UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE

ESCOLA DE ENGENHARIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE BIOSSISTEMAS

JOSÉ CARLOS TEIXEIRA JUNIOR

ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DOS SOLOS DE UMA VERTENTE EM MORROS REBAIXADOS SOB DIFERENTES COBERTURAS VEGETAIS

Niterói, RJ
2015

JOSÉ CARLOS TEIXEIRA JUNIOR

ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DOS SOLOS DE UMA VERTENTE EM MORRO REBAIXADO SOB DIFERENTES COBERTURAS VEGETAIS

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Engenharia e Biossistemas da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial a obtenção de título de Mestre em Engenharia de Biossistemas. Área de concentração Recursos Naturais e Ambiente. Linha de Pesquisa: Sistemas Agrícolas e Ambientais

Orientador: Prof. Dr. Carlos Rodrigues Pereira
Coorientação: Dr. Ademir Fontana

Niterói, RJ
2015

T266 Teixeira Junior, José Carlos
Análise físico-química dos solos de uma vertente em morro rebaixado sob diferentes coberturas vegetai / José Carlos Teixeira Junior. – Niterói, RJ : [s.n.], 2015.
73 f.

Dissertação (Curso de Engenharia de Biossistemas) – Universidade Federal Fluminense. Escola de Engenharia, 2015.
Orientadores: Carlos Rodrigues Pereira, Ademir Fontana.

1. Solo. 2. Degradação. 3. Reflorestamento. 4. Latossolo. I. Título.

CDD 631.4

JOSÉ CARLOS TEIXEIRA JUNIOR

ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DOS SOLOS DE UMA VERTENTE EM MORRO REBAIXADO SOB DIFERENTES COBERTURAS VEGETAIS

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Engenharia e Biossistemas da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial a obtenção de título de Mestre em Engenharia de Biossistemas. Área de concentração Recursos Naturais e Ambiente. Linha de Pesquisa: Sistemas Agrícolas e Ambientais

Aprovada em 07 de agosto de 2015.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Carlos Rodrigues Pereira, D.Sc., Universidade Federal Fluminense -Orientador -

---

Prof. Dr. Carlos Rodrigues Pereira
UFF - Universidade Federal Fluminense

Profª. Cristina Moll Hüther, D.Sc., Universidade Federal Fluminense

---

Profª. Drª. Cristina Moll Hüther
UFF - Universidade Federal Fluminense

Prof. Carlos Domingos da Silva, D.Sc.,Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro–

Prof. Dr. Carlos Domingos da Silva
UFRRJ - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Niterói, RJ
2015

AGRADECIMENTOS

Primeiramente quero agradecer a Deus que me capacitou para concluir esse trabalho, me deu saúde e me guiou por todo a minha vida.

Agradeço aos meus pais Sr. José Carlos Teixeira e Sra. Cleide Athayde Teixeira pelo apoio, carinho e incentivo dado durante todo esses anos.

A minha Esposa Camila Da Silva Guimarães Teixeira, que durante toda execução me incentivou pacientemente, com todo carinho e amor de sempre.

Aos queridos amigos Pedro José Farias Fernandes, Jémisson Mattos e Marcelo Wermelinger Lemes, que demonstraram amizade verdadeira, que abdicaram do seu próprio tempo para me ajudar em todos os processos de formação dessa dissertação.

Agradeço ao Sr. Benedicto Fonseca Moreira, ao Sr. Laufranio Coelho Costa e ao Sr. Sidval de Oliveira Lério (Dico), pela autorização do estudo da área na Fazenda Santo Antônio do Maratuã no município de Silva Jardim.

Aos amigos que foram imprescindíveis no trabalho de campo, pelo apoio, por disponibilizar tempo para me acompanhar. Agradeço ao Marcelo Wermelinger Lemes, Hugo Machado Rodrigues, Gabriel dos Santos Merat, Cristina Moll Hüther, vocês foram fundamentais para realização desse trabalho.

Quero agradecer a EMBRAPA SOLOS por me receber de braços abertos. Em especial ao apoio dado pelo Evaldo De Paiva Lima, ao Ademir Fontana e toda equipe dos laboratórios de física e química do solo.

Especialmente agradeço a orientação dada pelo Professor Dr. Carlos Rodrigues Pereira e a Co-orientação do Dr. Ademir Fontana, por depositar confiança em minha dissertação, e por todo apoio dado na minha formação profissional.

Agradeço por tudo já citado anteriormente e principalmente a todos os Mestres que já passaram por minha vida, que foram fundamentais na minha formação como ser humano e profissional.

“Não adianta olhar do céu com muita fé e pouca luta...”

Gabriel O Pensador

RESUMO

O objetivo geral foi comparar os parâmetros físico-químicos de solos sob reflorestamento recente e pastagem degradada em uma vertente inserida em um setor dos morros rebaixados, na unidade de gestão do Santo Antônio do Maratuã, no município de Silva Jardim (RJ). Buscou-se, especificamente, identificar as espécies vegetais presentes nas diferentes coberturas, fazer a descrição morfológica dos perfis e caracterizar os parâmetros físico-químicos dos solos da vertente sob diferentes coberturas vegetais, analisar os indicadores de degradação dos solos para as duas coberturas vegetais. Abriu-se perfis de solo em quatro pontos da vertente de um morro rebaixado para cada cobertura vegetal, resultando em 8 pontos (4 em pastagem e 4 em floresta). Foram coletadas amostras indeformadas em cada horizonte para análise de densidade do solo, densidade de partículas e porosidade total com auxílio de um trado de manopla curta e anel volumétrico de 100 cm^3. E para as demais análises foram coletadas amostras deformadas (análise química total e granulometria). Sobre a vegetação na área de pastagem, percebe-se espécies *como Solanum sisymbriifolium* e *Sida spp.*, geralmente estão presentes quando o solo está ácido, compactado e em muitos casos salino. Na área de floresta (reflorestamento recente), notou-se locais com clareiras, e em certas situações a sucessão ecológica ainda não foi totalmente completada dentro dessa área. Pela descrição dos perfis e análises químicas, os solos foram classificados como Latossolo Amarelo distrófico. Os valores de matéria orgânica obtidos indicaram uma considerável quantidade nos perfis, entretanto os valores são muito próximos para as duas coberturas. Sobre a variação da porosidade total e densidade do solo, os valores não permitiram estabelecer diferenças para as duas coberturas, entretanto, notou-se que os solos estão compactados. Sobre o pH, não há diferença por cobertura, e notou-se o caráter ácido dos solos. Sobre o valor V (saturação por bases), os solos são distróficos e/ou álicos, apenas em um horizonte ele é eutrófico, que é o horizonte A do perfil 7 meia encosta baixa da floresta (valor V de 60%), porém o horizonte B deste perfil é distrófico (valor V de 33%) que é diagnóstico de solo distrófico. Os solos de floresta apresentaram valor V maiores em todos os perfis (comparando setor por setor da vertente, e horizonte por horizonte), mostrando que a floresta recente possui maior fertilidade (inclusive o único horizonte eutrófico). Conclui-se que os solos da área estão degradados, e que o reflorestamento recente não melhora totalmente o estado de degradação do solo, necessitando de algum tempo para o desenvolvimento da floresta, e aplicação do manejo adequado, para que o solo recupere sua qualidade com o tempo.

Palavras-chave: Degradação do solo, Latossolo, reflorestamento.

ABSTRACT

The overall objective was to compare the physical and chemical parameters of soils under recent reforestation and degraded pasture inserted in a slope on a sector of lowered hills, in the management unit of Santo Antônio do Maratuã in the municipality of Silva Jardim (RJ). The specifics aims were to identify the plant species present in different coverages, make the morphological description of the profiles and characterize the physical and chemical parameters of the slope of the soils under different vegetation cover, analyze the indicators of land degradation. Soil profiles were opened on four points of a downgraded hill under each vegetation cover resulting in 8 points (4 for pasture and 4 for forest). Undisturbed samples were collected from each horizon for bulk density analysis, particle density and total porosity. And for the other analisys disturbed samples were collected (total chemical analysis and grain size). On pasture area, it is possible to see species such as *Solanum sisymbriifolium* and *Sida spp*., they are usually present when the soil is acid, compacted and in many cases saline. On forest area (recent reforestation), there is places with clearings, and in certain situations, the ecological succession has not been fully completed. The description of profiles and chemical analysis, allowed to classify the soils as Yellow dystrophic oxisol. The values of organic matter obtained indicated a considerable amount in the profile, however these values were very similar for both vegetation covers. About the variation of the porosity and bulk density, the values could not differentiate the two vegetation covers, however, it was noticed soil compaction for all profiles. About pH, there was no difference for the two covers, and it was noticed the soil acidic character. About V value (base saturation), soils are dystrophic and/or alic, only a horizon is eutrophic, which is the horizon of the profile 7 middle-low slope on forest (V value of 60%), but B horizon in this profile is dystrophic (V value of 33%) that is diagnostic of a dystrophic soil. Forest soils had higher V value in all profiles (comparing slope sector by slope sector, and horizon by horizon), showing that the recent forest has higher fertility (and included the only one eutrophic horizon). It was concluded that the soils are degraded, and that the recent reforestation not fully improves the state of soil degradation, needing some time to vegetation development, and application of appropriate management for soil quality recovering with time.

Keywords: Soil degradation, oxisol, reforestation.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO, p. 12

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA, p. 14

2.1. CONCEITOS BÁSICOS SOBRE SOLOS, p. 14

2.2. RELAÇÕES ENTRE SOLO E RELEVO, p. 15

2.3. PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DO SOLO E SUA RELAÇÃO COM A DEGRADAÇÃO PEDOLÓGICA, p. 17

3. ÁREA DE ESTUDO, p. 22

4. MATERIAS E MÉTODOS, p. 30

4.1. COLETA DE AMOSTRAS, p. 30

4.2. DESCRIÇÃO DOS PERFIS, p. 31

4.3. ANÁLISES LABORATORIAIS, p. 32

4.3.1. Análises químicas, p. 32

4.3.1.1. Valor S, T, V% E M, p. 33

4.3.1.2. Carbono orgânico, p. 33

4.3.1.3. PH (Água E KCL), p. 33

4.3.2. Análises físicas, p. 33

4.3.2.1. Análise Granulométrica, p. 34

4.3.2.2. Argila dispersa em água, p. 34

4.3.2.3. Densidade do solo (DS), p. 35

4.3.2.4. Densidade das partículas (DP), p. 35

4.3.2.5. Volume total de poros (VTP), p. 35

4.4. COLETA E ANÁLISE DOS DADOS DA VEGETAÇÃO, p. 35

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES, p. 36

5.1. DESCRIÇÃO DA VEGETAÇÃO NAS ÁREAS DE PASTO E DE FLORESTA, p. 36

5.2. DESCRIÇÃO DOS PERFIS, p. 43

5.2.1. Perfil 1 topo encosta - pasto, p. 43

5.2.2. PERFIL 2 MEIA ENCOSTA ALTA - PASTO, p. 44

5.2.3. PERFIL 3 MEIA ENCOSTA BAIXA - PASTO, p. 46

5.2.4. PERFIL 4 BAIXA ENCOSTA - PASTO, p. 47

5.2.5. PERFIL 5 TOPO - FLORESTA, p. 48

5.2.6. PERFIL 6 MEIA ENCOSTA ALTA - FLORESTA, p. 49
5.2.7. PERFIL 7 MEIA ENCOSTA BAIXA – FLORESTA, p. 51
5.2.8. PERFIL 8 BAIXA ENCOSTA - FLORESTA, p. 52
5.3. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA, p. 53
5.3.1. Perfil 1 topo encosta - pasto, p. 53
5.3.2. Perfil 2 meia encosta alta - pasto, p. 54
5.3.3. Perfil 3 meia encosta baixa - pasto, p. 55
5.3.4. Perfil 4 baixa encosta - pasto, p. 56
5.3.5. Perfil 5 topo - floresta, p. 58
5.3.6. Perfil 6 média encosta alta – floresta, p. 59
5.3.7. Perfil 7 meia encosta baixa - floresta, p. 60
5.3.8. Perfil 8 baixa encosta - floresta, p. 61
5.4. INDICADORES DE DEGRADAÇÃO DO SOLO, p. 62
6. CONCLUSÕES, p. 70
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS, p. 71

LISTA DE FIGURAS

Fig. 1 Modelo de como a geomorfologia influencia o solo, p. 16

Fig. 2 Mapa de localização da área de estudo, p. 23

Fig. 3 Mapa de uso e cobertura do solo da unidade de gestão Santo Antônio do Maratuã, p. 24

Fig. 4 Mapa Geológico da unidade de gestão Santo Antônio do Maratuã, p. 26

Fig. 5 Mapa de Geomorfológico da Unidade de Gestão Santo Antônio do Maratuã, p. 27

Fig. 6 Mapa de Solos da unidade de gestão do Santo Antônio do Maratuã, p. 29

Fig. 7 Coleta de pontos na vertente. T= Topo, MEA= Meia Encosta Alta, MEB = Meia Encosta Baixa, BE = Base da Encosta, p. 30

Fig. 8 A) Trado de manopla curta e anel de Koppec de 5 cm; (B) Anel e trado com mesmo raio sendo encaixados; (C) Encaixe perfeito entre anel e trado; (D) Procedimento de coleta horizontal, p. 31

Fig. 9 Demonstração das duas áreas de estudo, p. 36

Fig. 10 Demonstração das duas áreas de estudo, p. 37

Fig. 11 Vista geral da encosta na área 1, p. 38

Fig. 12 Vista geral da área de amostragem número 1 com espécies remanescentes da vegetação nativa, p. 38

Fig. 13 Área 1 contendo espécies *Axonopus compressus* e *Solanum sisymbriifolium*, p. 39

Fig. 14 Área 1 contendo representantes do Filo Pterophyta e a espécie *Axonopus compressus*, p. 40

Fig. 15 Vista geral da área 2, inclusive com presença de epífitas, p. 40

Fig. 16 Área 2 com a presença de *Miconia cinnamomifolia* (DC.) *Naudin e*: Representante do Gênero *Cocos*, entre outras espécies na área 2, p. 41

Fig. 17 Área 2 com representante do Filo Pterophyta, p. 42

Fig. 18 Área 2 com presença de árvores que apresentaram queda, p. 42

Fig. 19 Locais na área 2 em que a sucessão ecológica ainda não se completou, p. 43

Fig. 20 Perfil 1 Topo Encosta Pasto para coleta de material, p. 44

Fig. 21 Perfil 2, Meia Encosta Alta - Pasto, para coleta de material, p. 45

Fig. 22 Perfil 3, Meia Encosta Baixa - Pasto, para coleta de material, p. 46

Fig. 23 Perfil 4, Baixa Encosta Pasto, para coleta de material, p. 48
Fig. 24 Perfil 5, Topo Floresta, para coleta de material, p. 49
Fig. 25 Perfil 5, Topo Floresta, para coleta de material, p. 50
Fig. 26 Perfil 7, Topo Floresta, para coleta de material, p. 51
Fig. 27 Perfil 6, Baixa Encosta - Floresta, para coleta de material, p. 52
Fig. 28 Variação da matéria orgânica por horizonte, p. 64
Fig. 29 Variação do volume total de poros por horizonte, p. 65
Fig. 30 Variação da densidade do solo por horizonte, p. 66
Fig. 31 Variação do pH por horizonte, p. 67
Fig. 32 Variação do valor V (saturação por bases) por horizonte, p. 69

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 Análises. Perfil Topo – Pasto, p. 54

Quadro 2 Análises. Perfil Meia Encosta Alta – Pasto, p. 55

Quadro 3 Análises. Perfil Meia Encosta Baixa – Pasto, p. 56

Quadro 4 Análises. Perfil Baixa Encosta – Pasto, p. 57

Quadro 5 Análises. Perfil Topo – Floresta, p. 58

Quadro 6 Análises. Perfil Média Encosta Alta – Floresta, p. 59

Quadro 7 Análises. Perfil Meia Encosta Baixa – Floresta, p. 60

Quadro 8 Análises. Baixa Encosta – Floresta, p. 61

1. INTRODUÇÃO

Solo, de maneira geral, é definido como uma camada de terra arável com vida microbiana (GUERRA; GUERRA, 2008) e é um recurso básico no suporte de toda a cobertura vegetal terrestre (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2012). Portanto, além de servir como base para a agricultura, o solo é importante para a regulação do abastecimento d'água, reciclagem de matéria-prima, troca gasosa com a atmosfera, servir como hábitat para seres vivos e conservação ambiental, entre outras inúmeras utilizações (BRADY; WEIL, 2013).

Apesar de tal importância, o solo é um recurso mal avaliado (ARAUJO et al., 2009). Por isso, estudos sobre avaliação, conservação e degradação dos solos são necessários para a manutenção de sua qualidade, ou para sua recuperação, caso esteja degradado. Desse modo, o manejo do solo impactará diretamente nos seus parâmetros físicos e químicos, que servem como indicadores de seu estado de degradação (ou de sua qualidade).

O manejo e os impactos ambientais estão relacionados com a cobertura vegetal. Um exemplo disso é dado pelo fato da Equação Universal de Perda do Solo incluir uma variável relacionada com a cobertura da terra (WISCHMEIER; SMITH, 1978). O tipo de cobertura vegetal também influencia os parâmetros físicos e químicos do solo (assim como o material de origem, o clima, relevo, tempo e ação dos seres vivos). Por isso, o reflorestamento é indicado com uma das medidas para a recuperação de áreas degradadas (ARAUJO et al., 2009).

O reflorestamento aumenta o teor de matéria orgânica do solo, porosidade total, e a capacidade de armazenamento de água, e ainda melhora a densidade do solo, servindo como redutor da erosão em áreas degradadas (KORKANÇ, 2014). Quanto aos parâmetros químicos, o desmatamento diminui o teor de C e N orgânicos no solo e da biomassa microbiana (AN et al., 2008), assim como pode reduzir o teor de nutrientes do solo e a saturação por bases (MELLONI et al., 2008).

Entretanto, apesar da literatura possuir vários estudos que comparam o efeito do tipo de vegetação nas propriedades do solo, são poucas pesquisas que investigam os efeitos do reflorestamento recente nas propriedades do solo, como por exemplo, os efeitos nas propriedades hidráulicas (ZHAO et al., 2014). Além disso, estudos que avaliem as propriedades do solo em área de cobertura de reflorestamento recente feito em uma antiga pastagem degradada são fundamentais para o entendimento do comportamento do solo em um

curto período de tempo, e servem como suporte para a aplicação de técnicas de recuperação ambiental e/ou fertilidade do solo.

Portanto, admite-se como hipótese que solos degradados sob cobertura de reflorestamento recente possuem parâmetros físico-químicos diferentes em relação aos solos degradados sem reflorestamento (p. ex., pastagem degradada), assim como possuem melhores indicadores físico-químicos em relação a sua qualidade e degradação, mesmo em curto prazo de tempo.

Assim, o objetivo geral foi comparar os parâmetros físico-químicos de solos sob reflorestamento recente e pastagem degradada em uma vertente inserida em um setor dos morros rebaixados, na unidade de gestão do Santo Antônio do Maratuã, no município de Silva Jardim (RJ). Além de gerar subsídios para pesquisas futuras que analisem o comportamento do solo em áreas de reflorestamento recente.

Para atingir tal objetivo geral, os seguintes objetivos específicos foram:

a) Identificar as espécies vegetais presentes nas diferentes coberturas.

b) Fazer a descrição morfológica dos perfis e caracterizar os parâmetros físico-químicos dos solos da vertente sob diferentes coberturas vegetais.

c) Analisar os indicadores de degradação dos solos para as duas coberturas vegetais, a partir da caracterização dos parâmetros físico-químicos,

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. CONCEITOS BÁSICOS SOBRE SOLOS

O solo, de maneira geral, é definido como uma camada de terra arável com vida microbiana (GUERRA; GUERRA, 2007). É também definido como a coleção de corpos naturais que ocorrem na superfície terrestre, com matéria viva, e suporta a vegetação, que a partir do qual retira nutrientes (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2012). Sua constituição engloba partículas de rochas intemperizadas (minerais), seres vivos, matéria orgânica, ar e gases, e água (ou seja, uma fase gasosa, líquida e sólida, como mostrado por Brady e Weil (2013)). Seu limite superior é o ar ou a água rasa, e o inferior é o limite mais baixo da atividade biológica que coincide com a camada de raízes da vegetação (USDA, 1993).

A variação das propriedades do solo não é aleatória e depende da localização. Sendo assim, é influenciado pelo clima, organismos, material de origem, relevo e o tempo de atuação dos processos pedogenéticos (USDA, 1993). Tais fatores estão presentes no modelo elaborado por Jenny (1941), que define o solo como função do clima (cl), organismos (o), relevo (r), material de origem (p) e tempo (t), como mostra a equação abaixo:

$$S = f(cl,p,o,r,t) \tag{2.1}$$

A atuação dos processos pedogenéticos (adições, perdas, translocações e transformações) desenvolve os perfis de solos com camadas aproximadamente horizontais chamadas de horizontes. De forma geral, o horizonte A (mais superficial) possui maior teor de matéria de orgânica e com coloração escura. O horizonte B possui menor coloração mais clara e maior teor de argila. O horizonte C possui maior semelhança com a rocha, e R é a própria rocha mãe (BERTONI, LOMBARDI NETO, 2012). Além disso, as características físico-químicas dos horizontes diagnósticos permitem a classificação de solos (EMBRAPA, 2013). O sistema atual de classificação de solos no Brasil foi proposto em 2006 e possui quatro níveis categóricos (taxonômicos) que são as ordens, subordens, grandes grupos e subgrupos). No total, são 13 ordens de solos na classificação brasileira.

O relevo é um importante fator que afeta os solos, pois influencia o transporte e acúmulo de água e de outras substâncias. Além disso, seu efeito é considerável na erosão dos solos, já que uma maior declividade (desde que haja material intemperizado disponível para a erosão) aumenta a quantidade de solo removido.

2.2. Relações entre solo e relevo

O relevo influencia o transporte de matéria e a erodibilidade do solo até certa declividade, uma vez que em encostas muito íngremes não há material intemperizado para ser removido (BRADY; WEIL, 2013). Logo, fica claro o papel das variáveis geomorfométricas como descritores numéricos do terreno e servem para fazer algumas inferências sobre como o relevo pode afetar a formação dos solos. As principais são: altimetria, declividade, curvaturas horizontal e vertical (relacionadas à concavidade e convexidade), e orientação das vertentes (VALERIANO, 2008).

A declividade e altimetria influenciam a velocidade dos fluxos, acúmulo de materiais, erosão e a profundidade do perfil. Solos de encostas mais íngremes são menos espessos, já que os fluxos inibem a formação de um perfil profundo, uma vez que há maior remoção de material em relação às áreas menos elevadas e mais suaves (BRADY; WEIL, 2013). Entretanto, em áreas muito baixas e muito planas, há acumulação de água que pode tornar o solo saturado, dessa forma o intemperismo e a decomposição pode ser mais lenta (BRADY; WEIL, 2013).

Um exemplo de estudo que envolve a declividade e erosão dos solos é o de Zucca et al. (2006). De acordo com os autores, a presença de voçorocas é controlada pela geração de escoamento superficial concentrado. Eles constaram, para uma área ameaçada pela desertificação na Itália, um aumento do número de voçorocas com a declividade até uma faixa de declividade de 25-55%, em que este número se manteve estável, e diminui a partir de 55%. Além disso, o volume das voçorocas diminui a partir da faixa de 22-55% devido à presença de solos mais rasos para relevos de maior declividade.

A concavidade/convexidade influencia a migração e acúmulo de materiais (p. ex. água) pela ação da gravidade. Áreas côncavas fazem os fluxos convergirem, enquanto áreas convexas fazem os fluxos divergirem (VALERIANO, 2008). Dessa forma, de forma geral, as áreas côncavas possuem manto de intemperismo mais espesso e maior acúmulo de umidade (FERNANDES; AMARAL, 2006).

As orientações das vertentes influenciam o solo pelo grau de exposição solar. Solos que recebem maior fluxo radiante do Sol possuem menor teor de umidade, e temperatura mais elevada. Além disso, uma maior insolação pode influenciar a produção de biomassa vegetal, e intensificar os processos de intemperismo (BRADY; WEIL, 2013). Também, a orientação de um conjunto de encostas voltadas para o mar, pode aumentar a quantidade de aerossóis marinhos no solo (MONIZ et al., 1975).

De maneira geral, um modelo teórico de como o relevo influencia o solo foi proposto por Dalrymple et al. (1968), e adaptado por Muñoz (2009) (Figura 1). As porções 5, 6 e 7 de uma encosta, mostradas na Figura 1, ilustram a vertente trabalhada na presente pesquisa em um morro rebaixado (5 corresponde a parte mais alta, e 7 a porção mais baixa).

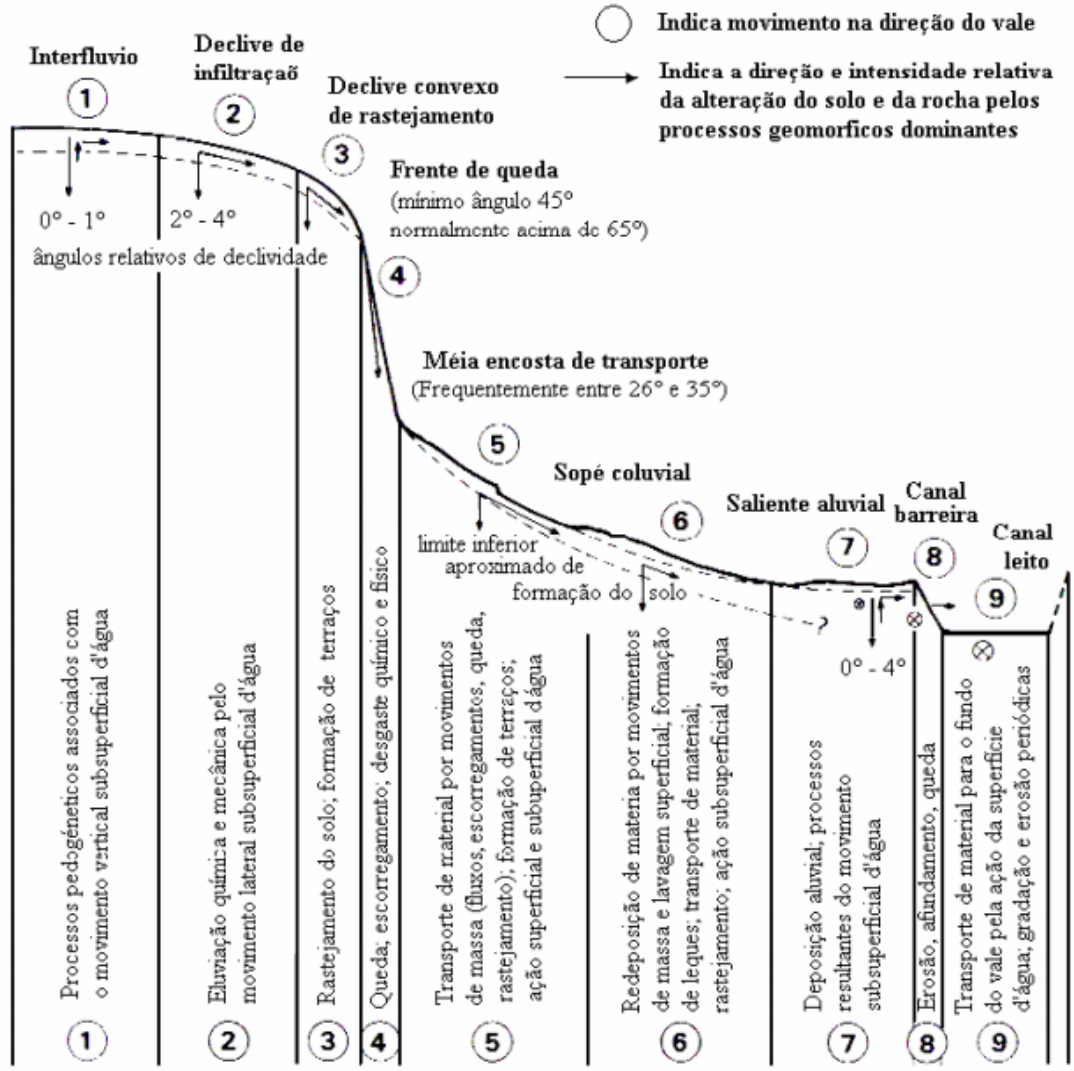

Figura 1 – Modelo de como a geomorfologia influencia o solo.
Fonte: Dalrymple et al. (1968) e adaptado por Muñoz (2009).

2.3. Propriedades físico-químicas do solo e sua relação com a degradação pedológica

De acordo com o Decreto nº 97.632, de 10 de abril de 1989, degradação ambiental constituem "alterações adversas das características do solo em relação aos seus diversos usos possíveis, tanto estabelecidos em planejamento quanto os potenciais" (BRASIL, 1989). Araújo et al. (2009) definem degradação ambiental como "a redução dos potenciais recursos renováveis por uma combinação de processos agindo sobre a terra".

Especificamente sobre solos, a *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO), a degradação é caracterizada como as mudanças no estado de saúde do solo que resultam na diminuição da capacidade do ecossistema de fornecer benefícios e serviços para os seus usuários (FAO, 2014). Tal degradação é diagnosticada pelos parâmetros físicos e químicos do solo, ou seja, pela sua deterioração física e química (ISRIC/UNEP, 1991).

Os parâmetros físicos relacionados à deterioração física (dentro do escopo deste trabalho) estão ligados ao seu grau de compactação (que influencia a erosão do mesmo). Bertoni e Lombardi Neto (2012) afirmam que os parâmetros físicos principais que exercem influência no grau de erosão são: estrutura, textura, permeabilidade e densidade.

A estrutura é referente ao arranjo das partículas do solo, pois ela está relacionada a estabilidade dos agregados. A textura é o tamanho das partículas, e influencia da seguinte forma: um solo mais arenoso durante uma chuva fraca pode absorver a água, já para uma chuva de mesma magnitude, um solo mais argiloso impossibilitaria a percolação, aumentando o escoamento superficial. Entretanto, um solo altamente argiloso possui forte agregação das partículas, o que diminui sua erodibilidade (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2012).

A permeabilidade é a velocidade de percolação da água no meio, e possui íntima relação com a porosidade (EMBRAPA, 2009). A porosidade é o volume de vazios (espaço poroso) em porcentagem do solo, em relação ao volume total. Há retenção de água nos microporos. Já nos macroporos, há movimento de água e ar. Os solos arenosos possuem maior macroporosidade em relação aos argilosos (portanto, solos arenosos armazenam menos água do que os argilosos). Dessa forma, a porosidade é ligada com as propriedades hidráulicas do solo (EMBRAPA, 2009), como, por exemplo, a drenagem do perfil.

A densidade do solo é a relação entre massa e volume que ocupam as partículas do solo, desconsiderando o volume dos poros e está ligada diretamente com o grau de compactação do solo (EMBRAPA, 2009). A compactação pode ser causada pelo uso de maquinário pesado, gado, e selagem de sua superfície pelo impacto das gotas de chuva, caso o

solo esteja desprotegido (ISRIC/UNEP, 1991). Além de impedir o desenvolvimento do sistema radicular da vegetação (EMBRAPA, 2009), a compactação diminui a capacidade de infiltração, aumenta o escoamento superficial, e consequentemente sua erosão (ISRIC/UNEP, 1991). Além disso, Bertoni e Lombardi Neto (2012) afirmam que a perda de porosidade está associada com a compactação do solo.

A deterioração química (associada ao estudo) é expressa pela perda de nutrientes, matéria orgânica e pela acidificação. A presença de nutrientes é relacionada com a saturação por bases (V%), que é a relação entre a saturação por bases (Ca, Mg e K) sobre o valor total de capacidade de troca catiônica. A saturação por bases é um bom indicativo das condições gerais de fertilidade, assim os solos podem ser classificados em eutróficos (férteis) (V > 50%) e distróficos (pouco férteis) (V<50%). Solos muito pobres são os álicos, já que são pobres em Ca, Mg e K, e apresentam teor de Al trocável elevado (Al Trovável > 0,3 cmol/dm³ e saturação por Al (m%) > 50% (TOMÉ JR., 1997).

A matéria orgânica é ligada ao teor de C orgânico do solo, e é um parâmetro importante no controle da erosão, uma vez que contribui para a formação e estabilidade dos agregados, melhora as condições de arejamento e de retenção de água, ao aumentar a capacidade de infiltração e reduzir a erosão (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2012). A matéria orgânica também aumenta a capacidade de troca catiônica, contribui para a reciclagem de nutrientes e para a disponibilidade de micronutrientes (p. ex. Enxofre e Boro), e possibilita maior complexação de metais, pois haverá substâncias orgânicas capazes de formar complexos orgânicos (TOMÉ JR., 1997) que contribuem para a fertilidade do solo.

A acidificação do solo pode ser mensurada pelo pH, e está também ligada a fertilidade do solo. Um pH está relacionado com valores baixos de V% e alta presença de Al e H+ (que expressa a acidez trocável do solo) (TOMÉ JR., 1997). A aplicação excessiva de fertilizantes pode aumentar a acidez do solo, e reduz o seu potencial agrícola (ISRIC/UNEP, 1991).

A cobertura vegetal é um fator que influencia na qualidade do solo. Além de servir como proteção contra os processos erosivos, ela fornece matéria orgânica (que também protege contra a erosão), melhora a capacidade de retenção de água e aumenta a estabilidade dos agregados do solo (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2012). A erosão também diminui a quantidade de nutrientes do solo (AN et al., 2010). Exploração em excesso do mesmo sem o manejo adequado aumenta a degradação e reduz a quantidade de nutrientes do solo (JIAO et

al., 2011). Sendo assim, pelas discussões acima, fica clara a ligação entre uso e cobertura vegetal e propriedades físico-químicas do solo.

A literatura mostra vários trabalhos que estudam a influência do uso e cobertura do solo nas propriedades físico-químicas do solo em diversos tipos de solos e de climas. Por exemplo, em uma área de clima mais seco (mediterrâneo) na Espanha, Jordan et al. (2008) comparam taxas de escoamento superficial em diferentes coberturas vegetais, e detectaram maiores valores para áreas de vegetação de menor porte como gramíneas em relação às florestas, e concluem que a resposta hidrológica do solo para as chuvas é controlada pela distribuição espacial da vegetação e na sua influência nas propriedades (cobertura de serrapilheira, carbono orgânico, granulometria e densidade) dos horizontes superficiais.

Para outra área na Espanha, Pulido-Fernández et al. (2013), comparam o teor de matéria orgânica do solo em áreas de pastagem em relação a cobertura vegetal e ao uso da terra. Os resultados indicaram que os solos são geralmente pobres em nutrientes, ácidos, densos, pouco profundos e com baixo teor de matéria orgânica pelo mau manejo. Os autores concluem que o estoque de carbono orgânico é maior em áreas com maior densidade de árvores, apesar dos valores serem relativamente constantes entre diferentes tipos de cobertura e, que o superpastoreio reduz o teor de matéria orgânica e faz aparecer áreas de solo exposto a longo prazo.

Em outra área de clima mais seco (semiárido) na China (planalto de loess da China), An et al. (2010) examinam os efeitos de diferentes comunidades vegetais e coberturas (floresta, uma terra abandonada por 14 anos, solo exposto, arbustos não naturais, e área agrícola) na estabilidade dos agregados, carbono e nitrogênio do solo. Os resultados indicam que os valores para o carbono orgânico do solo e nitrogênio foram maiores nas áreas de florestas e de arbustos (e diminuem com a profundidade), bem como a estabilidade dos agregados é menor no solo exposto e na área agrícola em relação às florestas. Assim, os autores concluem que o reflorestamento de solos erodidos acelera a reabilitação e remediação do solo.

O estudo da qualidade de solos feito por Zdruli et al. (2014) em cultivos de uva na Itália (região SE, de clima mediterrâneo) e os compara com solos naturais. Os autores constatam diminuição de 57% no teor de matéria orgânica e 32% no conteúdo de nitrogênio. Apesar do aumento de Ca no solo causado pela fertilização (com CaCO3) favorável para a cultura de uva, isto compromete a adsorção de outros nutrientes, como fósforo. Os autores não

examinam a qualidade do solo a longo prazo. Mas, apresentam um risco para o uso intenso da terra, e sugerem a conversão de algumas áreas para a vegetação original para não haver (ou recuperar) deterioração química do solo.

Especificamente em solos tropicais (clima tropical continental com estação seca), Braimoh e Vlek (2004) comparam o efeito das mudanças na cobertura da terra (remoção da vegetação) nos parâmetros de qualidade do solo em área de relevo suavemente ondulado para três classes de solos (horizontes superficiais, 0-20cm): solos avermelhados (*reddish soil*) arenosos bem drenados, solos amarelados (*yellowish*) arenosos imperfeitamente drenados e solos aluviais de fundo de vale. Os autores mostram que não há diferença significativa nas propriedades dos solos em áreas de vegetação natural e aqueles sob cultivos recentes. Entretanto, o cultivo contínuo diminuiu significativamente os teores de C orgânico, N, Ca, Mg e capacidade de troca catiônica. Além disso, os solos permanentemente cultivados tiveram piores índices de parâmetros físicos (textura e drenagem).

Em outra área tropical no Quênia e Tanzânia, Matano et al. (2015) determinam o efeito do uso e cobertura da terra nas propriedades físico-químicas do solo (densidade, carbono, nitrogênio, fósforo e pH). O pH foi mais baixo na área de pasto cercado e mais alto na área agropastoril. O teor de N foi maior na área agrícola e de pasto, enquanto foi menor na área de pasto cercado. As maiores concentrações de P foram encontradas nas áreas agropastoris e menores nas áreas agrícolas e de ocupação humana. As outras mudanças podem ser explicadas por fatores mais complexos. De maneira geral, tal estudo não foi muito conclusivo para diagnosticar o status de degradação do solo, o que mostra a dificuldade em realizar esse tipo de trabalho, já que a complexidade dos sistemas naturais muitas vezes geram resultados diferentes da bibliografia geral (p. ex., neste estudo citado, o solo tem maior densidade em uma área de vegetação natural com pouca interferência antrópica em relação à pastagem).

No Brasil, Seben Jr. et al. (2014) avaliam a hipótese de que a conversão de floresta nativa em sistemas de cultivos diminui a qualidade estrutural do solo, e que o sistema de cultivo de semeadura direta com rotação de culturas reduz os impactos em relação ao sistema convencional, em uma área de latossolo vermelho no cerrado. Para isso, os autores avaliam teor e estoque de C orgânico, índice de estabilidade de agregados, diâmetro médio ponderado, porosidade total e macroporosidade, intervalo hídrico ótimo, densidade do solo e resistência tênsil dos agregados. Em relação à floresta nativa, os solos cultivados apresentaram reduções

em todos os parâmetros, com exceção da densidade do solo e resistência tênsil dos agregados, que aumentaram. O valor baixo da resistência tênsil dos agregados da floresta nativa pode ser atribuído ao tamanho menor dos agregados com maior resistência tênsil que compõe agregados maiores com menor resistência tênsil. A adoção do sistema de semeadura direta com rotação de culturas propiciou melhor qualidade física do solo em relação ao sistema convencional.

Melloni et al. (2008) trabalharam em uma área no sul do Estado de MG (área nativa de mata atlântica para verificar os efeitos de coberturas florestais e de pastagem na qualidade química (pH, P, K, Ca, Mg, Al, H+Al, saturação por base, valores V, T e m, e matéria orgânica) e física do solo (densidades do solo e de partículas, índice de floculação, diâmetro médio geométrico, macro e microporosidade), além de verificar atividade microbiana. De acordo com eles, a maioria dos parâmetros (com exceção da microporosidade e C da biomassa microbiana) foi eficiente na avaliação da qualidade do solo, em que houve grande diferença entre a pastagem e os demais ecossistemas florestais.

Lemes (2014) realizou pesquisa na mesma área de estudo do presente trabalho (unidade de gestão Santo Antônio do Maratuã, Silva Jardim-RJ) com o objetivo de analisar erosão dos solos em parcelas cobertas por pastagem e sem cobertura vegetal. De modo geral, os solos da área de estudo são fisicamente e quimicamente degradados com baixa fertilidade (latossolo), e que a erosão foi maior nas parcelas sem cobertura vegetal (gramíneas de pastagem).

Pela análise da bibliografia aqui apresentada, percebe-se que o desmatamento, superexploração e superpastoreio do solo e manejo ruim afetam os parâmetros físicos e químicos, causando sua deterioração. Sendo assim, técnicas adequadas de manejo do solo, reflorestamento, entre outros são recomendados na recuperação de áreas degradadas (ARAUJO et al., 2009). Além disso, o reflorestamento tende a melhorar a estrutura do solo e suas características hidráulicas, como na conversão de agricultura/pastagem em gramíneas nativas ou floresta (ZHAO et al., 2014).

3. ÁREA DE ESTUDO

A unidade de gestão Santo Antônio do Maratuã tem uma área total de 2.781 ha, está inserida nos limites do município de Silva Jardim, com acesso pela BR 101 (km 224 norte). O acesso se dá pela Fazenda Vale do Cedro, onde são desenvolvidas atividades agropecuárias, genética de gado leiteiro e pesquisas sobre erosão (Figura 2). Silva Jardim possui uma população de 22.158 habitantes (IBGE, 2011), faz fronteira com os municípios de Casimiro de Abreu, Nova Friburgo, Rio Bonito, Cachoeiras de Macacu e Araruama, e possui uma área total de 938,336 km².

Pelo mapa de uso e cobertura do solo (Figura 3) elaborado por Seabra (2012), constata-se que a maior parte das áreas são recobertas por gramíneas (64,5%). Essa cobertura de gramínea tão evidente denota a ocupação inicial de toda a região que desde o sec. XVII foram utilizadas para atividades agropastoris, revelando um ambiente de degradação muito avançada (LEMES, 2014).

Há remanescentes de Mata Atlântica (30%), que se concentram nas áreas de relevo elevado. Estas áreas são vulneráveis ao avanço da agricultura sem técnicas conservacionistas e presença de vegetação secundária em certas áreas, além da instalação de dutos da Petrobrás pela região (LEMES, 2014). A agricultura ocupa apenas 2,8% da área, e os solos expostos constituem 0,65% da área.

A área de floresta em que as amostras foram coletadas são, de acordo com o administrador da unidade de gestão, de reflorestamento com aproximadamente 17 anos (corroborado pela caracterização da vegetação feita neste trabalho). Tal reflorestamento foi feito de maneira não planejada com espécies aleatórias. Depois cercaram a área para que o gado não avançasse, e deixaram a vegetação desenvolver. Isto é interessante para que no presente estudo verifique-se se um reflorestamento não planejado e sem a utilização de técnicas específicas melhora os atributos físicos e químicos do solo.

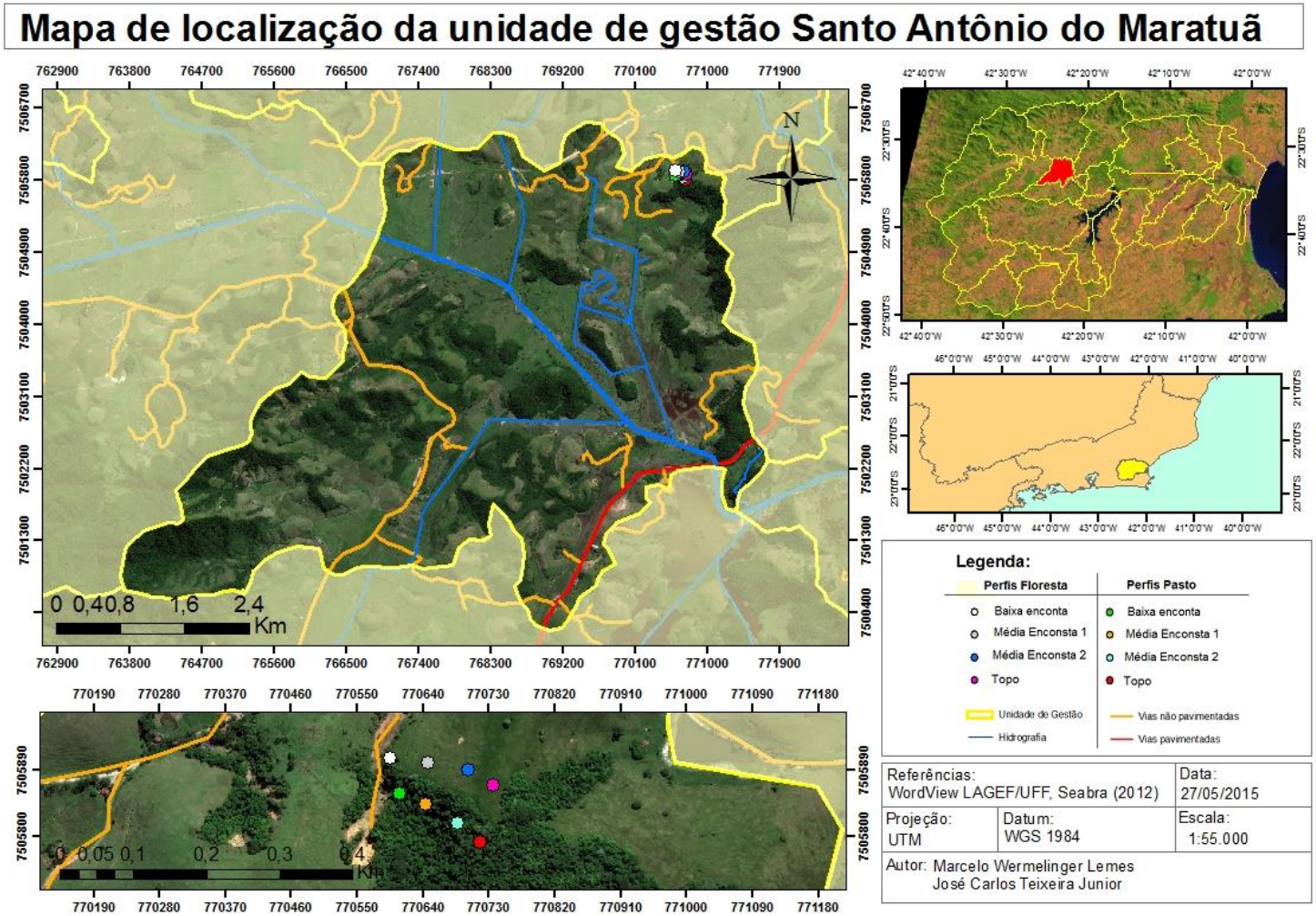

Figura 2 - Mapa de localização da área de estudo.
Fonte: Lemes e Autor

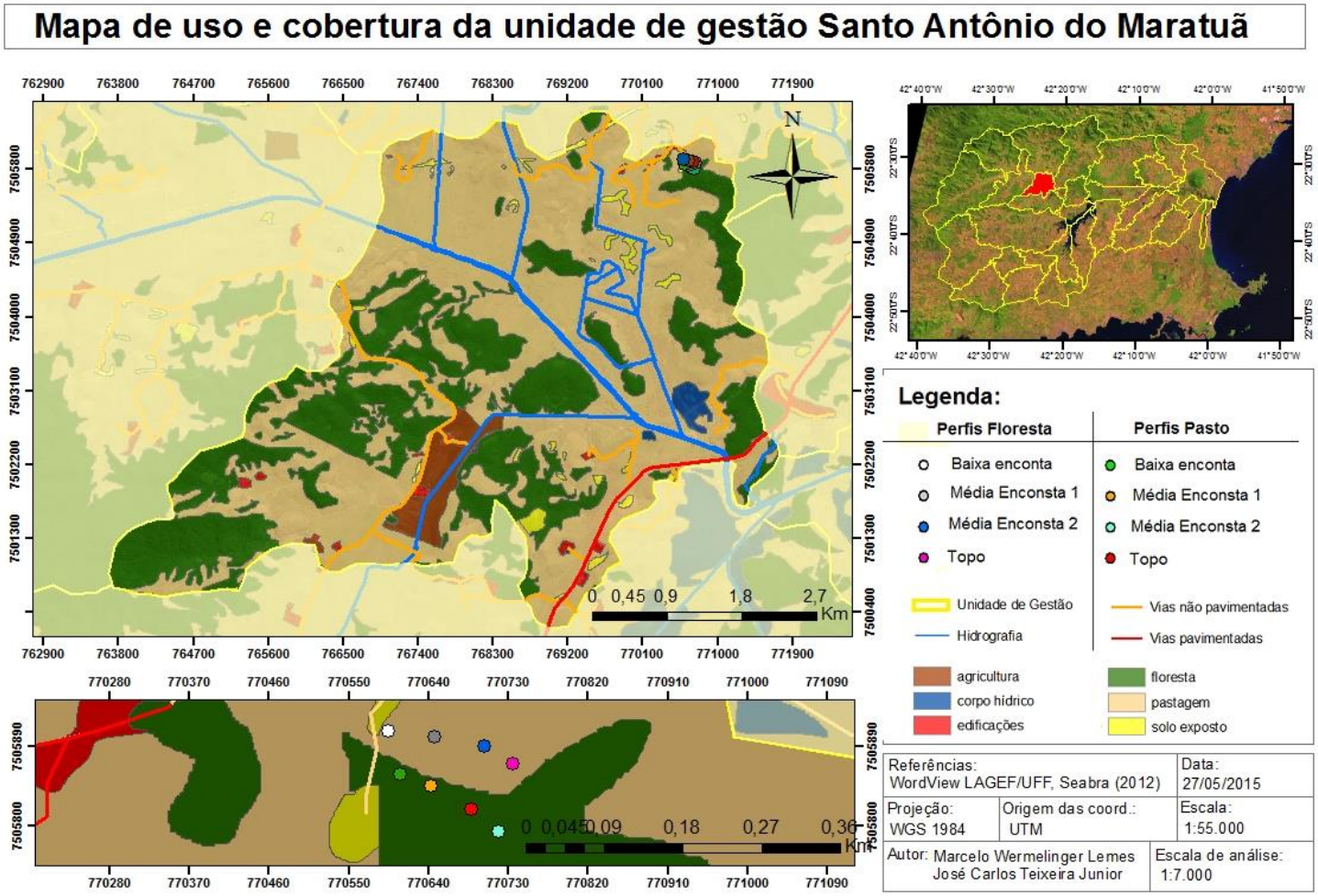

Figura 3 - Mapa de uso e cobertura do solo da unidade de gestão Santo Antônio do Maratuã.
Fonte: Lemes e Autor

A unidade de gestão Santo Antônio do Maratuã abrange as seguintes unidades geológicas (Figura 4), segundo os dados do CPRM (2013): Grupo São Fídelis (63% da área) no qual foram amostrados os perfil de solos, os Depósitos Quaternários (33% da área), Complexo Tingui (2% da área), Complexo Região dos Lagos (1,5% da área) e o Grupo Barreiras (0,5% da área).

A geomorfologia (Figura 5) da unidade de gestão Santo Antônio de Maratuã São João, segundo dados do CPRM, (2013), Seabra (2012) e Lemes (2014) possui as seguintes classes: Planícies Alúvionais (32% da área), Morrotes e Colinas Isoladas (25% da área), Patamares Residuais (16% da área), Planícies Alúvio-Coluvionares (13% da área), Morros Rebaixados (7,5% da área), Topo de Morros e Montanhas (4% da área), Vales em Morros ou Intramontanos (2,5% da área).

De acordo com Lemes (2014, p. 34):

> As Planícies Aluvionais possuem gradiente de vertente praticamente nulo, com geometria suborizontais, cobertos por depósitos argilo-arenoso fluviais e alúvio coluvionais, com grandes variações de drenagem podendo ir de bem a mal drenados.
> Os Morrotes e Colinas Isoladas possuem altitudes entre 50 e 100 metros, de gradientes suaves a médios, com geometria convexa-côncava ou retilínea-côncava. As superfícies geralmente são alongadas, arredondadas ou aguçadas, cobertos por colúvios ou alúvios.
> Os Patamares Residuais possuem altitudes inferiores a 50 metros, com vertentes muito suaves, com geometria retilínea e vales em "U", os topos são planos e alongados cobertos por colúvio e alúvios.
> As Planícies Aluvio-Coluvionares possuem características muito semelhantes às Planícies Aluviais, salvo que podem ser cobertas também por terrenos marinhos e praticamente todos os terrenos são mal drenados.
> Montanhas e Morros rebaixados possuem elevação entre 100 e 400 metros com vertentes suaves e médias com gradientes muito suaves, a geometria é convexa e retilínea e com topos alongados.
> Os topos de Morros estão numa altitude superior a 150 metros, com gradientes médios e elevados de geometria convexa, com alta densidade de drenagem e drenagem variável.
> Os Vales em Morros ou Intramontanos estão quase sempre no nível de base e encaixados nas vertentes em forma de "V", com vertentes de gradientes médios e geometria retilínea, a densidade de drenagem é alta e geralmente paralela.

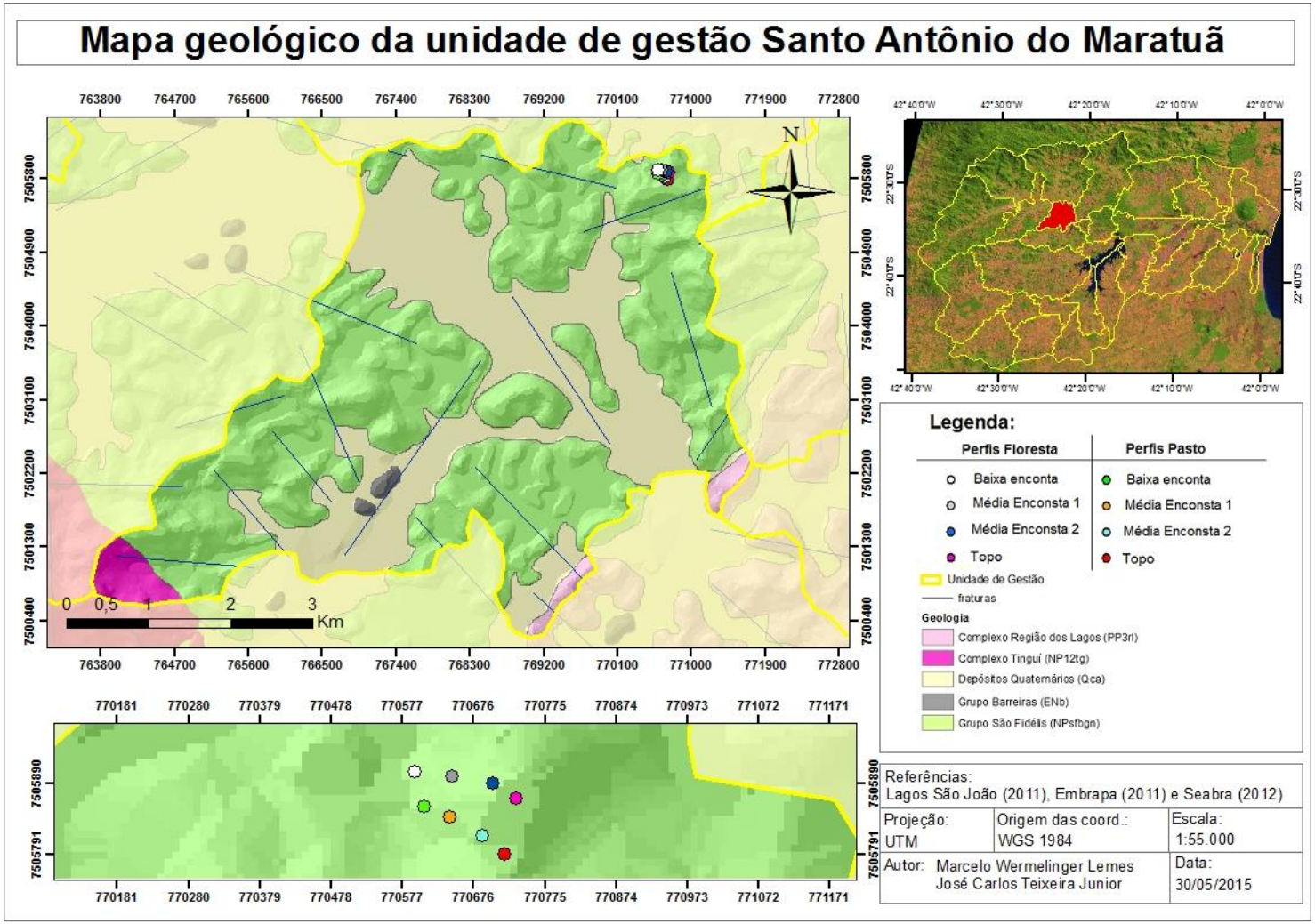

Figura 4 - Mapa Geológico da unidade de gestão Santo Antônio do Maratuã.
Fonte: Lemes e Autor

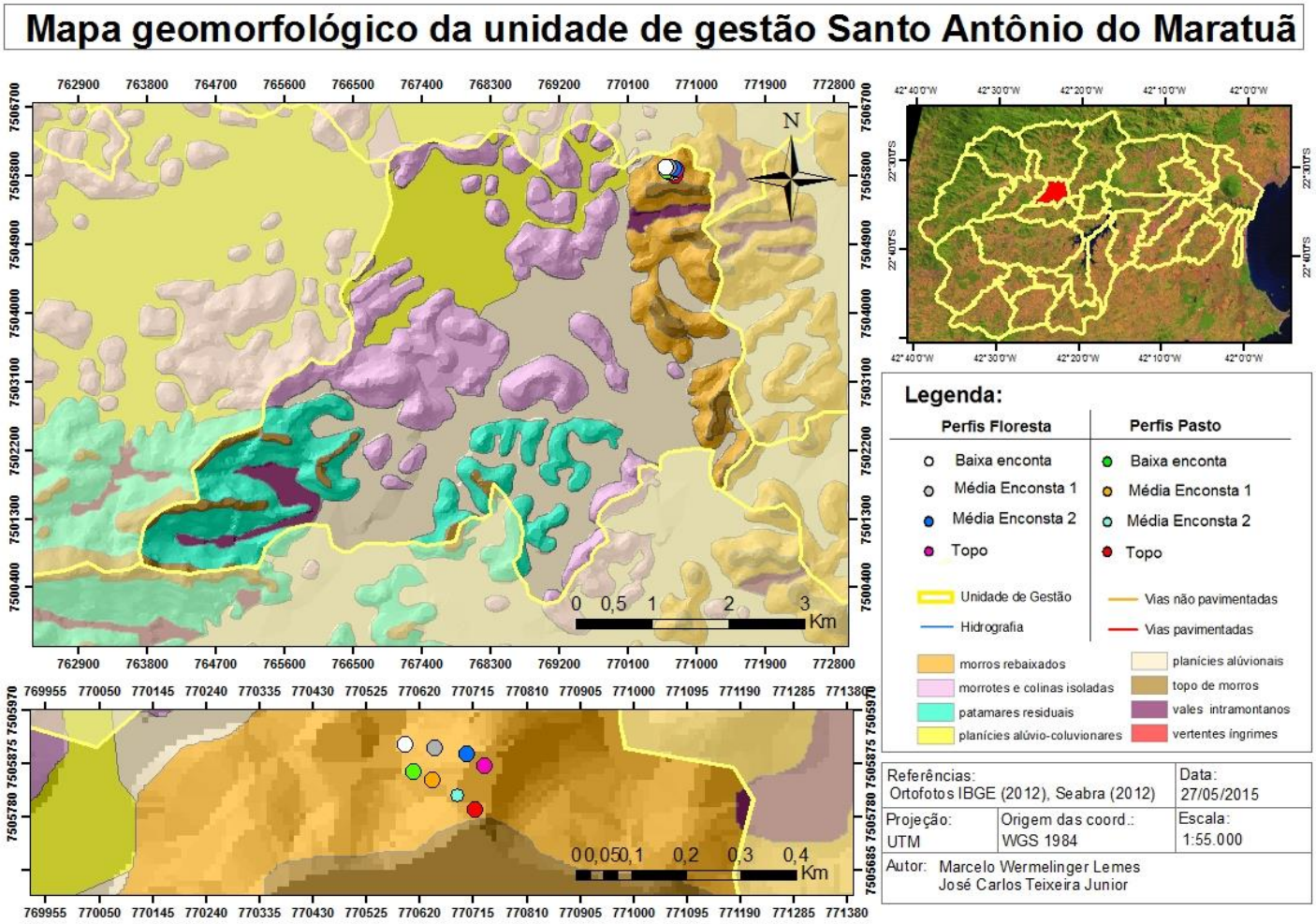

Figura 5 - Mapa de Geomorfológico da Unidade de Gestão Santo Antônio do Maratuã.
Fonte: Lemes e Autor

Em relação aos solos, como pode ser observado na Figura 6 na unidade de gestão Santo Antônio do Maratuã possui as seguintes classes pela Embrapa (2010), de acordo com Lemes (2014, p. 36):

> 1 – GLEISSOLOS HAPLICO Tb Distrófico Léptico (29, 40%), que são solos com contato lítico entre 50 e 100 cm a partir da superfície;
> 2 – LATOSSOLO AMARELO Distrófico Húmico e Argissólico (24,86%), solos com horizonte A húmico e intermediários para Argissolos, ou seja, com horizontes Bt ou horizonte Bw intermediário para horizonte Bt, com estrutura em blocos, fraca ou moderada e/ou cerosidade pouca e moderada, ambos abaixo o B latossólico e dentro de 200 cm da superfície do solo;
> 3 – LATOSSOLO AMARELO Distrófico Coeso (24,34%) abrange os horizontes AB e BA, podendo alcançar grande parte do horizonte B. Tais horizontes não exibem agregados, salvo alguns relacionados à atividade biológica.
> 4 – ARGISSOLO VERMELHO AMARELO Distrófico argissólico (11,87%), Solos distróficos (saturação por bases < 50%) na maior parte dos primeiros 100cm do horizonte B (inclusive BA).
> 5 – NEOSSOLO FLÚVICO Tb Distrófico (9,62%). Solos derivados de sedimentos aluviais e que apresentam caráter flúvico. Horizonte glei, ou horizontes de coloração pálida, variegada ou com mosqueados abundantes ou comuns de redução, se ocorrerem abaixo do horizonte A, devem estar a profundidades superiores a 150 cm.

Como visto no mapa de solos (Figura 6), a coleta de amostras se deu em área de Latossolo Amarelo Distrófico coeso, de acordo com o mapa da Embrapa (2010). Genericamente um Latossolo é definido como um solo muito intemperizado, e é constituído por material mineral com horizonte B latossólico logo abaixo de qualquer tipo de horizonte, com exceção do horizonte hístico. Possuem baixo teor de minerais primários ou secundários (menos resistentes ao intemperismo), baixa capacidade de troca catiônica, pH baixo, baixa saturação por bases, alto teor de alumínio, e são, geralmente, distróficos. Possuem perfil evoluído com grande profundidade e pouca diferenciação visual entre os horizontes. Ocorrem em relevos variados e sobre diferentes tipos de rochas. Mais informações podem ser encontradas em Embrapa (2013).

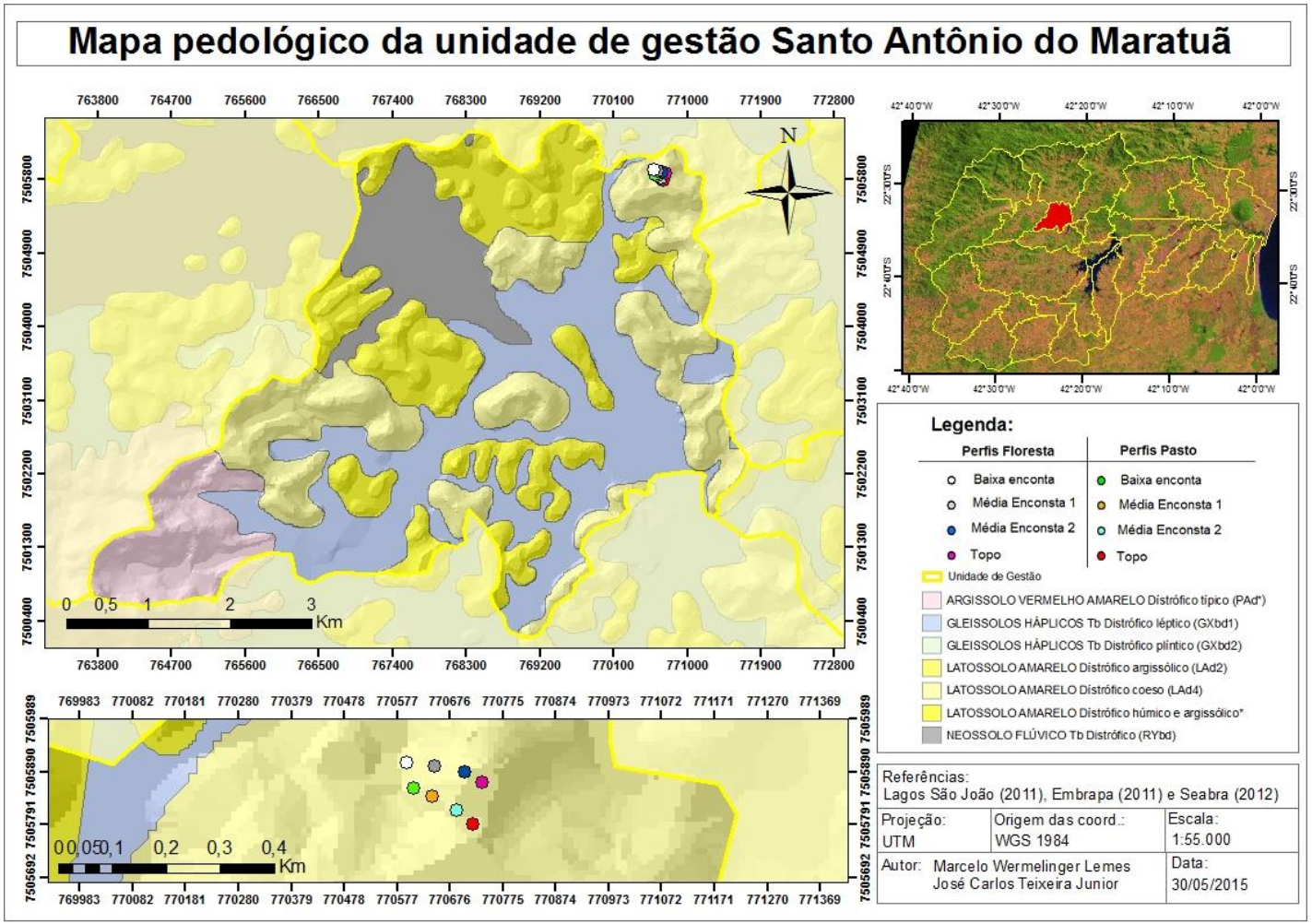

Figura 6 - Mapa de Solos da unidade de gestão do Santo Antônio do Maratuã
Fonte: Lemes e Autor

4. MATERIAS E MÉTODOS

4.1. COLETA DE AMOSTRAS

Foram coletadas amostras em quatro pontos da vertente de um morro rebaixado para cada cobertura vegetal, resultando em 8 pontos (4 em pastagem e 4 em floresta) (Figura 7). As amostras foram coletadas no dia 18/03/2015.

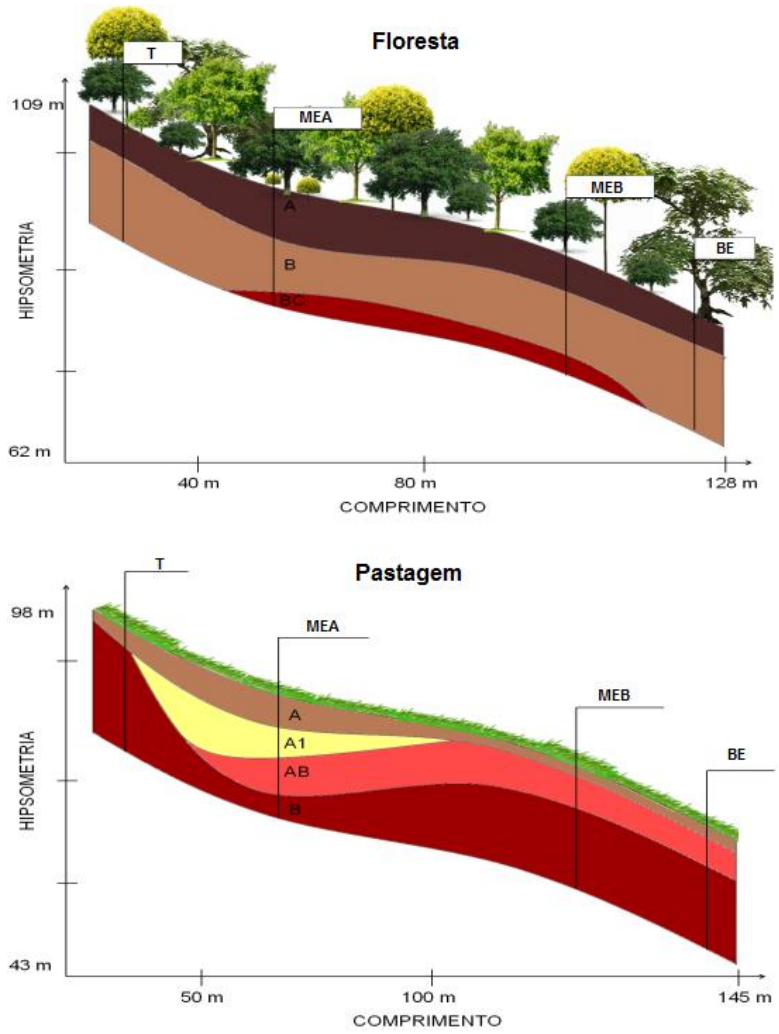

Figura 7 – Coleta de pontos na vertente. T= Topo, MEA= Meia Encosta Alta, MEB = Meia Encosta Baixa, BE = Base da Encosta.
Fonte: Lemes e Autor

O objetivo foi escolher uma área de relevo semelhantes e com solos classificados na mesma ordem (1º nível categórico, no caso Latossolos) com características pedológicas semelhantes, desse modo, facilitaria a análise da influência da cobertura vegetal no solo. As aberturas dos perfis foram efetuadas com intervalo médio de 50 m de distância, observando a

mudança de horizontes. Ao longo da vertente, sempre que ocorriam variações de cor e textura nos perfis de sondagens consecutivas, eram realizadas sondagens intermediárias, com o intuito de delimitar as transições laterais do solo.

4.2. DESCRIÇÃO DOS PERFIS

Foi realizada a descrição morfológica dos perfis de solos de cada perfil, seguindo a metodologia proposta por Santos et al. (2005). Amostras deformadas e indeformadas foram coletadas para análises em laboratório. Como foi difícil classificar alguns horizontes, foi necessária a utilização do Manual Técnico de Pedologia (IBGE, 2007). Para classificação dos tipos de solo foi utilizado o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2013). Foram coletadas amostras indeformadas em cada horizonte para análise de densidade do solo, densidade de partículas e porosidade total com auxílio de um trado de manopla curta e anel volumétrico de 100 cm^3 (Figura 8). E para as demais análises foram coletadas amostras deformadas.

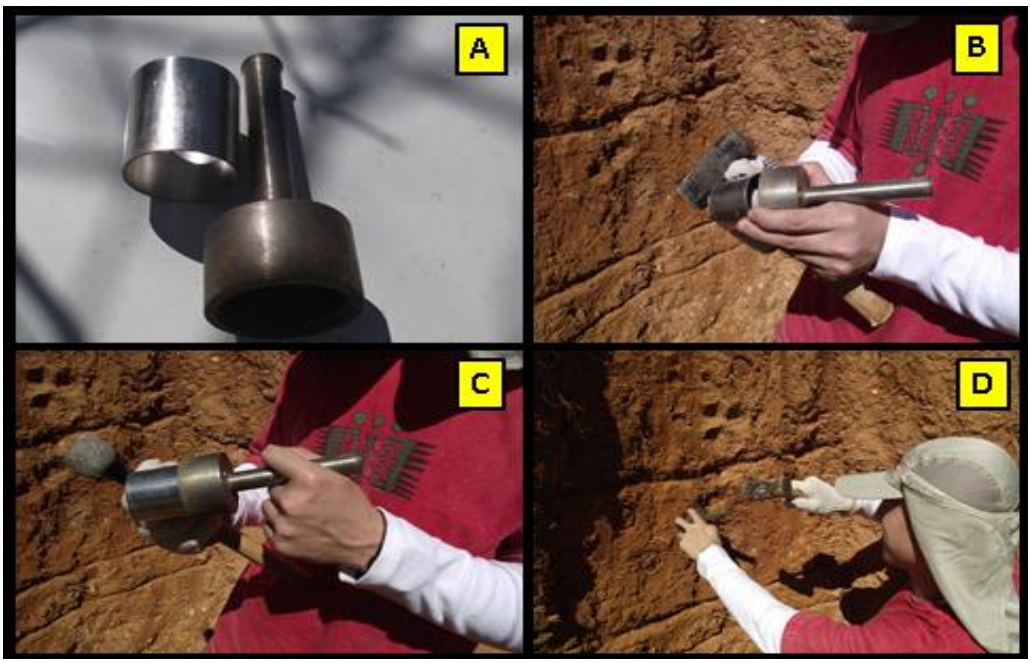

Figura 8 - A) Trado de manopla curta e anel de Koppec de 5 cm; (B) Anel e trado com mesmo raio sendo encaixados; (C) Encaixe perfeito entre anel e trado; (D) Procedimento de coleta horizontal.
Fonte: Lemes (2014).

4.3. ANÁLISES LABORATORIAIS

As amostras de terra coletadas foram secas ao ar, posteriormente destorroadas e passadas por peneira de 2,0 mm, obtendo-se a terra fina seca ao ar (TFSA), na qual serão realizadas as análises laboratoriais, segundo Donagemma et al. (2011) e de acordo com os manuais da Embrapa (EMBRAPA, 1997; EMBRAPA 2011). Posteriormente, as amostras foram enviadas para as análises químicas e físicas no laboratório da EMBRAPA-SOLOS, na cidade do Rio de Janeiro.

4.3.1. Análises químicas

As análises de química total foram realizadas utilizando o Espectrômetro de FRX/modelo PW 2400 Phillips®/sequencial. Utilizando o método de preparo através de pastilhas fundidas com fluxo (tetra/metaborato de lítio). Os cátions trocáveis, presentes na amostra de solo, são determinados pelo ensaio de complexo sortivo, onde foram obtidas as quantidades de Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^{+} e Na^{+} que, quando somadas entre si obtêm-se a soma de bases (S) de cada amostra de solo. Através desses resultados é possível encontrar a capacidade de troca catiônica do solo (CTC) quando o valor encontrado na soma de bases é acrescido do valor do $Al3^{+}$ e H^{+}.

Dividindo-se o índice de soma das bases trocáveis (S) pela capacidade de troca catiônica (T ou CTC), obtém-se o grau de saturação por bases (V) que é dado em porcentagem. Conforme seu valor o solo é classificado como eutrófico (>50%) e distrófico (<50%). Para a determinação de cálcio, magnésio e alumínio trocáveis (Ca2+ + Mg2+, Al3+) foi realizada a extração com solução de KCl 1 mol L-1 na proporção TFSA-solução de 1:10, sendo obtido o Ca2+ + Mg2+ e o Ca2+ por complexometria. O Mg2+ será obtido por diferença do Ca2+ + Mg2+ e o Ca2+. O Al3+ é determinado por titulação. O sódio e potássio trocáveis (Na+ + K+) foi extraído com solução de HCl 0,05 mol L-1 e H2SO4 0,0125 mol L1 na proporção TFSA-solução de 1:10 e determinados por fotometria de chama. A Acidez extraível (H+ + Al3+) e hidrogênio extraível (H+) foram extraídos com solução de acetato de cálcio 1 mol L-1 (pH 7,0) na proporção TFSA-solução de 1:15 e determinada por titulação. O H+ é obtido por diferença entre o valor de acidez extraível e o Al3+.

4.3.1.1. Valor S, T, V% e m

As equações para a obtenção de tais parâmetros são:

Valor S (soma de bases trocáveis) = $Ca^{2+} + Mg^{2+} + Na^{+} + K^{+}$ (Equação 4.1)

Valor T (CTC pH 7,0) = Valor S + $H^{+} + Al^{+3}$ (Equação 4.2)

Valor V% (saturação por bases) = (Valor S/ Valor T) x 100 (Equação 4.3)

Valor m (saturação por alumínio) = 100 x [Al^{3+}/ (Valor S + Al^{3+})] (Equação 4.4)

4.3.1.2. Carbono Orgânico

O teor do carbono orgânico do solo foi determinado oxidando a matéria orgânica em via úmida com dicromato de potássio em meio ácido, empregando-se como fonte de energia o calor desprendido do ácido sulfúrico e ou aquecimento. O excesso de dicromato após a oxidação é titulado com solução padrão de sulfato ferroso amoniacal (EMBRAPA, 1997). Nesse processo o dicromato de potássio possui 0,2 mol L-1 em meio ácido (ácido sulfúrico) e titulação com o sulfato ferroso amoniacal possui 0,1 mol L-1.

4.3.1.3. pH (água e KCl)

Para a determinação do pH das amostras utilizou-se o método eletrométrico, no qual a solução do solo é confrontada com um eletrodo-padrão do hidrogênio ou com um outro eletrodo que tenha função semelhante. A diferença entre os valores do pH em água e pH em KCl determina o ΔpH, que indica a capacidade do solo de reter cátions ou ânions, conforme a variação do pH. Determinado na suspensão TFSA-solução de 1:2,5 (água e KCl 1 mol L-1) e leitura em potenciômetro (EMBRAPA, 1999).

4.3.2. Análises físicas

Os solos são constituídos de uma mistura de partículas sólidas de natureza mineral e orgânica, também de ar e água, formando um sistema trifásico: sólido, gasoso e líquido. As partículas da parte sólida variam em tamanho, forma e composição química, sendo sua combinação o que forma a matriz do solo. A distribuição quantitativa das partículas de areia, silte e argila, desta composição da matriz, formam a textura do solo, que é uma das

características físicas mais estáveis. Esta fase sólida mineral do solo, composta de partículas de areia, silte e argila, normalmente, estão reunidas pela ação de agentes cimentantes, formando as unidades estruturais do solo, sendo os principais os minerais de argila, a matéria orgânica e os óxidos de ferro e alumínio (EMBRAPA 1997).

4.3.2.1. Análise granulométrica

As análises granulométricas são realizadas utilizando-se o Método da Pipeta (EMBRAPA, 2011). Este método baseia-se na velocidade de queda das partículas que compõem o solo. Fixa-se o tempo para o deslocamento vertical na suspensão do solo com água, após a adição de um dispersante químico (hidróxido de sódio ou calgon). Pipeta-se um volume da suspensão, para determinação da argila que seca em estufa é pesada. As frações grossas (areia fina e grossa) são separadas por tamisação. Estas frações de areia serão separadas em areia muito grossa (2,00-1,00 mm), areia grossa (1,00-0,50 mm); areia média (0,50–0,210 mm); areia fina (0,210-0,10 mm) e areia muito fina (0,10-0,05 mm) secas em estufa e pesadas para obtenção dos respectivos percentuais. O silte corresponde ao complemento dos percentuais para 100%; é obtido por diferença das frações em relação à amostra original.

4.3.2.2. Argila dispersa em água

Coloca-se 50 g de solo em copo plástico de 250 mL. Adiciona-se 125 mL de água, agita-se com bastão de vidro, deixa-se em repouso durante uma noite, cobrindo o copo com vidro de relógio. Após, transfere-se o conteúdo para o copo metálico do agitador, e se proceder com a agitação. Para isso, passa-se o material através da peneira de 0,053 mm, lava-se as areias, completa-se o volume para 1000 mL, agita-se a suspensão por 20 segundos, sifona-se a suspensão após 90 minutos e se efetua a leitura do densímetro. Paralelamente, efetua-se uma prova em branco e faz-se a leitura do densímetro. Abandona-se as areias. O cálculo é feito pela equação: TA = (a + b) x 20, em que TA = teor de argila (g kg-1), a = leitura da amostra, b = leitura da prova em branco (EMBRAPA, 1997).

4.3.2.3. Densidade do solo (Ds)

As amostras coletadas em anel de 100 cm³ serão secas em estufa a 105º C por 24 horas e a densidade do solo calculada pela seguinte equação: Ds (Mg m-3) = Ms / Vs, onde: Ms (massa do solo) e Vs (volume do solo). Nas amostras de camada endurecida, será determinado com base em um torrão devidamente medido na forma de cubo de pelo menos 200 cm-3 (EMBRAPA, 1997).

4.3.2.4. Densidade das partículas (Dp)

É determinada pelo método do balão volumétrico, com 20 g de TFSA em balão de 50 mL e 20 mL de álcool, agitado e deixado em repouso por 24 horas, onde o volume do balão é completado com álcool. É calculada pela seguinte equação: Dp (Mg m-3) = Mp / Val, onde: Mp (massa de partículas) e Val (volume total de álcool) (EMBRAPA, 1997).

4.3.2.5. Volume total de poros (VTP)

É calculado usando-se a densidade do solo (Ds) e a densidade das partículas (Dp) pela equação: VTP (%) = (1-Ds / Dp) x 100), (EMBRAPA, 1997).

4.4. Coleta e análise dos dados da vegetação

Foram selecionadas duas áreas (pastagem e floresta) conforme metodologia anteriormente descrita. Nessas áreas foi realizado o registro fotográfico das espécies vegetais, a identificação das principais espécies vegetais encontradas, bem como descrição detalhada, para auxiliar na determinação do estado de degradação do solo.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. DESCRIÇÃO DA VEGETAÇÃO NAS ÁREAS DE PASTO E DE FLORESTA

Nos dois locais de estudo (Figura 9), houve grande diferença na quantidade de espécies vegetais encontradas, tendo em vista que na área de número 1 houve utilização de animais herbívoros como os bovinos, sendo a pecuária uma das atividades econômicas realizadas pela fazenda.

Figura 9 - Demonstração das duas áreas de estudo
Fonte: Autor

Na área de número 2 há uma diversidade de espécies vegetais, pois essa área segundo relato de moradores, foi isolada por um determinado período (aproximadamente 15 anos), com o propósito de evitar maiores danos às encostas (evitar erosão dos solos) e aos recursos hídricos que se encontram nesse local. Além de criar mais uma área de preservação na Fazenda. O isolamento da área 2 foi realizado com cerca de arame farpado contendo dois fios (Figura 10) evitando assim que os bovinos tivessem acesso.

Figura 10 - Separação das duas áreas de estudo por uma cerca de arame farpado.
Fonte: Autor

Ao abordar individualmente as áreas, observou-se que na área 1 existe o predomínio de espécies introduzidas para o uso como forrageiras, ou seja, indicada a pastagem do gado (Figura 11), no entanto, devido provavelmente ao uso extensivo dessa área para este fim, esta apresenta processos erosivos, pois somente restam alguns representantes arbóreos e arbustivos nessa área (Figura 12) próximo a região central da encosta e da base. Esses representantes provavelmente foram espécies remanescentes da vegetação encontrada anteriormente no local, ou seja, pertencentes daquela região como, por exemplo, *Xylopia sericea* A. St.-Hil e *Miconia cinnamomifolia* (DC.) Naudin.

Figura 11 - Vista geral da encosta na área 1.
Fonte: Autor

Figura 12 - Vista geral da área de amostragem número 1 com espécies remanescentes da vegetação nativa.
Fonte: Autor

A permanência dessas espécies no local, sem que fossem retiradas para a produção de pastagem, pode ser devido ao fato de serem importantes para o sombreamento dos animais em períodos que a radiação solar é intensa, ou seja, servindo de abrigo aos animais. Outro fato também é que essas espécies se encontram próximas aos locais com erosão, sendo talvez realizado o plantio dessas espécies a fim de mitigar os danos causados pela erosão do solo.

Dessa maneira, a cobertura vegetal encontrada na área 1 é basicamente representada por espécies típicas de pastagens. Assim, as espécies identificadas e utilizadas como

forrageiras nessa área foram a braquiária (*Urochloa brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) R. D. Webster), em maior distribuição e após o capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica* L. Gaerth). Ambas foram introduzidas no Brasil para uso como forrageiras, oriundas da África, no entanto essas espécies exóticas se tornaram invasoras, ou seja, encontraram condições favoráveis para sua disseminação, pois seu crescimento é favorecido pela grande disponibilidade de luz.

Na área 1 também se observou a presença de manchas como a grama-sempre-verde (*Axonopus compressus*) (Figuras 13 e 14), além disso, espécies como o juá-bravo (*Solanum sisymbriifolium* Lam.) (Figura 13), guanxuma (*Sida spp*.), dente-de-leão (*Taraxacum officinale*), e também alguns fragmentos de espécies pertencentes ao Filo Pterophyta, como representantes samambaias, mas com porte muito reduzidos (Figura 13).

Figura 13 - Área 1 contendo espécies *Axonopus compressus* e *Solanum sisymbriifolium*
Fonte: Autor

Figura 14 - Área 1 contendo representantes do Filo Pterophyta e a espécie *Axonopus compressus.*
Fonte: Autor

Na área 2, onde corresponde ao espaço cercado, constatou-se uma grande quantidade de espécies vegetais, com presença de espécies nativas, epífitas, plantas medicinais, frutíferas dentre outras (Figura 15). Essa união de espécies formava uma área com mata fechada em alguns pontos.

Figura 15 - Vista geral da área 2, inclusive com presença de epífitas.
Fonte: Autor

Na área 2 houve a restituição da comunidade vegetal. No entanto, devido à diversidade de espécies vegetais nessa área, se observou que as espécies utilizadas para essa recomposição nem sempre foram nativas. A vegetação pioneira estabelecida na área 2 proporcionou suporte para vegetação secundária, proporcionando as respectivas sucessões.

Dentre as principais espécies vegetais da área 2 destacaram-se algumas como *Miconia cinnamomifolia* (DC.) Naudin; *Tibouchina mutabilis* Cogn; *Miconia papillosa; Aureliana fasciculata* (Vell.) Sendtn.; *Euterpe edulis* Mart.; *Caryocar edule*; *Psychotria vellosiana* Benth.; *Psychotria vellosiana; Psidium guajava; Carica papaya; Bauhinia forficata; Coix lacryma-jobi* L.; e dentre essas algumas apresentavam maior porte (Figura 16), indicando que a área estava a mais de dez anos sendo protegida.

Figura 16 - Área 2 com a presença de *Miconia cinnamomifolia* (DC.) Naudin e: Representante do Gênero Cocos, entre outras espécies na área 2.
Fonte: Autor

Nas Figuras 9 e 10 observa-se que após as espécies de maior porte apresentar certo desenvolvimento, proporcionaram certas condições, como um amplo dossel e alta quantidade de serapilheira, o que favoreceu a germinação de certas espécies.

Na área 2 também se observou a presença de clareiras (Figura 18) e locais em que a sucessão ecológica ainda não se completou (Figuras 18 e 19).

Figura 17 - Área 2 com representante do Filo Pterophyta.
Fonte: Autor

Figura 18 – Área 2 com presença de árvores que apresentaram queda.
Fonte: Autor

Figura 19 - Locais na área 2 em que a sucessão ecológica ainda não se completou.
Fonte: Autor

5.2. DESCRIÇÃO DOS PERFIS

A área de estudo evoluiu em um setor de relevo colinoso, inserido no compartimento regional dos morros rebaixados. Está associado aos Gnaisses do Grupo São Fidelis (CPRM, 2001).

5.2.1. Perfil 1 Topo Encosta – Pasto

Sua classificação é de um Latossolo Amarelo distrófico álico (Figura 20) com altitude de 98m e declive de 35º (encosta original) 90º (no corte) com sequência de horizontes A-B com pouca diferenciação entre os horizontes. O Horizonte A apresenta profundidade de (0-25cm), blocos angulares, não pedregoso, poucas raízes, consistência dura e bem drenado, ligeiramente plástico, cerosidade fraca, cor 10YR5/6 Bruno Amarelado. Horizonte B apresenta profundidade (>25cm), blocos angulares, não pedregoso, raízes não existentes, consistência dura e drenagem moderada, ligeiramente plástico, cerosidade fraca, cor 7,5YR 6/8 Amarelo Avermelhado.

A classificação textural dos solos, segundo os parâmetros de Lemos e Santos (1984) mostraram que o horizonte A, foi classificado como franco-argilo-arenoso e o horizonte B como argilo-arenoso (Figura 20).

O solo em questão evolui numa área de topo em relevo colinoso, inserido no compartimento regional dos morros rebaixados. Sendo profundo, moderadamente drenado e possui uma sequência de horizontes A-B com pouca diferenciação entre eles.

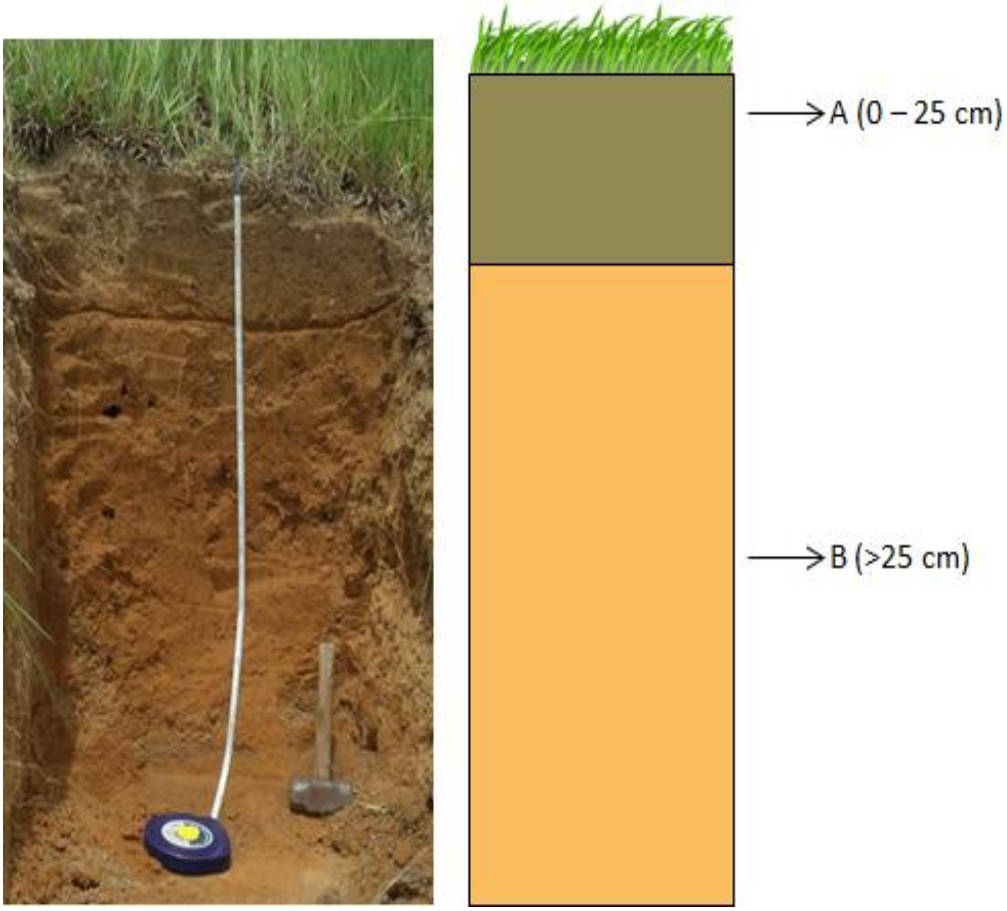

Figura 20 - Perfil 1 Topo Encosta Pasto para coleta de material.
Fonte: Lemes e Autor

5.2.2. Perfil 2 Meia Encosta Alta - Pasto

Sua classificação é de um Latossolo Amarelo distrófico álico com altitude de 68m e declive de38º (encosta original) 90º (no corte) com sequencia de horizonte A-A1-AB e pouca diferenciação entre os mesmos (Figura 21).

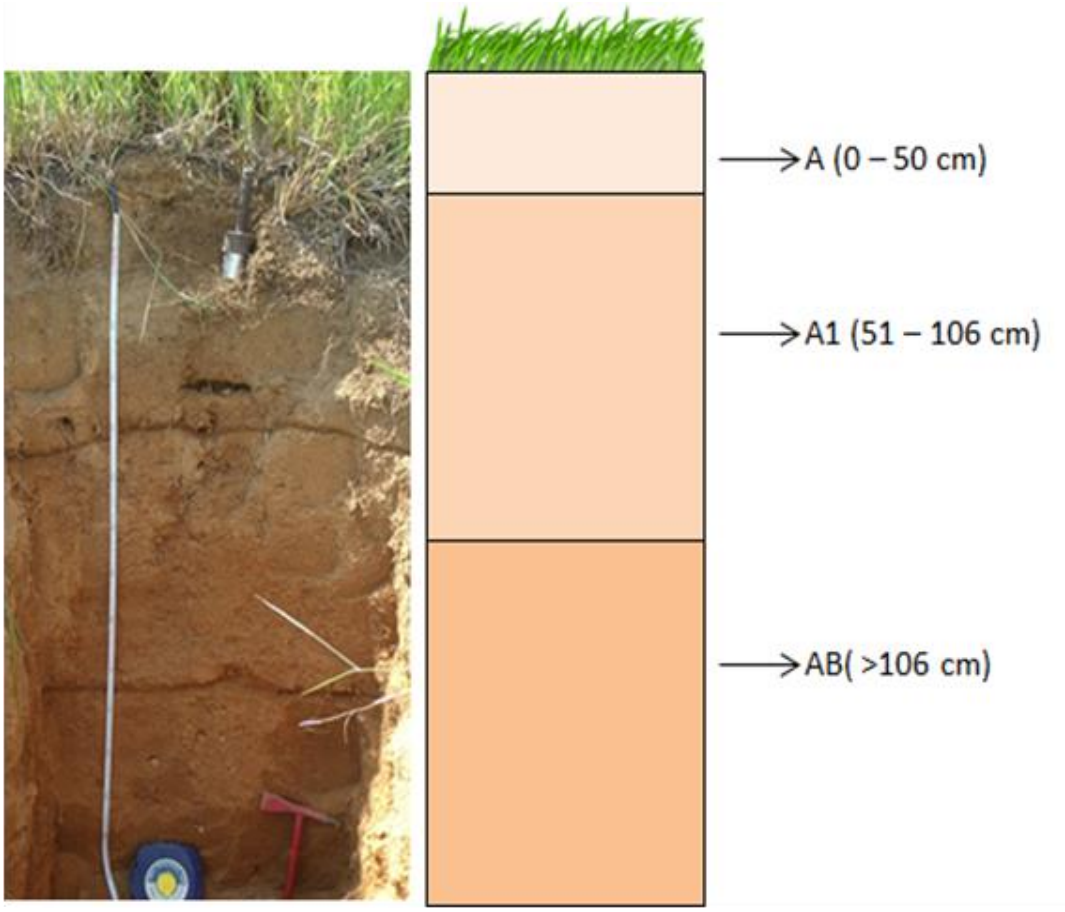

Figura 21 - Perfil 2, Meia Encosta Alta - Pasto, para coleta de material.
Fonte: Lemes e Autor

Possui horizonte A com profundidade de (0-50cm), blocos angulares, não pedregoso, poucas raízes, consistência dura, bem drenado, ligeiramente plástico, porosidade pequena a média, cor 7,5YR6/8 amarelo avermelhado. Horizonte A1 com profundidade de (51-106cm), blocos angulares, não pedregoso, raízes não existentes, consistência dura e drenagem moderada, ligeiramente plástico, poros pequenos, cor 5YR6/8 amarelo avermelhado.

Horizonte AB com (>106cm), blocos angulares, não pedregoso, raízes não existente, consistência dura e drenagem moderada, ligeiramente plástica, poros pequenos e cor 5RY 5/6 vermelho-amarelado

A classificação textural dos solos, segundo os parâmetros de Lemos e Santos (1984) mostraram que os horizontes A foi classificado como franco-argiloso-arenoso; o Horizonte A1 foi classificado como argilo-arenoso e o Horizonte AB foi classificado como argila (Figura 21). Formado numa área de meia encosta alta, localmente em áreas de colinas, inserido no compartimento regional dos morros rebaixados. Também com elevada

profundidade, moderadamente drenado e, uma sequência de horizontes A-A1-AB com pouca diferenciação entre os horizontes.

Esse caráter de diferenciação gradual entre os horizontes denota claramente uma escala temporal bem definida com a relação com sequências de regimes climáticos que mantém um determinado padrão de distribuição.

5.2.3. Perfil 3 meia encosta baixa – Pasto

Sua classificação é de Latossolo Vermelho Amarelo distrófico álico com altitude 59m e declive 36º (encosta original) 90º (no corte) com sequencia de horizontes A-AB e pouca diferenciação entre os mesmos (Figura 22).

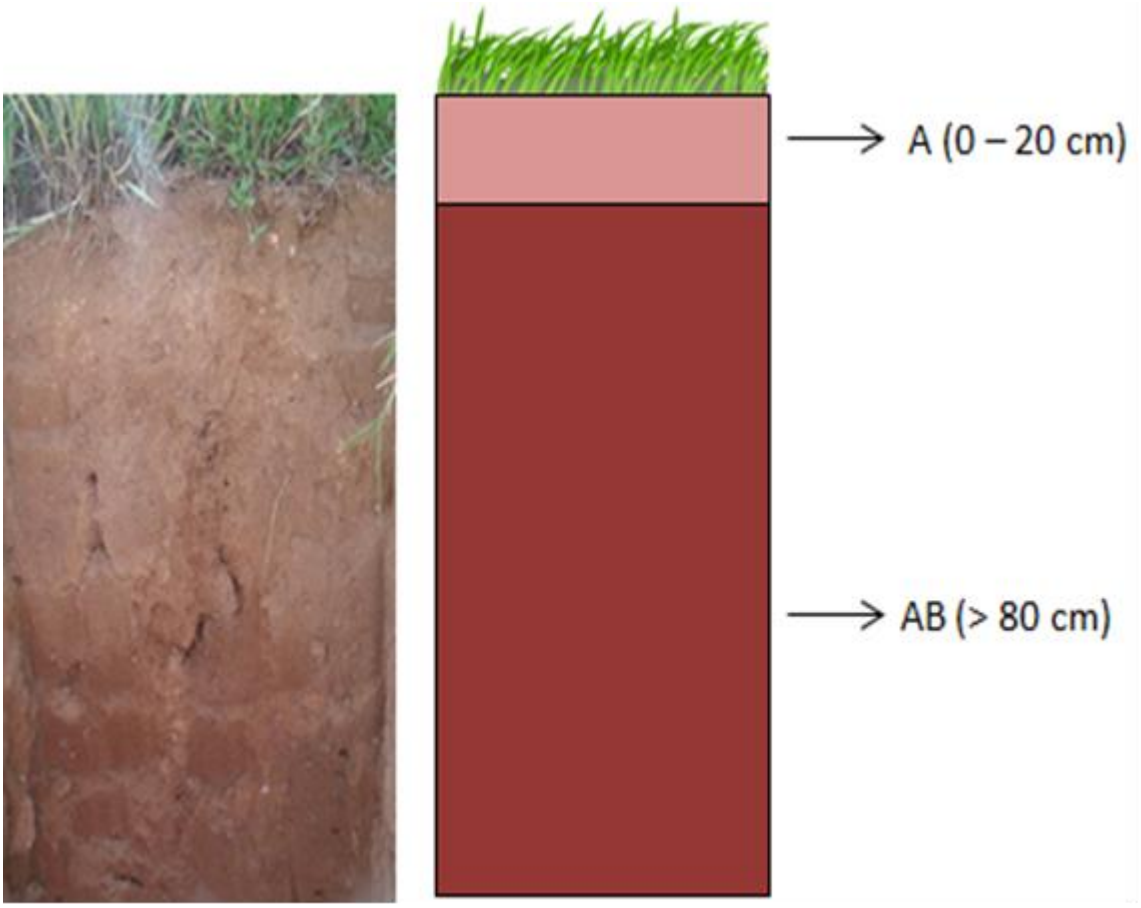

Figura 22 - Perfil 3, Meia Encosta Baixa - Pasto, para coleta de material.
Fonte: Lemes e Autor

Horizonte A: profundidade de (0-20cm), blocos angulares, não pedregoso, poucas raízes, consistência dura e bem drenado, ligeiramente plástico, cerosidade fraca, porosidade pequena a média, cor 7,5YR 5/6 bruno escuro. Horizonte AB: profundidade (>20cm), blocos

angulares, não pedregoso, raízes não existentes, consistência dura e drenagem moderada, ligeiramente plástica, cerosidade fraca, poros pequenos.

A classificação textural dos solos, segundo os parâmetros de Lemos e Santos (1984) mostraram que os horizontes A é um franco-argilo-arenoso Horizonte AB foram classificados como franco-argilo-arenoso.

5.2.4. Perfil 4 Baixa Encosta – Pasto

Sua classificação é Latossolo Vermelho Amarelo distrófico álico com altitude de 43m e declive 32º (encosta original) 90º (no corte) com sequencia de horizonte A-AB-B e pouca diferença entre os mesmos. Horizonte A com profundidade de (0-23cm), blocos angulares, não pedregoso, poucas raízes, consistência dura, bem drenado, ligeiramente plástico, cerosidade fraca, poros pequenos. Cor 10YR 4/6 bruno escuro amarelado. Horizonte A/B: profundidade (24 – 73 cm), blocos angulares, não pedregoso, raízes não existentes, consistência dura e drenagem moderada, ligeiramente plástico, cerosidade fraca, poros pequenos, cor 7,5YR 4/6 Bruno forte. Horizonte B: profundidade (> 73 cm), blocos angulares, moderadamente pedregoso, raízes não existentes, consistência dura e drenagem moderada, ligeiramente plástico, cerosidade fraca, poros muito pequenos, cor 10YR 5/8 Bruno amarelado.

A classificação textural dos solos, segundo os parâmetros de Lemos e Santos (1984) mostraram que os horizontes A e A/B foram classificados como franco-argilo-arenosa e o B como argilo-arenosa (Figura 23).

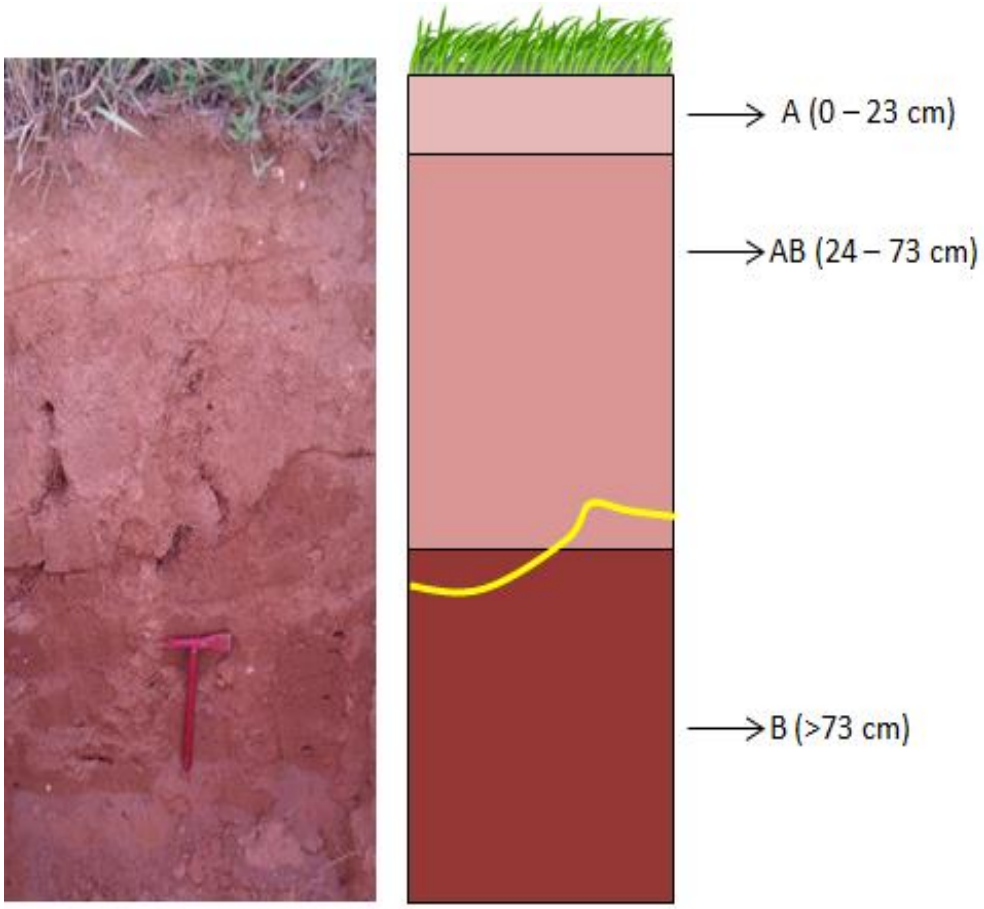

Figura 23 - Perfil 4, Baixa Encosta Pasto, para coleta de material.
Fonte: Lemes e Autor

Situado em setor de colinoso, na baixa encosta, É um solo profundo, que varia de bem drenado a moderadamente drenado, sua sequência de horizontes A-A/B-B com diferenciação pouco nítida entre os horizontes.

5.2.5. Perfil 5 Topo – Floresta

Sua classificação é Latossolo Amarelo distrófico álico com altura de 109m e declive de 30º (encosta original) 90º (no corte) com sequencia de horizontes A-B e pouca diferença entre os mesmos. Horizonte A com profundidade de (0-30cm), blocos angulares, não pedregoso, muitas raízes, consistência macia, bem drenado, cerosidade fraca/média, textura ligeiramente plástica, porosidade média/alta, cor 10YR 4/6 bruno amarelado escuro. Horizonte B com profundidade (>30cm), blocos angulares, não pedregoso, muitas raízes, consistência macia, bem drenado, textura ligeiramente plástica, cerosidade fraca/média, porosidade média/alta, cor 7,5YR 5/8 bruno escuro.

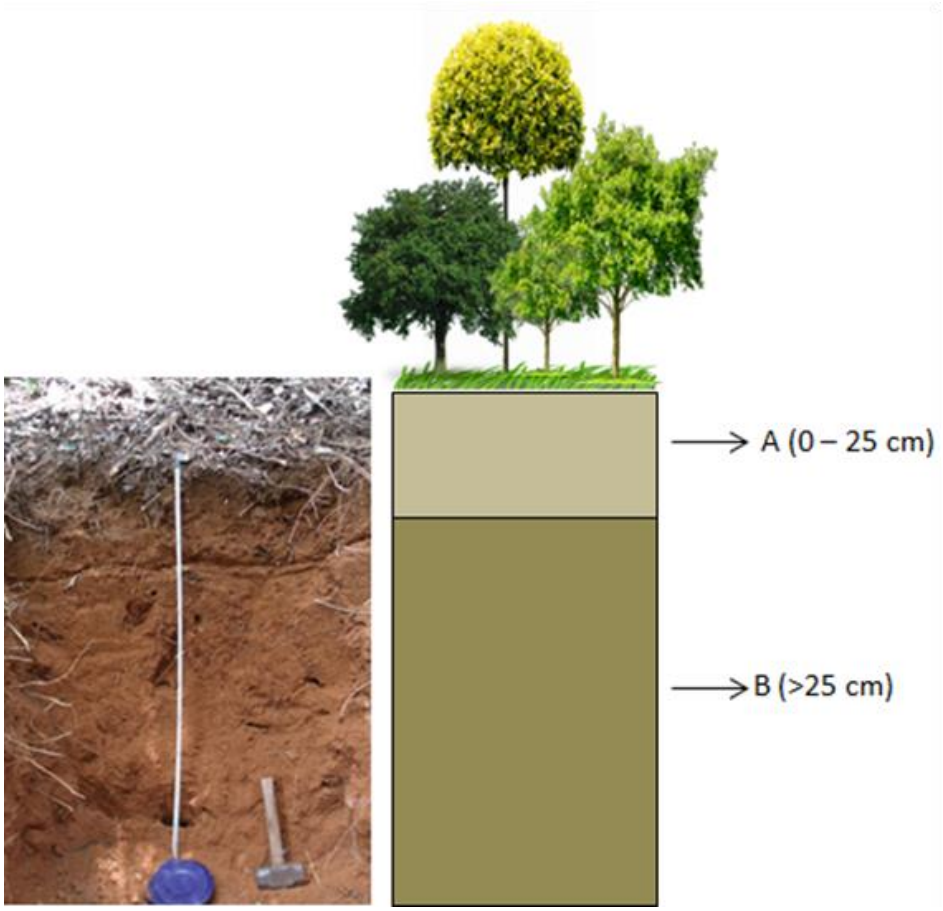

Figura 24 - Perfil 5, Topo Floresta, para coleta de material.
Fonte: Lemes e Autor

A classificação textural dos solos, segundo os parâmetros de Lemos e Santos (1984) mostraram que os horizontes A e horizonte B foram classificados como argilo-arenoso (Figura 24). Se desenvolveu em áreas de relevo suave ondulado e ondulado, ocorrendo geralmente no trecho superior. Verifica-se a partir dos trabalhos de campo que são bastantes profundos, moderadamente drenado, possuindo sequência de horizontes A-B (A-Bw-C) com diferenciação pouco expressiva entre os horizontes.

5.2.6. Perfil 6 Meia Encosta Alta – Floresta

Sua classificação é Latossolo Vermelho Amarelo distrófico álico com altitude de 101m e declive 30º (encosta original) 90º (no corte) com sequencia de horizontes A-B e pouca diferença entre os mesmos.

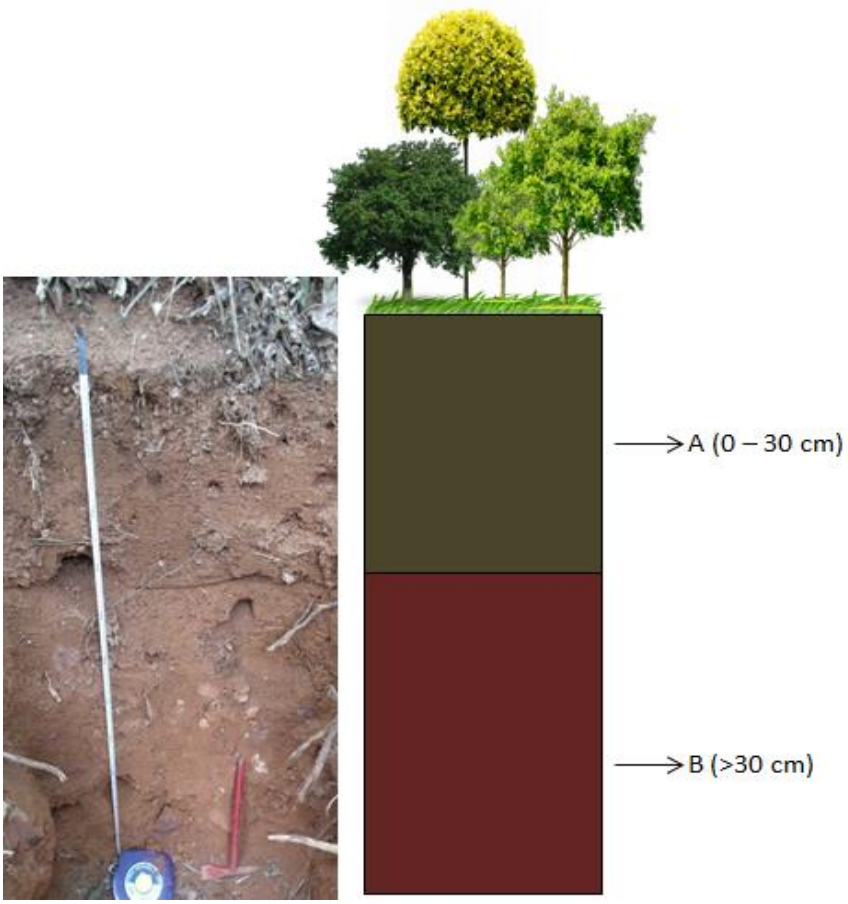

Figura 25 - Perfil 6, Topo Floresta, para coleta de material.
Fonte: Lemes e Autor

Horizonte A com profundidade de (0-30cm), blocos angulares, não pedregoso, muitas raízes, consistência macia, bem drenado, textura ligeiramente plástico, cerosidade fraca/média, porosidade média/alta, cor 7,5YR 4/6 bruno escuro; Horizonte B com profundidade (>30cm), blocos angulares, não pedregoso, muitas raízes, consistência macia e bem drenado, textura ligeiramente plástica, cerosidade fraca, poros pequenos, cor 5YR 5/8 vermelho amarelado. A classificação textural dos solos, segundo os parâmetros de Lemos e Santos (1984) mostraram que os horizontes A foi classificado como franco-argilo-arenoso e o horizonte B como argilo-arenoso (Figura 25). Ocorre em área de relevo suave ondulado e ondulado. Verifica-se a partir dos trabalhos de campo que os mesmos são bastante profundos, moderadamente drenado, possuindo sequência de horizontes A-B (A-Bw-C) com diferenciação pouco expressiva entre os horizontes.

5.2.7. Perfil 7 Meia Encosta Baixa – Floresta

Sua classificação é Latossolo Amarelo distrófico com altitude 83m e declive de38º (encosta original) 90º (no corte) com sequencia de horizontes A-B e pouca diferença entre os mesmos. Horizonte A com profundidade de (0-45cm), blocos angulares, não pedregoso, muitas raízes, consistência macia e bem drenado, textura ligeiramente plástico, cerosidade fraca, porosidade média/alta, cor 7,5YR 4/4 bruno. Horizonte B com profundidade (>45cm), blocos angulares, não pedregoso, presença media de raízes, consistência media, drenagem moderada, textura ligeiramente plástica, cerosidade fraca, poros médios, cor 7,5 YR 5/6 bruno forte.

A classificação textural dos solos, segundo os parâmetros de Lemos e Santos (1984) mostraram que os horizontes A foi classificado como franco-argilo-arenoso e o horizonte B como argilo-arenoso (Figura 26).

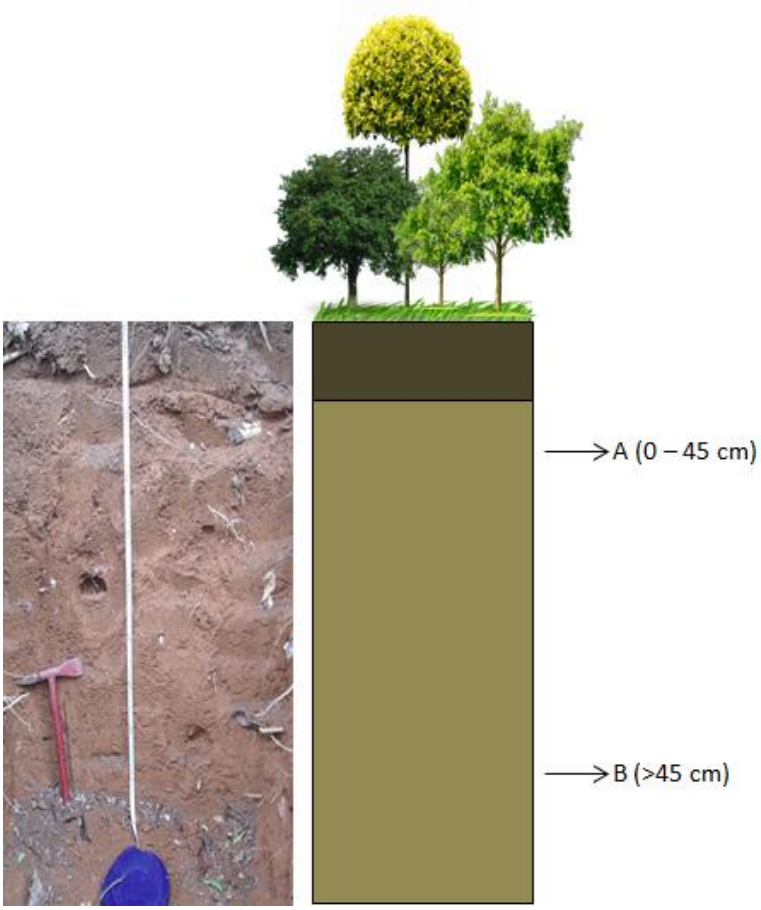

Figura 26 - Perfil 7, Topo Floresta, para coleta de material.
Fonte: Lemes e Autor

Está inserido em áreas de meia-encosta baixa, modelado em morros. Feita a descrição “in loco” confirma-se que é profundo, moderadamente bem drenado (horizonte A) a moderadamente drenado (horizonte B), possuindo sequência de horizontes A-B-C e exibe uma diferenciação entre os horizontes inexpressiva, baixa fertilidade natural, permeabilidade média em todo o perfil.

5.2.8. Perfil 8 Baixa Encosta - Floresta

Sua classificação é um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico com altitude de 62m e declive de 38º (encosta original) 90º (no corte) com sequencia de horizontes A-B e pouca diferença entre os mesmos (Figura 27).

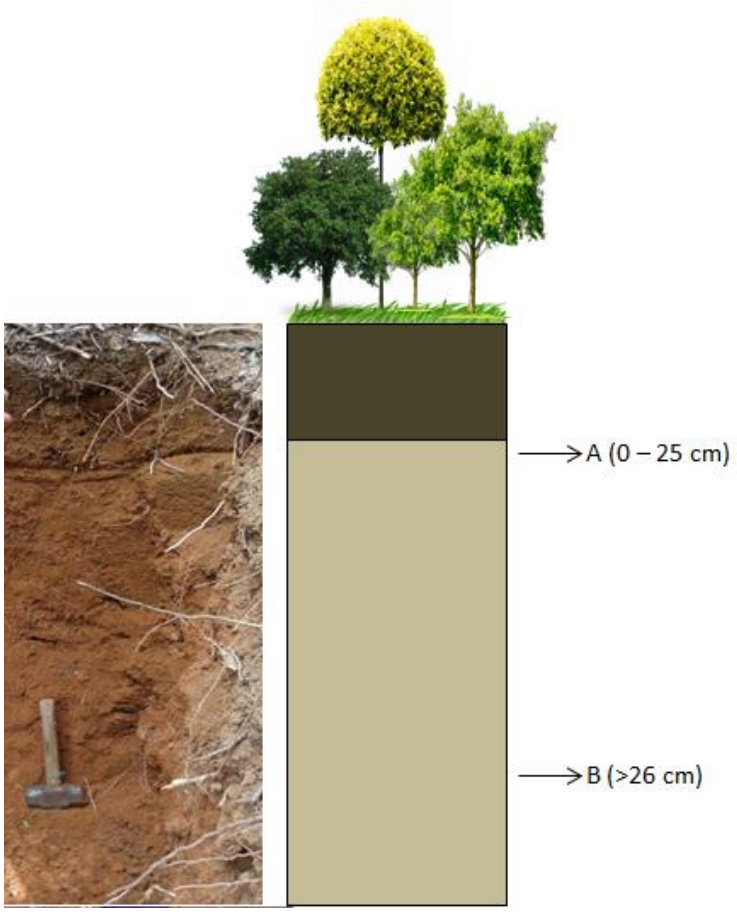

Figura 27 - Perfil 8, Baixa Encosta - Floresta, para coleta de material.
Fonte: Lemes e Autor

Horizonte A com profundidade (0-25cm), blocos angulares, não pedregoso, muitas raízes, consistência macia e bem drenado, textura ligeiramente plástico, cerosidade fraca, porosidade média/alta, cor 7,5YR 4/6. Horizonte B com profundidade de (>25cm), blocos

angulares, não pedregoso, presença media de raízes, consistência média, drenagem moderada, textura ligeiramente plástica, cerosidade fraca, poros médios. A classificação textural dos solos, segundo os parâmetros de Lemos e Santos (1984) mostraram que os horizontes A foi classificado como argilo-arenoso e o horizonte B como franco-argilo-arenoso.

Ocorre na base da encosta em setores morrosos. Com base na descrição feita em campo apresenta mesmas características de profundidade elevada dos perfis anteriores, bem drenado (horizonte A) a moderadamente drenado (horizonte B), assume uma sequência de horizontes A-B-C, permeabilidade média em todo o perfil.

5.3. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA

5.3.1. Perfil 1 Topo Encosta – Pasto

Com base nas análises físicas e químicas identifica-se seu caráter distrófico, pois apresenta baixo grau de saturação por bases (V%) e, também, significativa saturação por alumínio em todo perfil.

A CTC é baixa sendo que o H + Al3+ são os cátions dominantes no complexo de troca caracterizando um solo com acidez elevada, comprovado, também, pelos baixos valores de pH (Quadro 1). Contudo, observa-se uma limitação associada ao uso agrícola desse tipo de solo deve-se aos fatores baixa fertilidade e deficiência hídrica.

Caracteriza-se com um solo muito pobre e reduzida fertilidade natural, permeabilidade média em todo o perfil. Nos topos sem vegetação tem-se erosão em sulcos, devido à exposição do solo aos agentes intempéricos.

Quadro 1 – Análises. Perfil Topo - Pasto.

Topo Pasto

Horizonte		Composição Granulométrica (g/Kg)				Argila Dispersa em Água (%)	Classificação textural
Símbolo	Profundidade	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila		
A	0-25	466	87	122	325	0	Franco-argilo-arenoso
B	>25	371	82	98	449	61	Argilo-arenoso

Massa Específica g/cm3		Porosidade Natural	Umidade (%)	1/3 ATM	15 ATM	Água Útil (%)	Condutividade Hidráulica (cm/hora)
D. do solo	D de partícula		1/10 ATM				
0,99	2,50	60	1,02	-	-	-	-
1,06	2,53	57	1,02	-	-	-	-

pH		Carbono (%)	Matéria Orgânica (%)	Nitrogênio (%)	Relação C/N	Fósforo Assimilável (mg/kg de P)
H2O	KCl					
4,6	4,0	16,9	29,6	1,4	12	2
4,4	0,2	5,7	9,8	0,6	9	1

Complexo Sortivo em $cmol_c/kg$ g de Solo									V	Saturação	Saturação
Ca++	Mg++	K+	Na+	S	Al3+	H	$H^+ + Al^{3+}$	T	100.S/T (%)	por Al_{3+} (m%)	por Na_+ (PST)
0,4	0	0,06	0,02	0,5	1,1	5,6	6,7	7,2	7,0	69	<1
0,2	0	0,01	0,01	0,2	1,0	3,6	4,6	4,8	4,0	83	<1

Fonte: Autor, 2015.

5.3.2. Perfil 2 Meia Encosta Alta – Pasto

Aponta-se o caráter distrófico, revelado pelo baixo grau de saturação por bases (V%) e, também, expressiva saturação por alumínio em todo perfil. A CTC é baixa sendo que o H + Al3+ são os cátions dominantes no complexo de troca o que define um solo com elevada acidez, corroborado pelos baixos valores de pH (Quadro 2). E apresenta limitação ao uso agrícola semelhante ao solo do topo supracitado.

Também com elevada profundidade, moderadamente drenado e, uma sequência de horizontes A-A1-AB com pouca diferenciação entre os horizontes. Possui reduzida fertilidade natural. Contudo, observa-se uma limitação associada ao uso agrícola desse tipo de solo. Deve-se aos fatores de baixa fertilidade e deficiência hídrica.

Quadro 2 - Análises. Perfil Meia Encosta Alta - Pasto.

Meia Encosta Alta Pasto							
Horizonte		Composição Granulométrica (g/Kg)				Argila Dispersa em Água (%)	Classificação textural
Símbolo	Profundidade	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila		
A	0-50	410	106	158	326	0	Franco-argilo-arenoso
A1	51-106	389	86	156	366	0	Argilo-arenoso
AB	>106	346	82	144	428	0	Argila

Massa Específica g/cm3		Porosidade Natural	Umidade (%)	1/3 ATM	15 ATM	Água Útil (%)	Condutividade Hidráulica (cm/hora)
D. do solo	D de partícula		1/10 ATM				
1,07	2,59	58	1,019	-	-	-	-
0,99	2,56	61	1,018	-	-	-	-
1,17	2,56	54	1,019	-	-	-	-

pH		Carbono (%)	Matéria Orgânica (%)	Nitrogênio (%)	Relação C/N	Fósforo Assimilável (mg/kg de P)
H2O	KCl					
4,6	4	10,4	17,88	1,1	9	1
4,4	4	5,5	9,46	0,7	8	1
4,5	4,1	4	6,88	0,4	10	2

Complexo Sortivo em cmolc/kg g de Solo									V	Saturação	Saturação
Ca++	Mg++	K+	Na+	S	Al3+	H	H^+, Al^{3+}	T	100.S/T (%)	por Al3+ (m%)	por Na+ (PST)
0,3	0	0,03	0,01	0,3	1	5,5	6,6	6,8	4,0	77	<1
0,40	0,20	0,01	0,02	0,63	0,80	3,7	4,50	5,03	4,0	82	<1
0,40	0,20	0,01	0,02	0,63	1,02	3,0	4,2	4,93	5,0	75	<1

Fonte: Autor, 2015.

5.3.3. Perfil 3 Meia Encosta Baixa – Pasto

A partir da análise do Quadro 3 marca-se um caráter distrófico, correlacionado ao seu baixo grau de saturação por bases (V%) e expressiva saturação por alumínio em todo perfil. A CTC é baixa uma vez que o H + Al3+ são os cátions dominantes no complexo de troca, o que indica um solo com elevada acidez, corroborado pelos baixos valores de pH. Tem elevada profundidade, com drenagem moderada. Tais quais os solos do topo e da meia encosta alta exibem baixa fertilidade natural. E apresenta limitação ao uso agrícola

semelhante aos solos do topo e meia encosta alta supracitada. Apresenta erosão laminar e em sulcos, devido à exposição do solo aos agentes intempéricos.

Quadro 3 - Análises. Perfil Meia Encosta Baixa - Pasto.

Meio Encosta Baixa Pasto							
Horizonte		Composição Granulométrica (g/Kg)				Argila Dispersa em Água (%)	Classificação textural
Símbolo	Profundidade	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila		
A	0-20	491	89	156	264	264	Franco-argilo-arenoso
B	>20	434	106	114	346	0	Franco-argilo-arenoso

Massa Específica g/cm3		Volume total de Poros	Umidade (%)	1/3 ATM	15 ATM	Água Útil (%)	Condutividade Hidráulica (cm/hora)
D. do solo	D. partícula		1/10 ATM				
1,29	2,51	48	1,014	-	-	-	-
1,09	2,56	57	1,018	-	-	-	-

pH		Carbono (%)	Matéria Orgânica (%)	Nitrogênio (%)	Relação C/N	Fósforo Assimilável (mg/kg de P)
H2O	KCl					
4,6	3,9	12,7	21,84	1,1	12	2
4,5	4,,0	7,9	14,44	0,8	10	1

Complexo Sortivo em cmolc/kg g de Solo									V	Saturação	Saturação
Ca++	Mg++	K+	Na+	S	Al+3	H	H+, Al3+	T	100.S/T (%)	por Al3+ (m%)	por Na+ (PST)
0,4	0	0,02	0,01	0,4	0,9	4,6	5,5	5,3	10,0	60	<1
0,7	0	0,06	0,03	0,8	1,0	4,0	5,0	6,7	8,0	69	<1

Fonte: Autor, 2015.

5.3.4. Perfil 4 Baixa Encosta – Pasto

A partir das análises de laboratório observa-se respectivamente na sequência de seus horizontes o caráter álico, distrófico e álico devido ao baixo grau de saturação por bases (V%) e, também, uma expressiva saturação por alumínio em todo perfil. A CTC é baixa sendo que o H + Al3+ são os cátions representativos no complexo de troca, que o define como um solo ácido, comprovadamente por mostrar baixos valores de pH.

Constitui um solo profundo, que varia de bem drenado a moderadamente drenado. Sua constituição físico-química revela um solo muito pobre e com baixa fertilidade natural. Contudo, observa-se uma limitação associada ao uso agrícola desse tipo de solo deve-se aos fatores baixa fertilidade. Associa-se a supracitadas condições a ocorrência de erosão do tipo laminar e em sulcos, bem como a ausência de atividade biológica que refletem os processos de degradação do mesmo (Quadro 4).

Quadro 4 - Análises. Perfil Baixa Encosta - Pasto.

Baixa Encosta Pasto

Horizonte		Composição Granulométrica (g/Kg)				Argila Dispersa em Água (%)	Classificação textural
Símbolo	Profundidade	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila		
A	0-23	473	89	154	284	284	Franco-argilo-arenoso
AB	24-73	528	97	112	263	61	Franco-argilo-arenoso
B	>73	371	96	166	367	61	Argilo-arenoso

Massa Específica g/cm3		Volume total de Poros	Umidade (%)	1/3 ATM	15 ATM	Água Útil (%)	Condutividade Hidráulica (cm/hora)
D. do solo	D de partícula		1/10 ATM				
1,23	2,63	53	1,015	-	-	-	-
0,97	2,68	63	1,012	-	-	-	-
1,22	2,59	52	1,019	-	-	-	-

pH		Carbono (%)	Matéria Orgânica (%)	Nitrogênio (%)	Relação C/N	Fósforo Assimilável (mg/kg de P)
H2O	KCl					
4,6	3,9	11	18,92	1,1	10	<1
4,8	3,8	3,7	6,36	0,5	7	<1
4,6	3,9	4	6,88	0,5	8	<1

Complexo Sortivo em cmolc/kg g de Solo									V	Saturação	Saturação
Ca++	Mg++	K+	Na+	S	Al3+	H	T	H^+,Al3+	100.S/T (%)	por Al3+ (m%)	por Na+ (PST)
0,7	0	0,06	0,03	0,8	1,0	4,9	6,7	5,9	12	56	<1
0,6	0	0,01	0,01	0,6	0,5	2,8	3,9	4,4	15	45	<1
0,4	0	0,01	0,01	0,4	0,9	3,3	4,6	4,2	09	69	<1

Fonte: Autor, 2015.

5.3.5. Perfil 5 Topo – Floresta

Constata-se através das análises físicas e químicas o caráter distrófico devido ao baixo grau de saturação por bases (V%) e, também, uma expressiva saturação por alumínio em todo perfil. A CTC é baixa sendo que o H + Al3+ são os cátions dominantes no complexo de troca caracterizando um solo ácido, confirmado, também, pelos baixos valores de pH (Quadro 5). Contudo, observa-se uma limitação associada ao uso agrícola desse tipo de solo deve-se aos fatores baixa fertilidade e deficiência hídrica.

Quadro 5 - Análises. Perfil Topo - Floresta.

Topo Floresta							
Horizonte		Composição Granulométrica (g/Kg)				Argila Dispersa em Água (%)	Classificação textural
Símbolo	Profundidade	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila		
A	0-25	396	78	97	429	0	Argilo-arenoso
B	>25	327	77	88	508	0	Argila

Massa Específica g/cm3		Volume total de Poros	Umidade (%)	1/3 ATM	15 ATM	Água Útil (%)	Condutividade Hidráulica (cm/hora)
D. do solo	D. de partícula		1/10 ATM				
0,89	2,51	64	1,021	-	-	-	-
1,0	2,59	61	1,017	-	-	-	-

pH		Carbono (%)	Matéria Orgânica (%)	Nitrogênio (%)	Relação C/N	Fósforo Assimilável (mg/kg de P)
H2O	KCl					
4,4	3,9	10,9	18,7	1,1	10	2
4,6	4	4,3	7,3	0,5	9	1

Complexo Sortivo em cmolc/kg g de Solo									V	Saturação	Saturação
Ca++	Mg++	K+	Na+	S	Al+3	H	H^+,Al^{3+}	T	100.S/T (%)	por Al3+ (m%)	por Na+ (PST)
0,6	0	0,11	0,03	0,7	1,2	5,2	6,4	7,1	23	63	<1
0,2	0,	0,01	0,02	0,2	0,9	3,3	4,2	4,4	13	82	<1

Fonte: Autor, 2015.

5.3.6. Perfil 6 Média Encosta Alta – Floresta

Por meio das análises físicas e químicas aponta-se seu caráter distrófico devido ao baixo grau de saturação por bases (V%), bem como uma baixa saturação por alumínio em todo perfil. A CTC é baixa sendo que o H + Al3+ são os cátions dominantes no complexo de troca caracterizando-o também um solo ácido semelhante ao solo P5, confirmado, também, pelos reduzidos valores de pH (Quadro 6). Apresenta um grau de floculação elevado que o caracteriza como um solo com menor risco de erosão. Todavia, principalmente, em setores mais declivosos, aumenta-se o risco natural de erosão. Observou-se que em alguns trechos de vertentes desmatadas (pastoreio) a ocorrência de erosão laminar intensa. A limitação associada ao uso agrícola desse tipo de solo deve-se aos fatores de baixa fertilidade e deficiência hídrica.

Quadro 6 - Análises. Perfil Média Encosta Alta - Floresta.

Meia Encosta Alta Floresta							
Horizonte		Composição Granulométrica (g/Kg)				Argila Dispersa em Água (%)	Classificação textural
Símbolo	Profundidade	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila		
A	0-30	407	106	121	366	0	Argilo-arenoso
B	>30	358	100	94	448	61	Argilo-arenoso

Massa Específica g/cm3		Volume total de Poros	Umidade (%)			Água Útil (%)	Condutividade Hidráulica (cm/hora)
D. do solo	D. de partícula		1/10 ATM	1/3 ATM	15 ATM	-	-
1,04	2,47	57	1,018	-	-	-	-
1,06	2,55	58	1,018	-	-	-	-

pH		Carbono (%)	Matéria Orgânica (%)	Nitrogênio (%)	Relação C/N	Fósforo Assimilável (mg/kg de P)
H2O	KCl					
4,0	3,8	13,7	23,5	1,5	10	1
4,3	4,0	5,8	9,9	0,6	10	1

Complexo Sortivo em cmolc/kg g de Solo									V	Saturação por Al3+ (m%)	Saturação por Na+ (PST)
Ca++	Mg++	K+	Na+	S	Al3+	H	H^+,Al^{3+}	T	100.S/T (%)		
0,3	0	0,06	0,01	0,4	1,2	5,5	6,7	7,1	6	75	<1
0,40	0,20	0,01	0,02	0,6	0,80	3,5	4,4	5,0	6	75	<1

Fonte: Autor, 2015.

5.3.7. Perfil 7 Meia Encosta Baixa - Floresta

Baseado nas análises físicas e químicas sinaliza-se o caráter eutrófico (horizonte A) devido ao elevado grau de saturação por bases (V%) e distrófico (horizonte B), bem como a saturação muito baixa por alumínio em todo perfil. A CTC é elevada sendo que o H + é o cátion dominante no complexo de troca caracterizando-o também um solo ácido semelhante aos solos P5 e P6, definido, também, pelos reduzidos valores de pH (Quadro 7). Apresenta baixo grau de floculação que o indica como um solo com maior risco de erosão. Em contrapartida, seguramente por manter-se protegido pela cobertura vegetal não foi constatado a ocorrência de erosão.

Quadro 7 - Análises. Perfil Meia Encosta Baixa – Floresta.

Meia Encosta Baixa Floresta							
Horizonte		Composição Granulométrica (g/Kg)				Argila Dispersa em Água (%)	Classificação textural
Símbolo	Profundidade	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila		
A	0-45	486	93	157	264	406	Franco-argilo-arenoso
B	>45	411	83	120	386	346	Argilo-arenoso

Massa Específica g/cm3		Volume total de Poros	Umidade (%)			Água Útil (%)	Condutividade Hidráulica (cm/hora)
D. do solo	D. de partícula		1/10 ATM	1/3 ATM	15 ATM		
1,0	2,51	60	1,016	-	-	-	-
0,92	2,54	63	1,017	-	-	-	-

pH		Carbono (%)	Matéria Orgânica (%)	Nitrogênio (%)	Relação C/N	Fósforo Assimilável (mg/kg de P)
H2O	KCl					
5,7	4,9	12,5	21,5	1,2	10	2
5,1	4,2	6,9	11,8	0,7	10	1

Complexo Sortivo em cmolc/kg g de Solo									V	Saturação	Saturação
Ca++	Mg++	K+	Na+	S	H	Al3+	H^+,Al^{3+}	T	100.S/T (%)	por Al3+ (m%)	por Na+ (PST)
3,5	1,2	0,33	0,02	5	3,4	0	3,4	8,4	60	0	<1
1	0,7	0,04	0,04	1,8	3,6	0,1	3,7	5,5	33	5	<1

Fonte: Autor, 2015.

5.3.8. Perfil 8 Baixa Encosta – Floresta

Baseado nas análises físicas e químicas sinaliza-se o caráter distrófico em ambos os horizontes devido ao baixo grau de saturação por bases (V%), bem como a saturação muito baixa por alumínio em todo perfil. A CTC é baixa sendo que o H + Al3+ são os cátions mais representativos no complexo de troca caracterizando-o também um solo ácido semelhante aos solos da área de pastagem, revelando baixos valores de pH. Apresenta baixo grau de floculação que exprime solos com caráter mais erosivos. Fundamentado nos valores obtidos na análise dos solos verifica-se que essa característica predomina tanto nas áreas de pastagem e floresta da média encosta quanto na baixa encosta.

Quadro 8 - Análises. Baixa Encosta – Floresta.

Baixa Encosta Floresta							
Horizonte		Composição Granulométrica (g/Kg)				Argila Dispersa em Água (%)	Classificação textural
Símbolo	Profundidade	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila		
A	0-25	403	96	115	386	325	Argilo-arenoso
B	>25	403	73	178	346	366	Franco-argilo-arenoso

Massa Específica g/cm3		Volume total de Poros	Umidade (%)	1/3 ATM	15 ATM	Água Útil (%)	Condutividade Hidráulica (cm/hora)
D. do solo	D. de partícula		1/10 ATM				
1,23	2,50	50	1,017	-	-	-	-
1,25	2,54	50	1,018	-	-	-	-

pH		Carbono (%)	Matéria Orgânica (%)	Nitrogênio (%)	Relação C/N	Fósforo Assimilável (mg/kg de P)
H2O	KCl					
4,9	3,9	11	18,92	1,2	9	2
4,8	3,9	6,6	11,35	0,1	66	1

	Complexo Sortivo em cmolc/kg g de Solo								V	Saturação por Al3+ (m%)	Saturação por Na+ (PST)
Ca++	Mg++	K+	Na+	S	Al3+	H	H^+, Al^{3+}	T	100.S/T (%)		
0,5	0,6	0,27	0,04	1,4	0,8	4,7	5,5	6,9	20	36	<1
0,6	0	0,19	0,05	0,8	0,8	3,9	4,7	5,5	15	50	<1

Fonte: Autor, 2015.

5.4. INDICADORES DE DEGRADAÇÃO DO SOLO

O rol de indicadores foi aplicado conjuntamente para possibilitar aprofundar o entendimento sobre o uso das terras e a degradação do solo, em ambiente tropical. Assim, os indicadores do solo foram selecionados por considerar os riscos de erosão superficial e redução na qualidade dos solos em comparação entre área de pastagem e de reflorestamento recente (florestal).

Com intuito de avaliar a qualidade do solo nas duas áreas-piloto analisou-se os indicadores apontados pela bibliografia acima trabalhada revelam à sucessão de diferentes estados, que tem a ver, por exemplo, com a sua erodibilidade (matéria orgânica, porosidade, densidade do solo), e com a sua fertilidade (valor V e pH). Além disso, a vegetação é mais uma evidência desse estado.

Na área 1 (pastagem), espécies como *Solanum sisymbriifolium* e *Sida spp*., geralmente estão presentes quando o solo encontra-se ácido, compactado e em muitos casos salino. Confirma-se com a pesquisa sua elevada acidez e indícios de compactação. (baixos valores de pH, variando de 4,3 a 4,9 e densidade do solo no limiar crítico). Salienta que, se a área 1 continuar sendo utilizada para fins pecuários, sem o correto manejo ou a aplicação de práticas culturais adequadas como, por exemplo, correção da acidez do solo, que foi diagnosticada como elevada, tenderá cada vez mais a deteriorar-se. Ou então, realizar a adubação correta, a rotação de culturas e, consequentemente, alcançar a melhoria da sua qualidade.

Assim, indica-se para a área 1 fazer o acompanhamento adequado com o propósito de ser reestruturada para manter a atividade realizada no local. Mas, reflete-se sobre a importância de que área contenha espécies arbóreas intercaladas com a pastagem, visando assegurar a consorciação entre vegetação campestre e floresta. A ocorrência na área 1 de espécies pertencente ao Filo Pterophyta indica que houve a presença de espécies arbóreas nesse habitat em períodos anteriores, proporcionando um microclima adequado para seu crescimento e desenvolvimento. No entanto, após a retirada das espécies nativas para a produção de pastagens, promoveu-se transformações no ambiente, somente permanecendo alguns representantes. A perda de biomassa no contexto da área traz implicações negativas na quantidade de matéria orgânica nos horizontes superficiais.

A presença de locais com clareiras, dentro da área 2 (floresta/reflorestamento), deve-se ao fato de ter ocorrido queda de árvores, bem como em certas situações a sucessão ecológica ainda não foi totalmente completada dentro dessa área. Assim, a vegetação que surge naturalmente após a inclusão de espécies, que foram destinadas possivelmente ao reflorestamento dessa área, demonstra que aos poucos essa área vem se reorganizando, ou seja, proporcionando uma maior proteção ao solo, bem como a proteção de recursos hídricos.

Deve-se, no entanto, realizar um monitoramento da área 2, incluindo um plano de manejo, pelo fato de que em locais com presença de clareiras pode ocorrer a invasão de espécies exóticas, e após essas espécies se estabelecerem a vegetação nativa é prejudicada, conforme relatado anteriormente.

Os valores de matéria orgânica obtidos indicam uma considerável quantidade nos perfis trabalhados (acima de 5% é considerada elevada, como Tomé Jr. (1997) afirma (Figura 28), entretanto, como há interação da matéria orgânica com outras propriedades do solo, é difícil estabelecer um limiar mínimo para sua erodibilidade (GUERRA, 2007). Os valores diminuíram com a profundidade, com exceção do perfil 4 pastagem baixa encosta, em que o horizonte AB possui 6,3% e o B possui 6,8%. Entretanto tal valor é muito próximo, pode-se dizer que permaneceu aproximadamente constante o teor de matéria orgânica nesses dois horizontes (como visto nos quadros). Os solos sob as duas coberturas apresentaram valores de matéria orgânica semelhantes, com o maior valor para o horizonte superficial (A) do perfil 1 pastagem topo (29,06%) (maior que a quantidade do horizonte superficial do perfil 5 floresta topo, 18,74%).

Tal fato, acima descrito, pode ser explicado a partir da afirmação de Russel, pois confirma que "as gramíneas incorporam mais material orgânico ao solo do que as florestas e um teor mais elevado de argila favorece o acréscimo de carbono orgânico no solo, pois associação entre compostos orgânicos e argila dificulta a decomposição[1] (RUSSEL, 1973 apud RESENDE et.al 2007). Além disso, Muzilli (1996) complementa a ideia referindo-se a atuação das gramíneas para constituição dos agregados dos solos.

> Biomassas com relação C/N mais ampla possuem maior efeito agregante, devido à decomposição mais lenta e à formação de compostos orgânicos intermediários que estarão contribuindo para o aumento do teor de matéria orgânica no solo; nessa situação, as gramíneas atuam de forma mais eficaz para promover a formação de

[1] A matéria orgânica do solo interage com as partículas de argila. Parece razoável o modelo de que as moléculas, interagindo mais com as argilas, permanecem mais tempo, antes de se decomporem. As mais afastadas, mais livres, decompõem-se mais rapidamente: tem uma vida média menor.

agregados, tanto pela ação direta das raízes como pelo suprimento de resíduos orgânicos mais duradouros e estáveis (MUZILLI, 1996).

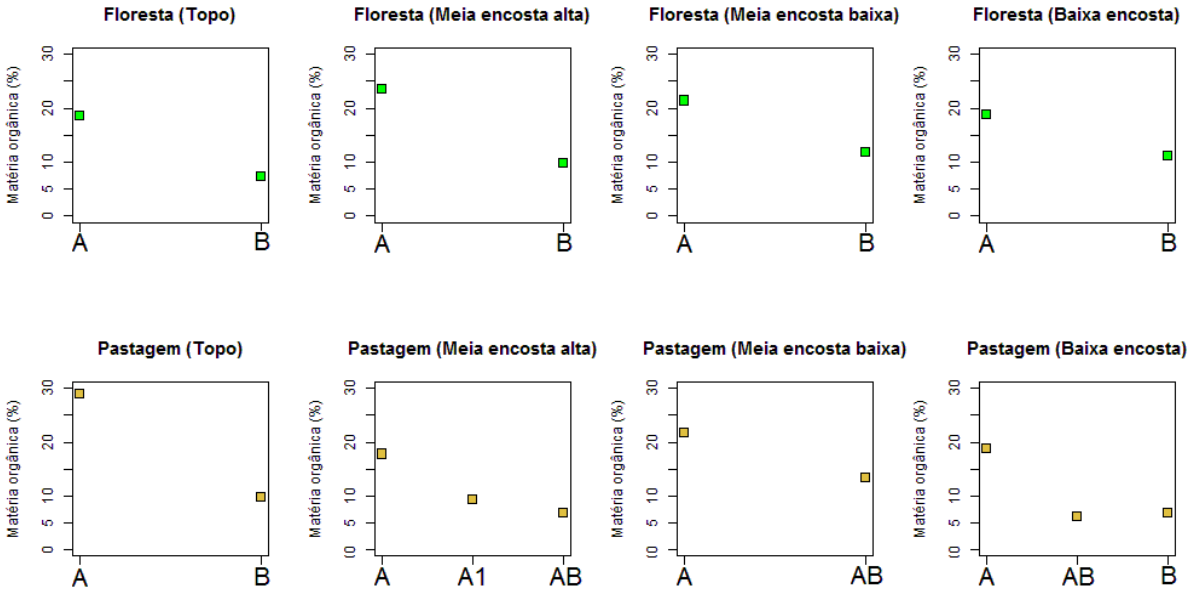

Figura 28 – Variação da matéria orgânica por horizonte.
Fonte: Autor

Por exemplo, Seben Jr. (2014) et al. encontram presença de matéria orgânica com valores médios maiores que as outras coberturas agrícolas estudadas. An et al. (2010) também encontram maiores valores de matéria orgânica para a floresta. Porém, os resultados deste trabalho são respaldados pelo fato do reflorestamento ser recente e não planejado e, portanto, a cobertura de floresta não se desenvolveu totalmente (fato corroborado pela caracterização da vegetação *in loco*), uma vez que áreas desmatadas sofrem diminuição crescente da matéria orgânica do solo (ISRIC, 1991).

Sobre a variação da porosidade total com a profundidade, não foi encontrado um padrão, e sim oscilações mínimas. Apesar de parecer que a porosidade total aumentou com a profundidade para alguns casos (p. ex, no caso do perfil 7 floresta meia encosta baixa, em que aumenta de 60,07% no horizonte A para 63,71% no horizonte B), tal variação é muito pequena, e isto pode ser explicado pelas próprias insignificantes perturbações geradas durante as medições em laboratório (Figura 29). Com exceção dos perfis de baixa encosta, em que a pastagem apresenta valores pouco maiores de porosidade (53% para o horizonte A, 63% para o AB, 52% para o B; em comparação com a floresta que apresentou 50% para o A e AB), a floresta possui porosidade total pouco maior, talvez por uma pequena melhora nas

propriedades hidráulicas. Entretanto afirmar isso é perigoso, já que a diferença entre as duas classes é mínima, e os valores mantém constância.

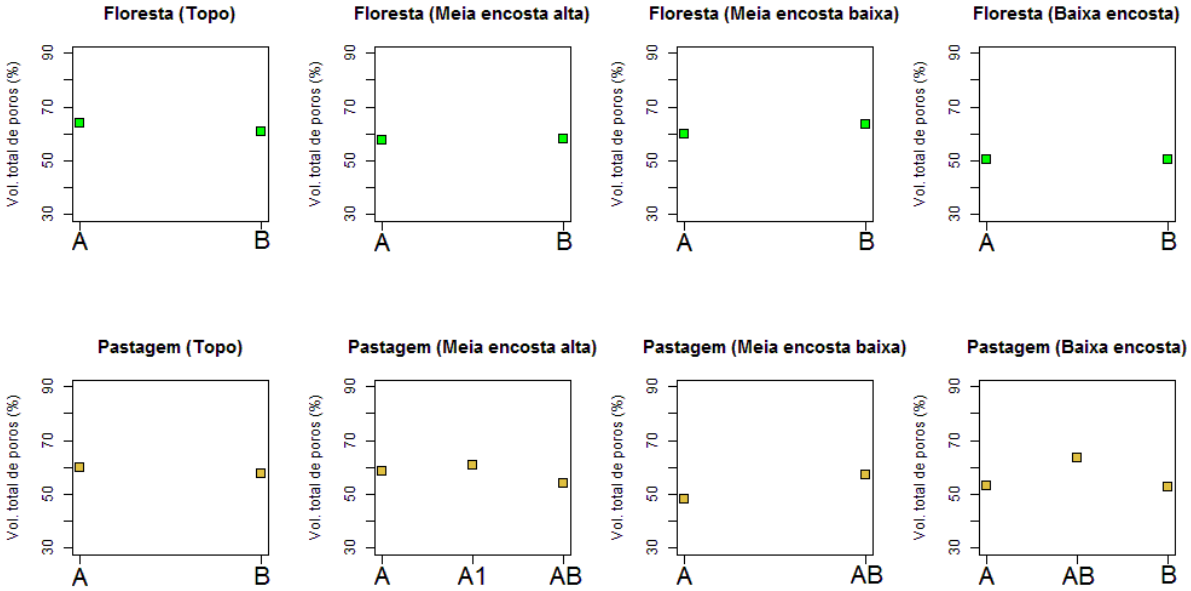

Figura 29 – Variação do volume total de poros por horizonte.
Fonte: Autor

Para a densidade do solo (Ds), discorre-se que os valores demonstram diferenças com a profundidade e cobertura, que aparentemente parecem ser oscilações mínimas, mas não são. Uma vez que os valores variam de 0,89 a 1,25 g/cm³ (este primeiro está no horizonte A do perfil 5 topo da floresta, e o último no horizonte B do perfil 8 baixa encosta da floresta) (Figura 30). Todavia, conforme a literatura os valores de Ds, mostram-se acima dos valores médios considerados satisfatórios, conforme Camargo e Alleoni (1997), que se inserem na faixa de valores entre 1,0 e 1,2 g g/cm³. Os valores elevados de densidade obtidos nessa amostragem tanto na pastagem como na área de reflorestamento recente possivelmente induzem a degradação do solo, no setor em análise. Fato que permite sinalizar tais valores como indícios de compactação e/ou adensamento do mesmo. Levando-se em conta apenas a comparação por horizonte mais superficial, a maior diferença está entre o perfil 3 meia encosta baixa da pastagem (1,29 g/cm³) e o perfil 7 meia encosta baixa da floresta (1 g/cm³).

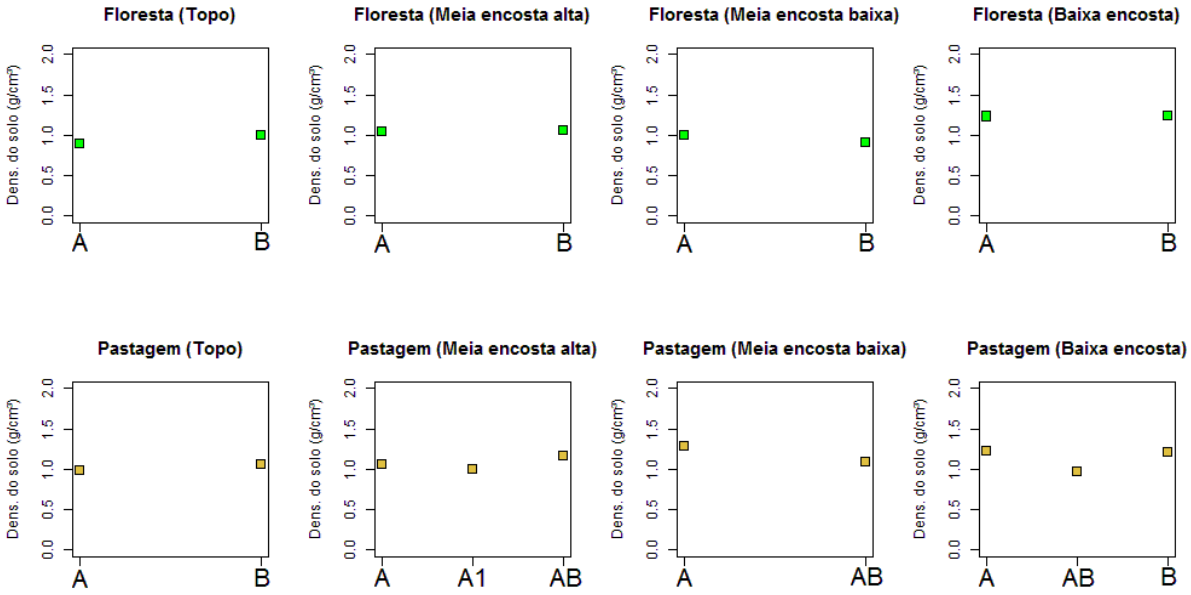

Figura 30 – Variação da densidade do solo por horizonte.
Fonte: Autor

As outras diferenças também parecem ser menores, logo, diz-se que, provavelmente, o reflorestamento recente ainda não afetou positivamente o tal parâmetro do solo. Com essa assertiva, confirmam-se com outros resultados encontrados para essa área, em especial, que de modo geral exibem que os solos encontram-se compactados. Moraes et al. (2002) traz valores de Ds de 1,43 g/cm³ em local de pastagem degradada com cobertura vegetal rasteira e, os valores de 1,23 e 1,13 g/cm^3 em áreas de pastagens com razoável e ótima cobertura vegetal. Assim como, Braimoh e Vlek (2004) consideram que seus valores de densidade do solo, que estão entre 1,42 a 1,70 g/cm³, são elevados.

Os demais valores encontrados abaixo de 1,0 g/cm³ podem ser devido ao fato que as pastagens estão com pastoreio em processo de redução ou término e, a área da floresta por ser recente seu reflorestamento. Logo, esses aspectos podem contribuir com a recuperação da densidade do solo.

Jiao et al. (2011) ao comparar coberturas e sua relação com os solos, percebeu que a densidade do solo foi similar no horizonte mais superficial para a floresta e pastagem, apesar de ter variado nas outras coberturas. Entretanto, práticas agrícolas fazem aumentar a densidade do solo, que está ligada com a porosidade, devido ao manejo inadequado (GUERRA, 2007). Seben Jr. et al. (2014) encontram solos menos densos e mais porosos para a floresta nativa em comparação com agricultura. Já, como no presente trabalho, Matano et al. (2015) também se refere aos solos mais densos sob vegetação natural em área tropical.

Portanto, de acordo com os dados levantados nessa pesquisa, ainda é cedo afirmar que houve melhora na porosidade total e na densidade do solo (devido ao reflorestamento ser recente). Isto é corroborado por Zhao et al. (2013), em que os autores afirmam um reflorestamento recente não melhora necessariamente as propriedades hidráulicas do solo (como porosidade e densidade do solo). Também, Liu et al. (2012) afirmam que para estágios iniciais do reflorestamento, a erosão do solo não diminui significativamente.

Sobre o pH (Figura 31), não se evidenciam diferenças com a profundidade e nem por cobertura (os valores, com exceção do perfil 7 meia encosta baixa da floresta, estão variando de 4,3 a 4,9).

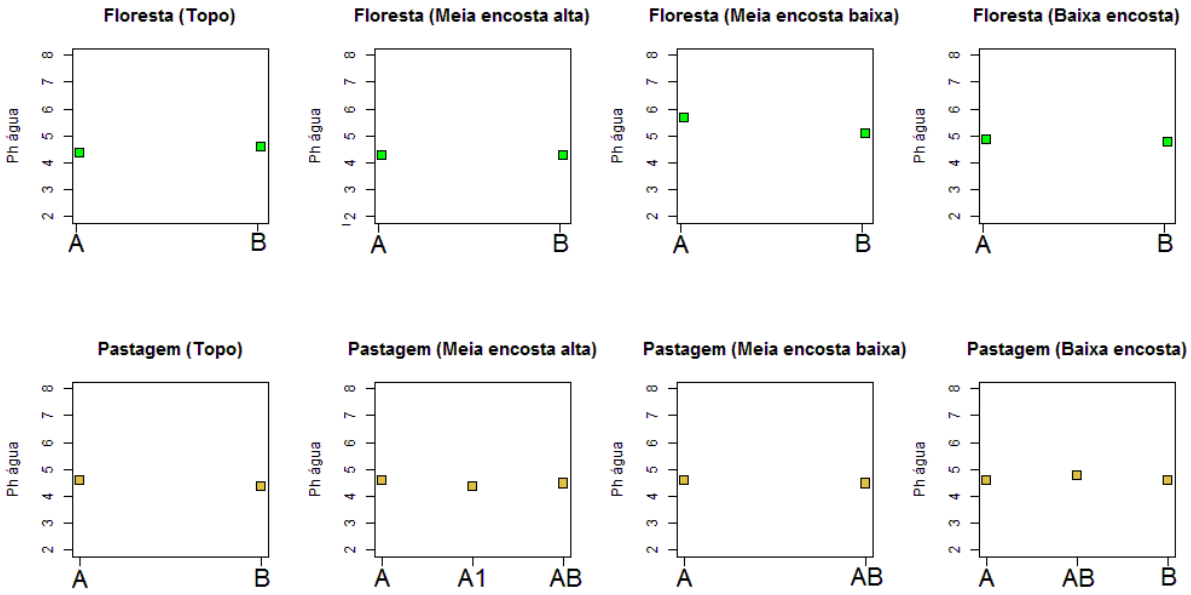

Figura 31 – Variação do pH por horizonte.
Fonte: Autor

Entretanto, para o perfil 7 meia encosta baixa da floresta, os valores foram de 5,7 (horizonte A) e 5,1 (horizonte B), indicam uma possível melhora do pH nesse perfil de floresta. Tomé Jr. (1997) afirma que pH menor que 5 caracteriza solos muito ácidos e, de 5 a 5,9 tem-se solos com acidez média. Valores de pH abaixo de 4,5 restringem muito o crescimento das plantas, pois indica pobreza de Ca e Mg (e no geral, pobreza de K) com menor fertilidade (valor V), elevados teores de Al, elevada fixação de P (P não sendo disponibilizado para as plantas) e deficiência de micronutrientes, e/ou excesso de salinização, limitação na decomposição de matéria orgânica (como em latossolo húmico) (TOMÉ JR., 1997). Além disso, ainda de acordo com Tomé Jr. (1997), em solos com pH < 5,5 pode ocorrer Al trocável em nível tóxico (notar que neste trabalho apenas o horizonte A do perfil 7

apresenta pH maior que 5,5). Em condições naturais, o pH aumenta com a profundidade (TOMÉ JR., 1997), mas, como os solos sofreram manejo inadequado e o reflorestamento é recente, tal fato não ocorreu. E também, o solo já é naturalmente ácido, por ser um latossolo distrófico, sobre litologia de gnaisse e alto grau de intemperismo (CPRM, 2001), além do clima úmido.

O presente estudo encontrou valores de pH semelhantes com os de Braimoh e Vlek (2004), em que mostram valores próximos de pH (média de 5,16) para os solos sob diferentes coberturas, apesar de encontrar um valor de 5,19 para área tropical não cultivada, ligeiramente maior que 5,01 para uma área tropical permanentemente cultivada, entretanto, a diferença é mínima. Porém, o manejo inadequado de pastagem pode resultar em redução do pH, como mostrado pelo trabalho de Matano et al. (2015).

Sobre o valor V (saturação por bases) (Figura 32), os solos da área de estudo, como visto, são distróficos e/ou álicos, apenas em um horizonte ele é eutrófico, que é o horizonte A do perfil 7 meia encosta baixa da floresta (valor V de 60%), porém o horizonte B deste perfil é distrófico (valor V de 33%) que é diagnóstico de solo distrófico (EMBRAPA, 2013). O valor V indica fertilidade e está associado ao pH, quanto maior o pH, maior o valor V% (TOMÉ JR., 1997). Os solos de floresta apresentaram valor V maiores em todos os perfis (comparando setor por setor da vertente, e horizonte por horizonte), mostra que a floresta recente possui maior fertilidade (inclusive o único horizonte eutrófico supracitado). Jiao et al. (2011) sinaliza que o reflorestamento aumenta a quantidade de nutrientes em solos e essa quantidade aumenta com o passar do tempo (para áreas áridas). Entretanto, não foram encontrados trabalhos para o estudo do reflorestamento recente em áreas tropicais.

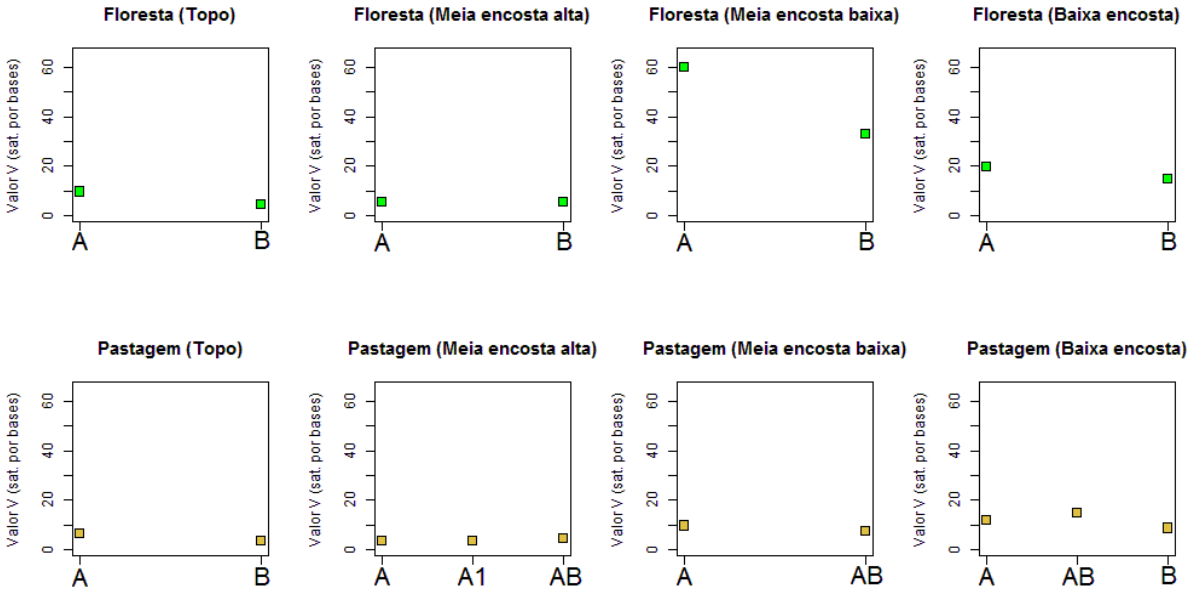

Figura 32 – Variação do valor V (saturação por bases) por horizonte.
Fonte: Autor

6. CONCLUSÕES

A hipótese de que solos degradados sob cobertura de reflorestamento recente possuem parâmetros físico-químicos diferentes em relação aos solos degradados sem reflorestamento, assim como possuem melhores indicadores físico-químicos em relação a sua qualidade e degradação, mesmo em curto prazo de tempo, não pôde ser confirmada.

Os resultados mostram os seguintes pontos:

a) A descrição da vegetação permitiu definir um estado inicial da degradação do solo: para a área de pastagem, espécies como *Solanum sisymbriifolium* e *Sida spp*., indicam solo degradado; para a área de floresta, há áreas com clareiras causadas pela queda de árvores, bem como em certas situações em que a sucessão ecológica ainda não foi totalmente completada.

b) Os valores de matéria orgânica obtidos indicam uma considerável quantidade nos perfis, entretanto tais valores são muito próximos para as duas coberturas. Sobre a variação da porosidade total e densidade do solo, os valores não permitiram estabelecer diferenças para as duas coberturas, entretanto, nota-se que os solos estão compactados. Sobre o pH, não há diferença por cobertura, e nota-se o caráter ácido dos solos.

c) Sobre o valor V (saturação por bases), os solos são distróficos e/ou álicos, apenas em um horizonte ele é eutrófico, que é o horizonte A do perfil 7 meia encosta baixa da floresta (valor V de 60%). Os solos de floresta apresentaram valor V maiores em todos os perfis (comparando setor por setor da vertente, e horizonte por horizonte), mostrando que a floresta recente tem maior fertilidade (inclusive o único horizonte eutrófico). Talvez, isto seja uma possível melhora da qualidade do solo devido ao reflorestamento.

Conclui-se que os solos da área estão degradados, e que o reflorestamento recente não melhorou totalmente o estado de degradação do solo, necessitando de algum tempo para o desenvolvimento da floresta, e aplicação do manejo adequado.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AN, S.; MENTLER, A.; MAYER, H.; BLUM, W. E. H. Soil aggregation, aggregate stability, organic carbon and nitrogen in different soil aggregate fractions under forest and shrub vegetation on the Loess Plateau, China. *Catena*, v. 81, p. 226-233, 2010

ARAUJO, G. H. S.; ALMEIDA, J. R.; GUERRA, A. J. T. *Gestão ambiental de áreas degradadas*. 4.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009. 320 p.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. Conservação do solo. 8.ed. São Paulo: *Ícone*, 2012. 355 p.

BRADY, N. C.; WEIL, R. R. *Elementos da natureza e propriedades do solo*. 3.ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. 716 p.

BRAIMOH, A. K.; VLEK, P. L. G. The impact of land-cover change on soil properties in northern Ghana. *Land Degradation and Development*, v. 15, p. 65-74, 2004.

BRASIL. DECRETO No 97.632, DE 10 DE ABRIL DE 1989. Disponível em < *http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1980-1989/D97632.htm*>. Acesso em 1. jun. 2015

CAMARGO, O. A.; ALLEONI, L. R. F. Compactação do solo e o desenvolvimento de plantas. Piracicaba: *ESALQ*, 1997. 132 p.

CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO BRASILEIRO. Rio de Janeiro. Brasília, 2001. 417 p.

DALRYMPLE, J.B., BLONG, R.J., CONACHER, A.J. A hypothetical nine unit landsurface model. *Zeitschrift Für Geomorphologie*, v. 12, p. 60-76, 1968.

DOANGEMMA, G.K., CAMPOS, D.V.B.; CALDERANO, S.B. TEIXEIRA, W.G.; VIANA, J.H.M (Org.). Manual de métodos de análises de solos. 2. ed. rev. Rio de Janeiro: *Embrapa Solos*, 2011. 230p.

EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. 2. ed. Rio de Janeiro: *EMBRAPA-CNPS*, 1997, 212 p.

EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3.ed. Rio de Janeiro: *EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Solos*, 2013. 353 p.

FAO. Soil degradation. Disponível em: <*http://www.fao.org/soils-portal/soil-degradation-restoration/en/*>. Acesso em: 1 jun. 2015.

FERNANDES, N.F.; AMARAL, C.P. Movimentos de massa: uma abordagem geológico-geomorfológica. In: GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B.(org.) – Geomorfologia e Meio ambiente. Rio de Janeiro: *Bertrand Brasil*, 1996.

FERNÁNDEZ, M. P.; SCNABEL, S.; CONTADOR, J. F. L.; MELLADO, I. M.; PÉREZ, R. O. Soil organic matter of Iberian open woodland rangelands as in?uenced by vegetation cover and land management. *Catena*, v. 109, p. 13-24, 2013.

GUERRA, A. J. T. Processos Erosivos nas Encostas. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Org.).Geomorfologia: Uma atualização de bases e conceitos. 7. ed. Rio de Janeiro: *Bertrand Brasil*, 2007.

GUERRA, A. T. G.; GUERRA, A. J. T. Novo dicionário geológico geomorfológico. 6. ed. Rio de Janeiro: *Bertrand Brasil*, 2008. 652 p. ISBN (978-85-286-0625-6).

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico 2010. Disponível em : <*http://www.sidra.ibge.gov.br/*>. Acesso em: 03 fev. 2015.

ISRIC/UNEP. World map of the status of human-induced soil degradation, an explanatory note. Nairobi: *UNEPI*, 1991.41 p.

JENNY, H. Factors of soil formation: a system of quantitative pedology. New York: Dover Publications, INC., 1994. 191p. ISBN 0-486-68128-9. Publicação original: McGraw-Hill, 1941. Disponível em: <*http://www.soilandhealth.org/01aglibrary/010159.Jenny.pdf*>. Acesso em: 1 jun. 2015.

JIAO, F.; WEN, Z. M.; AN, S. Changes in soil properties across a chronosequence of vegetation restoration on the Loess Plateau of China. *Catena*, v. 86, p. 110-116, 2011.

JORDÁN, A.; ZAVALA, L. M.; BELLINFANTE, N. Heterogeneity in soil hydrological response from different land cover types in southern Spain. *Catena*, p. 74, p. 137-143, 2008.

KORKANÇ, S. Y. Effects of afforestation on soil organic carbon and other soil properties. *Catena*, v. 123, p. 1. 274, 2014.

LEMOS, R.C.; SANTOS, R.D. Manual de descrição e coleta de solo no campo. 3.ed. Campinas, *Sociedade Brasileira de Ciência do Solo*, 1996. 84p.

LIU, Y.; FU, B.; LU, Y.; WANG, Z.; GAO, G. Hydrological responses and soil erosion potential of abandoned cropland in the Loess Plateau, China. *Geomorphology*, v. 138, p. 404-414, 2012.

IBGE. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Manual Técnico de Pedologia 2. ed. Rio de Janeiro: *IBGE*, 2007.

LEMES, M. W. Análise dos solos, dos processos erosivos e do comportamento hidrológico em colinas dissecadas e morros rebaixados sob diferentes usos na unidade de gestão Santo Antônio do Maratuã: Silva Jardim - RJ. 2014. 109 p. *Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal Fluminense*, Niterói, 2014.

LEMOS, R.C.; SANTOS, R.D. Manual de descrição e coleta de solo no campo. 2ed. Campinas: *SBCS/SNLCS*, 1984. 45p.

MATANO, A. S.; KANANGIRE, C. K.; ANYONA, D. N.; ABUOM, P. O.; GELDER, F. B.; DIDA, G. O.; OWUOR, P. O.; OFULLA, A. V. O. Effects of Land Use Change on Land Degradation Reflected by Soil Properties along Mara River, Kenya and Tanzania. *Open Journal of Soil Science*, v. 5, p. 20-38, 2015.

MELLONI, R.; MELLONI, E. G. P.; ALVARENGA, M. I. N.; VIEIRA, F. B. M. Avaliação da qualidade de solos sob diferentes coberturas florestais e de pastagem no sul de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 32. n. 6, p. 2461-2470, 2008.

MORAES, M. F.; OLIVEIRA, G. C.; KLIEMANN, H. J.; SEVERIANO, E. C.; SARMENTO, P. H. L.; NASCIMENTO, M. O. Densidade e porosidade do solo como diagnóstico do estado de degradação de solos sob pastagens na região dos Cerrados. In: V Simpósio Nacional sobre Recuperação de Áreas Degradadas, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte – MG : *SOBRADE*, 2002.

MONIZ, A. C. (Ed). Elementos de pedologia. 1.ed. Rio de Janeiro: *Livros Técnicos e Científicos Editora S.A.*, 1975. 460 p.

MUÑOZ, V. A. Análise geomorfométrica de dados SRTM aplicada ao estudo das relações solo-relevo. 2009. 112 p. (INPE-15796-TDI/1531). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2009. Disponível em: <*http://urlib.net/8JMKD3MGP8W/352GPK2*>. Acesso em: 16 jul. 2015.

MUSSILI, O. Manejo da matéria orgânica no sistema plantio direto: a experiência no estado do Paraná. Disponível em: < *http://www.ipni.net/ppiweb/pbrazil.nsf/b2aaf15da221a95785256a6d006d7a23/1a95e0cafd0ea*>. Acesso em: 16 maio. 2015.

RESENDE, M. et al Pedologia: base para distinção de ambientes. *NEPUT*, Viçosa, 2007.

RUSSELL, E. W. Soil conditions and plant growth (10th edn). *Longman*, London.1973.

PULIDO-FERNÁNDEZ, M.; SCHNABEL, S.; LAVADO-CONTADOR, F.; MELLADO, I. M; PÉREZ, R. O. Soil organic matter of Iberian open woodland rangelands as influenced by vegetation cover and land management. *Catena*, v.109, p. 13-24, 2013.

SANTOS, R.D.; LEMOS, R.C.; SANTOS, H.G.; KER, J.C.; ANJOS, L.H. Manual de descrição e coleta de solos no campo. 5.ed. Viçosa, MG, *Sociedade Brasileira de Ciência do Solo*, 2005. 100 p.

SEABRA, V. Análise da paisagem em apoio aos estudos de favorabilidade à recuperação florestal na bacia hidrográfica do rio São João. 2012. *Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro*, Rio de Janeiro, 2012.

SEBEN JR.; CORÁ, J. E.; LAL, R. The effects of land use and soil management on the physical properties of an oxisol in southeast Brazil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 38, p. 1245-1255, 2014.

TOMÉ JR., J. B. Manual para interpretação de análise de solo. Guaíba: *Agropecuária*, 1997. 247 p.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURA, USDA. Soil survey manual. 3.ed. Estados Unidos: Soil Conservation Service, U.S. *Department of Agriculture*, 1993. (USDA-Handbook 18).

WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. Washington: USDA, 1978. 58p. (*Agriculture Handbook* n. 537)

VALERIANO, M. M. TOPODATA: guia para utilização de dados geomorfométricos locais. São José dos Campos: INPE, 2008. 44p. (CNPq, processo n. 306021/2004-8, NV). Disponível em <*http://www.dpi.inpe.br/topodata/documentos.php*>. Acesso em: 01 jun. 2015.

ZDRULI, P.; CALABRESE, J.; LADISA, G.; OTEKHILE, A. Impacts ofland cover change on soil quality of man made soils cultivated with table grapes in the Apulia Region of south-eastern Italy. *Catena*, v. 121, p. 13-21, 2014.

ZHAO, X; WU, P; GAO, X.; TIAN. L.; LI, H. Changes of soil hydraulic properties under early-stage natural vegetation recovering on the Loess Plateau of China. *Catena*, v. 113, p. 386-391, 2014.

ZUCCA, C., CANU, A., DELLA PERUTA, R. Effect of land use and landscape on spatial distribution and morphological features of gully in an agropastoral area in Sardinia (Italy). *Catena*, v. 68, 87–95, 2006.