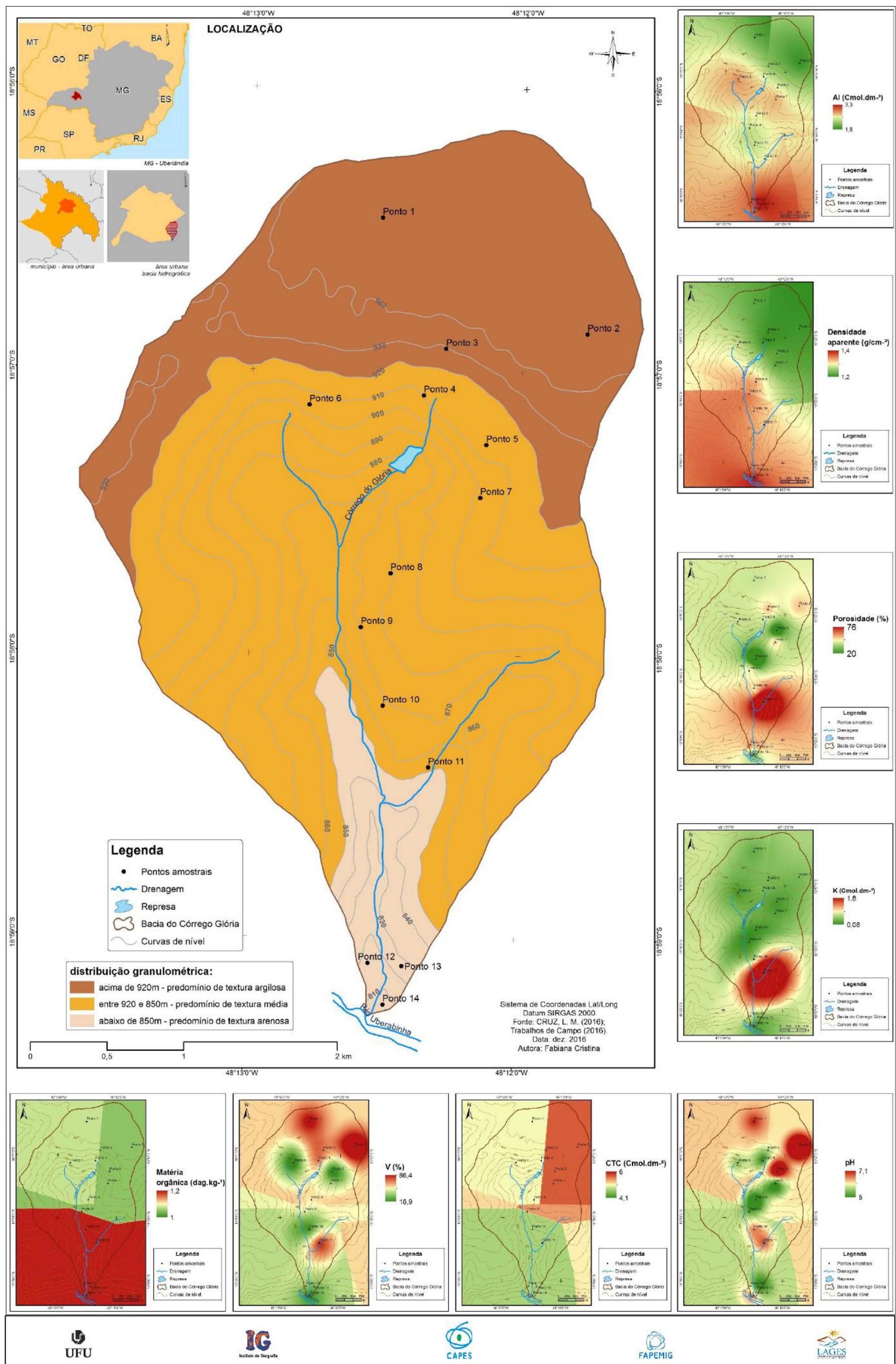


4.1.5 Mapa exploratório da bacia hidrográfica do Córrego do Glória

Diante do exposto, apresenta-se o Mapa Exploratório da Bacia hidrográfica do Córrego do Glória, o qual demonstra a espacialização dos pontos amostrais em relação a granulometria, além dos atributos físico-químicos representados por mapas periféricos (Mapa 17).

Mapa 17:**Mapa Exploratório da bacia hidrográfica do Córrego do Glória**

MAPA EXPLORATÓRIO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO DO GLÓRIA



4.2 Escala de abordagem da vertente sob cerrado em estágio de recuperação na Bacia hidrográfica do Córrego do Glória.

A área de estudo em que as amostras foram coletadas, localiza-se na Fazenda Experimental do Glória, inseridas no polígono cujas coordenadas em UTM são longitude 794137.81 E, latitude 7900048.55 S; longitude 794256.79 E, latitude 789898.79 S; longitude 794254.32 E, latitude 7900019.93 S; longitude 794050.39 E, 7899977.63 S fuso 22, Datum WGS 84 a uma altitude de 850 e 860 metros, presentes na bacia hidrográfica do Córrego do Glória, afluente da margem direita do Rio Uberabinha e subafluente do rio Araguari. Esta está no município de Uberlândia – MG sendo propriedade da Universidade Federal de Uberlândia. (Mapa 18)

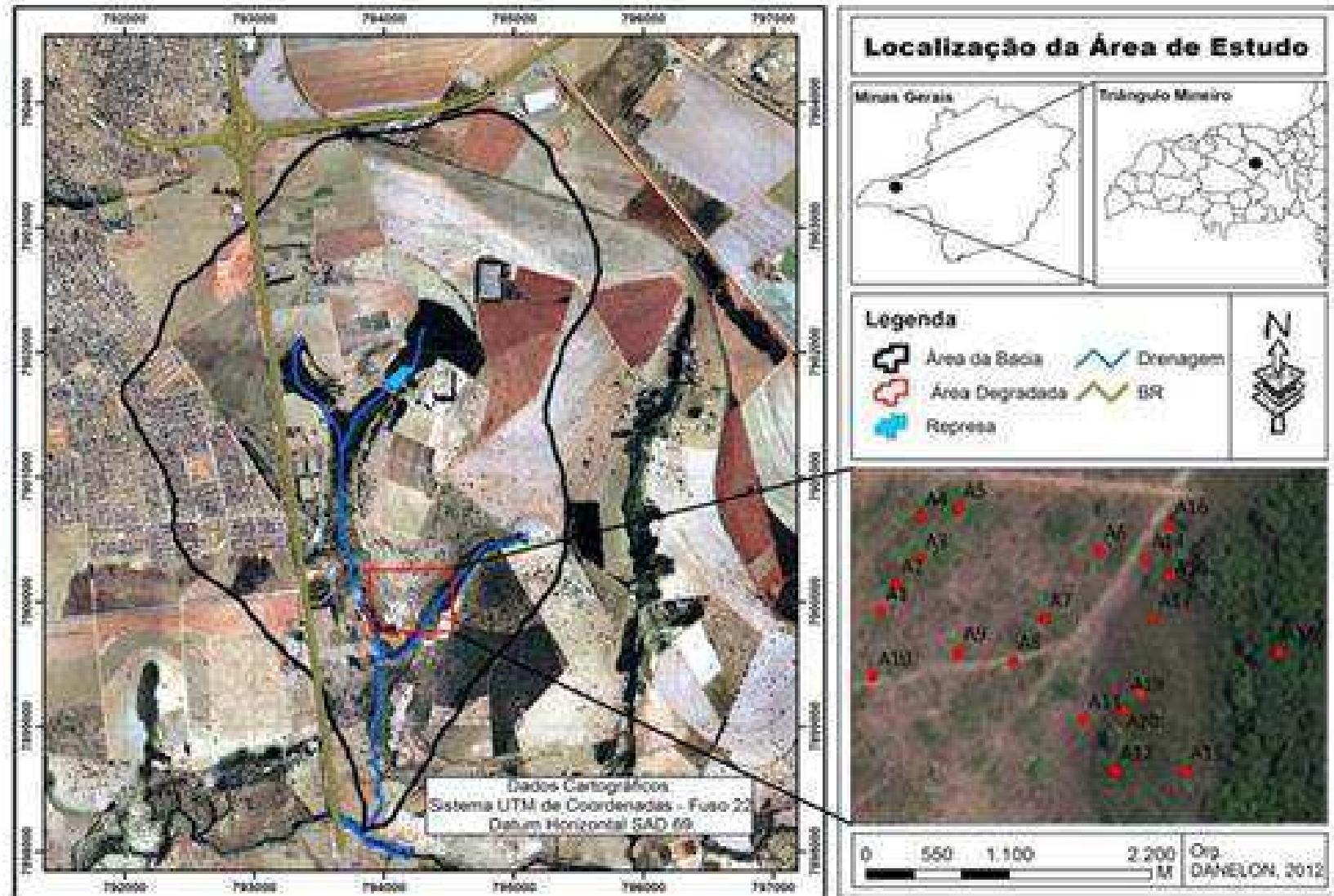
Para tanto realizou-se um estudo de amostras de materiais superficiais em 20 pontos amostrais na profundidades de 0-10cm, localizadas numa pequena vertente da Bacia Hidrográfica do Córrego do Glória, sob Cerrado em estágio de recuperação a fim de analisar seus atributos físicos-químicos.

Dentro dessa perspectiva, este estudo se justifica tendo em vista a importância de conhecer e caracterizar o comportamento físico-químico de vegetações de cerrado em estágio de recuperação, uma vez que essa abordagem, para fins referenciais são úteis na tarefa de avaliação de impactos ambientais.

Torna-se assim, um instrumento importante nas funções de controle de áreas destinadas à proteção ambiental

No caso do Cerrado mineiro, especialmente, entende-se como de suma importância avaliar a distribuição e relação desses atributos sob influência do relevo, de uma pequena vertente em ambiente de cerrado a fim de caracterizá-la como área de referência natural e compreender a relação material superficial-paisagem.

Mapa 17 - Localização dos pontos amostrais na vertente em sob cerrado me estágio de recuperação, na bacia hidrográfica do Córrego do Glória.



Fonte: Danelon, 2012

4.2.1 Análise dos atributos físicos para escala de abordagem da vertente

Os valores de densidade aparente, porosidade total e matéria orgânica avaliados encontram-se sumariados na tabela 16.

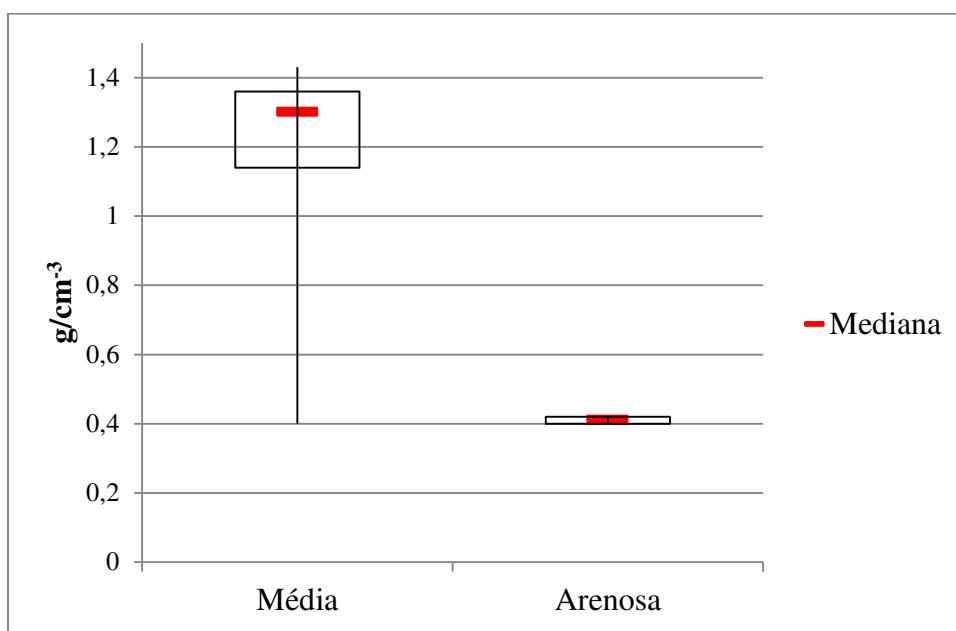
Tabela 6 - Resultados de Densidade aparente, Porosidade total e Matéria orgânica.

Pontos	Profundidade		
	0-10 cm	0-10 cm	0-10 cm
1	1,38	44,57	2,0
2	1,30	47,82	2,0
3	1,32	51,88	2,1
4	1,43	42,84	2,0
5	1,30	47,74	2,0
6	1,30	47,8	2,0
7	1,30	48,16	2,0
8	1,42	43,46	2,0
9	1,41	43,13	2,0
10	1,36	46,25	2,0
11	1,14	54,91	2,2
12	1,16	54,23	2,3
13	1,12	56,69	2,0
14	1,14	54,78	2,0
15	1,14	54,71	2,2
16	0,40	81,52	2,3
17	0,42	80,61	2,4
18	0,42	80,35	2,4
19	0,40	81,63	2,5
20	0,41	81,18	2,5

Org: o autor, 2016.

Através dos dados obtidos verificou-se que houve diferença considerável entre os resultados de densidade aparente nas duas classes texturais, justificado pela grande quantidade de matéria orgânica que é responsável pela diminuição da densidade aparente na textura arenosa. (Gráfico 10)

Gráfico 10 - Densidade aparente agrupada por classe textural na vertente.

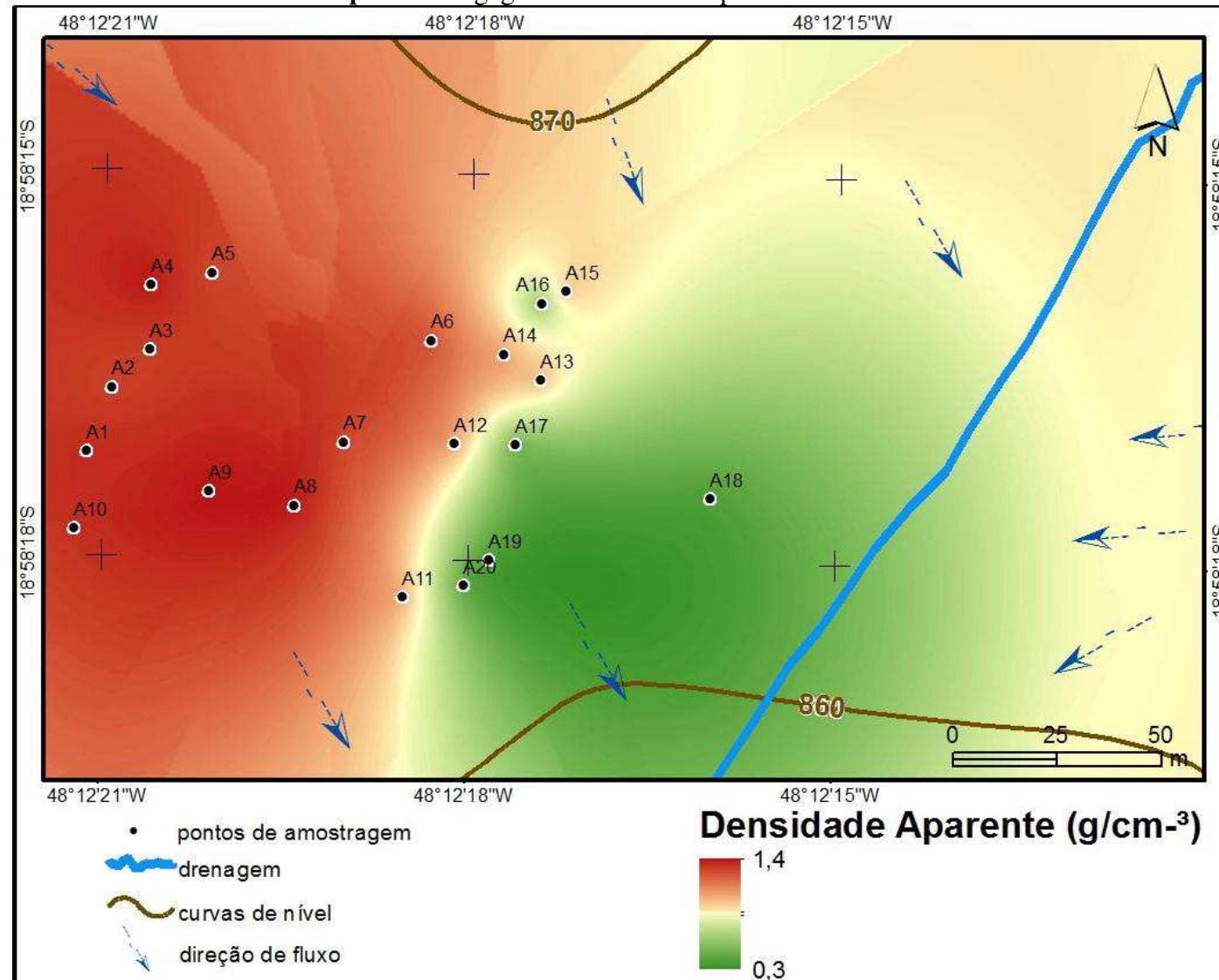


Org: o autor, 2016.

Valores críticos de Densidade Aparente para algumas classes texturais, propostos por Reinert e Reichert (2001) são de aproximadamente $1,30$ a $1,40$ $\text{kg} \cdot \text{dm}^{-3}$ para solos com horizonte de textura argilosa, de $1,40$ a $1,50$ $\text{kg} \cdot \text{dm}^{-3}$ para horizonte de textura franco - argilosa e de $1,70$ a $1,80$ $\text{kg} \cdot \text{dm}^{-3}$ para textura franco - arenosa, ou seja, para as condições texturais encontradas na unidade experimental deste trabalho, os valores de Densidade Aparente estão bem abaixo dos níveis críticos, uma vez que a análise trata-se da caracterização do Cerrado, cuja área, está em estágio de recuperação. As variações nos valores estão relacionadas ao tamanho e ao arranjo das partículas de areia e argila.

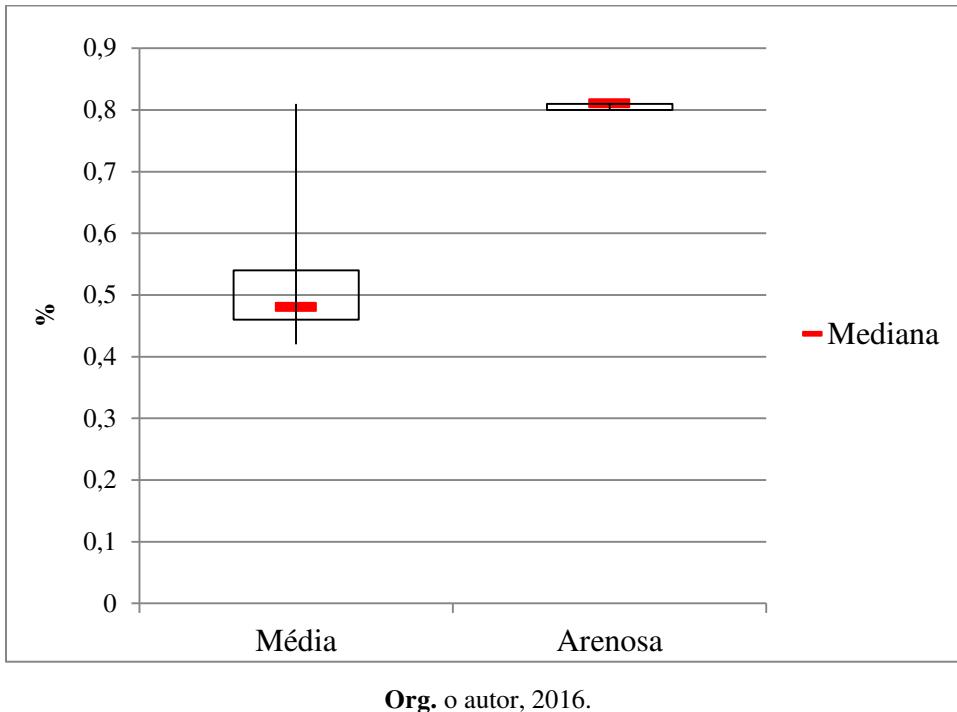
No Mapa 19 pode ser observado o sentido preferencial do fluxo de água na área, indicado pelas setas. No microrrelevo parte da água é transportada da cota mais alta de 870m para cota mais baixa de 860m convergindo para o córrego. O fluxo de água (convergência e divergência) está relacionado com a inclinação e curvatura da área, causando variações nos atributos dos materiais superficiais. Desta forma observa-se que menores valores da densidade na parte baixa, relacionado também a ocorrência de área úmida e textura arenosa.

Mapa 18 - Krigagem de densidade aparente na vertente.



Pode-se considerar que os valores de Porosidade Total demonstraram o mesmo padrão de diferenciação entre as classes texturais médias e arenosa, cujo, valores maiores (ponto 16; 81%) foram encontrados na classe arenosa, refletindo seu caráter menos denso e menos coeso (Gráfico 11).

Gráfico 11 - Porosidade total agrupada por classe textural na vertente.



Observou-se que os materiais superficiais, localizados na porção superior da vertente cota 870m são melhores drenados, apresentam menores valores, enquanto que na cota 850m obtiveram valores mais altos. Esta observação esta relacionada a diminuição dos valores de densidade aparente, que ocorre de forma inversa, ou seja com menores valores nas amostras de baixas da vertente (Mapa 20).

Neste sentido observa-se relação inversa entre os parâmetros de Densidade Aparente e a Porosidade Total. Esta associação, em menor escala, também tem relação com a textura destes materiais, que apesar de grande conteúdo de areia, possuem diferenciação em relação, nos materiais de textura média.

Mapa 19 - Krigagem de porosidade total na vertente.

