



**POLYANA PEREIRA**

**MAPEAMENTO DIGITAL DOS SOLOS DO CAMPUS DA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS, MINAS GERAIS**

**LAVRAS-MG**

**2021**

**POLYANA PEREIRA**

**MAPEAMENTO DIGITAL DOS SOLOS DO CAMPUS DA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS, MINAS GERAIS**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Agrícola, para a obtenção do título de Bacharel.

Prof. Dr. João José Granate de Sá e Melo Marques  
Orientador

**LAVRAS-MG**

**2021**

**POLYANA PEREIRA**

**MAPEAMENTO DIGITAL DOS SOLOS DO CAMPUS DA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS, MINAS GERAIS**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Agrícola, para a obtenção do título de Bacharel.

APROVADA em \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ 2021.

Dr. João José Granate de Sá e Melo Marques UFLA

Dr. Michele Duarte de Menezes UFLA

Dr. Isabela Cristina Filardi Vasques UFV

Prof. Dr. João José Granate de Sá e Melo Marques  
Orientador

**LAVRAS-MG**

**2021**

*À minha amada filha Olívia Lya, que segue guiando meus caminhos em luz. Ao te assistir crescer, cresço prá além de mim ...*

*Dedico*

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço aos anjos de luz que sempre me acompanham, iluminando o meu caminho e trazendo paz, sejam eles espirituais ou encarnados.

Gostaria de agradecer à Universidade Federal de Lavras, ao Departamento de Ciências Exatas, que acolheu com carinho o meu recomeço, e ao Departamento de Engenharia Agrícola, na figura da Prof. Jaqueline, a quem eu tenho uma dívida, muita admiração e respeito. Aos professores Fátima, Nilson, Marlon e Carolina.

À minha família, meu chão. Minha amada mãe Nadilce, que segou as pontas pra que eu concluísse esta etapa, se eu sou a razão tu és o coração da nossa casa. À minha filha Olívia, será eternamente a minha Fubá. Sou a minha melhor versão a cada dia porque sou tua mãe e aprendo contigo, amor.

Ao Departamento de Ciência do Solo, pela oportunidade de ter trabalhado e conhecido excelentes profissionais. Ao Laboratório de Geoquímica, pelas muitas horas na companhia de pessoas tão incríveis, em especial: Geila, Alexandre, Pezão, Téo e Camila. Ao Prof. João José, meu orientador nesta jornada, pela confiança e os ensinamentos transmitidos.

Às minhas amigas amadas pra toda vida, Francielle e Isabela, eu não posso mensurar a minha gratidão por vocês, ela apenas se transforma em carinho e admiração. Às amigas Tatii e Bea, sempre do meu lado. Ao Diego, que venham mais parcerias nossas. Aos parças de corre Lumpa, Pexe, Douglas, PG, Chinelo, Marcel, Ale, Alírow, Maria Vitória, Mateus e Mateus, pessoal da FEAB, da monitoria do DEX, do NEGEO e da ENAGRI, meu muito obrigada. Os dias na UFLA são melhores com vocês.

À Juliana, em especial, minha amiga, que me deixou um trabalho lindo e que não se encerrará neste arquivo porque você estará sempre comigo em memória. Eu agradeço por ter tido a honra de te conhecer, de descer o morro da UFLA juntas, e ainda hoje eu sinto falta da nossa conversa. À dona Ana, muito obrigada pela amizade da sra.

Aos amigos da vida, Lúcia e Renato, Patrícia, Nininha, Álvaro, Isabel, Nilce, apenas gratidão a vocês. Ao Marlon, por todo o carinho e respeito que temos, muito obrigada.

À todos de maneira geral que passaram pela vida nestes quase sete anos de UFLA, todos vocês me ajudaram de alguma forma.

DIGITAL SOIL MAPPING ON THE CAMPUS OF THE FEDERAL UNIVERSITY OF LAVRAS, MINAS GERAIS



## RESUMO

Levantamentos pedológicos são de grande importância na geração de informações e no conhecimento da distribuição espacial dos tipos de solo em uma área de interesse, tal como suas propriedades químicas, físicas e mineralógicas. Neste contexto, o mapeamento digital de solos surge como alternativa para gerar novos mapas de solos, de forma rápida e acurada. O objetivo deste estudo é avaliar e comparar metodologias de mapeamento digital de solos no *Campus* da Universidade Federal de Lavras (UFLA), bem como recuperar, harmonizar e utilizar dados legados de antigos levantamentos pedológicos da década de 1990 e elaborados de forma tradicional. O mapeamento de solos do *Campus* da UFLA (ca. 500 ha) utilizou 265 pontos de amostragem de solos, sendo seis perfis completos, uniformemente distribuídos pela área. Os algoritmos Árvore de Decisão (AD) e Random Forest-Recursive Feature Elimination (RF-RFE) foram utilizados para a predição espacial dos tipos de solos em dois conjuntos de dados, diferenciados pela presença da variável litologia. Além disso, foram geradas nove covariáveis topográficas e hidrológicas a partir do Modelo Digital de Elevação (MDE), com resolução espacial de 5 m. A avaliação da acurácia dos modelos foi realizada através de matriz de erros, acurácia geral e índice Kappa. Os quatro modelos propostos resultaram em distintos valores de acurácia, distribuição e extensão espaciais das classes de solo. O levantamento pedológico apresentou 15 classes de solos, com predominância de Latossolos Vermelhos e Cambissolos Háplicos, que juntos representam 62% da área total do *Campus*. Na predição de classes de solos, os modelos de RF-RFE apresentaram melhor desempenho quando comparados com os modelos de AD. Maior expressão geográfica foi obtida para os Neossolos Regolíticos e Argissolos Vermelhos a partir das ADs. A presença da covariável litologia aumentou a acurácia da RF-RFE em 14% na acurácia geral, se apresentando como o melhor modelo. Os resultados corroboram que os algoritmos de AD e RF-RFE podem ser utilizados como técnicas de mapeamento digital das classes de solo no *Campus* da UFLA.

**Palavras chave:** random forest, árvore de decisão, dados legados de solos, levantamento pedológico, geoprocessamento.

## ABSTRACT

Pedological surveys are of great importance in generating information and in understanding the spatial distribution of soil types in an area of interest, such as their chemical, physical and mineralogical properties. Digital soil mapping is as an alternative to generating new soil maps, quickly and accurately. This study aims to evaluate and compare methodologies for digital soil mapping on the Campus of the Federal University of Lavras (UFLA), as well as to recover, harmonize, and use data from legacy pedological surveys elaborated in the 1990s by conventional methods. Soil mapping of UFLA (ca. 500 ha) used 265 soil sampling points, with six complete profiles, uniformly distributed throughout the area. Decision Tree (DT) and Random-Forest-Recursive Feature Elimination (RF-RFE) algorithms were used for the spatial prediction of soil types in two data sets, differentiated by the inclusion of lithology covariates. Nine topographic and hydrological covariates were generated from the Digital Elevation Model (DEM) with a spatial resolution of 5 m. The accuracy of the models was assessed using an error matrix, general accuracy, and Kappa index. The analyzed models showed different values for accuracy, spatial distribution, and extension of the soil classes. The pedological survey showed 15 classes of soils, with a predominance of Red Oxisols and Inceptisols, representing 62% of the total area. In the prediction of soil classes, the RF-RFE models showed better performance when compared to the AD models. Greater geographical expression was obtained for the Regosols and Red Argisols from the Ads models. The presence of the covariate lithology increased the accuracy of the RF-RFE by 14% in general accuracy, making it the best model. The results show that DT and RF-RFE algorithms are important techniques for the digital soil mapping on the Campus of the Federal University of Lavras (UFLA).

**Keywords:** random forest, decision tree, legacy soil data, pedological survey, geoprocessing.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Estrutura simplificada de uma árvore de decisão. Fonte: Adaptado de SATO et al. (2013). .....	19
<b>Figura 2</b> – Estrutura simplificada do algoritmo Random Forest. Fonte: Adaptado de ANALYTICS VIDHYA (2020). .....	21
<b>Figura 3</b> – Localização do <i>Campus</i> da Universidade Federal de Lavras, MG. ....	24
<b>Figura 4</b> – Mapa de material de origem dos solos do campus da UFLA. Adaptado de Mancini et al. (2019). .....	25
<b>Figura 5</b> – Mapa de declividade do <i>Campus</i> da Universidade Federal de Lavras, MG. ....	26
<b>Figura 6</b> – Mapas legados de solo do <i>Campus</i> da UFLA. A) área total mapeada; B) área total digitalizada; C) área parcial mapeada; e D) área parcial digitalizada. ....	27
<b>Figura 7</b> – Mapa do <i>Campus</i> da UFLA com a localização das observações expeditas, perfis descritos e pontos extras utilizados. ....	30
<b>Figura 8</b> – Mapas das variáveis topográficas e hidrológicas do <i>Campus</i> da UFLA. ....	32
<b>Figura 9</b> – Distribuição da média das covariáveis entre as classes CX, LV, PVA e RR (valores normalizados entre 0 e 1). ....	38
<b>Figura 10</b> – Mapas pedológicos digitais do <i>Campus</i> da UFLA gerados a partir de modelos preditivos: A) modelo RF-RFE+L; B) modelo RF-RFE; C) modelo AD+L; e D) modelo AD. ....	39
<b>Figura 11</b> – Importância das variáveis predictoras no modelo RF+L pelas estimativas MDA e MDG. ....	41
<b>Figura 12</b> – Sobreposição do mapa de solos predito pelo modelo RF-RFE+L com o mapa de material de origem dos solos do <i>campus</i> da UFLA. Adaptado de Mancini et al. (2019). ....	43
<b>Figura 13</b> – Mapa de solos predito pelo modelo RF-RFE+L sobreposto ao mapa legado unificado das classes de solo do <i>Campus</i> . ....	45
<b>Figura 14</b> – Mapas pedológico digital do Campus da UFLA gerados a partir do modelo preditivo RF-RFE+L. ....	53
<b>Figura 15</b> – Mapas pedológico digital do Campus da UFLA gerados a partir do modelo preditivo RF-RFE. ....	54
<b>Figura 16</b> – Mapas pedológico digital do Campus da UFLA gerados a partir do modelo preditivo AD+L. ....	55
<b>Figura 17</b> – Mapas pedológico digital do Campus da UFLA gerados a partir do modelo preditivo AD. ....	56

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Estrutura genérica de uma matriz de confusão. Adaptada de CAVALCANTI et al. (2011). .....	22
<b>Tabela 2</b> – Tabela para interpretação dos valores do índice <i>Kappa</i> . .....	23
<b>Tabela 3</b> – Descrição de classes de relevo no <i>Campus</i> da Universidade Federal de Lavras. ....	25
<b>Tabela 4</b> – Porcentagem de área ocupada por unidade de mapeamento de solo do mapa legado A (escala 1:6000) no <i>Campus</i> da UFLA. ....	27
<b>Tabela 5</b> – Porcentagem de área ocupada por unidade de mapeamento de solo do mapa legado C (escala 1:4000) no <i>Campus</i> da UFLA. ....	28
<b>Tabela 6</b> – Modelos utilizados na predição das classes de solo. ....	33
<b>Tabela 7</b> – Valores de acurácia geral e índice <i>Kappa</i> referentes a validação dos quatro modelos propostos para a predição das classes de solos no <i>Campus</i> da UFLA. ....	35
<b>Tabela 8</b> – Matriz de confusão do modelo RF-RFE+L. ....	37
<b>Tabela 9</b> – Porcentagem de área ocupada por cada classe de solo no <i>Campus</i> da UFLA nos quatro modelos propostos. ....	40
<b>Tabela 10</b> – Porcentagem de área ocupada por cada classe de solo no <i>Campus</i> da UFLA no modelo RF+L e no mapa legado unificado. ....	44

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	11
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	12
2.1. Levantamento de solos.....	12
2.2. Levantamento de solos no Brasil .....	13
2.3. Mapeamento convencional de solos .....	14
2.4. Mapeamento digital de solos .....	15
2.5. Utilização de dados legados no mapeamento digital de solos .....	16
2.6. Uso de atributos topográficos .....	16
2.7. Métodos e técnicas de predição espacial.....	18
2.7.1. Árvore de decisão.....	18
2.7.2. Random Forest .....	20
2.7.3. Avaliação da acurácia.....	21
<b>3. MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	23
3.1. Caracterização da área de estudo .....	23
3.2. Material utilizado.....	26
3.2.1. Legado de solos: mapa convencional .....	26
3.2.2. Pontos coletados em campo .....	29
3.2.3. Covariáveis preditoras.....	31
3.3. Descrição metodológica.....	33
3.3.1. Árvore de decisão.....	33
3.3.2. Random Forest .....	34
3.3.3. Acurácia da predição espacial .....	34
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	35
<b>5. CONCLUSÃO</b> .....	45
<b>REFERENCIAS</b> .....	47
<b>ANEXO A</b> .....	53
<b>ANEXO B</b> .....	57
<b>ANEXO C</b> .....	73
<b>ANEXO D</b> .....	84
<b>ANEXO E</b> .....	119

## 1. INTRODUÇÃO

Conhecer os recursos naturais de um país ou região é importante para a avaliação de suas potencialidades e limitações e, por consequência, organizar e estruturar a sua base de produção agrícola e econômica. O conhecimento dos padrões de distribuição espacial do solo, bem como seus potenciais agrícolas, geotécnicos e ambientais, se faz particularmente necessário para auxiliar no uso adequado da terra, sendo um instrumento imprescindível para o planejamento e gerenciamento dos recursos naturais (McBRATNEY et al., 2000).

O levantamento de solos consiste em um conjunto de procedimentos metodológicos tendo como principal objetivo determinar a distribuição espacial das classes de solo em uma área de interesse, tal como suas propriedades químicas, físicas e mineralógicas (DENT; YOUNG, 1981). Considerada uma atividade tradicional, a princípio, era quase que unicamente realizado com o auxílio de fotografias aéreas.

Dada a grande extensão territorial Brasileira, o levantamento pedológico de algumas regiões do país é de difícil execução, em virtude principalmente do elevado custo, deficiência de pessoal técnico experiente e do tempo necessário para a sua realização (CARVALHO et al., 2013). Visando um maior detalhamento e rapidez em sua execução, incorporaram-se novas técnicas à atividade a partir do século 20, com o uso de sensoriamento remoto e geoprocessamento (IBGE, 2015).

O MDS surge então como alternativa para gerar novos mapas de solos, de forma rápida e acurada. O MDS utiliza trabalho de campo e técnicas computacionais associadas a variáveis ambientais e as classes de solo, sendo as relações solo-paisagem avaliadas quantitativamente (BAGATINI et al, 2016). Um dos benefícios de sua execução é o reconhecimento dos padrões regionais de solo e a possibilidade de prever a ocorrência de diferentes classes de solos em áreas não mapeadas, através do uso de informações prévias de áreas de referência (LAGACHERIE; VOLTZ, 2000).

Dentre as várias técnicas para a realização do MDS, pode-se destacar a AD, conhecida por ser computacionalmente rápida e pela facilidade na manipulação de variáveis contínuas e discretas (PAL et al., 2003). O uso de RF, nos últimos anos, tem demonstrado algumas vantagens em relação a outros métodos de MDS, pois apresenta altíssimo nível de ajuste se comparado com outros algoritmos (BREIMAN, 2001; GAMBILL et al., 2016; LAGACHERIE et al., 2020; LIAW; WIENER, 2002; MALEKI et al., 2020). Para solucionar a presença de

covariáveis preditoras correlacionadas, o RF-RFE surge como uma solução sugerida por Gregorutti et al. (2006), eliminando covariáveis irrelevantes que possam ter efeito negativo na acurácia do modelo. Outra estratégia utilizada no MDS é o uso do *buffer*, que permite a coleta de pontos amostrais suficientes para o treinamento dos modelos preditivos, desta forma, contorna a baixa densidade de amostras (CAMPOS et al., 2019; DENG; WU, 2013; DIAS et al., 2016).

Parte-se da hipótese de que de o algoritmo RF-RSE deverá apresentar melhor desempenho que a AD. O objetivo deste presente trabalho é aplicar e avaliar os algoritmos de AD e RF para a predição espacial de solos no *Campus* da Universidade Federal de Lavras, bem como recuperar, harmonizar e utilizar dados legados de levantamentos pedológicos datados da década de 1990 e elaborados de forma tradicional.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1. Levantamento de solos**

O levantamento pedológico tem vários objetivos, desde a geração de conhecimentos básicos sobre o recurso solo de uma região até sua aptidão agrícola. O objetivo principal de um levantamento de solos é a subdivisão de uma área em parcelas semelhantes, que tendem a apresentar uma menor variabilidade, em função de sua classificação (LEPSCH, 2011).

Levantamentos pedológicos são de grande importância na geração de informações e na distribuição e caracterização dos solos, sendo elaborados a partir de observações de campo e das relações com a paisagem (TESKI et al., 2015). Convencionalmente, envolvem pesquisas de escritório, campo e laboratório, incluindo o registro de observações, análises e interpretação dos aspectos do meio físico e de características mineralógicas, morfológicas, físicas, químicas e biológicas dos solos, visando a sua classificação e mapeamento (IBGE, 2015; McBRATNEY et al., 2000).

Um levantamento pedológico apresenta a distribuição espacial, a descrição, e as interpretações sobre os diferentes tipos de solos, sendo um prognóstico da distribuição geográfica dos solos como corpos naturais. Ele identifica e define as unidades de mapeamento, gerando como produto final mapas e relatórios (SANTOS et al., 1995; LEPSCH, 2011).

Ao mapear o solo, a escolha da escala influenciará na delimitação das unidades de mapeamento (UM). Mapas com pouco detalhamento são mais generalizados e apresentam dificuldade na representação dos polígonos e da variação espacial, já mapas com escalas mais

detalhadas, possuem mais informações mais detalhadas dos diferentes tipos de solos (ODGERS et al.; 2014). Sendo assim, levantamentos de solos variam de acordo com o seu nível de detalhamento. Para uma dada escala, a área mínima a ser mapeada é convencionalmente definida como a menor dimensão delimitada legivelmente em uma carta ou mapa, sem que se tenha perda de informações dos trabalhos de campo, correspondendo na prática, a uma área de 0,4 cm<sup>2</sup> (0,6 × 0,6 cm) no papel. Ao contrário da área mínima, a maior área de mapeamento não possui dimensão pré-definida. Os levantamentos de solos são identificados como: esquemáticos, exploratórios, reconhecimentos, semi-detalhados, detalhados e ultra-detalhados, em função da densidade de observações e da escala dos mapas básicos (IBGE, 2015).

## **2.2. Levantamento de solos no Brasil**

O Brasil possui a maioria de seus levantamentos de solos em escalas com pouco nível de detalhamento, cujo produto nacional disponível foi realizado em nível exploratório e de reconhecimento pelo Projeto RandamBrasil (KLAMT; SANTOS, 1997). Em nosso país, grande parte dos mapas de solos foi gerada a partir de levantamentos convencionais em grande áreas, possuindo, portanto, pouco nível de detalhamento. Atualmente, percebe-se que alguns pesquisadores vêm procurando estabelecer modelos e ferramentas que visam aprimorar os mapas já existentes e correlacioná-los com as novas covariáveis ambientais (SILVA et al.; 2016; BAGATINI, 2016; HÖFIG et al., 2014; TEN CATEN et al., 2011).

A falta de informações mais detalhadas sobre o recurso natural solo pode acarretar em um grave processo de degradação. Estudos feitos pela Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO/ONU) mostram que no mundo a cada ano se perde 20 bilhões de toneladas de solo devido aos processos erosivos, principalmente por atividades antrópicas (FAO, 2000). O Brasil contribui para estes dados, uma vez que nossos solos são em sua maioria mal utilizados e planejados.

Visando sanar a falta de informações mais detalhadas sobre os solos no Brasil, desde 2013 o Tribunal de Contas da União (TCU), a FAO/ONU e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) procuraram realizar um inventário sobre a situação das informações sobre o solo no país. Esse inventário se mostrou carente de informações mais detalhadas dos solos e tal documento gerou o Programa Nacional de Solos (PRONASOLOS). O programa foi apresentado no Congresso Brasileiro de Ciência do Solo no ano de 2015, e tem por objetivo conscientizar a população brasileira sobre a importância de se conservar o solo e também gerar

informações, para um mapeamento em nível mais detalhado dos solos do país (BOLETIM INFORMATIVO SBCS, 2015).

### **2.3. Mapeamento convencional de solos**

Os mapas de solos são considerados uma simplificação da distribuição complexa e contínua dos solos na paisagem. Os mapas convencionais são representados como unidades homogêneas em polígonos discretos, com limites definidos e representação bidimensional, utilizando a escala determinada pelos procedimentos de mapeamento empregados (HEUVELINK et al., 2000).

Os métodos convencionais de levantamento de solo baseiam-se na relação solo-paisagem estabelecidas de forma qualitativa, através de fotointerpretações e de informações ambientais associadas ao conhecimento teórico e à experiência do pedólogo (TESKI, 2015). O método clássico de mapeamento de solos se baseia no modelo CLORPT, estabelecido por Jenny (1941), que procura estabelecer relações entre os fatores de formação do solo:

$$S = f (CL, O, R, P, T)$$

onde: solo (S), clima (CL), organismos (O), relevo (R), material de origem (P) e tempo (T). Dessa forma, os quatro primeiros fatores, durante o fator tempo, criam uma série de processos complexos característicos que levam à formação dos solos e a sua variabilidade espacial (McBRATNEY ET AL., 2000; MENDONÇA-SANTOS et al., 2003).

A elaboração de um mapa através do levantamento convencional de solos possui basicamente três etapas. A primeira etapa é a análise dos dados pré-existentes e o trabalho de campo, quando são observados o local de estudo e os perfis de solos, para que se tenha a definição das unidades da paisagem a serem mapeadas. A segunda etapa é a interpretação de dados no campo, quando é analisada a relação solo-paisagem e como estas interferem na questão da espacialização das classes de solo. Por fim, são determinadas as unidades de mapeamento, quando o pedólogo através de seu conhecimento tácito determina os limites de cada unidade de mapeamento (MENDONÇA-SANTOS et al., 2003).

O mapeamento de solos produzido através de levantamentos convencionais muitas vezes é o único registro disponível sobre os solos de uma região. Dentre as limitações que ocorrem no mapeamento convencional, pode-se destacar o tempo e o custo para a realização do levantamento, a avaliação do pedólogo quanto ao limite das classes de solo, que é considerada

subjetiva, a dificuldade de atualização dos mapas e a expansão da área (HEUVELINK; WEBSTER, 2001; MILLER, 2012; PHILLIPS, 2013).

#### 2.4. Mapeamento digital de solos

O Mapeamento Digital de Solos (MDS) é definido como a criação e manipulação de sistemas de informação espacial do solo por meio de relações matemáticas e estatísticas entre covariáveis ambientais, tornando-se um método de predição de classes de solo ágil e de baixo custo (FILHO et al., 2014; LAGACHERIE, 2008; NOWATZKI & SANTOS, 2014).

O MDS é considerado um produto dinâmico, pois possibilita a organização de um amplo conjunto de dados para análises e interpretações. À medida que novos dados/informações são disponibilizados e incorporados às bases de dados, os mapas digitais podem ser facilmente atualizados e modificados, melhorando a sua acurácia (CARRÉ et al., 2007; LÓPEZ, 2009).

A Pedometria utiliza de técnicas quantitativas para classificar, descrever e estudar os padrões de distribuição geográfica dos solos na paisagem, visando melhorar o conhecimento da variabilidade espacial, da precisão e da qualidade da informação (WEBSTER, 1984; SCULL et al., 2003). Buscando aliar o conhecimento pedológico sobre os processos de formação e distribuição dos solos na paisagem (modelo CLORPT) com técnicas usadas em Pedometria, McBratney et al. (2003) adaptaram a equação de Jenny (1941) gerando o modelo SCORPAN, adicionando dois novos elementos: o fator espacial (n) e o próprio solo (s) (MENDONÇA-SANTOS & SANTOS, 2003).

$$Sc = f(s, c, o, r, p, a, n) + \varepsilon \quad Sp = f(s, c, o, r, p, a, n) + \varepsilon$$

sendo a predição de classes (Sc) ou de atributos (Sp) de solo uma função do próprio solo (s); do clima (c); dos organismos (o); do relevo (r); do material de origem (p); do tempo (a) e da posição espacial (n) em relação a outras classes de solo. O “ $\varepsilon$ ” da função, representa a estimativa de erros associados ao modelo (McBRATNEY et al., 2015; MINASNY et al., 2008). Segundo Ten Caten (2008), o modelo SCORPAN compreende uma síntese das tecnologias utilizadas atualmente para a inferência espacial do solo (modelos preditivos) e, na medida em que novas tecnologias de coletas de dados surjam, novos parâmetros poderão ser incorporados a este modelo.

## **2.5. Utilização de dados legados no mapeamento digital de solos**

Ao longo dos anos, ao redor do mundo vem sendo gerados mapas de solos nas mais variadas escalas, entretanto tais mapas necessitam de atualização. Tais mapas possuem informações importantes e são chamados de mapas legados. Estes auxiliam na elaboração de novos mapas (ODGERS, 2012). Os dados legados são oriundos de levantamentos de solos já existentes. O uso dos mapas legados para a geração de novos mapas é uma alternativa considerada viável, reduzindo os custos e aumentando a rapidez dos novos mapas gerados. Deste modo, tais produtos são fontes de nova informação para a predição espacial de solos (SARMENTO et al., 2014).

Os dados de mapas legados, utilizados como informação para a predição espacial dos tipos de solos, representam a covariável “s” do modelo SCORPAN. Para utilizá-los, é necessário primeiramente definir a área a ser trabalhada e levantar as covariáveis ambientais disponíveis que possam descrever a relação solo-paisagem. Posteriormente, é conveniente analisar a qualidade do mapa tradicional, pois é possível retirar, com auxílio de software próprio para tal, algumas imperfeições comuns em mapas tradicionais (MILLER, 2012).

Diversos pesquisadores propõem formas de avaliação da qualidade dos mapas de solo (HENGL; HUSUNJAK, 2006; ROSSITIER, 2000), como a qualidade de informações na legenda, a exatidão na localização espacial das unidades de mapeamento, adequação da escala ao objetivo do mapa, qualidade da base cartográfica, dos dados observados em campo e relatórios de levantamento, dentre outras.

À medida que os dados do mapa de solos forem menos completos, a incerteza dos resultados do mapeamento tende a ser maior. Sendo assim, são escolhidos dados ou variáveis mais completas. Se os dados cobrirem toda a área de interesse, são utilizados métodos de ponderação, desagregação ou interpolação espacial. Entretanto, se os dados cobrirem parcialmente a área de interesse, é utilizado o método de extrapolação dos dados (SARMENTO et al., 2014).

## **2.6. Uso de atributos topográficos**

A relação solo-paisagem tem sido por muito tempo a base para o mapeamento de solos, onde o termo paisagem é usualmente empregado para descrever o relevo através de uma síntese de características da superfície, como a posição na encosta e a forma do terreno (DEBELLA – GILO et al., 2007). O relevo é amplamente conhecido como um fator pedogênico dominante

em nível local, isto é, desempenha papel crucial na formação e distribuição espacial do solo e de suas propriedades (SCHAETZL; ANDERSON, 2005).

O MDS utiliza uma caracterização quantitativa da relação solo-paisagem, onde as características topográficas são representadas por meio de atributos topográficos, também conhecidos como atributos geomorfométricos, calculados a partir do MDE em SIG (SARMENTO; 2010; SHARY et al., 2002). Os atributos geomorfométricos geralmente são utilizados como indicadores de processos ambientais e dados auxiliares na predição espacial de padrões solo-paisagem (DEBELLA-GILO ET AL., 2007; MCKENZIE; RYAN, 1999)

O modelo digital de elevação é um produto gerado sob a forma de estrutura raster ou TIN (*triangular irregular network*) e consiste em uma representação digital de uma variação contínua do relevo no espaço (RIBEIRO, 2002). A acurácia de um MDE depende da qualidade de seus dados primários, da estrutura dos dados matriciais e vetoriais, da resolução espacial e da complexidade dos algoritmos utilizados na interpolação (PINHEIRO et al.; 2012).

Os atributos geomorfométricos podem ser classificados em primários e secundários. Os atributos primários são derivados diretamente do MDE, como altitude, declividade, orientação de vertentes, direção de fluxo, planos de curvatura entre outros. Já os atributos secundários, são gerados por diferentes combinações dos primários, como o índice topográfico de umidade (ITU) (MOORE ET AL., 1991; MOORE ET AL., 1993) e o fluxo acumulado.

Os processos pedogênicos estão ligados ao tipo de relevo, através de suas classes de declividade, pois o relevo apresenta papel crucial no controle do tempo de exposição do solo aos agentes bioclimáticos (LACERDA, 1999). O material de origem indica características e propriedades dos solos formados, considerando o grau de intemperização e os fatores de formação. De maneira genérica, pode-se estimar algumas características e propriedades a partir do substrato rochoso pelo qual o solo se desenvolveu, e vice-versa (RESENDE et al., 2014).

Segundo Odeh et al. (1991), o plano de curvatura e o perfil de curvatura são responsáveis por grande parte da variação dos tipos de solo, uma vez que a concavidade e a convexidade da superfície regulam o armazenamento e o fluxo de água e materiais sólidos ao longo da encosta (SARMENTO; 2010). Já a orientação de vertentes, regula os regimes de umidade e a temperatura da superfície do solo, agindo na evapotranspiração e exercendo influência sobre os padrões de fluxo de água ao nível da paisagem (CARRÉ; MCBRATNEY, 2005; ROMANO; CHIRICO, 2004).

## 2.7. Métodos e técnicas de predição espacial

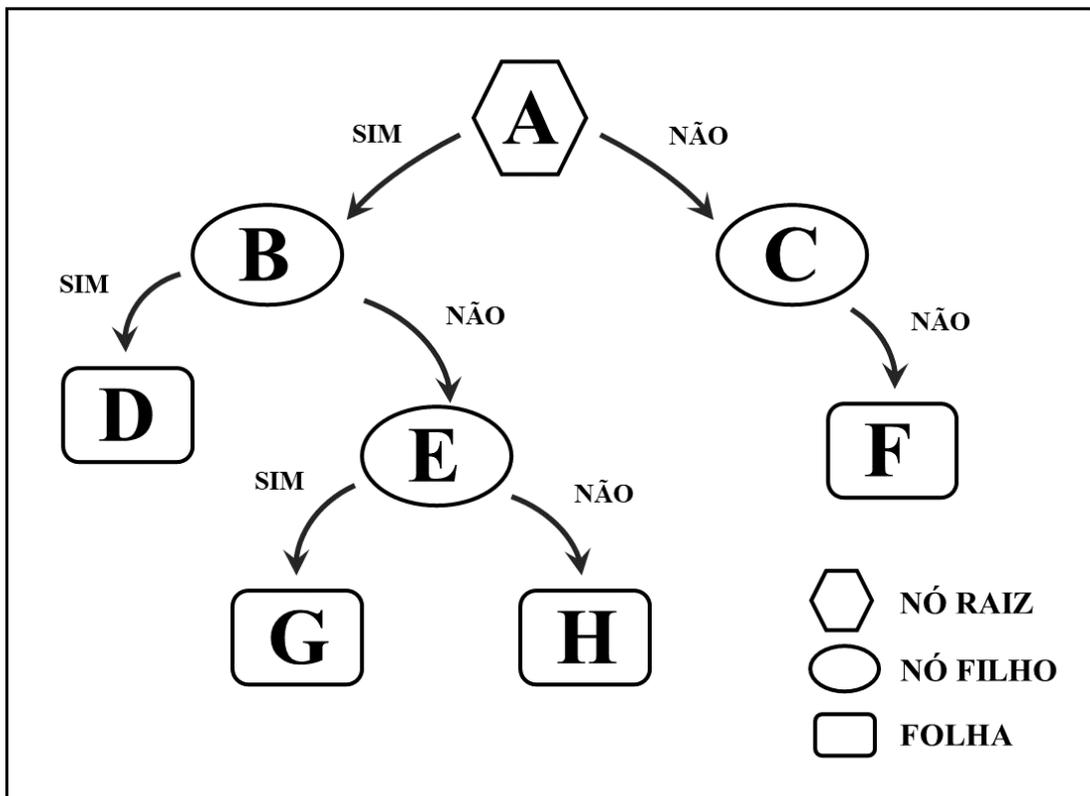
Atualmente, um grande número de técnicas de processamento e análise de dados estão sendo empregadas no desenvolvimento de modelos matemáticos, estatísticos e numéricos que retratam a distribuição de classes e atributos dos solos na paisagem (LIMA et al., 2013). A escolha de uma técnica, segundo McBratney et al. (2000), depende de fatores como a finalidade e a escala do levantamento, a exatidão do mapeamento, o tamanho e as características ambientais da área mapeada e a resolução dos mapas resultantes. Visto que os aspectos citados anteriormente também determinarão a precisão do modelo, técnicas ou modelos não devem ser aplicados sem as prévias considerações (LIMA et al., 2013).

Em geral, as técnicas utilizadas são regressões múltiplas, geoestatística (*kriging*), lógica de conjuntos difusos (lógica *Fuzzy*), redes neurais artificiais, Random Forest, árvores de decisão, dentre outros (LIMA et al., 2013). Todas as técnicas realizam uma análise quantitativa das características dos fatores que influenciam na formação do solo, gerando assim um MDS (FLORINSKY, 2012).

A maioria dos algoritmos utiliza a descrição de objetos por meio de atributos. Um conjunto de atributos, também chamado de covariáveis ambientais SCORPAN, poderá ser numérico ou categórico e será descrito através de um vetor de atributos. Dentre as técnicas utilizadas, o aprendizado de máquinas ocorrerá por meio de um conjunto de treinamento, composto por dados previamente classificados, onde cada medida do vetor de atributos será associada a um tipo de solo (LAURETTO, 1996).

### 2.7.1. Árvore de decisão

Árvores de decisão ou de classificação são modelos estatísticos que utilizam treinamento supervisionado para classificar ou prever dados através de uma árvore hierárquica de regras de decisão, baseada nos valores das covariáveis preditoras. Lauretto (2010) define a árvore como uma coleção de elementos chamados nós, onde o nó de maior nível hierárquico recebe o nome de raiz e os nós que não possuem filhos são chamados de folhas.



**Figura 1** – Estrutura simplificada de uma árvore de decisão. Fonte: Adaptado de SATO et al. (2013).

Uma árvore de decisão é gerada por um processo conhecido como particionamento recursivo, ou seja, os dados inseridos no modelo são divididos em subconjuntos por uma série de regras de decisão binárias sucessivas, com o intuito de formar conjuntos cada vez mais homogêneos. O ponto de partida da árvore recebe o nome de raiz, cada subdivisão baseada em uma regra é chamada de nó e as classes homogêneas finais constituem as folhas (SARMENTO, 2010).

A “poda” de uma árvore consiste em reagrupar subconjuntos de partição (folhas) muito pequenos evitando que árvores muito complexas se formem, de maneira que os atributos mais relevantes se mantenham atenuando efeitos de ruídos nos dados disponíveis. Existem vários métodos de implementação da “poda” em uma árvore, o que atribui diferença aos vários algoritmos de árvore de decisão disponíveis (LAURETTO, 1996; SARMENTO, 2010).

Os modelos de árvore de decisão são muito utilizados para MDS (BAGATINI, 2016; HÖFIG et al., 2014; GIASSON et al., 2011; TEN CATEN et al., 2013) por serem simples, de fácil compreensão, interpretação e discussão, já que seguem a lógica usualmente empregada em classificações sistemáticas de diferentes áreas do conhecimento. Eles são capazes de

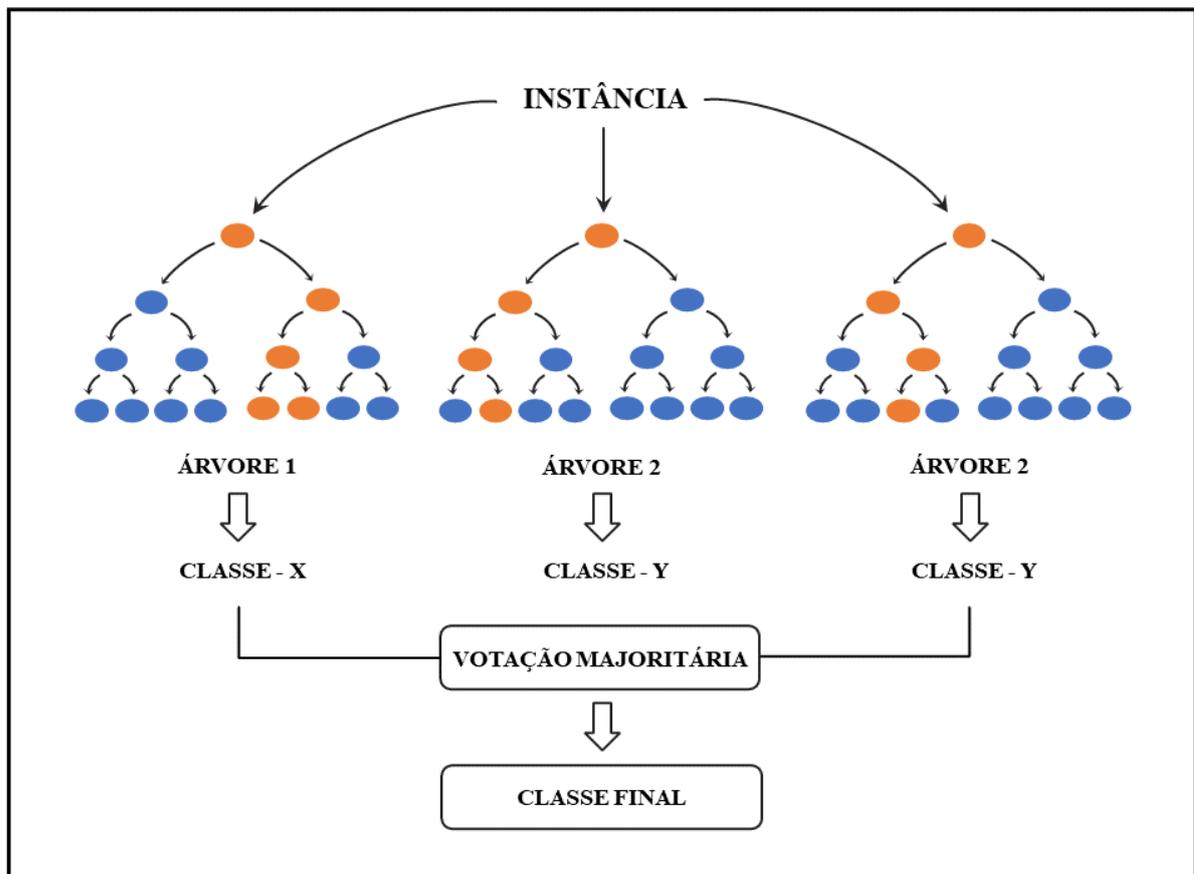
processar grandes volumes de dados, relacionar variáveis contínuas e discretas validando os resultados por métodos estatísticos, possibilitando o uso de dados de diferentes tipos e fontes, além do reduzido tempo de treinamento e processamento (SARMENTO, 2010).

### 2.7.2. Random Forest

O algoritmo RF, introduzido por Breiman (2001) como uma extensão do programa CART (*Classification and Regression Trees*) (BREIMAN et al., 1984), é um classificador que consiste na combinação de múltiplas árvores de decisão sintetizadas a partir de um vetor aleatório, amostrado de forma independente e com a mesma distribuição de probabilidade. Desta forma, cada árvore criada se torna um componente preditor e possui um voto. Após criadas todas as árvores da floresta, número predefinido pelo parâmetro *n tree*, as árvores votam na classe mais popular que será definida como a classificação final do algoritmo.

Para a construção de cada árvore, é utilizado o método *Bootstrap* de reamostragem. Neste método, o algoritmo produz um subconjunto de treino (subconjunto *bootstrap*), selecionando de forma aleatória e com reposição, uma parcela dos dados inseridos no modelo. Para a confecção dos nós, as variáveis predictoras também são aleatoriamente selecionadas dentro do total de predictoras existentes e posteriormente avaliadas em relação à redução de impurezas. O número de variáveis predictoras testadas para cada árvore é definida pelo usuário através do parâmetro *m try*, cujo valor padrão estipulado é de um terço do número total de variáveis predictoras (LIAW; WIENER, 2002). Mais dois parâmetros precisam ser definidos no RF, o número de árvores que será criado na floresta (*n tree*), o número mínimo de dados em cada nó terminal (*nodesize*) (BHERING, 2016).

Em conjuntos de dados de grande dimensão, a presença de variáveis predictoras correlacionadas afetara a capacidade do RF de identificar as variáveis mais influentes. Uma solução sugerida por Gregorutti et al. (2017) é o algoritmo RF-RFE (*Random-Forest-Recursive Feature Elimination*), cuja técnica realiza a redução da dimensionalidade dos dados por meio da remoção de variáveis altamente correlacionadas, reduzindo a formação de modelos redundantes (DUARTE, 2019).



**Figura 2** – Estrutura simplificada do algoritmo Random Forest. Fonte: Adaptado de ANALYTICS VIDHYA (2020).

### 2.7.3. Avaliação da acurácia

O mapeamento só estará completo com a verificação da qualidade da informação contida no mapa, independente da técnica ou modelo utilizado. Com a evolução das modelagens, o MDS passa a ter uma predição de dados mais acurados. Existem diversas metodologias de avaliação de mapas, sendo estas baseadas em modelos preditores que estimam os erros e a acurácia dos mapas finais (TESKI et al.; 2015).

A matriz de erros de classificação, também conhecida como matriz de confusão, consiste em uma metodologia para se reportar o erro contido no MDS. Ela identifica o erro global da classificação para cada tipo de solo, mostrando também como se deram as confusões entre as classes, erros de omissão e comissão, analisando os dados de referência e os correspondentes resultados classificados (LILLESAND; KIEFER, 1994).

Dentro de uma matriz de confusão (Tabela 1), a diagonal principal representa os casos de concordância entre a classe estimada e a classe de referência. Os demais elementos da matriz,

que não estão na diagonal principal, representam os erros de omissão e comissão, de forma que cada erro de omissão da classe correta representa, ao mesmo tempo, uma comissão para a classe incorreta (LILLESAND; KIEFER, 1994; CELINSKI, 2008; SARMENTO et al., 2014). A acurácia geral (AG), que representa a estimativa da porcentagem da área mapeada que foi corretamente classificada pelo modelo, quando comparada com os dados de referência, é calculada pela divisão da soma dos valores da diagonal principal pelo total de elementos da matriz (CHAGAS, 2006).

**Tabela 1** – Estrutura genérica de uma matriz de confusão. Adaptada de CAVALCANTI et al. (2011).

	CLASSIFICAÇÃO				$\sum$ Linha	AU	
	Classe 1	Classe 2	...	Classe Y			
VERDADEIRO	Classe 1	$x_{11}$	$x_{12}$	...	$x_{1Y}$	$x_{1+}$	$x_{11}/x_{1+}$
	Classe 2	$x_{21}$	$x_{22}$	...	$x_{2Y}$	$x_{2+}$	$x_{22}/x_{2+}$
	...	$\vdots$	$\vdots$	$\ddots$	$\vdots$	...	...
	Classe Y	$x_{Y1}$	$x_{Y2}$	...	$x_{YY}$	$x_{Y+}$	$x_{YY}/x_{Y+}$
$\sum$ Coluna	$x_{+1}$	$x_{+2}$	...	$x_{+Y}$	$n$		
AM	$x_{11}/x_{+1}$	$x_{22}/x_{+2}$	...	$x_{YY}/x_{+Y}$			

Legenda: AM: acurácia do mapeador; AU: acurácia do usuário.

As linhas da matriz representam o resultado da predição e o total de cada linha quantifica a extensão da respectiva classe no mapa estimado. A acurácia do usuário (AU) é o erro de comissão para cada classe, sendo calculada pela divisão do número de casos corretamente classificados pelo total da linha. Esta medida está associada à confiabilidade de cada classe mapeada, ou seja, indica a probabilidade de um pixel pertencer realmente à classe a que foi classificado (CELINSKI, 2008).

Na matriz, as colunas representam os dados de referência e o total de cada coluna quantifica a extensão da respectiva classe para estes dados. A divisão do número de casos corretamente classificados pelo total da coluna expressa a acurácia do mapeador (AM), também conhecida como acurácia do produtor. Essa medida está associada à sensibilidade do modelo, ou seja, à capacidade que ele possui de distinguir corretamente determinada classe entre demais (CELINSKI, 2008).

Outra métrica utilizada para se reportar erros é o índice *Kappa* (COHEN, 1960), considerada uma medida de concordância real por Congalton (1991), pois leva em conta toda a matriz de confusão (incluindo os erros de comissão e omissão), não somente os dados da diagonal como a acurácia geral (RUTCHEY; VILCHEK, 1994). O índice *Kappa* geralmente varia entre 0 e 1, sendo o valor 1 representativo de uma concordância total entre categorias estimadas e categorias de referência. Luoto e Hjort (2005) sugerem o uso da escala proposta por Landis e Koch (1977), que possui uma interpretação dos valores de *Kappa* (Tabela 2).

**Tabela 2** – Tabela para interpretação dos valores do índice *Kappa*.

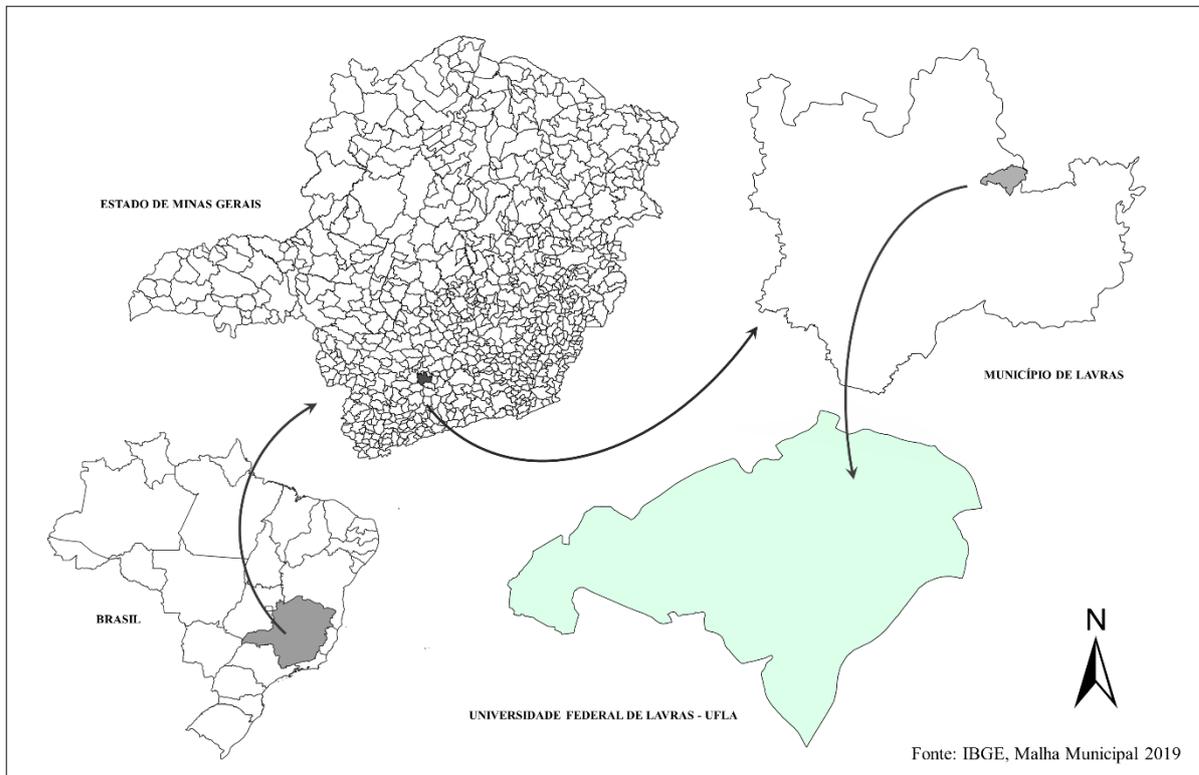
Valor de <i>Kappa</i>	Interpretação
0,0 – 0,2	Ruim
0,2 – 0,4	Razoável
0,4 – 0,6	Boa
0,6 – 0,8	Muito
0,8 – 1,0	Muito boa

Fonte: Adaptado de Landis e Koch (1977).

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1. Caracterização da área de estudo

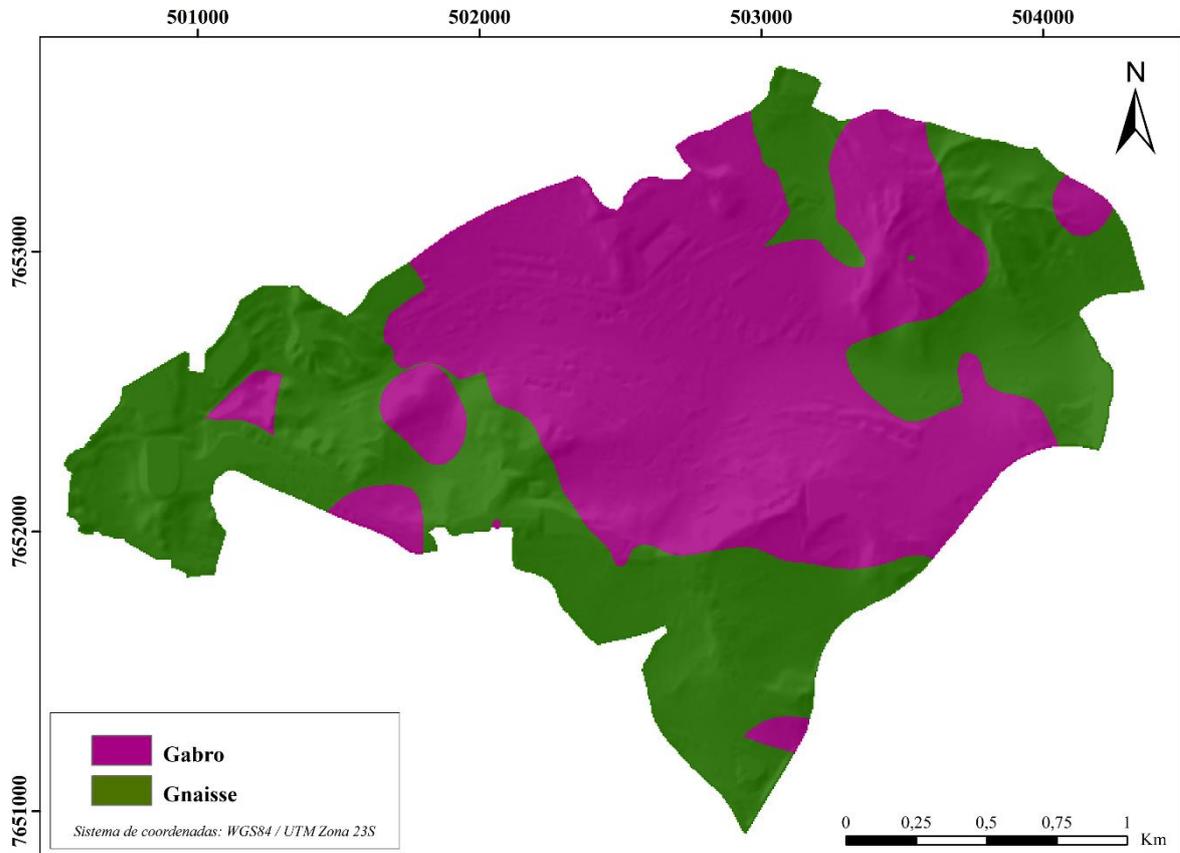
O *Campus* da Universidade Federal de Lavras (UFLA) está localizado no sul do Estado de Minas Gerais, entre as latitudes 21°14'36" e 21°13'08" S e longitudes 44°59'41" e 44°57'26" W, *datum* WGS84 (Figura 3). O *Campus* apresenta área total de aproximadamente 480 ha e altitude média de 900 metros (amplitude de 828 a 980 metros).



**Figura 3** – Localização do *Campus* da Universidade Federal de Lavras, MG.

De acordo com a classificação de Köppen, o clima local é do tipo Cwa (temperado chuvoso com inverno frio e seco e verão quente e úmido), com temperatura média anual de 20,4°C e precipitação média anual de 1460 mm (DANTAS et al., 2007). A vegetação da região é caracterizada como floresta tropical subperenifólia (SANTOS et al., 2013), com equivalência aproximada à floresta tropical semidecídua estacional montana.

Em relação à geologia, segundo Bueno et al. (1990), a região do município de Lavras é representada por unidades compostas por gnaisses cataclásticos, micaxistos e quartzitos, gnaisses leucocráticos, migmatitos porfiroblásticos, granulitos e migmatitos, material coluvionar, gabros epimetamórficos, granulitos e migmatitos e rochas graníticas. A Figura 4 apresenta o mapa de material de origem do *Campus* da UFLA gerado por Mancini et al. (2019), utilizando espectrômetro de fluorescência de raios X portátil (pXRF) e *Machine Learning*.



**Figura 4** – Mapa de material de origem dos solos do campus da UFLA. Adaptado de Mancini et al. (2019).

O *Campus* da UFLA está inserido na unidade geomorfológica do Planalto Atlântico, mais especificamente na Superfície do Alto Rio Grande com predominância de relevo ondulado (declives entre 8 e 20%). O relevo da área mapeada foi classificado segundo os intervalos propostos por Dos Santos et al. (2018). A Figura 5 mostra o mapa de declividade do *Campus* da UFLA com a distribuição quantitativa das classes de declive apresentada na Tabela 3.

**Tabela 3** – Descrição de classes de relevo no *Campus* da Universidade Federal de Lavras.

Classe de Relevo	Área (ha)	Área (%)
Plano (0 – 3%)	34,3	7,1
Suave ondulado (3 – 8%)	74,8	15,6
Ondulado (8 – 20%)	274,9	57,2
Forte ondulado (20 – 45%)	94,0	19,6
Montanhoso (45 – 75%)	2,3	0,5
Total	480,3	100

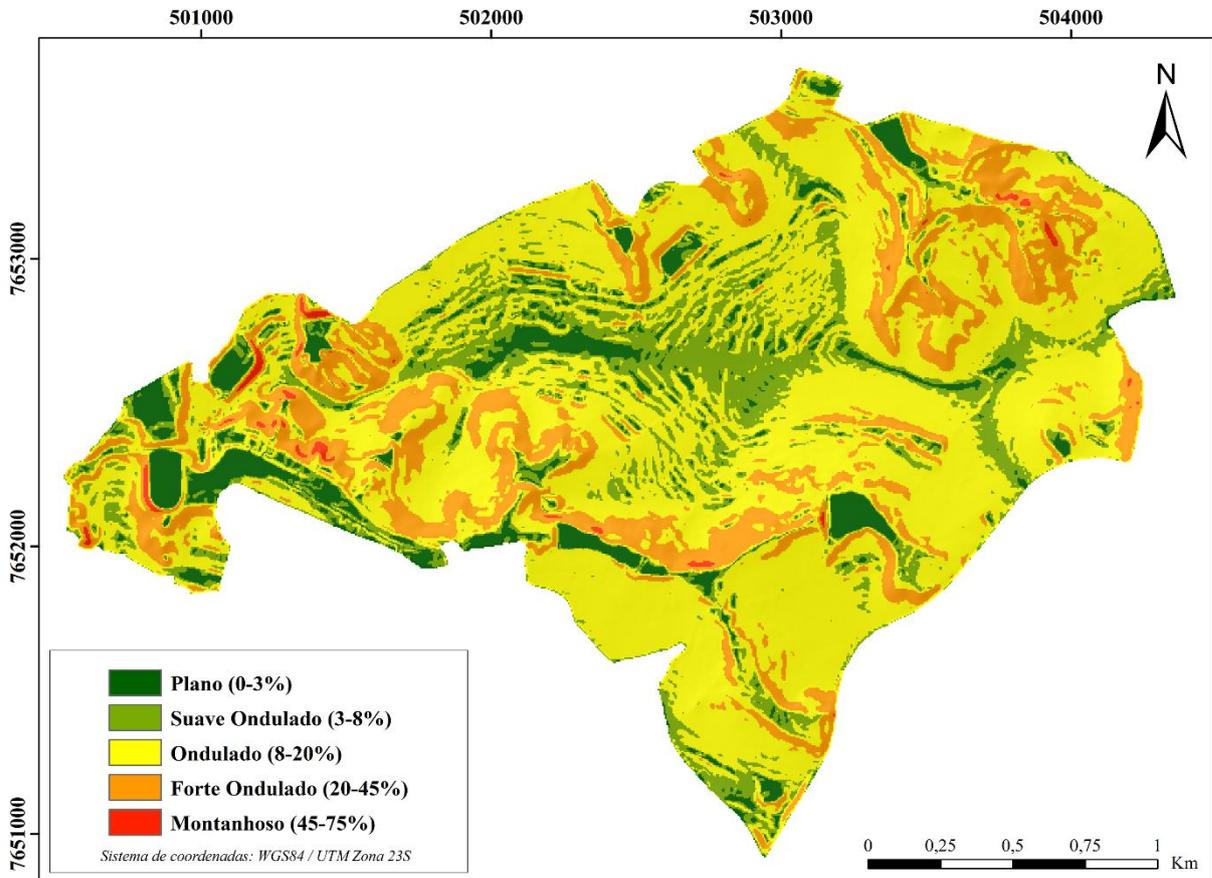


Figura 5 – Mapa de declividade do *Campus* da Universidade Federal de Lavras, MG.

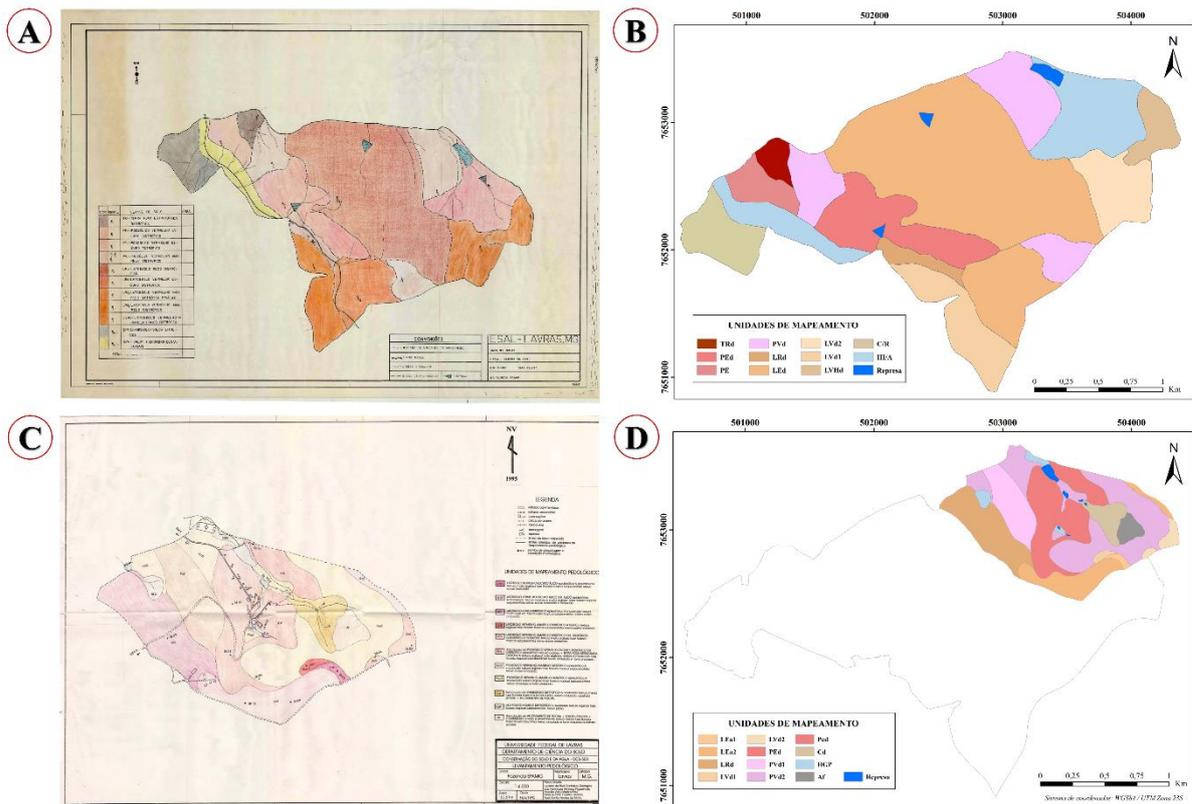
## 3.2. Material utilizado

### 3.2.1. Legado de solos: mapa convencional

Os dois mapas legados de solos utilizados neste estudo pertencem ao trabalho de Andrade (1980), confeccionados em papel vegetal e produzidos por levantamento convencional de solos na década de 1990, com diferentes níveis de detalhamento. Como material básico para o levantamento, foram utilizados o mapa topográfico do Município de Lavras, na escala 1:50000, e fotografias aéreas do então Instituto Brasileiro do Café (IBC) na escala 1:25000, através de seu Grupo Executivo de Racionalização da Cafeicultura (GERCA). A descrição detalhada dos perfis (Anexo D) seguiu as normas e definições de Lemos et al. (1975).

O primeiro mapa abrange a área total do *Campus* em escala de 1:6000 (Figura 6-A), enquanto o segundo mapa detalha cerca de 103,5 ha da área total do *Campus* escala 1:4000 (Figura 6-B). Para a utilização dos dados, os dois mapas legados foram escaneados e posteriormente vetorizados. Realizou-se a vetorização das unidades de mapeamento de solos,

bem como dos pontos contidos nos mapas, através do *software* ArcGIS 10.5 (ESRI). Os mapas legados foram digitalizados a fim de recuperar e harmonizar as informações contidas e posteriormente utilizá-las para comparação com os mapas gerados por MDS. As versões digitalizadas dos mapas legados, área total e área parcial, respectivamente, são mostradas na Figura 6-B e D.



**Figura 6** – Mapas legados de solo do *Campus* da UFLA. A) área total mapeada; B) área total digitalizada; C) área parcial mapeada; e D) área parcial digitalizada.

As Tabelas 4 e 5 apresenta as unidades de solos presentes nos mapas legado com suas respectivas legendas e expressão geográfica (%).

**Tabela 4** – Porcentagem de área ocupada por unidade de mapeamento de solo do mapa legado A (escala 1:6000) no *Campus* da UFLA.

Mapa A – área completa		
Unidades	Classificação <sup>1</sup>	Área
		%
TRd	Terra Roxa Estruturada	1,55
PE	Podzólico Vermelho Escuro Eutrófico	3,00
PEd	Podzólico Vermelho Escuro Distrófico	10,00

PVd	Podzólico Vermelho-Amarelo Distrófico	12,86
LRd	Latossolo Roxo Distrófico	1,73
LEd	Latossolo Vermelho Escuro Distrófico	44,93
LVd <sub>2</sub>	Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico Epiálico	6,11
LVd <sub>1</sub>	Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico	7,02
LVDh	Latossolo Vermelho-Amarelo Húmico Distrófico	3,03
C/R	Cambissolo/Solos Litólicos	5,36
HI/A	Solo Hidromórficos/Aluviais	4,41
<b>Total</b>		<b>100</b>

<sup>1</sup>Solos classificados segundo Camargo et al. (1988).

**Tabela 5** – Porcentagem de área ocupada por unidade de mapeamento de solo do mapa legado C (escala 1:4000) no *Campus* da UFLA.

Mapa C – área completa		
Unidades	Classificação <sup>2</sup>	Área
		%
LEa1	LATOSSOLO VERMELHO-ESCURO ÁLICO epidistrófico A proeminente textura muito argilosa fase floresta subperenifóia relevo suave ondulado	0,70
LEa2	LATOSSOLO VERMELHO-ESCURO ÁLICO OU ÁLICO epidistrófico A moderado textura argilosa e muito argilosa fase floresta tropical subperenifóia relevo suave ondulado e ondulado	10,19
LRd	LATOSSOLO ROXO DISTRÓFICO epidistrófico A moderado A textura muito argilosa fase floresta tropical subperenifóia relevo suave ondulado	14,72
LVd1	LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO DISTRÓFICO A húmico textura argilosa fase floresta tropical subperenifóia relevo suave ondulado	0,68
LVd2	LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO DISTRÓFICO OU DISTRÓFICO epieutrófico A moderado textura muito argilosa fase floresta tropical subperenifóia relevo suave ondulado	2,12
PEd	Associação de PODSÓLICO VERMELHO-ESCURO DISTRÓFICO OU DISTRÓFICO epieutrófico textura argilosa + TERRA ROXA ESTRUTURADA EUTRÓFICA textura argilosa/muito argilosa, ambos A moderado fase floresta tropical subcaducifóia relevo ondulado e fase ondulada	23,17
PV d1	PODZÓLICO VERMELHO-VERMELHO-AMARELO DISTRÓFICO epieutrófico A moderado textura argilosa fase floresta tropical subcaducifóia relevo suave ondulado	10,26
PVd2	PODZÓLICO VERMELHO-VERMELHO-AMARELO DISTRÓFICO epieutrófico A moderado textura argilosa fase floresta tropical subcaducifóia relevo ondulado e forte ondulado	29,02
Cd	Associação de CAMBSSOLO DISTRÓFICO A moderado textura média fase floresta tropical subcaducifóia, relevo moderado, substrato gnaisse + AFLORAMENTO DE ROCHA	4,63
HGP	GLEI POUCO HÚMICODISTRÓFICO A moderado textura argilosa fase floresta tropical subperenifóia relevo plano	1,95

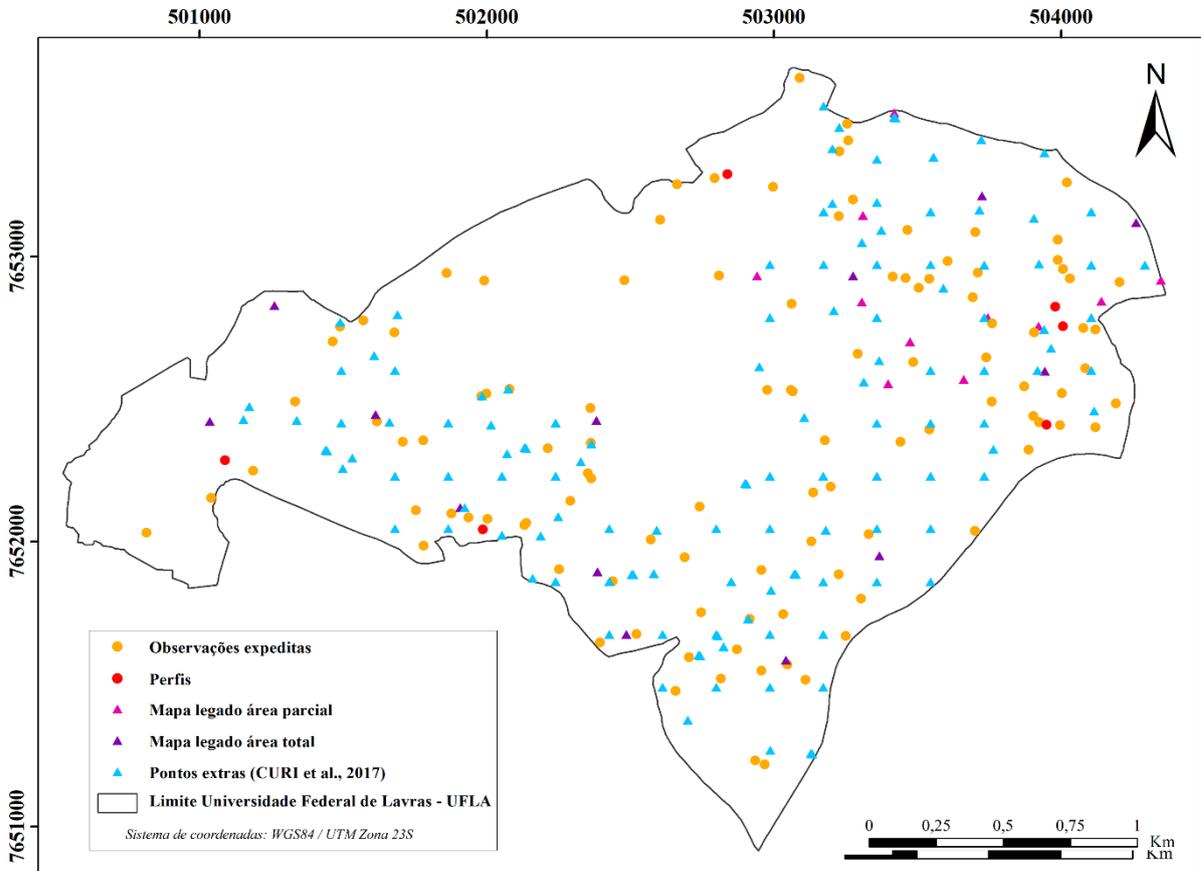
AF	Associação de AFLORAMENTO DE ROCHA + SOLOS LITÓLICOS + CAMBISSOLO, ambos A proeminente textura média fase floresta tropical subcaducifólica relevo ondulado e forte ondulado substrato gnaisse	2,54
Total		100

<sup>2</sup>Solos classificados segundo Camargo et al. (1988).

### 3.2.2. Pontos coletados em campo

O trabalho de campo, realizado no ano de 2016, consistiu na caracterização de seis perfis completos (caracterização morfológica e analítica em todos os horizontes pedogenéticos) e 108 observações expeditas de classificação de solos por meio de tradagens e mini trincheiras. Todas as informações foram georreferenciadas e podem ser observadas na Figura 7. As descrições dos perfis e a coleta das amostras de solo seguiram os procedimentos normatizados por Santos et al. (2013). A classificação dos solos nos 108 pontos de observação seguiu os critérios de Santos et al. (2018) até o terceiro nível categórico (Anexo C). A descrição dos seis perfis completos é apresentada no Anexo B.

Para a predição de solos, 151 pontos adicionais, coletados e classificados em levantamentos de solos anteriores (ANDRADE, 1980; CURI et al., 2017), foram incorporados ao banco de dados, sendo 24 destes referentes aos mapas legados do *Campus*. Os pontos adicionais do trabalho de Curi et al. (2017) são apresentados no Anexo E.



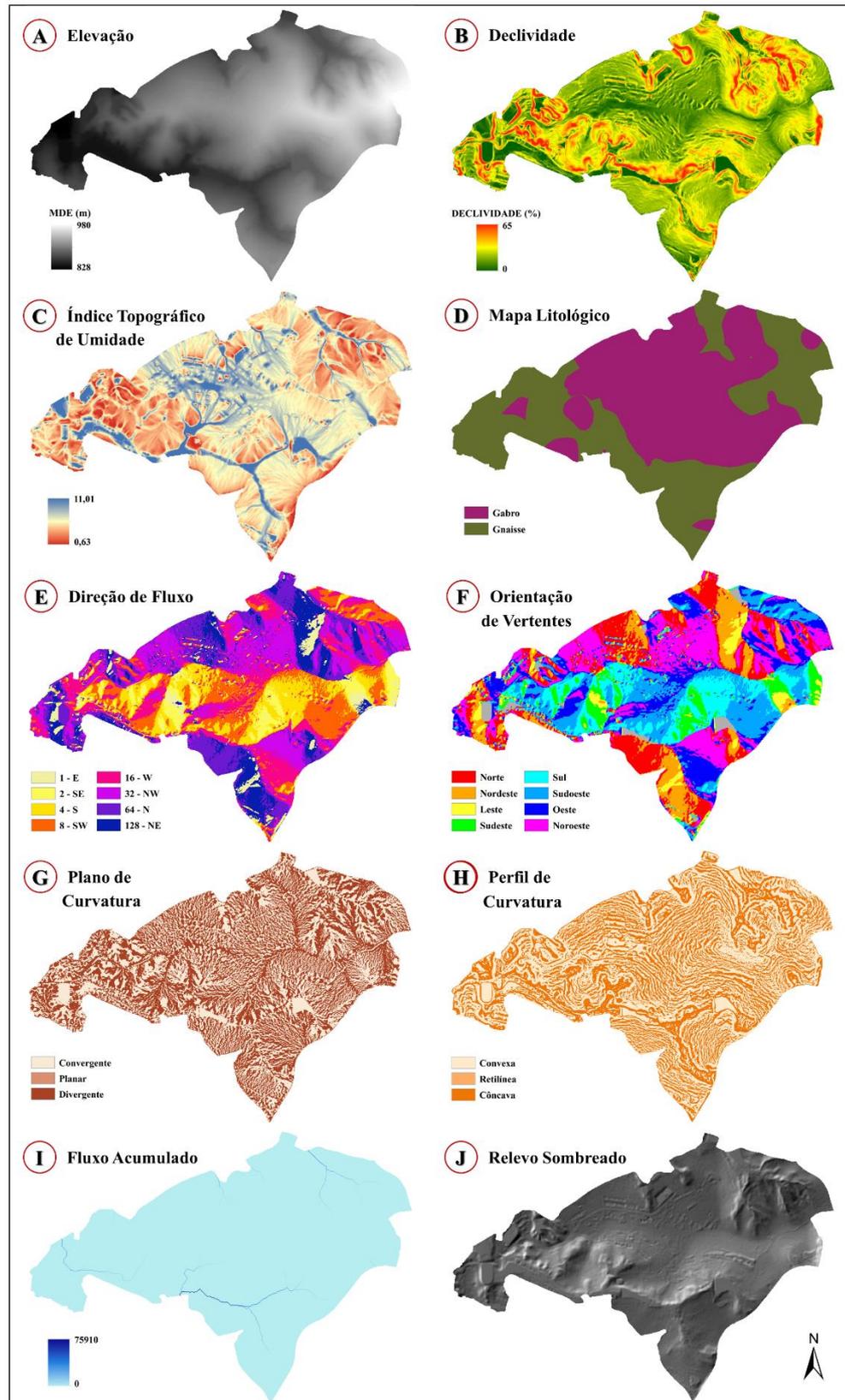
**Figura 7** – Mapa do *Campus* da UFLA com a localização das observações expeditas, perfis descritos e pontos extras utilizados.

As amostras dos perfis descritos foram passadas em peneiras de 2 mm e secas ao ar, para obtenção de terra fina seca ao ar (TFSA), e encaminhadas para análises granulométricas e químicas, segundo Claessen (1997) e Teixeira et al. (2017).

O pH foi determinado em água e KCl 1 mol L<sup>-1</sup> (relação solo: solução 1:2,5). Os cátions trocáveis: Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> foram extraídos com KCl 1 mol L<sup>-1</sup> e determinados por compleximetria; Al<sup>3+</sup> foi extraído com solução de KCl 1 mol L<sup>-1</sup> e determinado por titulação; Na<sup>+</sup> e K<sup>+</sup> foram extraídos por solução Mehlich-1 e determinados por espectrofotometria de chama. A acidez potencial (H<sup>+</sup> + Al<sup>3+</sup>) foi extraída com solução de acetato de Ca 0,5 mol L<sup>-1</sup> tamponado a pH 7,0 e determinados por titulação. O P disponível foi extraído com solução de Mehlich-1 e determinado por espectrofotometria. C orgânico total foi extraído por oxidação com dicromato de potássio em meio sulfúrico. Os teores de SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub> e P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> foram obtidos por ataque sulfúrico.

### 3.2.3. Covariáveis preditoras

Os dados hipsométricos utilizados como material base para a criação do MDE foram obtidos a partir do processamento das curvas de nível do mapa planialtimétrico do banco de dados da Prefeitura Municipal de Lavras, equidistantes em 1 m. O MDE hidrologicamente consistente gerado pela ferramenta *Topo to Raster*, do *software* ArcGIS 10.5 (ESRI) (resolução espacial de 5 m). A partir do MDE derivou-se as seguintes covariáveis preditoras: declividade, direção de fluxo, orientação de vertentes, plano de curvatura, perfil de curvatura, fluxo acumulado e relevo sombreado, obtidos com o auxílio do *software* ArcGIS 10.5 (ESRI), e o índice topográfico de umidade (ITU) no *software* SAGA GIS (*System for Automated Geoscientific Analyses*) (CONRAD ET AL. 2015).



**Figura 8** – Mapas das variáveis topográficas e hidrológicas do *Campus* da UFLA.

Legenda: A) elevação; B) declividade; C) índice topográfico de umidade; D) litologia; E) direção de fluxo; F) orientação de vertentes; G) plano de curvatura; H) perfil de curvatura; I) fluxo acumulado; e J) relevo sombreado.

### 3.3. Descrição metodológica

As variáveis preditoras geradas foram reescaladas para média zero e desvio padrão 1 por apresentarem escalas de valores e unidades de medida diferentes (HAN; KAMBER, 2006). A fim de estabelecer relações entre as covariáveis preditoras e a distribuição espacial dos tipos de solo, utilizaram-se dois algoritmos de classificação baseados no conceito de aprendizagem de máquina: AD e RF-RFE. Os modelos preditivos utilizados neste estudo são apresentados na Tabela 6.

**Tabela 6** – Modelos utilizados na predição das classes de solo.

Algoritmo	Modelo	Descrição
RF-RFE	RF-RFE+L	Random Forest, variáveis topográficas, hidrológicas e litologia.
	RF-RFE	Random Forest, variáveis topográficas e hidrológicas.
AD	AD+L	Árvore de decisão, variáveis topográficas, hidrológicas e litologia.
	AD	Árvore de decisão, variáveis topográficas e hidrológicas.

Visando melhorar a calibração dos modelos e a representatividade das classes de solo, um *buffer* circular com 8 m de raio foi criado ao redor dos pontos cujo número total de amostras foi inferior a 15. Para a realização das predições das classes de solo, os rasters foram manipulados através do pacote *raster* (HIJMANS, 2019)

#### 3.3.1. Árvore de decisão

Dentre os algoritmos de particionamento de árvores de decisão existentes, optou-se pela implementação do CART (*Classification and Regression Trees*) de Breiman et al. (1984), implementada pelo pacote *rpart* (THERNEAU; ATKINSON, 2019).

Uma árvore de decisão é gerada por um processo conhecido como particionamento recursivo, ou seja, os dados inseridos no modelo são divididos repetidas vezes em subconjuntos para formar conjuntos cada vez mais homogêneos. Dentre os critérios para selecionar a melhor divisão dos dados, optou-se pelo índice Gini, que mede o grau de heterogeneidade dos dados. Neste critério se mede a impureza de uma partição de dados ou de um conjunto de treinamento considerando divisões binárias para cada variável preditora. Quanto menor o índice Gini mais pura será a partição criada pela variável (HAND; KRZANOWSKI, 2005).

### 3.3.2. Random Forest

O algoritmo Random Forest foi implementado pelo pacote *randomForest* (LIAW; WIENER, 2002) no *software* estatístico R versão 4.0.3 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2020) com os seguintes parâmetros: *ntree* = 10000 e *mtry* = 3. A seleção das covariáveis para o algoritmo foi realizada por *Recursive Feature Elimination* (RFE) utilizando o pacote *caret* (KUHN, 2020).

### 3.3.3. Acurácia da predição espacial

Para verificar a acurácia dos modelos, o mesmo conjunto de dados foi utilizado e dividido em dados de treinamento (80%) e dados de validação (20%), de maneira que essa proporção fosse constante para cada classe de solo. As análises estatísticas foram realizadas no *software* estatístico R versão 4.0.3 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2020).

A acurácia dos mapas de solo preditos foi avaliada por matriz de confusão, identificando a acurácia geral e mostrando como se deram as confusões entre as classes. A acurácia geral (AG) é calculada pela divisão da soma dos valores da diagonal principal pelo total de elementos da matriz (CHAGAS, 2006), conforme a equação:

$$AG = \frac{\sum_{i=1}^n N_{ii}}{N}$$

sendo a acurácia geral (AG); a contagem da diagonal principal da matriz de confusão ( $N_{ii}$ ); o número total de contagens (N) e o número de tipos de solo (n) (MALEKI et al., 2020). O índice *Kappa* (COHEN, 1960), interpretado pela escala proposta por Landis e Koch (1977), é calculado considerando o número total de acertos, os erros de omissão e os erros de comissão, conforme a equação (ELNAGGAR, 2007):

$$K = \frac{\sum_{i=1}^r x_{ii} - \sum_{i=1}^r x_{i+} \times x_{+i}}{N^2 - \sum_{i=1}^r x_{i+} \times x_{+i}}$$

sendo o índice *Kappa* (K) uma função do número total de posições na matriz de confusão (N); o número de linhas na matriz de confusão (r); as entradas diagonais da matriz de confusão ( $x_{ii}$ ); a soma da linha i e a soma da coluna i da matriz ( $x_{i+} \times x_{+i}$ ) (SARMENTO, 2010).

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As diferentes combinações adotadas para a predição dos tipos de solos, o uso de dois algoritmos classificadores combinados ou não com a variável litologia, resultaram em distintos valores medidos de acurácia geral (AG) e índice *Kappa* (IK) (Tabela 7).

**Tabela 7** – Valores de acurácia geral e índice *Kappa* referentes a validação dos quatro modelos propostos para a predição das classes de solos no *Campus* da UFLA.

Modelos	Acurácia Geral	Índice <i>Kappa</i>	
		Valor	Qualidade da Classificação
RF-RFE+L	0,63	0,59	Boa
AD+L	0,44	0,39	Razoável
RF-RFE	0,55	0,50	Boa
AD	0,45	0,40	Razoável

Legenda: RF-RFE+L: Random Forest, variáveis topográficas, hidrológicas e litologia; AD+L: árvore de decisão, variáveis topográficas, hidrológicas e litologia; RF-RFE: Random Forest, variáveis topográficas e hidrológicas; AD: árvore de decisão, variáveis topográficas e hidrológicas.

De maneira geral, o algoritmo RF-RFE gerou melhores modelos preditivos, pois apresentou os maiores valores de acurácia geral e índice *Kappa*. O modelo RF-RFE+L se destacou positivamente dentre os quatro modelos propostos pelo estudo, com AG de 63% e IK de 0,59. Em contrapartida, o modelo AD+L possui a menor acurácia geral, com o valor de 44%. Em relação aos valores do índice *Kappa*, os modelos de AD foram considerados razoáveis e os de RF considerados bons.

A presença da variável preditora “litologia” trouxe melhoria na acurácia dos algoritmos. Lacerda (1999) e Lacerda et al. (2000), relatam a existência de boa correlação geo-pedológica e relacionam os solos diferenciados da região de Lavras (MG) com a grande diversidade geológica existente, correlacionando-se também com o relevo. Da mesma forma, Silva (2017) verificou que a combinação de variáveis geomorfológicas com dados litológicos são mais eficientes na predição de solos, obtendo 52% de AG para a mesma área mapeada com redes neurais artificiais.

A matriz de confusão para o modelo RF-RFE+L, de maior acurácia, é apresentada na Tabela 8. Observa-se que o menor valor de AM é atribuído à classe de solos PVA, que direciona seus erros para as classes LV, RR e, principalmente, para a classe CX.

**Tabela 8** – Matriz de confusão do modelo RF-RFE+L.

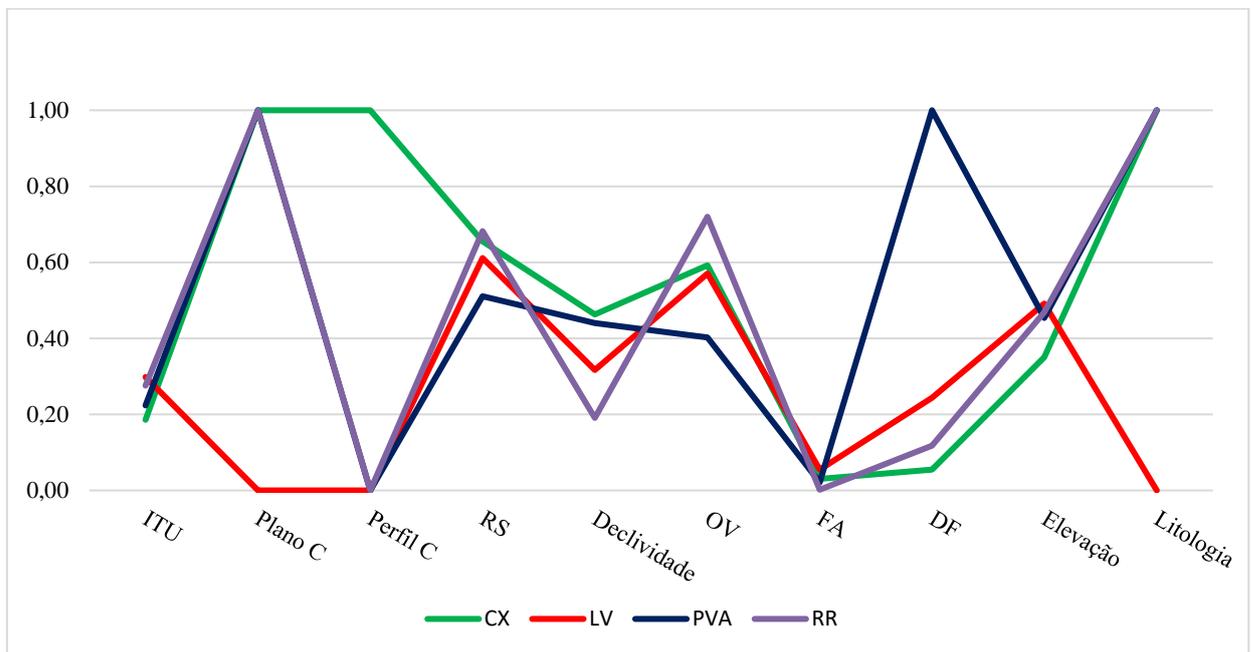
	CH	CX	GM	GX	LA	LV	LVA	NV	PA	PAC	PV	PVA	RL	RR	RY	Total	AU (%)
CH	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	100
CX	0	4	0	0	0	2	0	0	0	0	1	4	0	0	0	11	36
GM	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	100
GX	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3	67
LA	0	0	0	0	3	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	6	50
LV	0	1	0	0	0	10	4	0	0	0	0	1	0	0	0	16	63
LVA	0	1	0	0	0	1	4	0	1	0	0	0	0	0	0	7	57
NV	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	50
PA	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	2	50
PAC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	100
PV	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	3	33
PVA	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	3	33
RL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	3	100
RR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3	0	4	75
RY	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	7	75
Total	3	6	3	3	3	16	10	3	3	3	3	7	3	3	6	75	-
AM (%)	100	67	67	67	100	63	40	33	33	100	33	14	100	100	100	-	-

Acurácia geral = 0,59

Índice *Kappa* = 0,63

Legenda: AU: acurácia do usuário; AM: acurácia do mapeador; RF-RFE+L: Random Forest, variáveis topográficas, hidrológicas e litologia; AD+L: árvore de decisão, variáveis topográficas, hidrológicas e litologia; RF-RFE: Random Forest, variáveis topográficas e hidrológicas; AD: árvore de decisão, variáveis topográficas e hidrológicas; CH: Cambissolo Húmico; CX: Cambissolo Háplico; GX: Gleissolo Háplico; GM: Gleissolo Melânico; LA: Latossolo Amarelo; LV: Latossolo Vermelho; LVA: Latossolo Vermelho-Amarelo; NV: Nitossolo Vermelho; PA: Argissolo Amarelo; PV: Argissolo Vermelho; PVA: Argissolo Vermelho-Amarelo; RL: Neossolo Litólico; RY: Neossolo Flúvico; e RR: Neossolo Regolítico.

O direcionamento de 57% dos erros de PVA para CX está em partes relacionado com as características muito semelhantes das covariáveis preditivas destas classes, como o material de origem, apresentando diferenças apenas no perfil de curvatura e na direção de fluxo (Figura 9). As classes LV e CX possuem expressiva distribuição geográfica neste modelo. Entretanto, o valor de AU para a classe CX é baixo (36%), ou seja, CX neste modelo se apresenta como uma classe de área superestimada, principalmente pela contribuição da classe PVA.



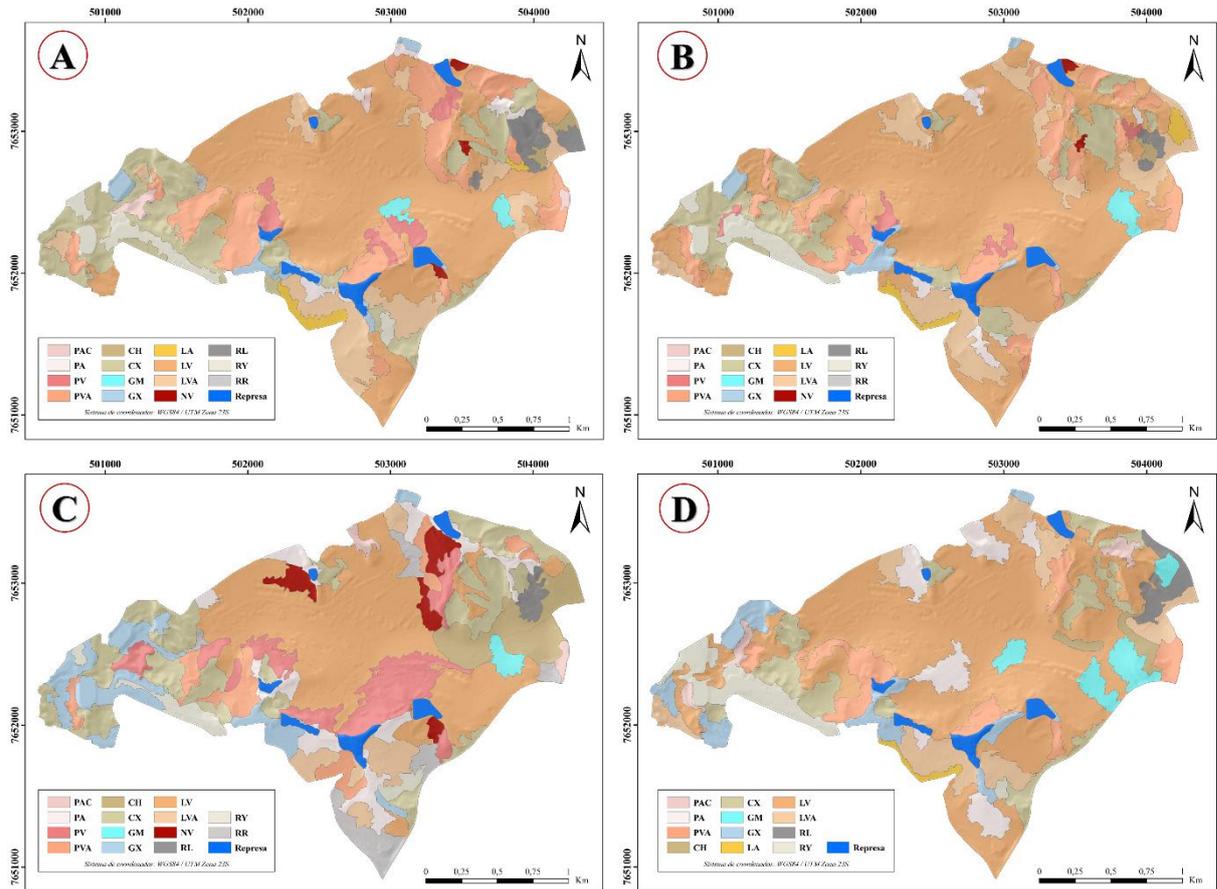
**Figura 9** – Distribuição da média das covariáveis entre as classes CX, LV, PVA e RR (valores normalizados entre 0 e 1).

Legenda: ITU: Índice topográfico de umidade; Plano C: Plano de curvatura; Perfil C: Perfil de curvatura; RS: Relevo sombreado; OV: Orientação de vertentes; FA: Fluxo acumulado; e DF: direção de fluxo.

Em estudo sobre predição de classes de solo no Irã, ESFANDIARPOUR-BOROJENI et al. (2020) atribuíram a reduzida acurácia geral dos mapas gerados ao desbalanceamento do número de classes de solo preditas. Barthold et al. (2013) e Brungard et al. (2015) corroboram essa ideia ao afirmar que modelos preditivos com menor número de classes de solos e melhor frequência de observações são mais precisos. Bagatini (2016) e Sarmiento (2010) observaram que as classes de solo com maior representatividade no conjunto de dados apresentam maior distribuição espacial no final das predições.

A Figura 10 mostra os quatro mapas de solos preditos pelos diferentes modelos criados para este estudo. Os mapas gerados pelas combinações propostas apresentam diferentes

distribuições e extensões espaciais das classes de solo. O Anexo A apresentam os mapas de solo preditos separadamente.



**Figura 10** – Mapas pedológicos digitais do *Campus* da UFLA gerados a partir de modelos preditivos: A) modelo RF-RFE+L; B) modelo RF-RFE; C) modelo AD+L; e D) modelo AD.

Legenda: RF-RFE+L: Random Forest, variáveis topográficas, hidrológicas e litologia; AD+L: árvore de decisão, variáveis topográficas, hidrológicas e litologia; RF-RFE: Random Forest, variáveis topográficas e hidrológicas; AD: árvore de decisão, variáveis topográficas e hidrológicas; CH: Cambissolo Húmico; CX: Cambissolo Hápico; GX: Gleissolo Hápico; GM: Gleissolo Melânico; LA: Latossolo Amarelo; LV: Latossolo Vermelho; LVA: Latossolo Vermelho-Amarelo; NV: Nitossolo Vermelho; PA: Argissolo Amarelo; PV: Argissolo Vermelho; PVA: Argissolo Vermelho-Amarelo; RL: Neossolo Litólico; RY: Neossolo Flúvico; e RR: Neossolo Regolítico.

Os mapas pedológicos digitais produzidos apresentaram 15 classes de solos. A Tabela 9 apresenta as classes de solos com suas respectivas simbologias e áreas em porcentagem mapeadas.

**Tabela 9** – Porcentagem de área ocupada por cada classe de solo no *Campus* da UFLA nos quatro modelos propostos.

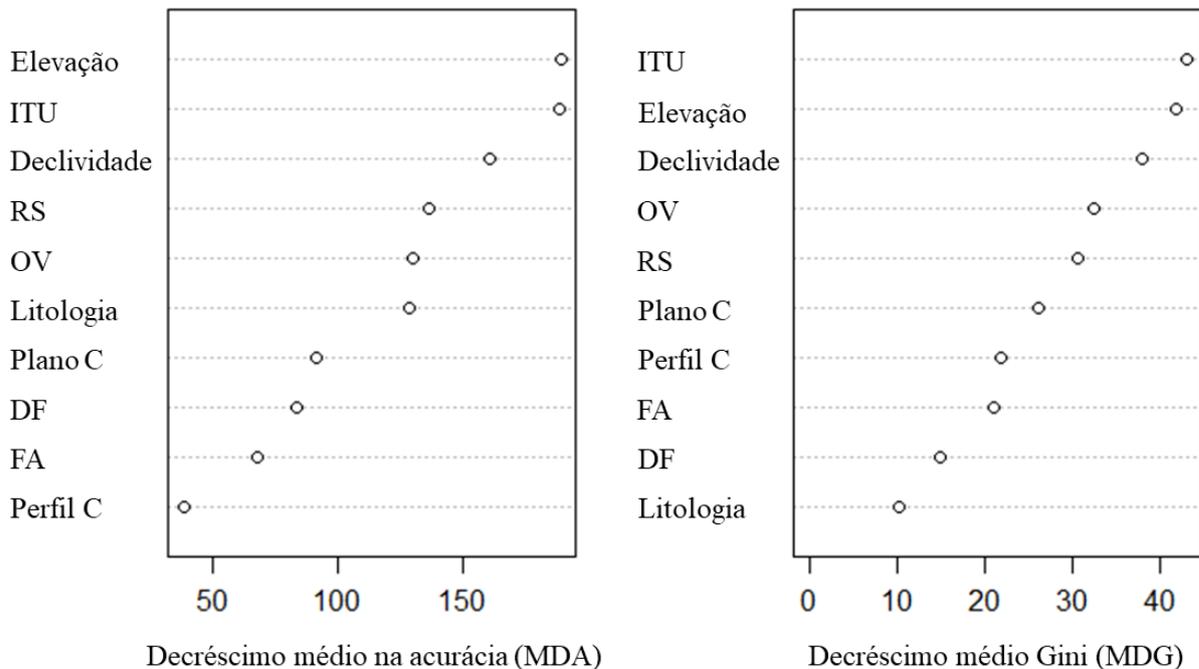
Classes	Área			
	RF-RFE + L	RF-RFE	AD + L	AD
	%			
CH	0,55	0,28	6,39	1,41
CX	15,61	11,52	16,12	8,83
GM	1,00	0,97	0,88	3,79
GX	1,77	1,77	7,57	5,18
LA	1,06	1,21	0,00	0,53
LV	46,52	55,75	32,47	51,17
LVA	9,98	10,97	4,09	8,70
NV	0,41	0,28	2,83	0,00
PA	1,31	1,26	6,24	5,77
PAC	0,92	0,08	0,75	1,35
PV	2,55	1,67	9,97	0,00
PVA	12,77	10,41	5,15	6,58
RL	2,27	0,57	1,01	1,95
RR	0,14	0,12	4,18	0,00
RY	3,12	3,15	2,34	4,73
Total	100	100	100	100

Legenda: RF-RFE+L: Random Forest, variáveis topográficas, hidrológicas e litologia; AD+L: árvore de decisão, variáveis topográficas, hidrológicas e litologia; RF-RFE: Random Forest, variáveis topográficas e hidrológicas; AD: árvore de decisão, variáveis topográficas e hidrológicas; CH: Cambissolo Húmico; CX: Cambissolo Háplico; GX: Gleissolo Háplico; GM: Gleissolo Melânico; LA: Latossolo Amarelo; LV: Latossolo Vermelho; LVA: Latossolo Vermelho-Amarelo; NV: Nitossolo Vermelho; PA: Argissolo Amarelo; PV: Argissolo Vermelho; PVA: Argissolo Vermelho-Amarelo; RL: Neossolo Litólico; RY: Neossolo Flúvico; e RR: Neossolo Regolítico.

Para todos os modelos, constata-se o predomínio de LV, representando 46,5% da área total do *Campus* para o modelo de maior acurácia (RF-RFE+L), seguido por Cambissolos Háplicos (CX) (15,6%). Silva (2017), em pesquisa anterior na mesma área de estudo utilizando redes neurais artificiais, relata menor distribuição geográfica de Argissolos Vermelho-Amarelos (PVA) para a mesma área de estudo. Entretanto, no modelo RF-RFE+L, a classe representa 12,8% da área total, ocupando o terceiro lugar em cobertura espacial. Tais resultados indicam que a escolha de uma técnica ou modelo, bem como o tamanho do conjunto de dados e a frequência das classes, influenciam na acurácia do resultado dos mapas pedológicos preditos.

Os modelos de árvore de decisão apresentam maior expressão geográfica para as classes GX, PA e RR, respectivamente com 7,6, 6,2 e 4,2% da área total, quando comparados com os modelos RF-RFE. A presença da covariável preditora “litologia” no algoritmo beneficiou o crescimento da área das classes RR e PV no modelo AD+L, respectivamente com 10,0 e 4,2% da área total, a melhor representação geográfica dessas classes de solo dentro os quatro modelos utilizados.

A estimativa da importância relativa das covariáveis preditoras para o modelo RF-RFE+L é apresentado na Figura 10. As cinco covariáveis ótimas para este modelo foram ITU, elevação, declividade, litologia e relevo sombreado. Em geral, observa-se grande influência das variáveis preditoras ITU, elevação e declividade nas duas estimativas, ou seja, são variáveis importantes para diferenciação e caracterização das classes de solo. Silva et al. (2016) destaca a importância da variável ITU na distinção da classe de solo LV para a mesma área de estudo, utilizando lógicas *Fuzzy*. Dentre os atributos primários mais efetivos para a realização de levantamentos de solos de média escala, elevação e declividade são destacados por Chagas (2006) e Dias et al. (2016), principalmente em terrenos movimentados onde a topografia condiciona a diferenciação dos solos.

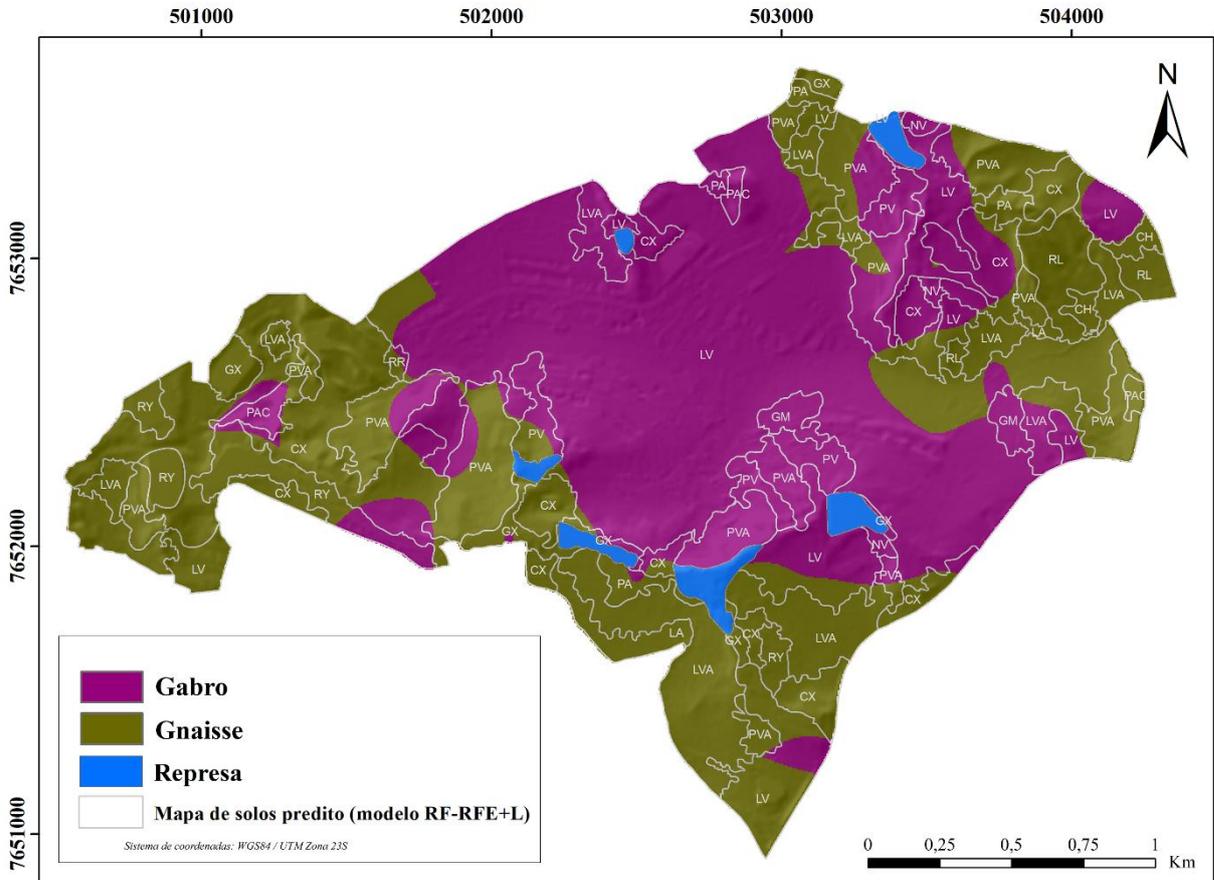


**Figura 11** – Importância das variáveis preditoras no modelo RF+L pelas estimativas MDA e MDG.

Legenda: ITU: Índice topográfico de umidade; RS: Relevo sombreado; OV: Orientação de vertentes; Plano C: Plano de curvatura; DF: direção de fluxo; FA: Fluxo acumulado; e Perfil C: Perfil de curvatura.

A “litologia”, covariável que aparece em sexto lugar na estimativa MDA, está em último lugar na MDG. Como dispõe apenas de duas classes na área de estudo, as unidades gabro e gnaisse, a covariável não possui categorias suficientes para uma pureza que induza a uma classe de solo específica. Desta forma, a “litologia” acaba por não contribuir para uma maior homogeneidade dos nós e das folhas do modelo. Entretanto, a covariável “litologia” proporcionou aumento na acurácia dos mapas preditos: acréscimo da AG de 0,59% para 0,63% e para o IK de 0,50 para 0,55.

Sobrepondo o mapa de solos do modelo RF-RFE+L com o mapa de material de origem (Figura 11), tem-se uma maior variabilidade das classes de solo sobre as áreas de gnaisse, uma vez que 11 classes dentre as 15 mapeadas estavam sobre este material. Nestas áreas, os Cambissolos Háplicos predominam (25% da área). Já nas áreas sob influência do gabro, ocorreu predomínio de LV (76% da área). Curi et al. (2017) e Mancini et al. (2019), mapeando material de origem e classes de solos nesta mesma área, confirmam que as regiões de gabro praticamente delimitam a distribuição espacial de solos com coloração mais avermelhada, como Latossolos e Argissolos Vermelhos. Em contrapartida, as áreas de gnaisses são associadas a solos com menores teores de Fe e SiO<sub>2</sub>.



**Figura 12** – Sobreposição do mapa de solos predito pelo modelo RF-RFE+L com o mapa de material de origem dos solos do *campus* da UFPA. Adaptado de Mancini et al. (2019).

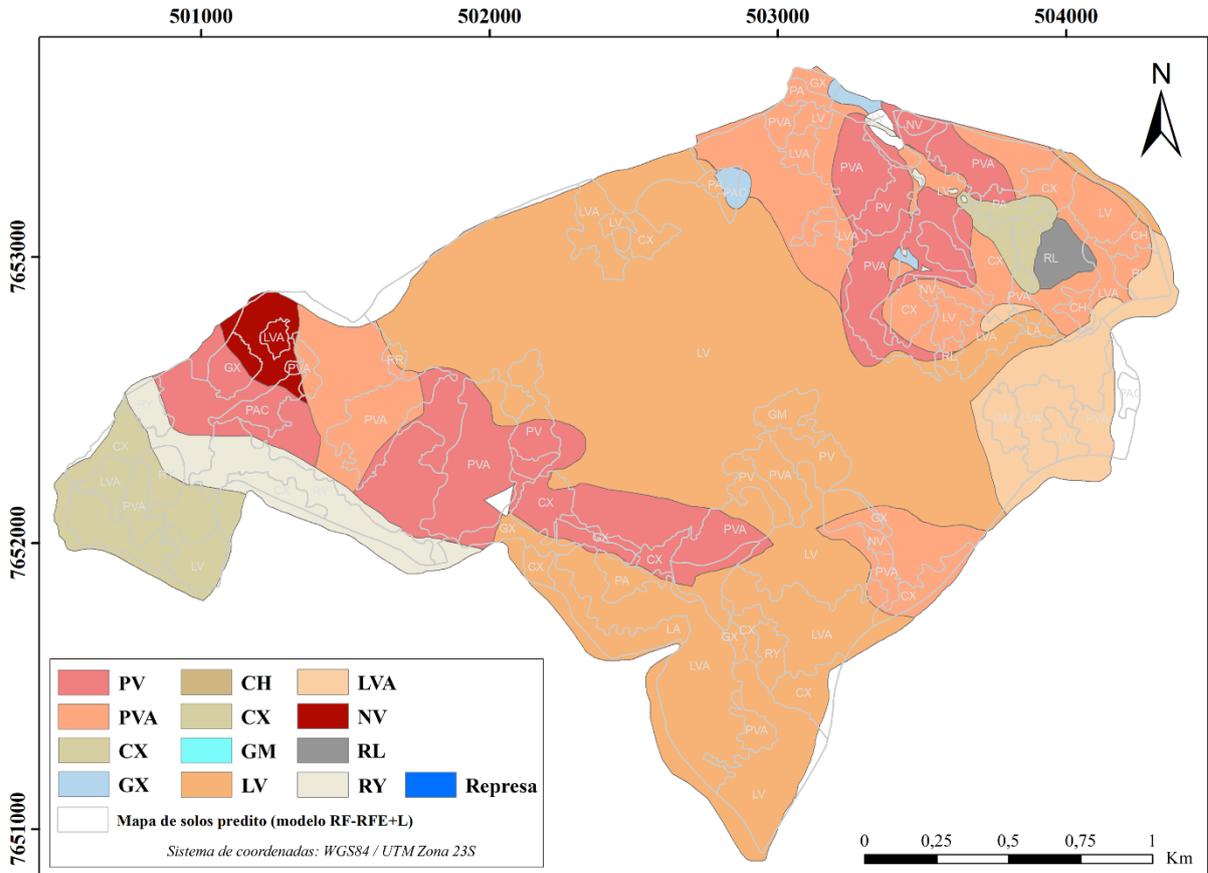
Legenda: RF-RFE+L: Random Forest, variáveis topográficas, hidrológicas e litologia; CH: Cambissolo Húmico; CX: Cambissolo Háplico; GX: Gleissolo Háplico; GM: Gleissolo Melânico; LA: Latossolo Amarelo; LV: Latossolo Vermelho; LVA: Latossolo Vermelho-Amarelo; NV: Nitossolo Vermelho; PA: Argissolo Amarelo; PV: Argissolo Vermelho; PVA: Argissolo Vermelho-Amarelo; RL: Neossolo Litólico; RY: Neossolo Flúvico; e RR: Neossolo Regolítico.

Ao compararmos as áreas das classes de solo do mapa gerado pelo MDS no modelo RF-RFE+L com o mapa legado unificado das classes de solo do *Campus* (Figura 12), apresentadas na Tabela 10, percebe-se que nove das 15 classes de solo no MDS estavam presentes nos mapas elaborados de forma convencional. Além disso, as seis classes ausentes no mapeamento tradicional ocorrem em proporção muito inferior às demais, provavelmente em virtude da complexidade da distribuição do solo na paisagem. Nos dois levantamentos realizados nos anos 1990, assim como nos estudos de Curi et al. (2017) e Silva (2017), o LV se mostra a classe mais expressiva dentro do *Campus* da UFPA.

**Tabela 10** – Porcentagem de área ocupada por cada classe de solo no *Campus* da UFLA no modelo RF+L e no mapa legado unificado.

Classes	Área	
	RF-RFE+L	Mapas legado
	%	
CH	0,55	-
CX	15,61	5,95
GM	1,00	-
GX	1,77	0,50
LA	1,06	-
LV	46,52	48,59
LVA	9,98	5,53
NV	0,41	1,37
PA	1,31	-
PAC	0,92	-
PV	2,55	17,46
PVA	12,77	15,88
RL	2,27	0,65
RR	0,14	-
RY	3,12	4,06
Total	100	100

Legenda: RF-RFE+L: Random Forest, variáveis topográficas, hidrológicas e litologia; CH: Cambissolo Húmico; CX: Cambissolo Háptico; GX: Gleissolo Háptico; GM: Gleissolo Melânico; LA: Latossolo Amarelo; LV: Latossolo Vermelho; LVA: Latossolo Vermelho-Amarelo; NV: Nitossolo Vermelho; PA: Argissolo Amarelo; PV: Argissolo Vermelho; PVA: Argissolo Vermelho-Amarelo; RL: Neossolo Litólico; RY: Neossolo Flúvico; RR: Neossolo Regolítico.



**Figura 13** – Mapa de solos predito pelo modelo RF-RFE+L sobreposto ao mapa legado unificado das classes de solo do *Campus*.

Legenda: RF-RFE+L: Random Forest, variáveis topográficas, hidrológicas e litologia; CH: Cambissolo Húmico; CX: Cambissolo Háptico; GX: Gleissolo Háptico; GM: Gleissolo Melânico; LA: Latossolo Amarelo; LV: Latossolo Vermelho; LVA: Latossolo Vermelho-Amarelo; NV: Nitossolo Vermelho; PA: Argissolo Amarelo; PV: Argissolo Vermelho; PVA: Argissolo Vermelho-Amarelo; RL: Neossolo Litólico; RY: Neossolo Flúvico; e RR: Neossolo Regolítico.

## 5. CONCLUSÃO

No geral, tomando o mesmo conjunto dados de pontos amostrados de solo e de covariáveis predictoras, o algoritmo RF-RFE gerou os modelos preditivos com maior acurácia, superando os de AD. A presença da covariável predictoras “litologia” aumentou a acurácia dos algoritmos, demonstrando que a combinação de variáveis geomorfométricas com dados litológicos são mais eficientes na predição de solos.

Este estudo apresenta uma contribuição para o conhecimento e a avaliação de alguns modelos de predição de classes de solos, tanto do ponto de vista da acurácia quanto da contribuição das variáveis predictoras. Os resultados obtidos corroboram que os algoritmos de AD e RF-RFE podem ser utilizados como técnicas de mapeamento digital das classes de solo

do *Campus* da UFLA. Estudos futuros deverão testar novas variáveis preditoras a fim de melhorar o grau de aproximação dos mapas estimados com a realidade.

## REFERENCIAS

- ANALYTICS VIDHYA. **Lets Open the Black Box of Random Forests**. Gurgaon (Índia), 2020. Disponível em: <https://www.analyticsvidhya.com/blog/2020/12/lets-open-the-black-box-of-random-fo-rests/>. Acesso em: 3 jan. 2021.
- ANDRADE, H. Levantamento semidetalhado de solos da área da Escola Superior de Agricultura de Lavras, MG. 1980. 80 p.
- BAGATINI, T.; GIASSON, E.; TESKE, R. Expansão de mapas pedológicos para áreas fisiograficamente semelhantes por meio de mapeamento digital de solos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 9, p. 1317-1325, 2016.
- BHERING, S. B.; CHAGAS, C. D. S.; CARVALHO JUNIOR, W. D.; PEREIRA, N. R.; CALDERANO FILHO, B.; PINHEIRO, H. S. K. Mapeamento digital de areia, argila e carbono orgânico por modelos Random Forest sob diferentes resoluções espaciais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 9, p. 1359-1370, 2016.
- BOLETIM INFORMATIVO SBCS. **Programa nacional de solos - Pronasolos**. Viçosa, v. 41, n. 3, p. 14-15. 2015.
- BREIMAN, L.; FRIEDMAN, J.; STONE, C. J.; OLSHEN, R. A. **Classification and regression trees**. CRC press, 1984. 358 p.
- BREIMAN, L. Random forests. **Machine learning**, v. 45, n. 1, p. 5-32, 2001.
- BRUNGARD, C. B.; BOETTINGER, J. L. Predição espacial de classes biológicas da crosta do solo: DSM de valor agregado de levantamento de solo. **Computing Ethics: A Multicultural Approach**, v. 5, p. 57, 2016.
- BUENO, C. R. P.; BAHIA, V. G.; CURI, N.; DIAS JÚNIOR, M. S. Unidades litológicas do município de Lavras (MG). **Ciência e Prática**. Lavras, v. 14, p. 352-365, 1990.
- CAMARGO, M. N.; JACOMINE, P. K. T.; CARVALHO, A. P. de; LARACH, J. O. I.; SANTOS, H. G. dos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (3ª aproximação)**. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SNLCS, 1988. 122 p.
- CAMPOS, A. R.; GIASSON, E.; FERREIRA COSTA, J. J.; COELHO, F. F. Predição de classes de solos com dados coletados em pixels delimitados por buffers em perfis de solo georreferenciados. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 14, n. 2, p. 1-9, 2019.
- CARRÉ, F.; MCBRATNEY, A. B. Digital terrain mapping. *Geoderma*, v. 128, n. 3-4, p. 340-353, 2005.
- CARRÉ, F.; MCBRATNEY, A. B.; MAYR, T.; MONTANARELLA, L. Digital soil assessments: Beyond DSM. *Geoderma*, v. 142, n. 1-2, p. 69-79, 2007.
- CARVALHO, C. C. N. de; NUNES, F. C.; ANTUNES, M. A. H. Histórico do levantamento de solos no Brasil: da industrialização brasileira à era da informação. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, v. 65, n. 5, p. 997-1013, 2013.
- CAVALCANTI, E. R.; CAVALCANTI, E. P.; PIRES, C. E.; COSTA, R. A.; CAVALCANTI, C. R. Detecção e avaliação de cola em provas escolares utilizando mineração de texto: um estudo de caso. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, v. 19, n. 02, p. 56, 2011.
- CELINSKI, T. M. **Classificação de cobertura do solo utilizando árvores de decisão e sensoriamento remoto**. 2008. 126 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias, Botucatu, 2008.
- CHAGAS, C. da S. **Mapeamento digital de solos por correlação ambiental e redes neurais em uma bacia hidrográfica no domínio de mar de morros**. 2006. 223 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.
- CLAESSEN, M. E. C. (Org.). **Manual de Métodos de Análise de Solos**. 2 ed. rev. e atual. Rio de Janeiro: Embrapa - Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212 p. (EMBRAPA-CNPS. Documentos, 1)
- COHEN, J. A coefficient of agreement for nominal scales. **Educational and psychological measurement**, v. 20, n. 1, p. 37-46, 1960.

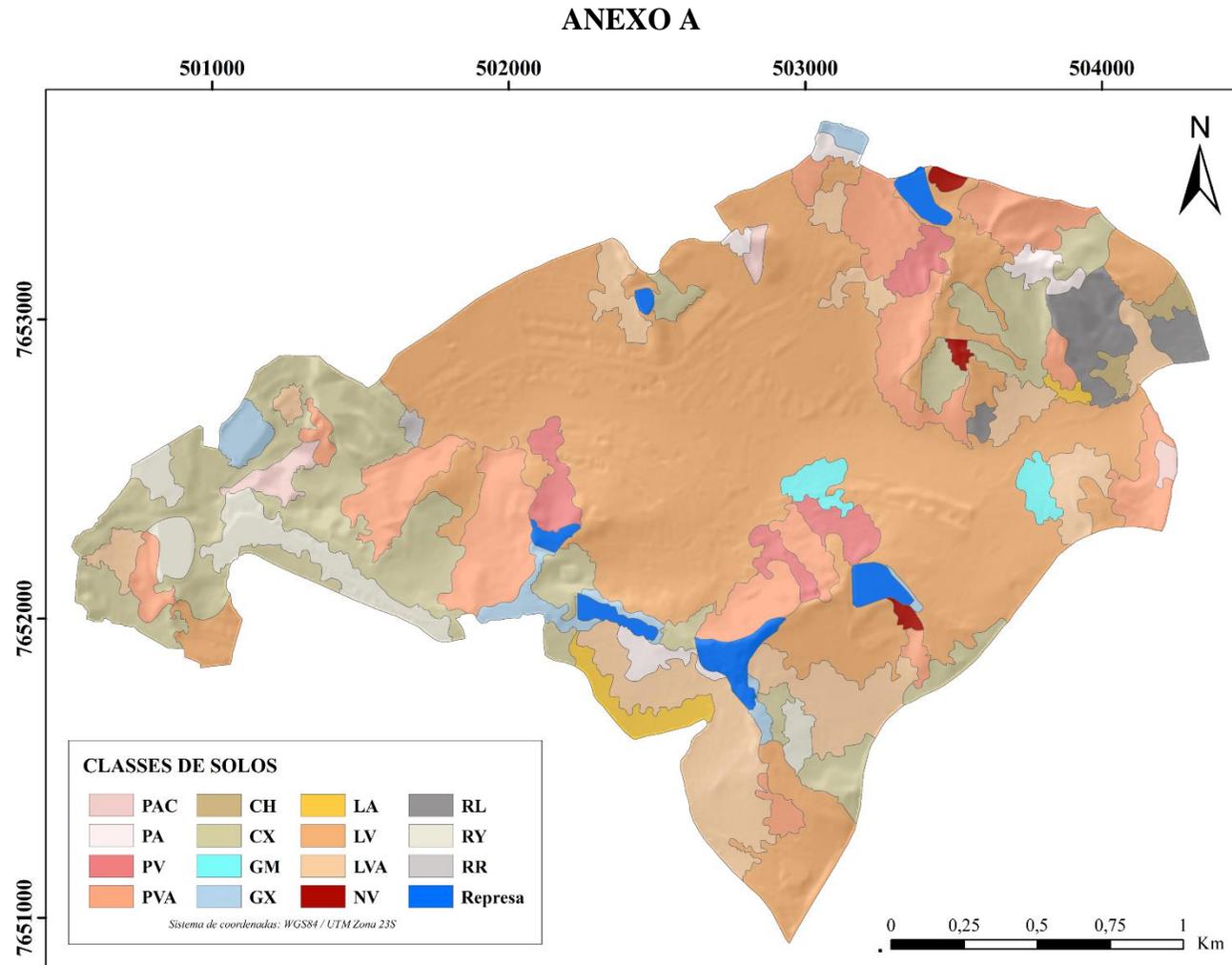
- CONGALTON, R. G. A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. **Remote sensing of environment**, v. 37, n. 1, p. 35-46, 1991.
- CONRAD, O.; BECHTEL, B.; BOCK, M.; DIETRICH, H.; FISCHER, E.; GERLITZ, L.; BÖHNER, J. System for automated geoscientific analyses (SAGA). v. 2.1. 4. **Geoscientific Model Development Discussions**, v. 8, n. 2, 2015.
- CURI, N.; SILVA, S. H. G.; POGGERE, G. C.; MENEZES, M. D. **Mapeamento de solos e magnetismo no campus da UFLA**. Lavras: Ed. UFLA, 2017. 147 p.
- DANTAS, A. A. A.; CARVALHO, L. G.; FERREIRA, E. Classificação e tendências climáticas em Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 6, p. 1862-1866, 2007.
- DEBELLA-GILO, M.; ETZELMULLER, B.; KLAKEGG, O. Digital soil mapping using digital terrain analysis and statistical modeling integrated into GIS: Examples from Vestfold county of Norway. ScanGIS'2007. In: SCANDINAVIAN RESEARCH CONFERENCE ON GEOGRAPHICAL INFORMATION SCIENCES, 11. 2007, Norway. **Proceedings**. Norway, 2007. 274 p.
- DENG, C.; WU, C. The use of single-date MODIS imagery for estimating large-scale urban impervious surface fraction with spectral mixture analysis and machine learning techniques. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 86, p. 100-110, 2013.
- DENT, D.; YOUNG, A. **Soil Survey and Land Evaluation**. London: Ed. George Allen & Unwin, 1981. 278 p.
- DIAS, L. M. D. S.; COELHO, R. M.; VALLADARES, G. S.; ASSIS, A. C. C. D.; FERREIRA, E. P.; SILVA, R. C. D. Predição de classes de solo por mineração de dados em área da bacia sedimentar do São Francisco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 9, p. 1396-1404, 2016.
- DOS SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; DOS ANJOS, L. H. C.; DE OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. rev. e ampl. DF: Embrapa, 2018. 356 p.
- DUARTE, D. C. de O. **Análise multicritério e geoestatística aplicadas na avaliação em massa de imóveis urbanos**. 2019. 150 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2019.
- ESFANDIARPOUR-BOROJENI, I.; SHAMSABADI, M. S.; SHIRANI, H.; MOSLEH, Z.; BODAGHABADI, M. B.; SALEHI, M. H. Comparison of error and uncertainty of decision tree and learning vector quantization models for predicting soil classes in areas with low altitude variations. **Catena**, v. 191, p. 104581, 2020.
- ELNAGGAR, A. A. **Development of Predictive Mapping Techniques for Soil Survey and Salinity Mapping**. 2007. Thesis (PhD) - Oregon State University.
- ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE – ESRI. **ArcGIS Desktop**: Release 10.5. Redlands, 2018.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. **Fertilizer requirements in 2015 and 2030 revisited**. Rome. 2000.
- FLORINSKY, I. V. The Dokuchaev hypothesis as a basis for predictive digital soil mapping (on the 125th anniversary of its publication). **Eurasian soil science**, v. 45, n. 4, p. 445-451, 2012.
- GAMBILL, D. R.; WALL, W. A.; FULTON, A. J.; HOWARD, H. R. Predicting USCS soil classification from soil property variables using Random Forest. **Journal of Terramechanics**, v. 65, p. 85-92, 2016.
- GIASSON, E.; SARMENTO, E. C.; WEBER, E.; FLORES, C. A.; HASENACK, H. Decision trees for digital soil mapping on subtropical basaltic steplands. **Scientia Agricola**, v. 68, p. 167-174, 2011.
- GRANITTO, P. M.; FURLANELLO, C.; BIASIOLI, F.; GASPERI, F. Recursive feature elimination with random forest for PTR-MS analysis of agroindustrial products. **Chemometrics and intelligent laboratory systems**, v. 83, n. 2, p. 83-90, 2006.
- GREGORUTTI, B.; MICHEL, B.; SAINT-PIERRE, P. Correlation and variable importance in random forests. **Statistics and Computing**, v. 27, n. 3, p. 659-678, 2017.
- HAND, D. J.; KRZANOWSKI, W. J. Optimising k-means clustering results with standard software packages. **Computational Statistics & Data Analysis**, v. 49, n. 4, p. 969-973, 2005.

- HAN, J.; KAMBER, M. Classification and prediction. **Data mining: Concepts and techniques**, p. 347-350, 2006.
- HENGL, T.; HUSNJAK, S. Evaluating adequacy and usability of soil maps in Croatia. **Soil Science Society of America Journal**, v. 70, n. 3, p. 920-929, 2006.
- HEUVELINK, G. B. M.; HUISMAN, J. A. Choosing between abrupt and gradual spatial variation? In: MOWRER, H.T., CONGALTON, R.G. Eds. **Quantifying Spatial Uncertainty in Natural Resources: Theory and Applications for GIS and Remote Sensing**. Ann Arbor Press, Chelsea, MI, p. 111-117. 2000.
- HEUVELINK, G. B. M.; WEBSTER, R. Modelling soil variation: past, present, and future. **Geoderma**, v. 100, n. 3-4, p. 269-301, 2001.
- HIJMANS, R. J. **raster**: Geographic Data Analysis and Modeling. R package version 3.4-5. 2020. URL: <https://CRAN.R-project.org/package=raster>.
- HÖFIG, P.; GIASSON, E.; VENDRAME, P. R. S. Mapeamento digital de solos com base na extrapolação de mapas entre áreas fisiograficamente semelhantes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, p. 958-966, 2014.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Manual técnico de pedologia, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais**. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2015. 430 p. (IBGE. Manuais Técnicos em Geociências, n. 4).
- IPPOLITI, G.; COSTA, L.M. da; GAGGERO, M.R.; SCHAEFFER, C. E.; FERNANDEZ FILHO, E.I. Uso de geoprocessamento para o levantamento preliminar de solos de uma microbacia da zona da mata (MG). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 11. **Anais...** Belo Horizonte, 2003. p. 153-160.
- JENNY, H. **Factors of Soil Formation: A System of Quantitative Pedology**. New York: McGraw-Hill. 1941. 264 p.
- KLAMT, E.; SANTOS, F. J. A informação de solos e o desenvolvimento sustentável. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 26., 1997, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SBCS, 1997. 1 CD-ROM.
- KUHN, M. **Caret**: Classification and Regression Training. R package version 6.0-86. 2020. URL: <https://CRAN.R-project.org/package=caret>.
- LACERDA, M. P. C. **Correlação geo-pedológica em solos B texturais na região de Lavras, MG**. 1999. 257 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1999.
- LACERDA, M. P. C.; ANDRADE, H.; QUEMÉNEUR, J. J. G. Micropedologia da alteração em perfis de solos com B textural na região de Lavras, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 4, p. 829-841, 2000.
- LAGACHERIE, P. Digital soil mapping: a state of the art. **Digital soil mapping with limited data**, p. 3-14, 2008.
- LAGACHERIE, P.; VOLTZ, M. Predicting soil properties over a region using sample information from a mapped reference area and digital elevation data: a conditional probability approach. **Geoderma**, v. 97, n. 3-4, p. 187-208, 2000.
- LAGACHERIE, P.; ARROUAYS, D.; BOURENNANE, H.; GOMEZ, C.; NKUBA-KASANDA, L. Analysing the impact of soil spatial sampling on the performances of Digital Soil Mapping models and their evaluation: A numerical experiment on Quantile Random Forest using clay contents obtained from Vis-NIR-SWIR hyperspectral imagery. **Geoderma**, v. 375, p. 114503, 2020.
- LANDIS, J., KOCH, G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, v. 33, p. 159-74, 1977.
- LAURETTO, M. S. **Árvores de Classificação para Escolha de Estratégias de Operação em Mercados de Capitais**. 1996. 96 p. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Universidade de São Paulo - Instituto de Matemática e Estatística, 1996.
- LAURETTO, M. S. **Árvores de Decisão**. 27 p. Notas de Aula - Universidade de São Paulo. 2010. Disponível em: [https://edisiplinas.usp.br/pluginfile.php/4469825/mod\\_resource/content/1/ArvoresDe-cisao\\_normalsize.pdf](https://edisiplinas.usp.br/pluginfile.php/4469825/mod_resource/content/1/ArvoresDe-cisao_normalsize.pdf). Acesso em: 27 out. 2020.
- LEMOS, R. C. de; SANTOS, R. D. dos. **Manual de método de trabalho de campo (2ª aproximação)**. Rio de Janeiro: SBCS, 1976. 36 p.

- LEPSCH, I. F. **19 Lições de Pedologia**. São Paulo: Oficina de textos, 2011. 456 p.
- LIAW, A.; WIENER, M. Classification and regression by randomForest. **R news**, v. 2, n. 3, p. 18-22, 2002.
- LILLESAND, T.; KIEFER, R. W. **Remote sensing and image interpretation**. Chichester: John Wiley & Sons, 2015. 750 p.
- LIMA, L. A. de S.; NEUMANN, M. R. B.; BRAGA, A. R. dos S.; ROIG, H. L. **Mapeamento de Solos: do tradicional ao digital**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2013. 52 p. (Embrapa Cerrado. Documentos, 316)
- LÓPEZ, L. R. **Pedologia quantitativa: espectrometria VIS-NIR-SWIR e mapeamento digital de solos**. 2009. 171 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.
- LUOTO, M.; HJORT, J. Evaluation of current statistical approaches for predictive geomorphological mapping. **Geomorphology**, v. 67, n. 3-4, p. 299-315, 2005.
- MANCINI, M.; WEINDORF, D. C.; SILVA, S. H. G.; CHAKRABORTY, S.; dos SANTOS TEIXEIRA, A. F.; GUILHERME, L. R. G.; CURI, N. Parent material distribution mapping from tropical soils data via machine learning and portable X-ray fluorescence (pXRF) spectrometry in Brazil. **Geoderma**, v. 354, p. 113885, 2019.
- MALEKI, S.; KHORMALI, F.; MOHAMMADI, J., BOGAERT, P.; BODAGHABADI, M. B. Effect of the accuracy of topographic data on improving digital soil mapping predictions with limited soil data: An application to the Iranian loess plateau. **Catena**, v. 195, p. 104810, 2020.
- McBRATNEY, A. B.; ODEH, I. O.; BISHOP, T. F.; DUNBAR, M. S.; SHATAR, T. M. An overview of pedometric techniques for use in soil survey. **Geoderma**, v. 97, n. 3-4, p. 293-327, 2000.
- McBRATNEY, A. B.; SANTOS, M. L. M.; MINASNY, B. On digital soil mapping. **Geoderma**, v. 117, n. 1-2, p. 3-52, 2003.
- McKENZIE, N.J.; RYAN, P.J. Spatial prediction of soil properties using environmental correlation. **Geoderma**, Amsterdam, v. 89, p. 67 - 94, 1999.
- MENDONÇA-SANTOS, M. L.; SANTOS, H. G. **Mapeamento digital de classes e atributos de solos: métodos, paradigmas e novas técnicas**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2003. 19 p. (Embrapa Solos. Documentos, 55)
- MILLER, B. A. The need to continue improving soil survey maps. **Soil Horizons**, v. 53, n. 3, p. 11-15, 2012.
- MINASNY, B.; McBRATNEY, A. B.; LARK, R. Murray. Digital soil mapping technologies for countries with sparse data infrastructures. **Digital soil mapping with limited data**, p. 15-30, 2008.
- MOORE, I. D., GRAYSON, R. B., LADSON, A. R. Digital terrain modeling – a review of hydrological, geomorphological, and biological applications. **Hydrology Process**. v. 5, n.1, p. 3 - 30, 1991.
- MOORE, I. D.; GESSLER, P. E.; NIELSEN, G. A.; PETERSON G. A. Soil attribute prediction using terrain analysis. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v. 57, p. 443 - 452, 1993.
- NOWATZKO, A.; SANTOS, L. J. C. Mapeamento preliminar de solos por pedometria com base em atributos topográficos da bacia hidrográfica do rio Pequeno-PR. **Raega - O Espaço Geográfico em Análise**, v. 32, p. 185-211, 2014.
- ODEH, I. O. A.; CHITTLEBOROUGH, D. J.; McBRATNEY, A. B. Elucidation of soil-landform interrelationships by canonical ordination analysis. **Geoderma**, v. 49, n. 1-2, p. 1-32, 1991.
- ODGERS, N.P; SUN, W; McBRATNEY, A.B; MINASNY, B; CLIFFORD, D. Disaggregating and harmonizing soil map units through resampled classification trees. **Geoderma**, v. 214, p. 91-100, 2014.
- ODGERS, N. P; LIBOHOVA, Z; THOMPSON, J. A. Equal – area spline functions applied to a legacy soil database to create weighed-means maps of soil organic carbon at a continental scale. **Geoderma**, v. 189, p. 153-163, 2012.
- OLIVEIRA, M. F. **Mapeamento digital de solos da quadrícula de Ribeirão Preto-SP pelo método Random Forest**. 2015. 112 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2015.

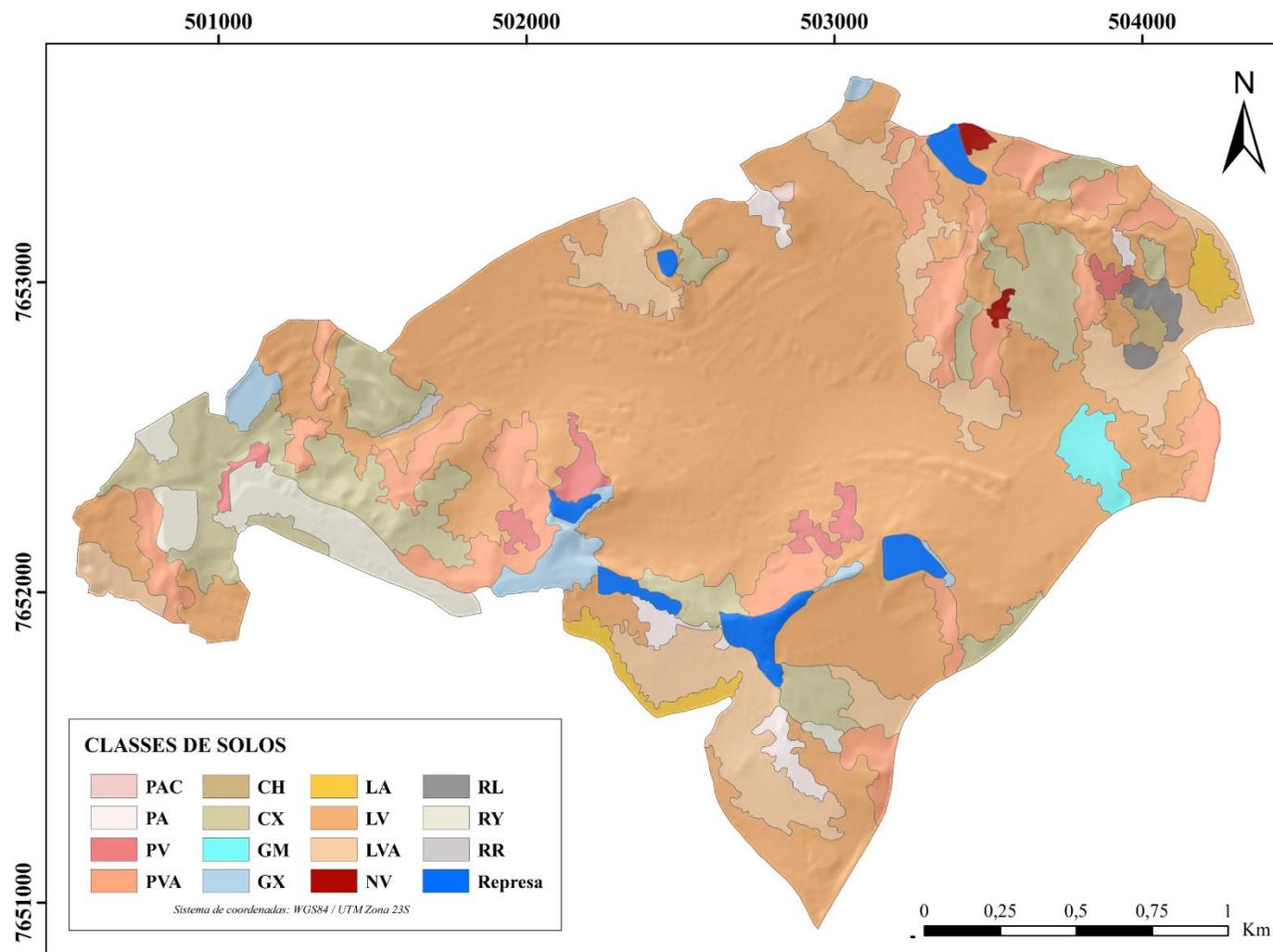
- PHILLIPS, J. D. Evaluating taxonomic adjacency as a source of soil map uncertainty. **European journal of soil science**, v. 64, n. 4, p. 391-400, 2013.
- PINHEIRO, K. S.A; CHAGAS, C.S, JÚNIOR; C.W e ANJOS, C.H.L. Modelos de elevação para obtenção de atributos topográficos utilizados em mapeamento digital de solos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 9, p. 1384-1394, 2012.
- PAL, M.; MATHER, P. M. An assessment of the effectiveness of decision tree methods for land cover classification. **Remote sensing of environment**, v. 86, n. 4, p. 554-565, 2003.
- R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2020. URL: <https://www.R-project.org/>.
- REZENDE, M.; CURTI, N.; REZENDE, S. B. de; CORRÊA, G. F. **Pedologia: base para distinção de ambientes**. 6 ed. rev., amp. - Lavras: Editora UFLA, 2014. 378 p.
- RIBEIRO, C. A. A. **Modelos digitais de elevação hidrologicamente consistentes para a bacia Amazônica**. 2002. 115 p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) Viçosa) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002.
- ROMANO, N.; CHIRICO, G. B. The role of terrain analysis in using and developing pedotransfer functions. **Developments in soil science**, v. 30, p. 273-294, 2004.
- ROSSITER, D.G. ROSSITER, D. G. **Methodology for soil resource inventories**. Amsterdam, International Institute for Aerospace Survey & Earth Sciences (ITC), 2000. 132 p.
- RRUTCHEY, K.; VILCHEK, L. Development of an Everglades vegetation map using a SPOT image and the Global Positioning System. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 60, n. 6, p. 767-775, 1994.
- SANTOS, H. D.; HOCHMÜLLER, D. P.; CAVALCANTI, A. C.; RÊGO, R. S.; KER, J. C.; PANOSO, L. A.; AMARAL, J. D. **Procedimentos normativos de levantamentos pedológicos**. Brasília: Embrapa-SPI, 1995. 101 p.
- SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C.; SHIMIZU, S. H. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2013. 100 p.
- SARMENTO, E. C. **Comparação entre quatro algoritmos de aprendizagem de máquina no mapeamento digital de solos no Vale dos Vinhedos**. 2010. 125 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Porto Alegre. 2010.
- SARMENTO, E. C. et al. Caracterização de mapas legados de solos: uso de indicadores em mapas com diferentes escalas no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 38, p. 1672-1680, 2014.
- SATO, L. Y.; SHIMABUKURO, Y. E.; KUPLICH, T. M.; GOMES, V. C. F. Análise comparativa de algoritmos de árvore de decisão do sistema WEKA para classificação do uso e cobertura da terra. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 16. **Anais...** Foz do Iguaçu, 2013. p. 2353-2360.
- SCHAETZL, R.J.; ANDERSON, S. Genesis and Geomorphology. **Environmental Conservation**, v. 32, n. 3, p. 284, 2005.
- SCULL, P.; FRANKLIN, J.; CHADWICK, O. A.; MCARTHUR, D. Predictive soil mapping: a review. **Progress in Physical Geography**, v. 27, n. 2, p. 171-197, 2003.
- SHARY, P.; SHARAYA, L.; MITUSOV, A. Fundamental quantitative methods of land surface analysis. **Geoderma**, v. 107, p. 1-32, 2002.
- SILVA, E. da. **Mapeamento de solos e uso de algoritmos de aprendizagem em Lavras (MG)**. 2018. 194 p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2017.
- SILVA, S. H. G; MENEZES, M. D; OWENS, P. R.; CURTI, N. Retrieving pedologist's mental model from existing soil map and comparing datamining tools for refining a larger area map under similar environmental conditions in Southeastern Brazil. **Geoderma**, 267, p. 65-77, 2016.
- SILVA, S. H. G.; POGGERE, G. C.; MENEZES, M. D. D.; CARVALHO, G. S.; GUILHERME, L. R. G.; CURTI, N. Proximal sensing and digital terrain models applied to digital soil mapping and modeling of Brazilian Latosols (Oxisols). **Remote Sensing**, v. 8, n. 8, p. 614, 2016.

- SOUZA, E de; FRANCELINO, M. R; FILHO, E. I. F. Pedometria e uso de novas tecnologias. **Boletim Informativo SBCS**. Viçosa: SBCS, v. 43, n. 3, p. 25-28, 2017.
- TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 573 p.
- TESKI, R; GIASSON, E; BAGATINI, T. Comparação de esquemas de amostragem para treinamento de modelos preditores no mapeamento digital de classes de solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa. v. 39, n. 1, p. 14-20, 2015.
- TESKI, R; GIASSON, E; BAGATINI, T. Produção de um mapa pedológico associando técnicas comuns aos mapeamentos digitais de solos com delineamento manual de unidades de mapeamento. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa. v. 39, n. 4, p. 950-959, 2015.
- TEN CATEN, A. **Aplicação de componentes principais e regressões logísticas múltiplas em sistema de informações geográficas para a predição e o mapeamento digital de solos**. 2008. 128 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.
- TEN CATEN, A.; DALMOLIN, R. S. D.; PEDRON, F. D. A.; & SANTOS, M. D. L. M. Componentes principais como preditores no mapeamento digital de classes de solos. **Ciência Rural**, v. 41, n. 7, p. 1170-1176, 2011.
- TEN CATEN, A.; DALMOLIN, R. S. D.; MENDONÇA-SANTOS, M. D. L.; GIASSON, E. Mapeamento digital de classes de solos: características da abordagem brasileira. **Ciência Rural**, v. 42, n. 11, p. 1989-1997, 2012.
- TEN CATEN, A.; DALMOLIN, R. S. D.; PEDRON, F. de A.; RUIZ, L. F. C.; SILVA, C. A. da. An appropriate data set size for digital soil mapping in Erechim, Rio Grande do Sul, Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, p. 359-366, 2013
- THERNEAU, T.; ATKINSON, B. **rpart**: Recursive Partitioning and Regression Trees. R package version 4.1-15. 2019. URL: <https://CRAN.R-project.org/package=rpart>.
- VALERIANO, M. M. Curvatura vertical de modelos digitais de elevação. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 11. **Anais...** Belo Horizonte, 2003. p. 409-411.
- WEBSTER, R. Quantitative spatial analysis of soil in the field. In: **Advances in soil science**. Springer, New York, v. 3, p. 1-70, 1985.



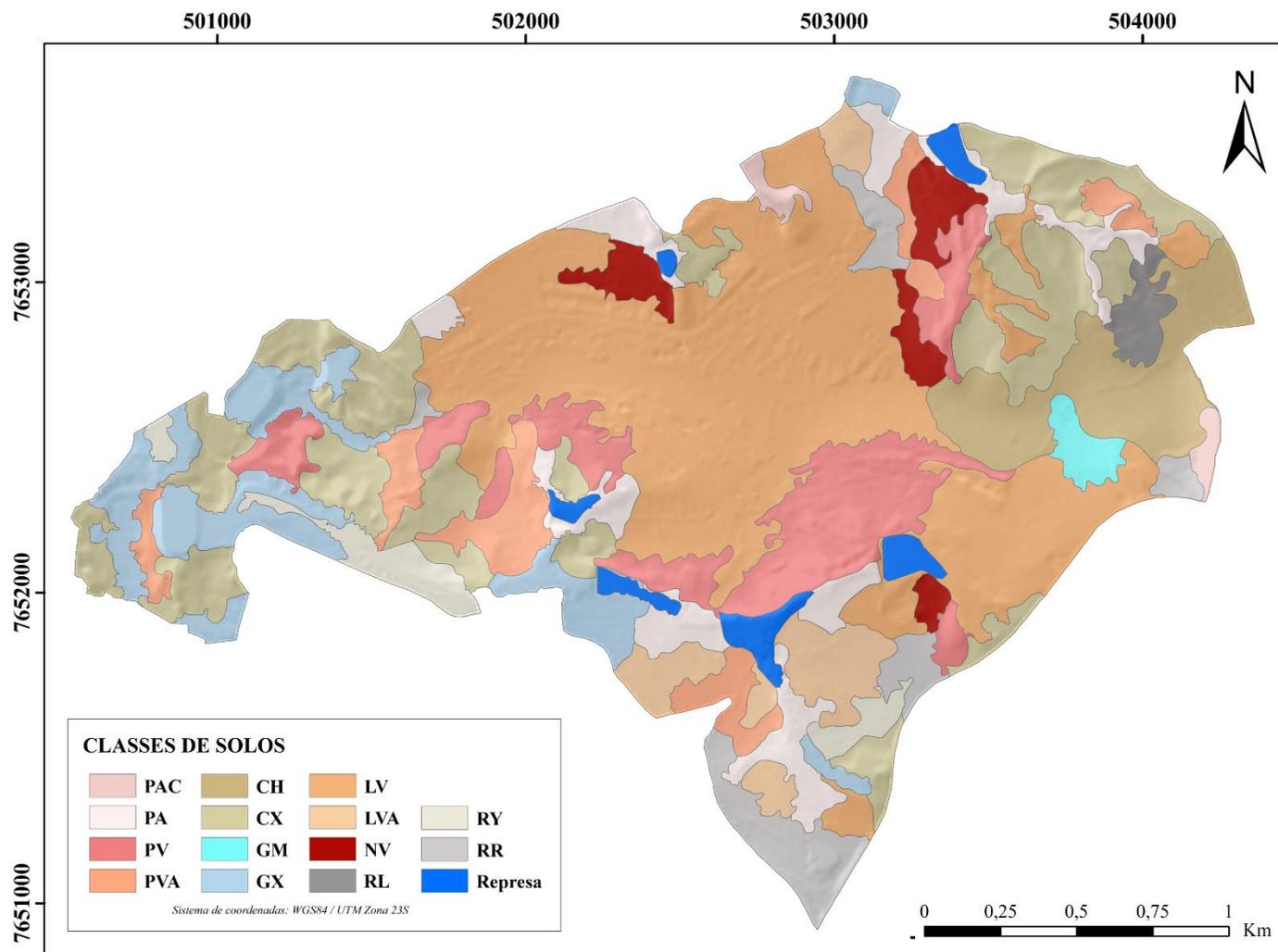
**Figura 14** – Mapas pedológico digital do Campus da UFLA gerados a partir do modelo preditivo RF-RFE+L.

Legenda: RF+L: Random Forest, variáveis topográficas, hidrológicas e litologia; CH: Cambissolo Húmico; CX: Cambissolo Háptico; GX: Gleissolo Háptico; GM: Gleissolo Melânico; LA: Latossolo Amarelo; LV: Latossolo Vermelho; LVA: Latossolo Vermelho-Amarelo; NV: Nitossolo Vermelho; PA: Argissolo Amarelo; PV: Argissolo Vermelho; PVA: Argissolo Vermelho-Amarelo; RL: Neossolo Litólico; RY: Neossolo Flúvico; e RR: Neossolo Regolítico.



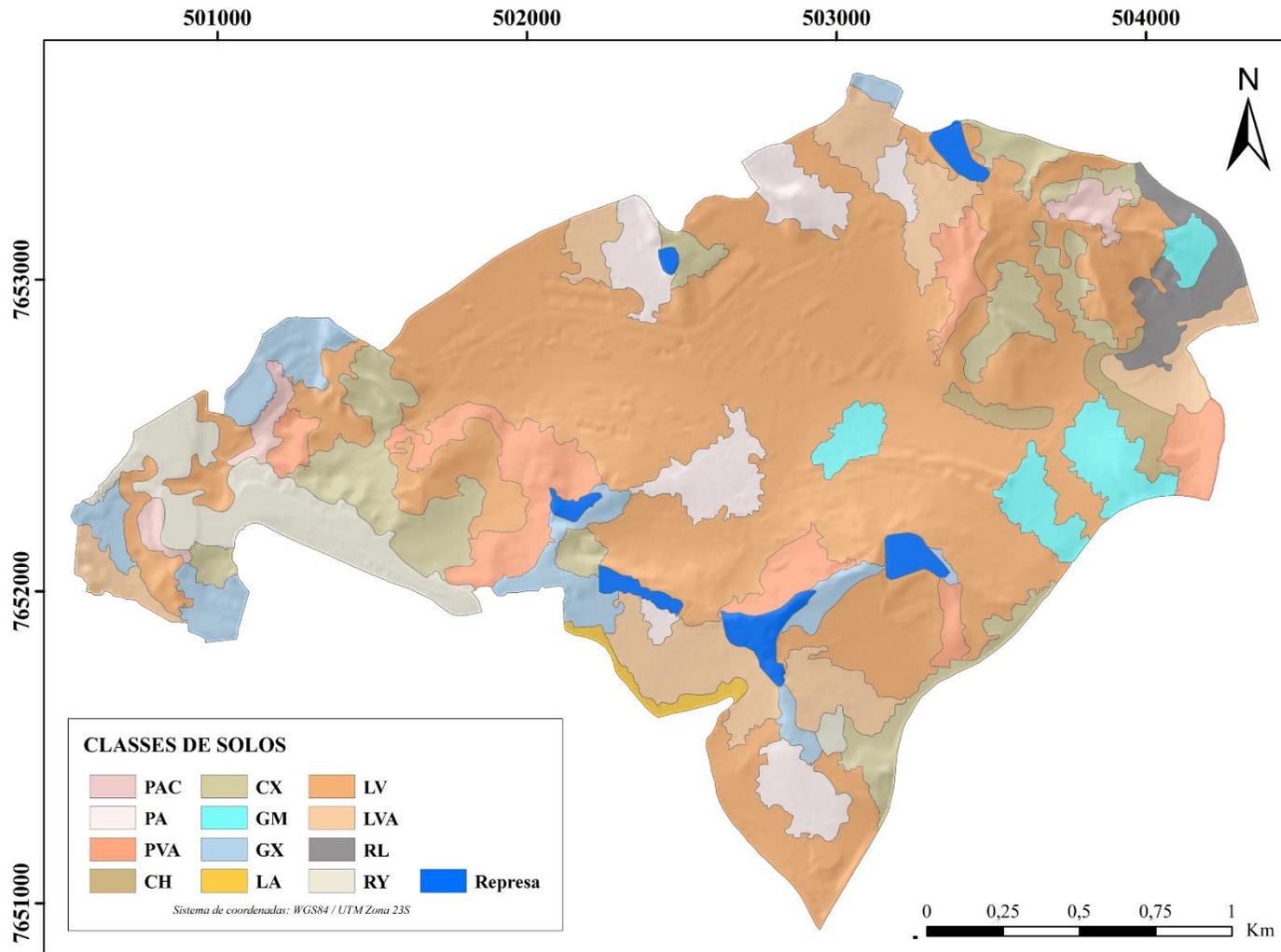
**Figura 15** – Mapas pedológico digital do Campus da UFLA gerados a partir do modelo preditivo RF-RFE.

Legenda: RF-L: Random Forest, variáveis topográficas e hidrológicas; CH: Cambissolo Húmico; CX: Cambissolo Háptico; GX: Gleissolo Háptico; GM: Gleissolo Melânico; LA: Latossolo Amarelo; LV: Latossolo Vermelho; LVA: Latossolo Vermelho-Amarelo; NV: Nitossolo Vermelho; PA: Argissolo Amarelo; PV: Argissolo Vermelho; PVA: Argissolo Vermelho-Amarelo; RL: Neossolo Litólico; RY: Neossolo Flúvico; e RR: Neossolo Regolítico



**Figura 16** – Mapas pedológico digital do Campus da UFLA gerados a partir do modelo preditivo AD+L.

Legenda: AD+L: árvore de decisão, variáveis topográficas, hidrológicas e litologia; CH: Cambissolo Húmico; CX: Cambissolo Háplico; GX: Gleissolo Háplico; GM: Gleissolo Melânico; LA: Latossolo Amarelo; LV: Latossolo Vermelho; LVA: Latossolo Vermelho-Amarelo; NV: Nitossolo Vermelho; PA: Argissolo Amarelo; PV: Argissolo Vermelho; PVA: Argissolo Vermelho-Amarelo; RL: Neossolo Litólico; RY: Neossolo Flúvico; e RR: Neossolo Regolítico



**Figura 17** – Mapas pedológico digital do Campus da UFLA gerados a partir do modelo preditivo AD.

Legenda: AD-L: árvore de decisão, variáveis topográficas e hidrológicas; CH: Cambissolo Húmico; CX: Cambissolo Háptico; GX: Gleissolo Háptico; GM: Gleissolo Melânico; LA: Latossolo Amarelo; LV: Latossolo Vermelho; LVA: Latossolo Vermelho-Amarelo; NV: Nitossolo Vermelho; PA: Argissolo Amarelo; PV: Argissolo Vermelho; PVA: Argissolo Vermelho-Amarelo; RL: Neossolo Litólico; RY: Neossolo Flúvico; e RR: Neossolo Regolítico

## ANEXO B

# Descrição dos perfis

### Perfil N°: 1

Data – 10/10/2016

Classificação – ARGISSOLO ACINZENTADO Distrófico típico A moderado textura argilosa fase floresta tropical subperenifólia relevo ondulado.

Coordenada UTM (WGS84 23K) – 502.812 m x 7.653.282 m.

Localização – Localizado a margem da estrada de terra, acesso pela Avenida Norte, segue por estrada secundária, no campus da UFLA (Lavras - MG).

Situação e Declive – Corte em terço inferior da encosta.

Pedregosidade – Não pedregosa.

Rochosidade – Não rochosa.

Relevo Local – Forte Ondulado

Relevo Regional – Suave ondulado e escarpado.

Erosão – Não aparente.

Drenagem – Imperfeitamente drenado.

Vegetação Primária – Floresta tropical subperenifólia.

Uso Atual – Preservação natural.

Clima – Cwa, segundo a classificação de Köppen.

Descrito e Coletado Por: J.M. Oliveira, J.J. Marques.

### Descrição Morfológica

A – 0 - 0,11 m; bruno (10YR 4/3, úmida); média; moderada média blocos angulares; ligeiramente dura, friável, plástica e pegajosa; transição plana e gradual.

AB – 0,11 - 0,26 m; bruno-acinzentado (10YR 5/2); argilosa; forte média blocos angulares; dura, friável, plástica e pegajosa; transição plana e gradual.

BA – 0,26 - 0,46 m; cinzento (10YR 5/1); argilosa; forte média blocos subangulares; cerosidade pouca e fraca; dura, firme, plástica e pegajosa; transição plana e gradual.

Bt1 – 0,46 - 0,68 m; cinzento-brunado-claro (10YR 6/2, úmida amassada) e bruno-acinzentado (10YR 5/2, seca); argilosa; forte grande blocos angulares; cerosidade moderada e comum; muito dura, firme, muito plástica e pegajosa; transição plana e gradual.

Bt2 – 0,68 - 1,02 m; bruno-acinzentado (10YR 5/2, úmida amassada) e cinzento-escuro (10YR 4/1, seca); argilosa; forte grande blocos angulares; cerosidade moderada e comum; muito dura, firme, muito plástica e pegajosa.

2Cg – 1,02 - 1,10 m; cinzento (10YR 5/1); argilosa; maciça; muito dura, friável, plástica e pegajosa; transição ondulada e clara.

3Cg – 1,10 - 1,30 m; cinzento muito escuro (10YR 3/1); muito argilosa; maciça; muito dura, firme, muito plástica e pegajosa; transição ondulada e clara.

4Cg – 1,30 - 1,42 m +; cinzento (10YR 6/1, úmida amassada); argilosa; maciça; dura, friável, plástica e pegajosa.

Raízes – Finas e comuns no A; Finas e poucas no AB, BA, Bt1 e Bt2; Finas e raras no 2Cg e 3Cg; Ausentes no 4Cg.

Observações – Mosqueados 5YR comuns a partir de AB; Concreções 5YR a partir de Bt2; Cores muito variadas nos horizontes 2Cg, 3Cg e 4Cg (2,5Y). Dia nublado.

Tabela 1 – Análise granulométrica.

	Horizonte	Frações da amostra total			Composição granulométrica TFSA				
		Prof.	Calhaus	Cascalho	TFSA	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila
	m		dag kg <sup>-1</sup>						
A	0 - 0,11	-	-	100	42	20	10	28	
AB	0,11 - 0,26	-	-	100	31	22	11	36	
BA	0,26 - 0,46	-	-	100	28	21	13	38	
Bt1	0,46 - 0,68	-	-	100	20	17	17	46	
Bt2	0,68 - 1,02	-	-	100	14	18	13	55	
2Cg	1,02 - 1,10	-	-	100	13	16	11	60	
3Cg	1,10 - 1,30	-	-	100	15	11	10	64	
4Cg	1,30 - 1,42 <sup>+</sup>	-	-	100	19	11	11	59	

Tabela 2 – pH, Complexo Sortivo, Soma de Bases (SB), CTC Efetiva (t), CTC a pH 7 (T) e Acidez Extraível.

Hor.	pH		Cátions trocáveis					SB	t	T	Acidez extraível	
	Água	KCl	Ca	Mg	Na	K	P				Al	H+Al
			– cmol dm <sup>-3</sup> –		mg dm <sup>-3</sup>			— cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> —			cmol dm <sup>-3</sup>	
A	5,3	-	2,05	0,70	-	58,88	1,32	2,90	3,20	7,22	0,30	4,32
AB	5,3	-	1,41	0,24	-	14,48	0,02	1,69	2,49	6,16	0,80	4,47
BA	4,1	-	1,96	0,27	-	14,48	0,29	2,27	2,67	5,47	0,40	3,20
Bt1	5,9	-	2,62	0,62	-	14,48	0,18	3,28	3,38	6,45	0,10	3,17
Bt2	6,2	-	3,24	1,08	-	8,14	0,13	4,34	4,44	7,40	0,10	3,06
2Cg	6,1	-	1,94	0,93	-	8,14	0,24	2,89	2,99	5,31	0,10	2,42
3Cg	5,8	-	2,63	1,30	-	8,14	0,18	3,95	4,35	11,40	0,40	7,45
4Cg	5,6	-	1,23	0,73	-	10,25	0,32	1,99	2,39	4,28	0,40	2,29

Tabela 3 – Saturação por Bases (V), Saturação por Al (m), Matéria Orgânica e Fósforo Remanescente (P-Rem).

Horizonte	V	m	M.O.	P-Rem
	%		dag kg <sup>-1</sup>	mg L <sup>-1</sup>
A	40,18	9,38	2,92	30,24
AB	27,39	32,13	0,67	29,52
BA	41,45	14,98	0,53	29,61
Bt1	50,81	2,96	0,47	24,71
Bt2	58,66	2,25	0,82	19,50
2Cg	54,44	3,34	0,34	22,10
3Cg	34,66	9,20	0,89	23,96
4Cg	46,41	16,74	0,08	29,61

Tabela 4 – Ataque Sulfúrico, Índices Ki e Kr e Relação Alumínio/Ferro.

Hor.	Ataque sulfúrico					Ki	Kr	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>			
%								
A	10,40	10,30	3,53	1,755	0,015	1,72	1,41	4,58
AB	15,01	14,96	3,84	2,226	0,012	1,71	1,46	6,11
BA	16,39	16,77	4,25	2,488	0,009	1,66	1,43	6,20
Bt1	19,09	20,11	3,54	2,464	0,009	1,61	1,45	8,92
Bt2	22,30	26,96	4,07	2,037	0,015	1,41	1,28	10,41
2Cg	23,74	28,32	2,65	1,475	0,012	1,43	1,34	16,78
3Cg	28,01	27,45	2,95	1,248	0,009	1,73	1,62	14,63
4Cg	26,7	25,23	2,22	1,241	0,009	1,82	1,72	17,83

**Perfil N°: 2**

Data – 28/09/2016

Classificação – CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico A moderado textura argilosa cascalhenta fase floresta tropical subperenifólia relevo plano.

Coordenada UTM (WGS84 23K) – 503.979 m x 7.652.824 m.

Localização – Acesso pela Avenida Central, segue pela Estrada Pasto Fechado, virar à direita em estrada secundária, no campus da UFLA (Lavras - MG).

Situação e Declive – Perfil em vala na beira de estrada de terra.

Pedregosidade – Não pedregosa.

Rochosidade – Não rochosa.

Relevo Local – Plano.

Relevo Regional – Suave ondulado e escarpado.

Erosão – Não aparente.

Vegetação Primária – Floresta tropical subperenifólia.

Uso Atual – Reserva ambiental.

Clima – Cwa, segundo a classificação de Köppen.

Descrito e Coletado Por: J.M. Oliveira, J.J. Marques, D.F.T. Machado, M.M. Engelhardt, P. Pereira, R.H.C.L. Reis, W.M. Faria.

**Descrição Morfológica**

A – 0 - 0,09 m; média cascalhenta; moderada média blocos subangulares; ligeiramente dura, friável, plástica e pegajosa.

A/B – 0,09 - 0,27 m; média cascalhenta; forte grande blocos angulares; extremamente dura, firme.

Bi – 0,27 - 0,53 m; argilosa cascalhenta; forte média blocos angulares; dura, plástica e pegajosa; transição ondulada e clara.

C/R – 0,53 - 0,80 m; bruno-avermelhado (2,5YR 4/4); argilosa cascalhenta; fraca pequena blocos angulares; ligeiramente dura, muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e clara.

2Cr – 0,80 - 1,05 m; vermelho (2,5YR 4/6); argilosa; moderada grande blocos angulares; dura, friável, plástica e pegajosa.

3Cr – 1,05 - 1,25 m; originário de material máfico. Gabro em estágio avançado de decomposição.

4Cr – 1,25 - 2,20 m; vermelho (2,5YR 4/6); média; fraca média blocos angulares; macia, muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa.

Raízes – Finas e comuns no A; Finas e raras no A/B, Bi, C/R, 2Cr e 4Cr.

Observações – Horizonte 4CR composto por granito ou gnaisse em estágio avançado de decomposição.

Tabela 1 – Análise granulométrica.

Horizonte		Frações da amostra total			Composição granulométrica TFSA			
Prof.		Calhaus	Cascalho	TFSA	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila
m		dag kg <sup>-1</sup>						
A	0 - 0,09	-	-	100	33	15	19	33
A/B	0,09 - 0,27	-	-	100	31	14	20	35
Bi	0,27 - 0,53	-	-	100	31	12	20	37
C/R	0,53 - 0,80	-	-	100	31	12	17	40
2Cr	0,80 - 1,05	-	-	100	23	10	16	51
4Cr	1,25 - 2,20	-	-	100	37	9	25	29

Tabela 2 – pH, Complexo Sortivo, Soma de Bases (SB), CTC Efetiva (t), CTC a pH 7 (T) e Acidez Extraível.

Hor.	pH		Cátions trocáveis					SB	t	T	Acidez extraível	
	Água	KCl	Ca	Mg	Na	K	P				Al	H+Al
		– cmol dm <sup>-3</sup> –			mg dm <sup>-3</sup>		— cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> —			cmol dm <sup>-3</sup>		
A	6,2	-	3,62	1,34	-	82,14	2,36	5,17	5,17	7,76	0	2,59
A/B	6,6	-	3,88	1,36	-	44,08	1,15	5,35	5,35	7,47	0	2,12
Bi	6,4	-	3,48	1,74	-	35,63	0,80	5,31	5,31	7,41	0	2,1
C/R	5,4	-	0,86	0,4	-	14,48	0,16	1,3	1,5	13,31	0,20	12,01
2Cr	5,7	-	1,11	0,17	-	14,48	0,77	1,32	1,52	3,91	0,20	2,59
4Cr	5,4	-	1,21	0,15	-	31,40	0,69	1,44	1,54	2,77	0,10	1,33

Tabela 3 – Saturação por Bases (V), Saturação por Al (m), Matéria Orgânica e Fósforo Remanescente (P-Rem).

Horizonte	V	m	M.O.	P-Rem
	%		dag kg <sup>-1</sup>	mg L <sup>-1</sup>
A	66,63	0	3,68	29,25
A/B	71,66	0	2,98	23,21
Bi	71,68	0	2,95	22,75
C/R	9,75	13,33	1,62	18,73
2Cr	33,69	13,16	0,89	16,65
4Cr	52,00	6,49	0,10	22,10

Tabela 4 – Ataque Sulfúrico, Índices Ki e Kr e Relação Alumínio/Ferro.

Hor.	Ataque sulfúrico					Ki	Kr	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>			
%								
A	12,36	15,21	9,40	1,725	0,069	1,38	0,99	2,54
A/B	13,63	17,79	12,24	1,725	0,088	1,30	0,90	2,28
Bi	15,13	19,14	10,35	2,426	0,066	1,34	1,00	2,90
C/R	14,82	19,03	9,28	1,673	0,065	1,32	1,01	3,22
2Cr	18,13	22,40	10,90	1,816	0,041	1,38	1,05	3,23
4Cr	17,44	21,29	4,53	0,658	0,041	1,39	1,23	7,38

**Perfil N°: 3**

Data – 07/10/2016

Classificação – GLEISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico A forte textura argilosa fase floresta tropical subperenifólia relevo ondulado.

Coordenada UTM (WGS84 23K) – 501.987 m x 7.652.043 m.

Localização – Localizado às margens da represa com acesso pela Estrada das Lagoas, no campus da UFLA (Lavras - MG).

Situação e Declive – Trincheira em várzea na transição de cima para baixo com vegetação secundária.

Litologia – Sedimentos aluviais.

Cronologia Material Originário – Quaternário.

Pedregosidade – Ligeiramente pedregosa.

Rochosidade – Não rochosa.

Relevo Local – Suave ondulado.

Relevo Regional – Suave ondulado e escarpado.

Erosão – Não aparente.

Drenagem – Imperfeitamente drenado.

Vegetação Primária – Floresta tropical subperenifólia.

Uso Atual – Preservação permanente.

Clima – Cwa, segundo a classificação de Köppen.

Descrito e Coletado Por: J.M. Oliveira, J.J. Marques, E.A. Silva, D.F.T. Machado, P. Pereira.

**Descrição Morfológica**

A1 – 0 - 0,15 m; vermelho-escuro-acinzentado (10R 3/3); média; forte média granular; macia, friável, plástica e pegajosa; transição plana e gradual;

A2 – 0,15 - 0,45 m; bruno-avermelhado-escuro (2,5YR 3/4); argilosa; forte blocos subangulares; ligeiramente dura, friável, plástica e pegajosa; transição plana e abrupta.

2Cg – 0,45 - 1,50 m +; cinzento-avermelhado-escuro (10R 4/1); argilosa; forte blocos subangulares; dura, firme, muito plástica e pegajosa.

Raízes – Médias e comuns no A1 e A2; Finas e poucas no 2Cg.

Observações – Horizontes A1 e A2 apresentam grande quantidade de material de construção; Horizonte superior aparenta ser removido.

Tabela 1 – Análise granulométrica.

Horizonte	Prof.	Frações da amostra total			Composição granulométrica TFSA			
		Calhaus	Cascalho	TFSA	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila
	m	dag kg <sup>-1</sup>						
A1	0 - 0,15	-	-	100	28	12	27	33
A2	0,15 - 0,45	-	-	100	31	13	16	40
2Cg	0,45 - 1.50 <sup>+</sup>	-	-	100	22	11	23	44

Tabela 2 – pH, Complexo Sortivo, Soma de Bases (SB), CTC Efetiva (t), CTC a pH 7 (T) e Acidez Extraível.

Hor.	pH		Cátions trocáveis					SB	t	T	Acidez extraível	
	Água	KCl	Ca	Mg	Na	K	P				Al	H+Al
			— cmol dm <sup>-3</sup> —			mg dm <sup>-3</sup>		— cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> —			cmol dm <sup>-3</sup>	
A1	7,8	-	13,08	1,44	-	160,38	21,05	14,93	14,93	15,94	0,00	1,01
A2	8,0	-	10,33	0,58	-	107,52	13,03	11,19	11,19	12,12	0,00	0,93
2Cg	5,0	-	2,97	0,67	-	50,43	4,29	3,77	4,87	12,19	1,10	8,42

Tabela 3 – Saturação por Bases (V), Saturação por Al (m), Matéria Orgânica e Fósforo Remanescente (P-Rem).

Horizonte	V	m	M.O.	P-Rem
	%		dag kg <sup>-1</sup>	mg L <sup>-1</sup>
A1	93,67	0	6,87	29,76
A2	92,29	0	4,58	25,99
2Cg	30,92	22,59	2,03	19,8

Tabela 4 – Ataque Sulfúrico, Índices Ki e Kr e Relação Alumínio/Ferro.

Hor.	Ataque sulfúrico					Ki	Kr	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>			
	%							
A1	15,19	17,87	10,10	1,267	0,107	1,45	1,06	2,78
A2	14,47	20,84	10,93	1,291	0,089	1,18	0,88	2,99
2Cg	21,29	21,06	3,57	1,517	0,041	1,72	1,55	9,27

**Perfil N°: 4**

Data – 07/10/2016

Classificação – GLEISSOLO MELÂNICO Tb Distrófico típico A moderado textura argilosa fase floresta tropical subperenifólia relevo ondulado.

Coordenada UTM (WGS84 23K) – 503.949 m x 7.652.410 m.

Localização – Localizado em uma clareira dentro de área de APP cercada. Acesso pela Avenida Central, segue pela Estrada Pasto Fechado, no campus da UFLA (Lavras - MG).

Situação e Declive – Trincheira aberta em área de APP.

Litologia – Sedimentos coluviais.

Cronologia Material Originário – Quaternário.

Pedregosidade – Não pedregosa.

Rochosidade – Não rochosa.

Relevo Local – Suave ondulado.

Relevo Regional – Suave ondulado e escarpado.

Erosão – Não aparente.

Drenagem – Imperfeitamente drenado.

Vegetação Primária – Floresta tropical subperenifólia.

Uso Atual – Preservação natural.

Clima – Cwa, segundo a classificação de Köppen.

Descrito e Coletado Por: B.O. Nardis, B.D.O. Lopez, E.C. da Silva Junior, E.F. Vilela, S.D. Rosa, J.M. Oliveira, J.J. Marques, E.A. Silva, D.F.T. Machado, P. Pereira.

**Descrição Morfológica**

A – 0 - 0,14 m; preto (10YR 2/1, úmida); argilosa; moderada a fraca média granular; macia com grânulos ligeiramente duros, friável, ligeiramente plástica e não pegajosa; transição plana e abrupta.

2A – 0,14 - 0,22 m; bruno-escuro (7,5YR 3/2, úmida amassada); argilosa; moderada média blocos angulares; ligeiramente dura, friável, não pegajosa e ligeiramente plástica; transição plana e abrupta.

2Ab – 0,22 - 1,63 m; bruno-avermelhado (7,5R 2,5/1, úmida); média; moderada média blocos angulares; dura, firme, plástica e pegajosa; transição plana e abrupta.

2Cg – 1,63 - 1,73 m +; bruno (7,5YR 4/2, úmida); argilosa; fraco grande blocos angulares; firme, plástica e pegajosa.

Raízes – Finas e comuns no A, 2<sup>a</sup> e 2Ab; Finas e raras no 2CG.

Observações – Horizonte 2A é uma camada coluvial dóctine; Horizonte 2Ab possui grande quantidade de crotovinas preenchidas do material adjacente (2A).

Tabela 1 – Análise granulométrica.

Horizonte		Frações da amostra total			Composição granulométrica TFSA			
Prof.		Calhaus	Cascalho	TFSA	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila
m		dag kg <sup>-1</sup>						
A	0 - 0,14	-	-	100	32	8	24	36
2A	0,14 - 0,22	-	-	100	25	7	18	50
2Ab	0,22 - 1,63	-	-	100	22	6	49	23
2Cg	1,63 - 1.73 <sup>+</sup>	-	-	100	31	9	5	55

Tabela 2 – pH, Complexo Sortivo, Soma de Bases (SB), CTC Efetiva (t), CTC a pH 7 (T) e Acidez Extraível.

Hor.	pH		Cátions trocáveis					SB	t	T	Acidez extraível	
	Água	KCl	Ca	Mg	Na	K	P				Al	H+Al
			– cmol dm <sup>-3</sup> –			mg dm <sup>-3</sup>		— cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> —			cmol dm <sup>-3</sup>	
A	4,6	-	0,50	0,10	-	35,63	3,62	0,69	3,19	20,05	2,50	19,36
2A	4,4	-	0,11	0,10	-	22,94	1,76	0,27	1,97	25,55	1,70	25,28
2Ab	6,8	-	0,20	0,10	-	8,14	3,78	0,32	2,42	19,47	2,10	19,15
2Cg	5,3	-	0,10	0,10	-	3,91	1,64	0,21	0,91	6,66	0,70	6,45

Tabela 3 – Saturação por Bases (V), Saturação por Al (m), Matéria Orgânica e Fósforo Remanescente (P-Rem).

Horizonte	V	m	M.O.	P-Rem
	%		dag kg <sup>-1</sup>	mg L <sup>-1</sup>
A	3,45	78,37	10,89	4,04
2A	1,05	86,29	7,38	4,73
2Ab	1,65	86,78	20,27	2,02
2Cg	3,15	76,92	1,17	6,51

Tabela 4 – Ataque Sulfúrico, Índices Ki e Kr e Relação Alumínio/Ferro.

Hor.	Ataque sulfúrico					Ki	Kr	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>			
	% —————							
A	9,90	23,97	7,52	1,249	0,083	0,70	0,58	5,00
2A	8,98	24,54	9,62	1,498	0,082	0,62	0,50	4,00
2Ab	5,64	21,91	3,25	0,984	0,140	0,44	0,40	10,58
2Cg	11,20	25,53	3,86	1,638	0,029	0,5	0,68	10,39

**Perfil N°: 5**

Data – 10/10/2016

Classificação – NEOSSOLO FLÚVICO Tb Distrófico típico A moderado textura média fase floresta ripária relevo ondulado.

Coordenada UTM (WGS84 23K) – 501.089 m x 7.652.286 m.

Localização – Localizado às margens da lagoa marginal próxima à rotatória da Inbatec, no campus da UFLA (Lavras - MG).

Situação e Declive – Trincheira próxima as margens do brejo.?

Litologia – Sedimentos aluviais.

Cronologia Material Originário – Quaternário.

Pedregosidade – Ligeiramente pedregosa.

Rochosidade – Não rochosa.

Relevo Local – Suave ondulado.

Relevo Regional – Suave ondulado e escarpado.

Erosão – Não aparente.

Drenagem – Moderadamente drenado.

Vegetação Primária – Mata Ciliar.

Uso Atual – Terreno Baldio.

Clima – Cwa, segundo a classificação de Köppen.

Descrito e Coletado Por: J.M. Oliveira, J.J. Marques.

**Descrição Morfológica**

A – 0 - 0,20 m; bruno-avermelhado (5YR 4/3); argilosa; moderada média blocos subangulares; macia, firme, plástica e pegajosa; transição ondulada e clara.

1C – 0,20 - 0,28 m; vermelho (2,5YR 5/8); média; fraca média blocos angulares; macia, friável, ligeiramente pegajosa e plástica; transição ondulada e clara.

2C – 0,28 - 0,40 m; vermelho-amarelado (5YR 4/6); média; moderada grande blocos angulares; macia, friável, plástica e pegajosa.

3C – 0,40 - 1,80 m +; vermelho-amarelado (5YR 5/8, úmida); média; maciça; muito friável, ligeiramente plástica e pegajosa.

Raízes – Finas e poucas no A e 1C; Finas e raras no 3C; Médias e poucas no 2C.

Observações – Trincheira próxima ao rio com profundidade de 1,10 m e tradagem até 1,80 m. Área bastante antropizada. Horizonte 3C com amostra coletada entre 40 a 105 cm. Presença de seixos rolados. Crotovinas de material do horizonte A nos demais horizontes. Dia claro e perfil úmido.

Tabela 1 – Análise granulométrica.

Horizonte	Frações da amostra total			Composição granulométrica TFSA				
	Prof.	Calhaus	Cascalho	TFSA	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila
	m	dag kg <sup>-1</sup>						
A	0 - 0,20	-	-	100	2	11	51	36
1C	0,20 - 0,28	-	-	100	8	12	49	31
2C	0,28 - 0,40	-	-	100	20	13	32	35
3C	0,40 - 1.80 <sup>+</sup>	-	-	100	4	34	42	20

Tabela 2 – pH, Complexo Sortivo, Soma de Bases (SB), CTC Efetiva (t), CTC a pH 7 (T) e Acidez Extraível.

Hor.	pH		Cátions trocáveis					SB	t	T	Acidez extraível	
	Água	KCl	Ca	Mg	Na	K	P				Al	H+Al
			– cmol dm <sup>-3</sup> –			mg dm <sup>-3</sup>		— cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> —			cmol dm <sup>-3</sup>	
A	2,4	-	0,54	0,13	-	135,00	173,76	1,02	5,12	56,66	4,10	55,64
1C	3,6	-	0,17	0,10	-	90,60	25,46	0,50	3,60	13,63	3,10	13,13
2C	3,7	-	0,28	0,10	-	92,72	36,49	0,62	3,52	12,90	2,90	12,28
3C	4,0	-	0,16	0,10	-	50,43	0,94	0,39	1,79	3,81	1,40	3,42

Tabela 3 – Saturação por Bases (V), Saturação por Al (m), Matéria Orgânica e Fósforo Remanescente (P-Rem).

Horizonte	V	m	M.O.	P-Rem
	%		dag kg <sup>-1</sup>	mg L <sup>-1</sup>
A	1,79	80,08	2,5	23,08
1C	3,69	86,11	1,13	17,99
2C	4,79	82,39	1,09	18,33
3C	10,22	78,21	0,23	21,59

Tabela 4 – Ataque Sulfúrico, Índices Ki e Kr e Relação Alumínio/Ferro.

Hor.	Ataque sulfúrico					Ki	Kr	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>			
	% —————							
A	24,51	24,00	8,01	1,324	0,380	1,74	1,43	4,70
1C	28,30	24,74	6,57	1,133	0,051	1,94	1,66	5,91
2C	21,59	22,44	6,37	1,232	0,066	1,64	1,38	5,53
3C	22,31	18,72	5,73	1,046	0,021	2,03	1,69	5,13

**Perfil N°: 6**

Data – 28/09/2016

Classificação – NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico típico A forte textura média cascalhenta fase floresta tropical subperenifólia relevo plano.

Coordenada UTM (WGS84 23K) – 504.005 m x 7.652.956 m.

Localização – Acesso pela Avenida Central, segue pela Estrada Pasto Fechado, virar à direita em estrada secundária, no campus da UFLA (Lavras - MG).

Cronologia Material Originário – Quaternário.

Pedregosidade – Muito pedregosa.

Rochosidade – Rochosa.

Relevo Local – Plano.

Relevo Regional – Suave ondulado e escarpado.

Vegetação Primária – Floresta tropical subperenifólia.

Uso Atual – Preservação natural.

Clima – Cwa, segundo a classificação de Köppen.

Descrito e Coletado Por: J.M. Oliveira, J.J. Marques, D.F.T. Machado, M.M. Engelhard, P. Pereira, R.H.C.L. Reis, W.M. Faria.

**Descrição Morfológica**

O – 0 - 0,02 m; serapilheira

A – 0,02- 0,11 m; bruno-avermelhado-escuro (5YR 3/3); média cascalhenta; forte média granular; ligeiramente dura, friável, plástica e pegajosa.

Raízes – Abundantes e médias

Observações – Contato lítico a 11 cm, aparentemente granito ou gnaiss.

Tabela 1 – Análise granulométrica.

Horizonte	Prof.	Frações da amostra total			Composição granulométrica TFSA			
		Calhaus	Cascalho	TFSA	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila
	m	dag kg <sup>-1</sup>						
A	0,02 - 0,11	-	-	100	48	11	18	23

Tabela 2 – pH, Complexo Sortivo, Soma de Bases (SB), CTC Efetiva (t), CTC a pH 7 (T) e Acidez Extraível.

Hor.	pH		Cátions trocáveis					SB	t	T	Acidez extraível	
	Água	KCl	Ca	Mg	Na	K	P				Al	H+Al
			– cmol dm <sup>-3</sup> –		mg dm <sup>-3</sup>			— cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> —		cmol dm <sup>-3</sup>		
A	4,7	-	4,35	1,52	-	168,83	2,96	6,30	6,60	13,27	0,30	6,97

Tabela 3 – Saturação por Bases (V), Saturação por Al (m), Matéria Orgânica e Fósforo Remanescente (P-Rem).

Horizonte	V	m	M.O.	P-Rem
	%		dag kg <sup>-1</sup>	mg L <sup>-1</sup>
A	47,50	4,55	5,84	31,91

Tabela 4 – Ataque Sulfúrico, Índices Ki e Kr e Relação Alumínio/Ferro.

Hor.	Ataque sulfúrico					Ki	Kr	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>			
	%							
A	11,76	12,69	3,86	0,620	0,006	1,58	1,32	5,16

## ANEXO C

**Tabela** – Descrição das observações expeditas de classificação de solos. (Continua)

<b>Ponto</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>	<b>Classificação</b>	<b>Descrição</b>
1	502213	7652328	PV	O ponto foi descrito em mata secundária com serapilheira abundante, apresenta estrutura em grumos e horizonte C amarelo visível a 75 cm de profundidade. A tradagem foi realizada a 80 cm de profundidade.
2	501571	7652776	CXbd	O ponto foi descrito em mata secundária com vestígios de matéria orgânica na superfície, apresenta poucos cascalhos e presença de cinzas junto a transição do horizonte B para C a 75 cm de profundidade. A tradagem foi realizada a 80 cm de profundidade.
3	501679	7652734	PVA	O ponto foi descrito em mata secundária, apresenta vestígios de material de construção no horizonte A e horizonte BC visível a 1 m de profundidade. A tradagem foi realizada a 1 m de profundidade.
4	501709	7652350	LVdf	O ponto foi descrito em área de experimento agrícola em tradagem realizada a 1 m de profundidade.
5	501618	7652422	PV	O ponto foi descrito em área de pastagem, apresenta horizonte A com boa agregação e estruturação, apesar de alguns poucos cascalhos e concreções amareladas e possui indícios de xantização na transição do horizonte B para o C. Há mistura do material de origem (gabro e granito), com horizonte C visível a 80 cm. A tradagem foi realizada até 1 m de profundidade.
6	501754	7652111	CXbd	O ponto foi descrito em área de pastagem, apresenta horizonte A bem argiloso e horizonte C róseo visível a 60 cm. A tradagem foi realizada a 65 cm de profundidade.
7	501861	7652942	LVdf	O ponto foi descrito em área de pastagem.
8	501981	7652511	PVAd	O ponto foi descrito em área de floresta secundária em corte de estrada com 1 m de profundidade.

**Tabela** – Descrição das observações expeditas de classificação de solos. (Continua)

<b>Ponto</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>	<b>Classificação</b>	<b>Descrição</b>
9	501999	7652520	CXbd	O ponto foi descrito em pomar.
10	502080	7652536	NV	O ponto foi descrito em área de floresta secundária em corte de estrada com 60 cm de profundidade.
11	502363	7652347	LVdf	O ponto foi descrito em área de floresta secundária em corte de estrada com 80 cm de profundidade.
12	501041	7652154	CXbd	O ponto foi descrito em área de vegetação de cerrado em terço inferior da encosta, apresenta afloramento de material de origem (granito) e pedregosidade desde sua origem até a superfície. Descrito em corte de barranco com 1,20 m de profundidade.
13	501188	7652249	CXbd	O ponto foi descrito em área de planície aluvial muito revolvida e apresenta horizonte C visível com mosqueados a 40 cm. A tradagem foi realizada a 1,20 m de profundidade.
14	500817	7652031	PVAd	O ponto foi descrito em mata secundária no terço médio da encosta em relevo inclinado e não apresenta horizonte C visível. A tradagem foi realizada a 1,20 m de profundidade.
15	502003	7652080	PVA	O ponto foi descrito em mata secundária com serapilheira, apresenta rachaduras na superfície, cor avermelhada em profundidade, textura argilosa/muito argilosa e ausência de gradiente textural. A tradagem foi realizada a 1 m de profundidade.
16	501877	7652099	LVd	O ponto foi descrito em bosque de eucalipto recém queimado no terço inferior da encosta e apresenta rachaduras na superfície. A tradagem foi realizada a 1,20 m de profundidade.
17	501781	7651986	RY	O ponto foi descrito em planície aluvial próxima a linha férrea, apresenta muito material mineral e indícios de gleização a 1,20 m de profundidade. A tradagem foi realizada a 1,20 metros de profundidade.
18	501937	7652085	LVdf	O ponto foi descrito em área de vegetação secundária no terço superior da encosta em superfície aplainada, apresenta rachaduras na superfície e ausência de gradiente textural. A tradagem foi realizada a 1,20 m de profundidade.

**Tabela** – Descrição das observações expeditas de classificação de solos. (Continua)

<b>Ponto</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>	<b>Classificação</b>	<b>Descrição</b>
19	502361	7652469	LVdf	O ponto foi descrito em área de pastagem próxima ao prédio das Engenharias.
20	502364	7652222	LVd	O ponto descrito em área de pastagem próxima as lagoas.
21	502480	7652917	LVdf	O ponto foi descrito em área mata secundária com serapilheira abundante e apresenta poucas concreções ferruginosas. A tradagem foi realizada a 1 m de profundidade.
22	501992	7652916	LVdf	O ponto foi descrito em lavoura com crescimento de braquiária no terço médio da encosta. A tradagem foi realizada a 1 m de profundidade. .
23	503062	7652835	LVdf	O ponto foi descrito em área de experimental de café.
24	502809	7652934	LVdf	O ponto foi descrito em lavoura de pousio. A tradagem foi realizada a 1 m de profundidade.
25	502604	7653130	LVdf	O ponto foi descrito em plantio novo de eucalipto com erosão severa em sulcos. A tradagem foi realizada a 1 m de profundidade.
26	502663	7653254	LVd	O ponto foi descrito em corte de estrada e apresenta intensa atividade biológica. No terço inferior da encosta, na linha de drenagem, apresenta aspecto amarelado desde sua origem até a superfície. A tradagem foi realizada a 1 m de profundidade.
27	502793	7653275	PA	O ponto foi descrito em área de mata secundária próximo ao talvegue com muita serapilheira e intensa atividade biológica, apresenta textura muito argilosa e mosqueados amarelos pouco cromáticos, desde sua origem até a superfície, com indícios de gleização a 1 m de profundidade. A tradagem foi realizada a 1 metro de profundidade.
28	502997	7653245	LVAAd	O ponto foi descrito em área de capim elefante no terço superior da encosta. A tradagem foi realizada a 80 cm de profundidade.
29	503464	7653094	NV	O ponto foi descrito em mata secundária em encosta próximo ao talvegue.

**Tabela** – Descrição das observações expeditas de classificação de solos. (Continua)

<b>Ponto</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>	<b>Classificação</b>	<b>Descrição</b>
30	502741	7652123	LVdf	O ponto foi descrito em área de capim elefante em piquetes, apresenta concreções de material alóctone (possível resto de construção) e presença de material de cor clara ao longo do perfil. A tradagem foi realizada a 1 m de profundidade.
31	503136	7652173	LVdf	O ponto foi descrito em área de pomar com braquiária e serapilheira abundante. A tradagem foi realizada a 60 cm de profundidade.
32	503130	7652001	LVdf	O ponto foi descrito em pasto de braquiária e apresenta solo pouco avermelhado. A tradagem foi realizada a 85 cm de profundidade.
33	503255	7653466	NV	O ponto foi descrito próximo a estrada secundária e apresenta muita cerosidade.
34	503258	7653408	NV	O ponto descrito apresenta horizonte C com uma mistura de material máfico e félsico.
35	503275	7653200	PVA	O ponto foi descrito em pasto de braquiária.
36	503226	7653142	LVA	O ponto foi descrito em área de mata secundária.
37	501333	7652491	PVA	O ponto foi descrito em área de mata secundária no terço médio da encosta. A tradagem foi realizada a 1 m de profundidade.
38	503440	7652351	LVdf	O ponto descrito apresenta contribuição de material félsico ao longo do perfil, principalmente no horizonte C.
39	503226	7651886	LVd	O ponto foi descrito em corte de estrada com aproximadamente 1,50 m de profundidade.
40	503329	7652026	NVd	O ponto foi descrito em área de eucalipto no terço superior da encosta e apresenta possível camada adensada entre 80 cm e 1 m de profundidade. A tradagem foi realizada a 1 m de profundidade.

**Tabela** – Descrição das observações expeditas de classificação de solos. (Continua)

<b>Ponto</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>	<b>Classificação</b>	<b>Descrição</b>
41	503198	7652193	NVd	O ponto foi descrito em área de mata secundária com erosão laminar severa, apresenta horizonte A fraco laminar estrutura em blocos com pouco ou nenhuma cerosidade. A tradagem foi realizada a 1 m de profundidade.
42	503177	7652355	LVdf	O ponto foi descrito em área experimental de plantas forrageiras e apresenta pouca ou nenhuma cerosidade. A tradagem foi realizada a 1 m de profundidade.
43	503541	7652394	LVdf	O ponto foi descrito em área de bosque de pinus. A tradagem foi realizada a 30 cm de profundidade.
44	503485	7652630	LVAd	O ponto foi descrito em vegetação secundária com muita serapilheira. A tradagem foi realizada a 80 cm de profundidade.
45	503292	7652659	LVdf	O ponto foi descrito em área de plantio de árvores nativas sem sub-bosque. A tradagem foi realizada a 60 cm de profundidade.
46	503413	7652930	LVAd	O ponto foi descrito em vegetação secundária com muita serapilheira. A tradagem foi realizada a 75 cm de profundidade.
47	503458	7652925	CXbd	O ponto foi descrito em vegetação secundária com muita serapilheira e apresenta horizonte C visível com cor avermelhada a 75 cm. A tradagem foi realizada a 85 cm de profundidade.
48	503504	7652891	NV	O ponto foi descrito em fundo de ravina sobre barranco.
49	503541	7652922	NV	O ponto foi descrito em área de mata secundária com muita serapilheira e apresenta fragmentos do material de origem. A tradagem foi realizada a 1 m de profundidade.
50	503604	7652984	CXbd	O ponto foi descrito em área de pastagem cascalhenta, apresenta uma mistura do material de origem (gabro e gnaisse) e presença de matéria orgânica até 30 cm. Horizonte C visível a 40 cm de profundidade. A tradagem foi realizada a 70 cm de profundidade.

**Tabela** – Descrição das observações expeditas de classificação de solos. (Continua)

<b>Ponto</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>	<b>Classificação</b>	<b>Descrição</b>
51	503709	7652944	CXbd	O ponto foi descrito em área de pastagem degradada com erosão laminar severa, apresenta cor clara sem mistura aparente do material de origem e horizonte C visível a 70 cm de profundidade. A tradagem foi realizada a 80 cm de profundidade.
52	503692	7652857	CXbd	O ponto foi descrito em área de pastagem degradada com erosão laminar moderada, apresenta cascalhos desde sua origem até a superfície e horizonte C visível a 40 cm de profundidade. A tradagem foi realizada a 50 cm de profundidade.
53	503759	7652766	LVA	O ponto foi descrito em área de pastagem degradada com horizonte A profundo sem características de húmico. A tradagem foi realizada a 1 metro de profundidade.
54	503739	7652647	LVdf	O ponto foi descrito em área de pastagem. A tradagem foi realizada a 60 cm de profundidade.
55	503905	7652734	LVA <sub>d</sub>	O ponto foi descrito em plantio de café recente, apresenta horizonte A profundo e cascalhos visíveis a 40 cm de profundidade. A tradagem foi realizada a 1 metro de profundidade.
56	503228	7653370	PVA <sub>d</sub>	O ponto foi descrito em terreno baldio com braquiária em barranco.
57	503700	7653086	CXbd	O ponto foi descrito em área de pastagem abandonada, apresenta horizonte A fraco cor avermelhada e cascalhos desde sua origem até a superfície. A tradagem foi realizada a 60 cm de profundidade.
58	503988	7653059	CXbd	O ponto foi descrito em área de vegetação secundária com braquiária e muito efeito de borda, pedregoso desde sua origem até a superfície e apresenta matacões. O material de origem pode ser uma mistura de granito e gnaisse. A tradagem foi realizada a 40 cm de profundidade.
59	503988	7652988	RL	O ponto foi descrito em área de vegetação secundária com afloramento rochoso, sendo uma área possivelmente de antiga pedreira.
60	504005	7652956	RL	O ponto foi descrito como o anterior.

**Tabela** – Descrição das observações expeditas de classificação de solos. (Continua)

<b>Ponto</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>	<b>Classificação</b>	<b>Descrição</b>
61	504030	7652924	CXbd	O ponto foi descrito em área de vegetação secundária com braquiária e muito efeito de borda, apresenta cascalhos desde sua origem até a superfície.
62	504202	7652911	LVAd	O ponto foi descrito em pasto de braquiária com erosão laminar severa, apresenta horizonte A fraco e não profundo. A tradagem foi realizada a 85 cm de profundidade.
63	504118	7652744	LVAd	O ponto foi descrito em plantação de café. A tradagem foi realizada a 65 cm de profundidade.
64	504077	7652749	LVAd	O ponto foi descrito próximo a plantação de café com serapilheira abundante em corte de estrada com aproximadamente 1,40 m de profundidade, apresenta poucos fragmentos de cascalho e ausência de gradiente textural e cerosidade. Horizonte Bw apresenta estrutura em blocos subangulares.
65	504083	7652609	LVdf	O ponto foi descrito em plantação de café. A tradagem foi realizada a 1,10 m de profundidade.
66	503089	7653627	GX	O ponto foi descrito em várzea com vegetação de taboa próximo à divisa do Campus e apresenta pouca gleização. A tradagem foi realizada a 1 metro de profundidade.
67	503758	7652491	GM	O ponto foi descrito em antiga olaria em área de talvegue com horizonte A profundo, apresenta estrutura em blocos, muita matéria orgânica e ausência de horizonte C glei. A tradagem foi realizada a 1,05 m de profundidade.
68	503303	7651801	LVdf	O ponto foi descrito em área de eucalipto. A tradagem foi realizada a 40 cm de profundidade.
69	503250	7651669	LVAd	O ponto foi descrito em área de pastagem com erosão laminar moderada. A tradagem foi realizada a 40 cm de profundidade.
70	503032	7651746	LVAd	O ponto foi descrito em corte na beira de açude. A tradagem foi realizada a 50 cm de profundidade.
71	502916	7651729	LVdf	O ponto foi descrito em área de pastagem próxima a estrada secundária.
72	502956	7651548	RY	O ponto foi descrito em área de capoeira.

**Tabela** – Descrição das observações expeditas de classificação de solos. (Continua)

<b>Ponto</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>	<b>Classificação</b>	<b>Descrição</b>
73	503110	7651516	GX	O ponto foi descrito em área de capoeira.
74	504019	7653260	CXbd	O ponto foi descrito em terra recém arada com fragmento de material de origem a 30 cm. A tradagem foi realizada a 40 cm de profundidade.
75	503871	7652545	PVA	O ponto foi descrito em área de pastagem pouco cascalhenta textura argilosa a muito argilosa. A tradagem foi realizada a 80 cm de profundidade.
76	503902	7652441	LVA	O ponto foi descrito em área de pastagem. A tradagem foi realizada a 90 cm de profundidade.
77	503923	7652419	LVAd	O ponto foi descrito em área de pastagem. A tradagem foi realizada a 80 cm de profundidade.
78	503996	7652409	LVAd	O ponto foi descrito em área de pastagem. A tradagem foi realizada a 50 cm de profundidade.
79	504002	7652521	LVAd	O ponto foi descrito em área de pastagem com erosão laminar moderada. A tradagem foi realizada a 50 cm de profundidade.
80	504118	7652402	PVAd	O ponto foi descrito em área de pinus recém plantados com erosão laminar severa e horizonte A fraco. A tradagem foi realizada a 80 cm de profundidade.
81	504190	7652485	LVAd	O ponto foi descrito em área de pinus recém plantados com horizonte A fraco. A tradagem foi realizada a 70 cm de profundidade.
82	503886	7652322	LVAd	O ponto foi descrito em área recém lavrada com erosão em sulcos e horizonte A fraco. A tradagem foi realizada a 40 cm de profundidade.
83	502292	7652144	LVAd	O ponto foi descrito em área de vegetação nativa com presença de efeito de borda a 50 cm. A tradagem foi realizada a 60 cm de profundidade.
84	502252	7651903	LVdf	O ponto foi descrito em plantação de café.

**Tabela** – Descrição das observações expeditas de classificação de solos. (Continua)

<b>Ponto</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>	<b>Classificação</b>	<b>Descrição</b>
85	502439	7651862	PA	O ponto foi descrito em borda de plantação de café, apresenta horizonte A fraco com erosão laminar moderada e possível truncamento coluvial. O horizonte úmbrico apresenta indícios de gleização textura muito argilosa e solo úmido em profundidade. A tradagem foi realizada até 60 cm de profundidade em corte em terraço fluvial.
86	502522	7651676	PVAd	O ponto foi descrito em borda de mata nativa no terço inferior da encosta em área de nascente, apresenta boa drenagem e horizonte B textura argilosa a muito argilosa com presença de matéria orgânica. A tradagem foi realizada a 1 metro de profundidade.
87	502394	7651647	LVdf	O ponto foi descrito em área de plantação de café. A tradagem foi realizada a 60 cm de profundidade.
88	502705	7651595	CXbd	O ponto foi descrito em pastagem degradada com presença de erosão laminar moderada, apresenta cor avermelhada com horizonte A fraco e presença de matéria orgânica a 40 cm de profundidade. O horizonte C apresenta gnaisse e granito melanocrático. A tradagem foi realizada a 60 cm de profundidade.
89	502657	7651477	PVA	O ponto foi descrito em mata nativa com presença de serapilheira abundante e apresenta horizonte A fraco com presença de material de origem máfico e félsico a 1m de profundidade. A tradagem foi realizada a 1,15 m de profundidade.
90	502815	7651519	LVdf	O ponto foi descrito em plantio de café recente. A tradagem foi realizada a 1 metro de profundidade.
91	502871	7651622	LVdf	O ponto foi descrito em área de plantação de café. A tradagem foi realizada a 40 cm de profundidade.
92	503046	7651569	LVAd	O ponto foi descrito em pastagem de braquiária com horizonte A estrutura laminar. A tradagem foi realizada a 70 cm de profundidade.
93	502956	7651901	LVd	O ponto foi descrito em pastagem com erosão laminar severa compactado desde a superfície em corte de estrada com 1,50 m de profundidade.

**Tabela** – Descrição das observações expeditas de classificação de solos. (Continua)

<b>Ponto</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>	<b>Classificação</b>	<b>Descrição</b>
94	502689	7651945	LVd	O ponto foi descrito em área de pastagem possuindo erosão laminar moderada e solo compactado desde a superfície. A tradagem foi realizada a 70 cm de profundidade.
95	502571	7652007	CXbd	O ponto foi descrito em corte de estrada com 1 m de profundidade.
96	502138	7652066	LVAAd	O ponto foi descrito em área terraceada de eucalipto com muita serapilheira e horizonte BC visível a 90 cm de profundidade. A trincheira foi aberta com 40 cm de profundidade e posteriormente a tradagem foi realizada a 1 m de profundidade.
97	502132	7652058	LVAAd	O ponto foi descrito em área terraceada de eucalipto. A tradagem foi realizada a 60 cm de profundidade.
98	502353	7652240	LVAAd	O ponto foi descrito em área terraceada de eucalipto. A tradagem foi realizada a 70 cm de profundidade.
99	501490	7652754	CXbd	O ponto foi descrito em área de pinus em corte de estrada.
100	501464	7652703	CXbd	O ponto foi descrito em área de pinus em corte de estrada.
101	501780	7652356	CXbd	O ponto foi descrito em área de pastagem com mistura de matéria orgânica. A tradagem foi realizada a 55 cm de profundidade.
102	502746	7651752	LVAAd	O ponto foi descrito em plantio de espécies nativas com erosão laminar severa em corte de estrada com 3 m de profundidade e apresenta horizonte A fraco.
103	502967	7651219	LVA	O ponto foi descrito em área de pastagem com transição entre os solos vermelho e amarelo. A tradagem foi realizada a 1,20 m de profundidade.
104	502935	7651233	LVd	O ponto foi descrito em área de pastagem.
105	503699	7652038	LVd	O ponto foi descrito em área de pastagem.

**Tabela** – Descrição das observações expeditas de classificação de solos. (Conclusão)

<b>Ponto</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>	<b>Classificação</b>	<b>Descrição</b>
105	503059	7652532	LV	O ponto foi descrito em área de plantio de árvores nativas sem sub-bosque.
107	502977	7652532	LV	O ponto foi descrito em área de plantio de árvores nativas sem sub-bosque.
108	503065	7652527	LV	O ponto foi descrito em área de plantio de árvores nativas sem sub-bosque.

## ANEXO D

### DESCRIÇÃO PERFIS

#### LEVANTAMENTO SEMIDETALHADO DE SOLOS DA ÁREA DA ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE LAVRAS – MG. (1980)

Professor: Hélcio Andrade

#### **Perfil HA 1**

Classificação: TERRA ROXA ESTRUTURADA Distrófica com A moderado textura argilosa em transição para floresta latifoliada tropical relevo forte ondulado substrato rocha básica.

Unidade de mapeamento – TRd1.

Coordenada UTM (WGS84 23K) – 501.261 m x 7.652.828 m.

Situação e declive – Corte de barranco situado na parte inferior do declive onde é mais acentuado, com 15% de declividade.

Litologia e formação geológica – Rochas intrusivas básicas.

Material originário – Rocha básica.

Relevo Regional – Montanhoso.

Erosão – Laminar a moderada.

Drenagem – Bem drenado.

Vegetação primária – Mata.

Uso atual – Pastagem.

#### **Descrição Morfológica**

A11 – 0 - 0,29 m; vermelho-escuro (2,5YR 3/6, úmido) e vermelho (2,5YR 5/6, seco); argila; moderada média a grande granular; dura, muito friável, ligeiramente plástica e não pegajosa; transição difusa.

A12 – 0,29 - 0,39 m; vermelho-escuro (2,5YR 3/6, úmido) e vermelho (2,5YR 5/6, seco); argila pesada; moderada pequena a média granular; dura, muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição difusa.

B21t – 0,39 - 0,54 m; vermelho-amarelado (5YR 5/8, úmido) e vermelho-amarelado (5YR 5/8, seco); argila pesada; moderada pequena a média blocos subangulares; cerosidade moderada a média; muito pegajosa; transição gradual e plana.

B22t – 0,54 - 0,89 m; vermelho-amarelado (5YR 5/8 úmido) e vermelho-amarelado (5YR 5/8, seco); argila pesada; moderada média a grande blocos subangulares; cerosidade moderada e média; dura, firme ligeiramente plástica e pegajosa; transição difusa e plana.

B23t – 0,89 - 1,19 m; vermelho-amarelado (5YR 5/8 úmido) e amarelo-avermelhado (7,5YR 6/8, seco); argila; fraca pequena e média blocos subangulares; cerosidade comum e moderada; dura, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição gradual e plana.

B31(Bsq) – 1,19 - 1,69 m; vermelho-amarelado (5YR 5/8, úmido) e amarelo-avermelhado (5YR 6/8, seco), argila, maciça, pequena a média, blocos subangulares, poros pequenos, abundantes, macia, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição difusa e plana.

B32 – 1,69 - 2,08<sup>+</sup> m; vermelho-amarelado (5YR 5/8 úmido), e amarelo-avermelhado (7,5YR 6/8, seco); argila; fraca pequena blocos subangulares; macia, muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa.

Raízes – Fasciculadas e abundantes no A11; Poucas e fasciculadas no A12; Finas, médias e comuns no B1; Raras no B23t.

Observações – Ao longo da encosta, nota-se a presença de material remanescente, isto é, blocos de rocha, que apareceram com a passagem de trator (matacões, calhaus). Muitos e pequenos poros no A11 e A12; Poros comuns e pequenos no B1, B21t, B22t e B32; Poros pequenos e abundantes no B31.

Tabela 1 – Análise granulométrica e relação silte/argila.

Horizonte	Prof.	Composição granulométrica TFSA				Silte/Argila
		Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	
	m	%				
A1	0 - 0,29	15,70	20,30	10,60	53,40	0,198
A12	0,29 - 0,39	7,40	17,60	2,60	72,40	0,036
B21t	0,39 - 0,54	4,70	3,30	5,60	86,40	0,065
B22t	0,54 - 0,89	4,00	4,00	7,60	84,40	0,090
B23t	0,89 - 1,19	9,10	10,90	11,60	68,40	0,170
B31	1,19 - 1,69	11,60	12,40	8,60	67,40	0,128
B32	1,69 - 2,08 <sup>+</sup>	12,20	17,20	5,60	64,40	0,087

Tabela 2 – pH,  $\Delta$  pH, C orgânico, N orgânico e relação C/N.

Hor.	pH		$\Delta$ pH	C	N	C/N
	Água	KCl (N)				
	%					
A1	5,5	4,5	-1,0	1,65	0,142	11,62
A12	5,7	4,8	-0,9	1,05	0,090	11,67
B21t	5,4	5,4	-	0,82	0,071	11,55
B22t	5,7	5,3	-0,4	0,52	0,045	11,56
B23t	5,6	5,2	-0,2	0,37	0,032	11,56
B31	5,5	5,0	-0,5	0,45	0,039	11,54
B32	5,5	5,0	-0,5	0,22	0,019	11,58

Tabela 3 – Ataque sulfúrico, índices Ki e Kr, relação alumínio/ferro e P assimilável.

Hor.	Ataque sulfúrico (D = 1,47%)					Ki	Kr	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>				
									ppm
A1	17,54	20,40	16,40	1,344	0,109	1,46	0,97	1,24	1
A12	18,82	23,46	17,20	1,366	0,100	1,36	0,93	1,36	1
B21t	19,70	27,79	19,40	1,120	0,133	1,21	0,83	1,43	
B22t	20,06	28,81	20,30	1,260	0,142	1,18	0,82	1,42	1
B23t	19,38	26,52	17,70	1,182	0,122	1,24	0,87	1,50	1
B31	18,38	23,97	11,80	0,901	0,083	1,30	0,99	2,03	1
B32	17,88	25,24	13,50	1,021	0,099	1,20	0,90	1,87	1

Tabela 4 – Complexo sortivo, CTC, soma por bases e saturação com alumínio trocável.

Hor.	Complexo sortivo (Meq/100g)							V	$\frac{100 \times \text{Al}^{3+}}{\text{Al}^{3+}+\text{S}}$	
	Al <sup>3+</sup>	Ca <sup>2+</sup> +Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	S	CTCe	H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup>			CTC*
									%	
A1	0,2	3,0	0,085	0,008	3,093	3,293	3,3	6,39	47,09	6,07
A12	0,2	2,4	0,50	0,016	2,466	2,66	3,3	5,77	42,74	7,50
B21t	0,2	2,0	0,035	0,024	0,059	2,259	4,6	3,36	61,28	8,85
B22t	0,2	1,0	0,120	0,008	1,128	1,328	3,3	5,73	19,68	15,06
B23t	0,2	1,0	0,120	0,008	1,128	1,328	2,0	4,43	25,46	15,06
B31	0,2	0,8	0,038	0,008	0,816	1,016	1,3	2,82	28,94	19,68
B32	0,2	0,8	0,020	0,008	0,836	1,036	1,0	2,14	39,06	19,30

\*CTC: Método indireto.

## Perfil HA 2

Classificação: TERRA ROXA ESTRUTURADA Distrófica com A moderado textura argila pesada relevo forte ondulado substrato de rocha básica.

Unidade de mapeamento – TRd2.

Coordenada UTM (WGS84 23K) – 503.309 m x 7.653.144 m.

Situação e declive – Barranco em área de pastagens com declividade de 16%.

Litologia e formação geológica – Rocha intrusiva básica.

Material originário – Rocha básica.

Relevo local – Forte ondulado.

Erosão – Laminar ligeira.

Drenagem – Bem drenado.

Vegetação primária – Pastagem natural.

Uso atual – Pastagem.

## Descrição Morfológica

Ap – 0 - 0,25 m; bruno (7,5YR 4/4, seco) e bruno-forte (7,5YR 4/6, úmido); franco-argiloarenosa; forte pequena a média granular; ligeiramente dura, friável, plástica e ligeiramente pegajosa; transição gradual e plana.

A3 – 0,25 - 0,40 m; vermelho (2,5YR 5/6, seco) e vermelho (2,5YR 4/6, úmido); argila; moderada pequena a média blocos subangulares; ligeiramente dura, friável, ligeiramente plástica e não pegajosa; transição gradual e plana.

B2t – 0,40 - 0,90 m; vermelho (2,5YR 5/6, seco) e vermelho (2,5YR 4/6, úmido); argila pesada; forte pequena a média; cerosidade moderada; dura, friável, plástica e pegajosa; transição gradual e plana, raízes raras.

B3 – 0,90 - 1,50 m; vermelho-amarelado (5YR 5/6, seco) e vermelho-amarelado (5YR 5/8, úmido); argila pesada; forte pequena a média bloco angulares; ligeiramente dura, firme, ligeiramente plástica e não pegajosa; transição gradual e plana.

C – 1,50 - 2,10<sup>+</sup> m+; amarelo-avermelhado (7,5YR 7/6, seco) e amarelo-avermelhado (7,5YR 6/6, úmido); argila; moderada muito pequena prismática; ligeiramente dura, firme, não plástica e não pegajosa; transição gradual e plana.

Raízes Mistas no Ap; Comuns no A3; Raras no B2t.

Observações poros pequenos e comuns Ap, A3, B2t, B3 e C.

Tabela 1 – Análise granulométrica e relação silte/argila.

Horizonte	Composição granulométrica TFSA					Silte/Argila
	Prof.	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	
	m	%				
Ap	0 - 0,25	15,0	44,2	1,36	44,2	0,308
A3	0,25 - 0,40	9,5	27,7	7,3	55,2	0,138
B2t	0,40 - 0,90	6,2	25,0	1,6	67,2	0,024
B3	0,90 - 1,50	6,3	24,9	4,6	64,2	0,072
C	1,50 - 2,10 <sup>+</sup>	9,5	21,7	5,6	63,2	0,089

Tabela 2 – pH,  $\Delta$  pH, C orgânico, N orgânico e relação C/N.

Hor.	pH		$\Delta$ pH	C	N	C/N
	Água	KCl (N)				
	%					
Ap	5,9	5,0	-0,9	1,64	0,142	11,55
A3	5,8	5,1	-0,7	0,95	0,157	6,05
B2t	6,0	5,6	-0,4	0,68	0,059	11,53
B3	6,2	6,2	-0,2	0,41	0,035	11,71
C	6,1	6,3	-0,2	1,09	0,094	11,59

Tabela 3 – Ataque sulfúrico, índices Ki e Kr, relação alumínio/ferro e P assimilável.

Hor.	Ataque sulfúrico (D = 1,47%)					Ki	Kr	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>				
	ppm								
Ap	14,44	15,04	8,30	1,455	0,090	1,63	1,21	1,81	1
A3	21,46	20,91	11,00	1,228	0,081	1,74	1,31	1,90	1
B2t	24,80	25,50	12,30	1,111	0,091	1,65	1,26	2,07	1
B3	26,20	22,75	12,40	1,006	0,101	1,73	1,32	2,08	1
C	25,00	22,95	11,20	1,249	0,080	1,85	1,41	2,05	1

Tabela 4 – Complexo sortivo, CTC, soma por bases e saturação com alumínio trocável.

Hor.	Complexo sortivo (Meq/100g)								V	$\frac{100 \times \text{Al}^{3+}}{\text{Al}^{3+} + \text{S}}$
	Al <sup>3+</sup>	Ca <sup>2+</sup> +Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	S	CTCe	H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup>	CTC*		
									%	
Ap	0,2	4,4	0,18	0,009	4,588	4,788	3,3	8,088	56,73	4,18
A3	0,2	2,8	0,07	0,008	2,878	3,078	3,0	6,078	47,35	6,50
B2t	0,2	2,4	0,05	-	2,450	2,650	2,6	5,250	46,67	7,50
B3	0,2	4,2	0,09	-	4,290	4,490	3,3	7,790	55,07	4,45
C	0,2	2,8	0,01	0,008	2,819	3,019	2,3	5,319	56,00	6,62

\*CTC: Método indireto.

### Perfil HA 3

Classificação: PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO Distrófico com A moderado textura argila pesada relevo forte ondulado substrato de rocha ácida.

Unidade de mapeamento – PVd2.

Coordenada UTM (WGS84 23K) – 503.473 m x 7.652.701 m.

Situação e declive – Trincheira aberta em área de cultura de sorgo, no terço superior de elevação, com 16% de declive.

Litologia e formação geológica – Granito-gnáissico intrusivo do pré-cambriano.

Material originário – Granito-gnáissico.

Relevo local – Forte ondulado.

Erosão – Laminar ligeira.

Drenagem – Bem drenado.

Vegetação primária – Campo.

Uso atual – Cultura do milho, arroz sequeiro e sorgo.

### Descrição Morfológica

A1 – 0 - 0,25 m; vermelho-amarelado (5YR 5/6, seco) e vermelho-amarelado (5YR 4/6 úmido); argiloarenosa; moderada média granular; cerosidade moderada; ligeiramente dura, friável, ligeiramente plástica e não pegajosa; transição gradual e plana.

A2 – 0,25 - 0,45 m; amarelo-avermelhado (5YR 6/6, seco) e vermelho-amarelado (5YR 5/8 úmido); argila; média a grande blocos subangulares; cerosidade moderada; ligeiramente dura, friável, não plástica e não pegajosa; transição gradual e plana.

B21 – 0,45 - 0,85 m; amarelo-avermelhado (5YR 7/6, seco) e vermelho (2,5YR 5/6, úmido); argila; moderada pequena a grande blocos subangulares; cerosidade moderada; friável, ligeiramente plástica e não pegajosa; transição gradual e plana.

B22 – 0,85 - 1,20 m; amarelo-avermelhado (5YR 7/6, seco) e vermelho-amarelado (5YR 5/8, úmido); argila pesada; fraca muito pequena prismática; cerosidade fraca; macia, ligeiramente plástica e não pegajosa; transição gradual e plana.

B23 – 1,20 m<sup>+</sup>; amarelo-avermelhado (5YR 7/6, seco), vermelho amarelo (5YR 5/8 úmido); argila; fraca pequena a média blocos subangulares; macia, muito friável, ligeiramente plástica e não pegajosa; transição gradual e plano.

Raízes – Comuns no A1 e poucas no A3.

Observações – Poros pequenos e comuns no A1, B21 e B23; Muitos poros pequenos no A3 e B22.

Tabela 1 – Análise granulométrica e relação silte/argila.

Horizonte	Composição granulométrica TFSA					Silte/Argila
	Prof.	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	
	m	%				
A1	0 - 0,20	20,5	23,5	6,6	49,4	0,134
A3	0,20 - 0,45	13,8	20,2	1,6	64,4	0,025
B21	0,45 - 0,90	14,3	15,7	6,6	63,4	0,104
B22	0,90 - 1,20	10,8	19,2	5,6	64,4	0,084
B23	1,20 <sup>+</sup>	13,2	22,8	5,6	58,4	0,096

Tabela 2 – pH,  $\Delta$  pH, C orgânico, N orgânico e relação C/N.

Hor.	pH		$\Delta$ pH	C	N	C/N
	Água	KCl (N)				
	%					
A1	7,0	6,1	-0,9	1,05	0,20	11,67
A3	5,5	4,8	-0,7	0,60	0,052	11,54
B21	5,9	5,5	-0,4	0,45	0,038	11,84
B22	5,9	6,0	+0,1	0,30	0,025	12,00
B23	5,8	6,4	+0,6	0,30	0,025	12,00

Tabela 3 – Ataque sulfúrico, índices Ki e Kr, relação alumínio/ferro e P assimilável.

Hor.	Ataque sulfúrico (D = 1,47%)					Ki	Kr	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>				
	ppm								
A1	16,82	19,89	9,20	1,152	0,102	1,44	1,11	4,88	2
A3	20,00	26,26	10,50	1,154	0,057	1,29	1,03	5,08	1
B21	15,96	18,87	7,00	0,733	0,083	1,44	1,16	6,08	1
B22	17,88	25,75	9,40	0,935	0,039	1,18	0,96	5,07	1
B23	17,24	25,24	9,00	0,942	0,031	1,16	0,95	5,11	1

Tabela 4 – Complexo sortivo, CTC, soma por bases e saturação com alumínio trocável.

Hor.	Complexo sortivo (Meq/100g)								V	$\frac{100 \times \text{Al}^{3+}}{\text{Al}^{3+} + \text{S}}$
	Al <sup>3+</sup>	Ca <sup>2+</sup> +Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	S	CTCe	H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup>	CTC*		
									%	
A1	0,2	5,4	0,030	0,008	5,438	5,638	5,6	11,04	49,26	3,55
A3	0,2	2,2	0,015	0,008	2,223	2,423	4,3	6,52	34,10	8,25
B21	0,2	2,0	0,012	0,008	2,020	2,220	2,6	4,62	43,72	9,01
B22	0,2	1,4	0,007	0,008	1,415	1,615	2,0	3,42	41,37	12,38
B23	0,2	1,2	0,012	0,008	1,220	1,400	1,3	2,52	48,41	14,29

\*CTC: Método indireto.

## Perfil HA 4

Classificação: PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO Distrófico com A moderado textura argilosa relevo ondulado.

Unidade de mapeamento – PVd3.

Coordenada UTM (WGS84 23K) – 501.907 m x 7.652.119 m.

Situação e declive – Trincheira situada no terço inferior da vertente, com declividade de 14%.

Litologia e formação geológica – Granito-Gnáisse indiviso.

Material originário – Granito-Gnáisse.

Pedregosidade – Ausente.

Relevo local – Ondulado.

Erosão – Laminar ligeira.

Drenagem – Acentuadamente drenado.

Vegetação primária – Mata.

Uso atual – Pastagem.

## Descrição Morfológica

Ap – 0 - 0,23 m; bruno-avermelhado (5YR 4/4, úmido) e bruno-avermelhado-claro (5YR 6/4, seco); argila; moderada média a grande granular; muito dura, friável, plástica e pegajosa; transição clara e plana.

A3 – 0,23 - 0,50 m; bruno-avermelhado (5YR 4/4, úmido) e amarelo-avermelhado (7,5 YR 7/6, seco); argila; moderada pequena a média blocos angulares e subangulares; cerosidade pouca e fraca; dura, muito friável, plástica e ligeiramente pegajosa; transição gradual.

B1 – 0,50 - 0,82 m; vermelho (2,5YR 4/6, úmido); argila; moderada pequena a média prismática e granular; cerosidade comum e moderada; dura, friável, plástica e ligeiramente pegajosa; transição gradual.

B21 – 0,82 - 1,15 m; vermelho (2,5YR 4/8, úmido); argila; moderada pequena a média prismática; cerosidade abundante e moderada; ligeiramente dura, muito friável, plástica e ligeiramente pegajosa; transição difusa.

B22 – 1,15 - 1,40 m; vermelho (2,5YR 4/8, úmido); argila; moderada pequena a média prismática; cerosidade comum e moderada; ligeiramente dura, muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição ligeiramente plana.

IIC1 – 1,45 - 2,00<sup>+</sup> m; vermelho-claro (2,5YR 6/6, úmido); franco-argilosa; moderada grande prismática; ligeiramente dura, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa.

Raízes – Abundantes no Ap; Poucas no A3; Escassas no B1, B21 e B22.

Observações – Na profundidade compreendida entre 140 a 145, o perfil apresenta uma linha de pedras constituídas na sua maioria por seixos angulosos de material quartzoso com granulometria variando de 0,5 a 5 cm e coloração clara, secundariamente ocorrem seixos com faces subarredondadas e também seixos de composição não quartzosa. Nota-se ao longo de todo o perfil a presença de grão angulosos e subangulosos de quartzo, com granulometria sub-centimétricas. Muitos poros pequenos no Ap e A3; Poucos poros muito pequenos no B1, B21 e B22.

Tabela 1 – Análise granulométrica e relação silte/argila.

Horizonte	Composição granulométrica TFSA				Silte/Argila	
	Prof. m	Areia grossa	Areia fina	Silte		Argila
		%				
Ap	0 - 0,23	2,79	1,32	17,72	40,50	0,438
A3	0,23 - 0,50	2,43	0,29	3,57	52,50	0,068
B1	0,50 - 0,82	2,43	1,53	10,50	52,50	0,200
B21	0,82 - 1,15	1,81	1,22	16,37	53,00	0,309
B22	1,15 - 1,45	1,82	1,28	14,84	53,00	0,280
IIC1	1,45 - 2,00 <sup>+</sup>	1,87	1,44	40,28	25,50	1,580
IIC2	Trado	2,36	1,34	37,73	23,50	1,606

Tabela 2 – pH,  $\Delta$  pH, C orgânico, N orgânico e relação C/N.

Hor.	pH		$\Delta$ pH	C	N	C/N
	Água	KCl (N)				
	%					
Ap	5,4	4,7	-0,7	2,26	0,195	11,59
A3	5,0	4,3	-0,7	0,95	0,082	11,58
B1	5,0	4,4	-0,6	0,87	0,075	11,60
B21	5,2	4,8	-0,4	0,78	0,067	11,64
B22	5,4	4,9	-0,5	0,61	0,052	11,73
IIC1	5,5	4,3	-1,2	0,26	0,022	11,82
IIC2	5,5	4,3	-1,2	0,34	0,029	11,72

Tabela 3 – Ataque sulfúrico, índices Ki e Kr, relação alumínio/ferro e P assimilável.

Hor.	Ataque sulfúrico (D = 1,47%)					Ki	Kr	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>				
									ppm
Ap	18,21	18,93	4,20	0,44	0,03	1,63	1,34	7,06	0,009
A3	19,02	20,41	4,60	0,44	0,02	1,58	1,39	6,96	0,009
B1	18,97	22,57	5,70	0,53	0,02	1,43	1,14	6,19	0,009
B21	19,78	26,22	6,50	0,57	0,02	1,28	1,02	6,32	0,009
B22	20,35	26,70	6,00	0,56	0,02	1,29	1,05	6,98	0,009
IIC1	23,81	23,00	3,40	0,31	0,02	1,75	1,53	10,62	0,009
IIC2	24,81	22,21	3,00	0,27	0,02	1,89	1,67	11,61	0,009

Tabela 4 – Complexo sortivo, CTC, soma por bases e saturação com alumínio trocável.

Hor.	Complexo sortivo (Meq/100g)								V	$\frac{100 \times \text{Al}^{3+}}{\text{Al}^{3+} + \text{S}}$
	Al <sup>3+</sup>	Ca <sup>2+</sup> +Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	S	CTCe	H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup>	CTC*		
									%	
Ap	0,20	2,80	0,092	0,002	2,89	3,09	3,96	6,85	42,10	6,50
A3	1,20	0,60	0,030	0,002	0,63	1,83	4,78	5,41	11,60	65,57
B1	0,80	0,040	0,020	0,002	0,42	1,22	3,63	4,05	10,30	65,57
B21	0,20	0,40	0,055	0,002	0,41	0,61	2,47	2,88	14,20	32,78
B22	0,20	0,40	0,012	0,002	0,41	0,61	1,98	2,39	17,10	32,78
IIC1	1,00	0,40	0,012	0,002	0,41	0,61	1,98	2,39	17,10	70,92
IIC2	1,00	0,40	0,015	0,002	0,41	0,61	1,98	2,39	17,10	70,92

\*CTC: Método indireto.

## Perfil HA 5

Classificação – LATOSSOLO ROXO Distrófico com A moderado textura argila pesada relevo ondulado em transição para floresta latifoliada tropical.

Coordenada UTM (WGS84 23K) – 502.382 m x 7.652.425 m.

Unidade de mapeamento – LR.

Situação e declive – Trincheira localizada na parte superior da vertente, quase na crista desta, com declividade 10%.

Formação geológica – Rochas Intrusivas Básicas

Material originário – Rochas básicas.

Relevo local – Ondulado.

Erosão – Laminar ligeira.

Drenagem – Acentuadamente drenado.

Vegetação primária – Mata

Uso atual – Pastagem.

## Descrição Morfológica

A1 – 0 - 0,24 m; vermelho-escuro (2,5YR 3/6, seco) e bruno-avermelhado-escuro (2,5YR 2,5/4, úmido); argila pesada; moderada muito pequena a pequena granular; ligeiramente dura, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e gradual.

A3 – 0,24 - 0,40 m; vermelho-escuro (2,5YR 3/6, seco) e bruno-avermelhado-escuro (2,5YR 2,5/4, úmido); argila pesada; moderada e fraca muito pequena, pequena e média prismática; ligeiramente dura, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição gradual e plana.

B1 – 0,40 - 0,62 m; vermelho-escuro (2,5YR 3/6, seco) e bruno-avermelhado-escuro (2,5YR 3/4, úmido); argila pesada; fraca muito pequena granular; ligeiramente dura, muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição difusa e plana.

B22 – 0,62 - 1,20 m; vermelho-escuro (2,5YR 3/6, seco) e bruno-avermelhado-escuro (2,5YR 3/4, úmido); argila pesada; fraca muito pequenas a pequena blocos subangulares; ligeiramente dura, muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição difusa e plana.

B23 – 1,20 - 2,00<sup>+</sup> m; vermelho escuro (2,5YR 3/6, seco) e bruno-avermelhado-escuro (2,5YR 2,5/4, úmido); argila pesada; fraca muito pequena a pequena blocos subangulares; ligeiramente dura, muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa.

Raízes – Abundantes no A1; Comuns no A3 e B1; Raras no B22 e B23.

Observações – Poros muito pequenos e comuns no A1 e A3.

Tabela 1 – Análise granulométrica e relação silte/argila.

Horizonte	Composição granulométrica TFSA					Silte/Argila
	Prof. m	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	
		%				
A1	0 - 0,24	6,30	5,96	17,74	70,00	0,253
A3	0,24 - 0,40	4,60	5,76	21,64	58,00	0,318
B1	0,40 - 0,62	4,75	4,87	22,80	68,00	0,355
B22	0,62 - 1,20	5,51	5,27	17,22	72,00	0,239
B23	1,20 - 2,00	4,87	5,18	16,95	73,00	0,232
Trado 2	2,00 <sup>+</sup>	9,92	6,68	20,40	63,00	0,324

Tabela 2 – pH, Δ pH, C orgânico, N orgânico e relação C/N.

Hor.	pH		Δ pH	C	N	C/N
	Água	KCl (N)				
	%					
A1	5,8	5,1	-0,7	3,49	0,30	11,63
A3	5,7	5,5	-0,2	2,61	0,23	11,35
B1	5,9	6,4	+0,5	1,31	0,11	11,91
B22	5,4	6,3	+0,9	1,31	0,11	11,91
B23	5,5	5,8	+0,3	0,87	0,06	14,50
Trado 2	6,1	6,4	+0,3	0,87	0,06	14,50

Tabela 3 – Ataque sulfúrico, índices Ki e Kr, relação alumínio/ferro e P assimilável.

Hor.	Ataque sulfúrico (D = 1,47%)					Ki	Kr	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>				
	ppm								
A1	12,62	27,43	29,21	0,98	0,129	0,78	0,46	1,47	2
A3	12,48	28,09	29,58	0,94	0,110	0,75	0,45	1,49	2
B1	12,35	76,27	36,59	0,77	0,109	0,79	0,40	1,12	1
B22	12,25	29,65	30,34	0,90	0,101	0,70	0,42	1,53	1
B23	12,56	28,74	30,44	0,91	0,107	0,74	0,35	1,48	1
Trado 2	12,58	30,82	29,83	0,91	0,100	0,69	0,42	1,62	1

Tabela 4 – Complexo sortivo, CTC, soma por bases e saturação com alumínio trocável.

Hor.	Complexo sortivo (Meq/100g)								V	$\frac{100 \times \text{Al}^{3+}}{\text{Al}^{3+} + \text{S}}$
	Al <sup>3+</sup>	Ca <sup>2+</sup> +Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	S	CTCe	H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup>	CTC*		
									%	
A1	0,2	2,2	0,22	0,02	2,44	2,64	5,61	8,05	30,31	7,52
A3	0,2	0,8	0,17	0,01	0,98	1,18	3,63	4,61	21,26	16,90
B1	0,2	0,4	0,01	0,01	0,42	0,62	1,23	1,65	25,45	32,20
B22	0,2	0,2	0,02	0,01	0,23	0,43	1,98	2,21	10,41	46,50
B23	0,2	0,8	0,05	0,01	0,86	1,06	3,30	4,16	20,67	18,80
Trado 2	0,2	0,4	-	0,04	0,44	1,64	1,65	2,09	21,05	31,20

\*CTC: Método indireto.

## Perfil HA 6

Classificação – LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO PODZOLIZADO Distrófico com A moderado textura argilosa relevo ondulado substrato de rochas básicas.

Coordenada UTM (WGS84 23K) – 503.366 m x 7.651.950 m.

Unidade de mapeamento – LVPd1.

Situação e declive – Trincheira aberta no terço superior da encosta com 15% de declividade.

Relevo local – Ondulado.

Erosão – Moderada.

Drenagem – Acentuadamente drenado.

Uso atual – Pastagem.

## Descrição Morfológica

A1 – 0 - 0,30 m; bruno-escuro (7,5YR 5/6, úmido) e amarelo-avermelhado (7,5YR 6/6, seco); argila; fraca a moderada; ligeiramente dura, friável a firme, ligeiramente plástica e não pegajosa; transição gradual e plana.

A3 – 0,30 - 0,55 m; bruno forte (7,5YR 5/6, úmido) e amarelo-avermelhado (7,5YR 6/6, seco); argila; moderada média blocos subangulares; cerosidade fraca; ligeiramente dura, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição gradual e plana.

B1 – 0,55 - 0,74 m; vermelho amarelo (5YR 3/6, úmido) e amarelo-avermelhado (5YR 7/6, seco); argila; moderada pequena a média blocos subangulares; cerosidade fraca; ligeiramente dura, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição difusa.

B21 – 0,74 - 1,00 m; vermelho amarelo (5YR 7/6, úmido) e mosqueado rosado (5YR 7/4, seco); argila; fraca pequena a média blocos subangulares; cerosidade fraca, pouco abundante; macia, muito friável, ligeiramente plástica e não pegajosa; transição clara e ondulada.

B22 – 1,00 - 1,40 m; vermelho amarelo (5YR 7/6, úmido) e mosqueado rosado (5YR 7/4, seco), argiloarenosa; fraca a moderada pequena a média blocos subangulares; cerosidade fraca, pouco abundante; ligeiramente dura, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição difusa.

B3 – 1,40 - 1,75 m; vermelho amarelo (5YR 7/6, úmido) e rosado (5YR 7/4, seco); argiloarenosa; fraca pequena a média blocos subangulares; cerosidade fraca; macia, friável, ligeiramente plástica e não pegajosa; transição gradual e plana.

C1 – 1,75 - 2,05<sup>+</sup> m; vermelho claro (2,5YR 6/8, úmido) e bruno-avermelhado-claro (2,5YR 6/4, seco); franco-arenosa; macia, solta, ligeiramente plástica e não pegajosa.

Raízes – Poucas e pequenas no A1.

Observações – O perfil apresenta na profundidade compreendida entre 100 a 175 cm uma linha de pedras constituídas na sua maioria por seixos angulosos de material quartzoso com granulometria variando de 0,5 a 5 cm e coloração clara, secundariamente ocorrem seixos arrestados e sub arrestados de composição não quartzosa. Nota-se também ao longo de todo o perfil a presença de grãos angulosos e subangulares de quartzo com granulometria sub-centimétrica, com exceção do horizonte A1; Poros pequenos e comuns no A1; Muitos poros médios no A3 e B22; Poros pequenos e médios no B1 e B21; Poros pequenos e comuns no B3.

Tabela 1 – Análise granulométrica e relação silte/argila.

Horizonte	Composição granulométrica TFSA				Silte/Argila	
	Prof. m	Areia grossa	Areia fina	Silte		Argila
		%				
A1	0 - 0,30	17,0	23,6	9,2	50,2	0,18
A3	0,30 - 0,55	20,5	12,1	10,2	57,2	0,18
B1	0,55 - 0,74	13,7	21,9	9,2	55,2	0,17
B21	0,74 - 1,00	16,0	22,6	6,2	55,2	0,11
B22	1,00 - 1,40	12,5	20,1	22,2	45,2	0,49
B3	1,40 - 1,65	14,6	21,0	19,2	45,2	0,42
C1	1,65 - 1,83	15,1	25,5	24,2	35,2	0,69
C2	1,83 - 2,05 <sup>+</sup>	17,2	22,4	31,2	29,2	1,07

Tabela 2 – pH,  $\Delta$  pH, C orgânico, N orgânico e relação C/N.

Hor.	pH		$\Delta$ pH	C	N	C/N
	Água	KCl (N)				
	%					
A1	5,2	4,2	-1,0	0,97	0,084	11,55
A3	5,5	4,2	-1,3	0,52	0,044	11,82
B1	5,4	4,3	-1,1	0,60	0,052	11,54
B21	5,1	4,4	-0,7	0,45	0,038	11,84
B22	5,2	4,7	-0,5	0,30	0,026	11,54
B3	6,0	4,8	-1,2	0,15	0,012	12,50
C1	5,7	4,7	-1,0	0,15	0,012	12,50
C2	5,6	4,5	-1,1	0,07	0,006	11,67

Tabela 3 – Ataque sulfúrico, índices Ki e Kr, relação alumínio/ferro e P assimilável.

Hor.	Ataque sulfúrico (D = 1,47%)					Ki	Kr	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>				
									ppm
A1	17,40	17,59	6,5	0,718	0,043	1,71	1,37	2,71	1
A3	19,18	20,65	7,9	0,892	0,051	1,60	1,28	2,61	1
B1	19,42	21,16	8,4	0,886	0,052	1,52	1,22	2,52	1
B21	20,54	21,16	6,5	0,621	0,031	1,62	1,35	3,26	1
B22	19,18	20,40	6,5	0,694	0,033	1,60	1,33	3,14	1
B3	21,26	21,93	7,8	0,688	0,025	1,59	1,30	2,81	1
C1	22,04	21,67	7,1	0,634	0,025	1,76	1,46	3,05	1
C2	22,44	21,16	5,9	0,484	0,019	1,76	1,50	3,59	1

Tabela 4 – Complexo sortivo, CTC, soma por bases e saturação com alumínio trocável.

Hor.	Complexo sortivo (Meq/100g)								V	$\frac{100 \times \text{Al}^{3+}}{\text{Al}^{3+} + \text{S}}$
	Al <sup>3+</sup>	Ca <sup>2+</sup> +Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	S	CTCe	H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup>	CTC*		
									%	
A1	1,6	0,6	0,048	0,008	0,656	2,256	5,6	6,256	10,48	70,92
A3	1,0	0,6	0,035	0,016	0,651	1,651	4,6	5,251	12,40	60,57
B1	1,0	0,6	0,022	0,024	0,646	1,646	4,3	4,496	13,06	60,75
B21	0,8	0,6	0,022	0,016	0,638	1,438	3,0	3,638	17,54	55,63
B22	0,6	0,4	0,015	0,016	0,431	1,031	2,6	3,031	14,22	58,20
B3	0,2	0,4	0,008	0,024	0,432	0,632	2,0	2,432	17,76	31,64
C1	0,4	0,4	0,012	0,016	0,428	0,828	1,6	2,028	21,10	48,31
C2	0,6	0,4	0,008	0,008	0,416	1,016	2,0	2,416	17,22	59,06

\*CTC: Método indireto.

## Perfil HA 7

Classificação – LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO PODZOLIZADO com A moderado textura argilosa relevo forte ondulado substrato de rochas ácidas.

Coordenada UTM (WGS84 23K) – 501.613 m x 7.652.446 m.

Unidade de mapeamento – LVPd2.

Situação e declive – Corte de entrada situado a meia encosta da elevação, com 25% de declive.

Material originário – Rocha ácida.

Relevo local – Forte ondulado.

Erosão – Laminar ligeira.

Drenagem – Bem drenado.

Uso atual – Frutas e pastagem.

## Descrição Morfológica

A1 – 0 - 0,20 m; vermelho-acinzentado (2,5YR 5/2, úmido) e bruno-avermelhado-claro (5YR 6/3, seco); argila; moderada pequena a média granular; ligeiramente dura, friável, ligeiramente pegajosa; transição difusa e plana.

A3 – 0,20 - 0,45 m; amarelo-avermelhado (5YR 7/6, úmido) e rosado (5YR 8/4, seco); argila; moderada pequena a média granular; ligeiramente dura, muito friável, ligeiramente plástica e não pegajosa; transição gradual e plana.

B1 – 0,45 - 0,75 m; amarelo-avermelhado (5YR 7/6, úmido) e rosado (5YR 8/4, seco); argila; moderada pequena a média blocos subangulares; cerosidade pouca e fraca; ligeiramente dura, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição gradual e plana.

B21 – 0,75 - 1,00 m; amarelo-avermelhado (5YR 7/6, úmido) e rosado (5YR 8/4, seco); argila; moderada pequena blocos subangulares; cerosidade moderada e média; ligeiramente dura, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição gradual e plana.

B22 – 1,00 - 1,35 m; amarelo-avermelhado (5YR 7/6, úmido) e rosado (5YR 8/4, seco); argila; moderada pequena blocos subangulares; cerosidade moderada e média; ligeiramente dura, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição gradual.

B3 – 1,35<sup>+</sup> m; amarelo-avermelhado (5YR 7/6, úmido) e rosado (5YR 7/4, seco); argila; fraca pequena blocos subangulares; ligeiramente dura, muito friável, não plástica e ligeiramente pegajosa.

Raízes – Comuns no A1; Poucas e médias no A3; Raras no B1

Observações – Nas profundidades 75 e 135cm o perfil apresenta uma linha de pedras constituídas na sua maioria por seixos arredondados e desarestados, com diâmetro médio entre 3 a 5 cm e coloração clara de pontuações arroxeadas. Nota-se ao longo do perfil a presença de grãos angulosos e subangulosos de quartzo, com granulometria sub-centimétrica, em todos horizontes, exceto no A1. Poros poucos e pequenos no B1, B22 e B3; Poros comuns e pequenos no A1, A3 e B21.

Tabela 1 – Análise granulométrica e relação silte/argila.

Horizonte	Composição granulométrica TFSA					Silte/Argila
	Prof. m	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	
		%				
A1	0 - 0,20	9,60	19,60	5,60	65,20	0,086
A3	0,20 - 0,45	10,80	26,40	3,60	59,20	0,061
B1	0,45 - 0,75	9,30	21,90	6,50	63,20	0,089
B21	0,75 - 1,00	11,10	22,10	7,60	65,20	0,117
B22	1,00 - 1,35	9,80	21,40	3,60	59,20	0,061
B3	1,35 <sup>+</sup>	11,00	22,20	7,60	59,20	0,128

Tabela 2 – pH,  $\Delta$  pH, C orgânico, N orgânico e relação C/N.

Hor.	pH		$\Delta$ pH	C	N	C/N
	Água	KCl (N)				
	%					
A1	5,2	4,1	-1,1	0,75	0,065	11,54
A3	5,2	4,2	-1,0	0,60	0,052	11,54
B11	5,2	4,5	-0,7	0,37	0,032	11,56
B12	5,3	4,8	-0,5	0,90	0,078	11,54
B21	5,3	4,9	-0,4	0,70	0,006	11,67
B22	5,8	5,5	-0,3	0,15	0,013	11,54

Tabela 3 – Ataque sulfúrico, índices Ki e Kr, relação alumínio/ferro e P assimilável.

Hor.	Ataque sulfúrico (D = 1,47%)					Ki	Kr	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>				
	ppm								
A1	21,96	25,24	5,50	0,600	0,035	1,48	1,30	4,59	1
A3	20,44	23,71	5,30	0,565	0,027	1,46	1,28	4,47	1
B11	21,94	26,52	5,70	0,606	0,028	1,41	1,24	4,65	1
B12	22,02	26,77	5,60	0,591	0,028	1,40	1,23	4,78	1
B21	23,76	28,30	6,10	0,647	0,031	1,43	1,25	4,64	1
B22	22,40	26,01	5,60	0,591	0,025	1,46	1,29	4,64	1

Tabela 4 – Complexo sortivo, CTC, soma por bases e saturação com alumínio trocável.

Hor.	Complexo sortivo (Meq/100g)								V	$\frac{100 \times \text{Al}^{3+}}{\text{Al}^{3+} + \text{S}}$
	Al <sup>3+</sup>	Ca <sup>2+</sup> +Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	S	CTCe	H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup>	CTC*		
									%	
A1	0,4	0,8	0,050	0,008	0,858	2,258	1,3	2,16	39,72	62,00
A3	0,5	0,8	0,015	0,008	0,823	1,323	3,0	3,82	21,54	37,79
B11	0,4	0,6	0,008	0,008	0,616	1,016	2,0	2,62	23,51	39,37
B12	0,2	0,4	0,015	0,008	0,423	0,623	1,3	1,72	24,59	32,10
B21	0,2	0,4	0,012	0,008	0,420	0,620	0,7	1,12	37,50	32,26
B22	0,2	0,4	0,030	0,008	0,438	0,638	3,0	3,44	12,73	31,35

\*CTC: Método indireto.

## Perfil HA 8

Classificação – LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO PODZOLIZADO Distrófico com A moderado textura argilosa relevo ondulado substrato de rochas ácidas.

Coordenada UTM (WGS84 23K) – 503.366 m x 7.651.950 m.

Unidade de mapeamento – LVPd3.

Situação e declive – Trincheira aberta no terço superior da encosta com 7% de declividade.

Material originário – Rocha ácida.

Pedregosidade – Não pedregosa.

Relevo local – Ondulado.

Erosão – Laminar ligeira.

Drenagem – Bem drenado.

Uso atual – Cultura da soja.

## Descrição Morfológica

Ap – 0 - 0,19 m; bruno-avermelhado (5YR 4/3, úmido) e bruno-avermelhado (5YR 5/3, seco); argila; moderada média granular; ligeiramente dura, firme, plástica e ligeiramente pegajosa; transição gradual e plana.

A12 – 0,19 - 0,43 m; bruno-avermelhado (5YR 5/3, úmido) e bruno-avermelhado-claro (5YR 6/3, seco); argila; moderada pequena granular; macia, muito friável, plástica e pegajosa; transição gradual e plana.

A3 – 0,43 - 0,59 m; bruno-avermelhado (5YR 5/3, úmido) e bruno-avermelhado-claro (5YR 6/3, seco); argila; forte pequena a média blocos subangulares; dura, friável, não plástica e não pegajosa; transição gradual e plana.

B21 – 0,59 - 1,00 m; vermelho-amarelado (5,5YR 5/6, úmido) e bruno-avermelhado-claro (2,5YR 6/4, seco); argila; forte pequena a média blocos subangulares; dura, friável, não plástica e não pegajosa; transição difusa e plana.

B22 – 1,00 - 1,48 m; vermelho-amarelado (5YR 5/8, úmido), vermelho-amarelado (5YR 6/8, seco); argila; moderada pequena a média blocos subangulares; ligeiramente dura, muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição difusa e plana. raízes escassas.

B3 – 1,48 - 1,83 m; vermelho (2,5YR 5/8, úmido) e vermelho-claro (2,5YR 6/6, seco); argila; moderada pequena a média blocos subangulares; ligeiramente dura, muito friável, ligeiramente plástica e não pegajosa; transição difusa e plana.

Raízes – Abundantes no A1; Muitas no A2; Poucas no A3; Escassas no B21 e B22.

Observações – Muitos poros médios no A1 e B22; Poros comuns e pequenos no A2 e B3; Poros comuns e médios no B21.

Tabela 1 – Análise granulométrica e relação silte/argila.

Horizonte	Composição granulométrica TFSA					Silte/Argila
	Prof. m	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	
		%				
Ap	0 - 0,19	9,6	19,6	5,6	65,2	0,086
A12	0,19 - 0,43	10,8	26,4	3,6	59,2	0,061
B3	0,43 - 0,59	9,3	21,9	5,6	63,2	0,089
B21	0,59 - 1,00	11,1	22,1	7,6	59,2	0,128
B22T	1,00 - 1,48	9,8	21,4	3,6	65,2	0,055
B3	1,48 - 1,83	11,0	22,2	7,6	59,2	0,128

Tabela 2 – pH,  $\Delta$  pH, C orgânico, N orgânico e relação C/N.

Hor.	pH		$\Delta$ pH	C	N	C/N
	Água	KCl (N)				
	%					
A1	5,5	4,4	-1,1	1,28	0,110	11,64
A3	4,8	4,0	-0,8	0,78	0,067	11,64
B11	5,0	4,1	-0,9	0,71	0,061	11,64
B12	5,2	4,3	-0,9	0,42	0,036	11,67
B21	4,6	4,5	-0,1	0,14	0,012	11,67
B22	4,7	4,5	-0,2	0,21	0,018	11,67

Tabela 3 – Ataque sulfúrico, índices Ki e Kr, relação alumínio/ferro e P assimilável.

Hor.	Ataque sulfúrico (D = 1,47%)					Ki	Kr	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>				
	ppm								
A1	17,78	18,87	3,1	0,402	0,025	1,60	1,45	6,09	1
A3	17,32	18,36	2,8	0,385	0,020	1,61	1,45	6,56	1
B11	18,14	20,40	2,8	0,445	0,002	1,51	1,37	7,29	1
B12	20,74	27,54	4,2	0,490	0,020	1,30	1,17	6,56	1
B21	22,50	31,36	4,8	0,557	0,025	1,23	1,12	6,53	1
B22	25,60	29,07	4,1	0,531	0,017	1,48	1,34	7,09	1

Tabela 4 – Complexo sortivo, CTC, soma por bases e saturação com alumínio trocável.

Hor.	Complexo sortivo (Meq/100g)								V	$\frac{100 \times \text{Al}^{3+}}{\text{Al}^{3+} + \text{S}}$
	Al <sup>3+</sup>	Ca <sup>2+</sup> +Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	S	CTCe	H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup>	CTC*		
									%	
A1	0,4	3,4	0,138	0,008	3,546	3,946	4,9	5,446	65,11	10,14
A3	1,4	0,6	0,042	0,008	0,650	2,050	4,3	4,950	13,13	68,29
B11	1,0	1,2	0,030	-	1,230	2,230	3,3	4,530	24,15	44,84
B12	0,4	1,4	0,015	-	1,415	1,815	3,3	4,715	30,01	22,04
B21	0,4	1,0	0,008	-	1,008	1,408	1,3	2,308	43,67	28,41
B22	0,4	0,6	0,007	8,040	0,710	1,110	4,6	5,310	13,37	36,04

\*CTC: Método indireto.

## Perfil HA 9

Classificação – LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO HÚMICO Distrófico com A proeminente textura argiloarenosa relevo ondulado fase cerrado em transição para floresta latifoliada tropical substrato de rocha ácida.

Coordenada UTM (WGS84 23K) – 504.259 m x 7.653.119 m.

Unidade de mapeamento – LVH.

Situação e declive – Trincheira aberta na área de pastagens, com 16% de declividade.

Material originário – Rocha ácida (provavelmente granito).

Pedregosidade – Não pedregosa.

Rochosidade: Não rochosa.

Relevo local – Forte ondulado.

Erosão – Laminar ligeira.

Drenagem – Bem drenado.

Vegetação primária – Capoeira.

Uso atual – Pastagem.

## Descrição Morfológica

A1 – 0 - 0,75 m; bruno-escuro (7,5YR 3/2, seco) e bruno-avermelhado-escuro (5YR 2,5/2, úmido); argiloarenosa; fraca pequena a média blocos subangulares; muito dura, firme, ligeiramente plástica e pegajosa; transição gradual e plana.

A3– 0,75 - 1,03 m; vermelho-amarelado (5YR 4/6, seco) e bruno-avermelhado-escuro (5YR 3/5, úmido); argila moderada; muito pequena a pequena granular; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição gradual e plana.

B11 – 1,03 - 1,18 m; vermelho-amarelado (5YR 5/6, seco) e bruno-avermelhado-escuro (5YR 3/4, úmido); argila pesada; fraca muito pequena a pequena prismática colunar; ligeiramente dura, muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição gradual e plana.

B12 – 1,18 - 1,46 m; vermelho-amarelado (5YR 5/6, seco) e bruno-avermelhado-escuro (5YR 3/4, úmido); argila pesada; fraca pequena bloco subangulares; macia, muito friável, plástica e não pegajosa; transição gradual e plana.

B21 – 1,46 - 1,66 m; vermelho-amarelado (5YR 5/6, seco) e vermelho-amarelado (5YR 4/6, úmido); argila pesada; fraca grande blocos subangulares; macia, friável, plástica e pegajosa; transição gradual e plana.

B22 – 1,66<sup>+</sup> m; vermelho-amarelado (5YR 5/6, seco) e vermelho-amarelado (5YR 4/6 úmido); argila pesada; fraca grande blocos subangulares; solta, muito friável, ligeiramente plástica e pegajosa; transição gradual e plana.

Raízes – Comuns no A1 e poucas no A2.

Observações – Poucos poros e muito pequenos no A1; Muitos poros pequenos no A2, A3 e B21; Poros comuns e médios B12; Muitos poros e comuns no B22.

Tabela 1 – Análise granulométrica e relação silte/argila.

Horizonte	Composição granulométrica TFSA					Silte/Argila
	Prof. m	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	
		%				
A1	0 - 0,75	20,3	24,9	1,6	53,2	0,300
A3	0,75 - 1,03	10,4	22,8	3,6	63,2	0,057
B11	1,03 - 1,18	9,5	22,7	1,6	66,2	0,024
B12	1,18 - 1,46	9,5	25,7	1,6	63,2	0,025
B21	1,46 - 1,66	8,7	17,3	3,6	70,4	0,051
B22	1,66 <sup>+</sup>	8,1	17,9	0,6	73,4	0,008

Tabela 2 – pH,  $\Delta$  pH, C orgânico, N orgânico e relação C/N.

Hor.	pH		$\Delta$ pH	C	N	C/N
	Água	KCl (N)				
	%					
A1	4,7	4,1	-0,8	1,95	0,168	11,61
A3	5,0	4,2	-0,8	0,90	0,078	11,54
B11	4,9	4,1	-0,8	0,67	0,058	11,55
B12	4,9	4,2	-0,7	0,60	0,052	11,54
B21	5,1	4,3	-0,8	0,60	0,052	11,54
B22	4,9	4,6	-0,3	0,45	0,038	11,84

Tabela 3 – Ataque sulfúrico, índices Ki e Kr, relação alumínio/ferro e P assimilável.

Hor.	Ataque sulfúrico (D = 1,47%)					Ki	Kr	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>				
	ppm								
A1	17,88	22,18	7,8	0,927	0,067	1,37	1,12	2,84	2
A3	19,32	24,99	8,4	1,021	0,064	1,31	1,08	2,98	1
B11	20,12	26,77	8,7	0,965	0,063	,28	1,06	3,08	1
B12	18,94	25,50	8,6	0,896	0,063	1,26	1,04	2,96	1
B21	20,72	25,50	9,2	1,086	0,067	1,38	1,12	2,77	1
B22	19,56	26,52	8,9	0,978	0,060	1,25	1,03	2,98	1

Tabela 4 – Complexo sortivo, CTC, soma por bases e saturação com alumínio trocável.

Hor.	Complexo sortivo (Meq/100g)								V	$\frac{100 \times \text{Al}^{3+}}{\text{Al}^{3+} + \text{S}}$
	Al <sup>3+</sup>	Ca <sup>2+</sup> +Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	S	CTCe	H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup>	CTC*		
									%	
A1	2,4	0,4	0,08	-	0,56	2,960	2,3	2,962	18,01	81,01
A3	1,6	0,4	0,05	-	0,45	2,050	2,6	4,650	9,68	78,05
B11	1,2	0,4	0,04	-	0,44	1,640	1,3	2,940	14,96	73,17
B12	1,0	0,2	0,03	-	0,23	1,230	4,3	5,530	4,16	81,30
B21	0,8	0,2	0,03	0,08	0,31	1,110	4,9	6,010	5,16	72,07
B22	0,2	0,2	0,07	0,08	0,35	0,550	4,3	4,850	7,22	36,36

\*CTC: Método indireto.

## **Perfil HA 10**

Classificação – LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO CÂMBICO Distrófico álico argiloarenosa relevo ondulado substrato de rocha ácida.

Coordenada UTM (WGS84 23K) – 503.942 m x 7.652.599 m.

Unidade de mapeamento – LVC.

Situação e declive – Trincheira aberta em área cultivada com soja no topo da elevação, com 7% de declive.

Material originário – Rocha ácida.

Pedregosidade – Não pedregosa.

Rochosidade: Não rochosa.

Relevo local – Ondulado.

Erosão – Laminar ligeira.

Drenagem – Acentuadamente drenado.

Vegetação primária – Campo cerrado.

Uso atual – Cultura de soja anual.

## **Descrição Morfológica**

A1 – 0 - 0,36 m; amarelo-avermelhado (7,5YR 6/6, seco) e bruno-forte (7,5YR 5/6, úmido); franco-argiloarenosa; moderada pequena a média granular; ligeiramente dura, friável, ligeiramente plástica e não pegajosa; transição gradual e plana.

A2 – 0,36 - 0,56 m; rosado (7,5YR 7/4, seco) e amarelo-avermelhado (7,5YR 6/6, úmido); franco-argiloarenosa; moderada pequena granular; ligeiramente dura, friável, ligeiramente plástica e não pegajosa; transição gradual e plana.

B2 – 0,56 - 1,15 m; amarelo-avermelhado (7,5YR 7/6, seco) e amarelo-avermelhado (7,5YR 6/6, úmido); argiloarenosa; moderada pequena granular; ligeiramente dura, muito friável, ligeiramente plástica e não pegajosa; transição gradual e plana.

B3 – 1,15 - 1,85 m; amarelo-avermelhado (5YR 6/8, seco) e vermelho-amarelado (5YR 5/8, úmido); argiloarenosa; fraca pequena a média blocos subangulares; ligeiramente dura, muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa.

Raízes – Raras em A1 e A2.

Observações – Poros pequenos e comuns em A1, A2, B2 e B3.

Tabela 1 – Análise granulométrica e relação silte/argila.

Horizonte	Prof. m	Composição granulométrica TFSA				Silte/Argila
		Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	
		%				
A1	0 - 0,36	17,5	47,7	7,6	27,2	0,279
A2	0,36 - 0,56	14,3	46,9	9,6	29,2	0,329
B2	0,56 - 1,15	15,1	36,1	7,6	41,2	0,184
B3	1,15 - 1,85	13,0	34,2	8,6	44,2	0,194

Tabela 2 – pH, Δ pH, C orgânico, N orgânico e relação C/N.

Hor.	pH		Δ pH	C	N	C/N
	Água	KCl (N)				
	%					
A1	5,0	4,2	-0,8	0,50	0,043	11,62
A2	5,2	4,4	-0,8	0,50	0,043	11,62
B2	5,0	4,4	-0,6	0,35	0,030	11,66
B3	6,1	5,5	-0,6	0,21	0,018	11,66

Tabela 3 – Ataque sulfúrico, índices Ki e Kr, relação alumínio/ferro e P assimilável.

Hor.	Ataque sulfúrico (D = 1,47%)					Ki	Kr	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>				
	ppm								
A1	11,16	14,53	3,4	0,507	0,015	1,36	1,18	4,27	1
A2	13,04	15,81	3,4	0,557	0,015	1,38	1,22	4,65	1
B2	18,40	22,44	3,6	0,499	0,009	1,41	1,28	6,23	1
B3	24,14	26,52	4,1	0,520	0,012	1,54	1,40	6,47	1

Tabela 4 – Complexo sortivo, CTC, soma por bases e saturação com alumínio trocável.

Hor.	Complexo sortivo (Meq/100g)								V	$\frac{100 \times Al^{3+}}{Al^{3+}+S}$
	Al <sup>3+</sup>	Ca <sup>2+</sup> +Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	S	CTCe	H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup>	CTC*		
	%									
A1	0,6	0,40	0,11	0,008	0,518	1,118	2,3	3,42	15,15	53,67
A2	0,8	0,40	0,02	0,008	0,428	1,228	2,6	3,03	14,12	65,15
B2	0,6	0,40	0,01	-	0,410	1,010	1,3	1,71	23,98	59,40
B3	0,2	0,20	0,005	0,016	0,221	0,421	4,3	4,52	4,89	47,50

\*CTC: Método indireto.

## **Perfil HA 11**

Classificação: Associação Aluvial/Hidromórfico, com horizonte A rico em matéria orgânica e eutrófico sobre camadas estratificadas com características peculiares aos diferentes ciclos de deposição afetados por condições de hidromorfismo relevo plano.

Unidade de mapeamento – Ae.

Coordenada UTM (WGS84 23K) – 503.723 m x 7.653.213 m.

Situação e declive – Trincheira aberta em área de cultivo de arroz em relevo plano.

Litologia e formação geológica – Aluviões recentes.

Material originário – Sedimento argilo-arenoso inconsolidado.

Pedregosidade – Ausente.

Rochosidade – Não rochoso.

Relevo local – Plano.

Erosão – Não aparente.

Drenagem – Mal drenado.

Vegetação primária – Campo de cerrado.

Uso atual – Parte da área com cultivo de arroz.

## **Descrição Morfológica**

A1 – 0 – 0,12 m; vermelho-amarelado (5YR 4/6, úmido) e bruno-forte (7,5YR 5/8, úmido); argila fina; pequena a média granular muito dura; firme, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana.

Camada 2 – 0,12 - 0,28 m; bruno-avermelhado-escuro (5YR 3/4, úmido) e bruno-forte (7,5YR 5/8, úmido); moderada; solta, muito friável, não plástica e não pegajosa; transição plana.

Camada 3 – 0,28 – 0,40 m; vermelho-amarelado (5YR 4/6, úmido) e bruno-forte (7,5YR 5/8, úmido); dura; friável, plástica e pegajosa; transição plana.

Camada 4 – 0,40 - 0,52 m; bruno (7,5YR, úmido); macia, muito friável, não plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana.

Camada 5 – 0,52 - 0,68 m; bruno (7,5YR 4/4, úmido) e bruno-forte (7,5YR 5/6, úmido); ligeiramente dura, firme, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana.

Trado 1 – 0,65 - 0,90 m; bruno (7,5YR 4/4, úmido).

Trado 2 – 0,90 - 1,30 m; bruno (7,5YR 4/4, úmido).

Raízes – Muitas no A1 e Camada 2; Comuns na Camada 3; Poucas na Camada 4.

Tabela 1 – Análise granulométrica e relação silte/argila.

Horizonte	Composição granulométrica TFSA					Silte/Argila
	Prof.	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	
	m	%				
A1	0 - 0,12	0,703	0,444	34,200	53,000	0,645
Camada 2	0,12 - 0,28	6,724	0,576	3,600	23,000	0,156
Camada 3	0,28 - 0,40	0,154	0,975	67,700	38,000	0,439
Camada 4	0,40 - 0,52	6,943	0,941	7,700	13,000	0,592
Camada 5	0,52 - 0,65	0,114	0,728	52,400	38,000	1,379
Trado 1	0,65 - 0,90	3,047	0,340	27,200	48,000	0,667
Trado 2	0,90 - 130	0,812	0,446	43,000	43,000	1,000

Tabela 2 – pH,  $\Delta$  pH, C orgânico, N orgânico e relação C/N.

Hor.	pH		$\Delta$ pH	C	N	C/N
	Água	KCl (N)				
	%					
A1	6,0	4,9	-1,1	3,07	0,26	11,80
Camada 2	6,0	4,8	-1,2	0,64	0,06	10,67
Camada 3	5,5	4,3	-1,2	1,21	0,10	12,10
Camada 4	5,4	4,3	-1,1	0,50	0,04	12,50
Camada 5	5,2	4,1	-1,1	2,07	0,18	11,50
Trado 1	5,3	4,1	-1,2	1,86	0,16	11,62
Trado 2	5,2	4,2	-1,0	3,29	0,28	11,75

Tabela 3 – Ataque sulfúrico, índices Ki e Kr, relação alumínio/ferro e P assimilável.

Hor.	Ataque sulfúrico (D = 1,47%)					Ki	Kr	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>				
	ppm								
A1	20,54	21,16	6,5	0,621	0,031	1,65	1,38	5,11	1
Camada 2	18,66	20,40	6,5	0,765	0,034	1,66	1,29	4,92	1
Camada 3	19,18	20,40	6,5	0,694	0,033	1,60	1,33	4,92	1
Camada 4	21,26	21,93	7,8	0,688	0,025	1,65	1,34	4,41	1
Camada 5	22,04	21,67	7,1	0,634	0,025	1,73	1,43	4,79	1
Trado 1	22,44	21,16	5,9	0,484	0,019	1,80	1,53	4,62	1
Trado 2	22,94	20,65	6,7	0,522	0,013	1,89	1,56	4,83	1

Tabela 4 – Complexo sortivo, CTC, soma por bases e saturação com alumínio trocável.

Hor.	Complexo sortivo (Meq/100g)								V	$\frac{100 \times \text{Al}^{3+}}{\text{Al}^{3+} + \text{S}}$
	Al <sup>3+</sup>	Ca <sup>2+</sup> +Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	S	CTCe	H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup>	CTC*		
									%	
A1	0,6	4,2	0,19	0,144	4,534	5,134	2,60	7,734	58,62	11,69
Camada 2	0,2	1,0	0,02	0,040	1,060	1,260	2,00	3,260	32,52	15,87
Camada 3	0,2	1,4	0,03	0,064	1,494	1,694	1,60	3,294	45,36	11,81
Camada 4	0,2	0,4	0,01	0,032	0,442	0,642	2,00	2,642	16,73	31,15
Camada 5	0,1	1,6	0,02	0,088	1,708	2,108	1,30	3,408	50,11	18,98
Trado 1	0,6	1,2	0,01	0,080	1,290	1,890	2,00	3,890	33,16	31,75
Trado 2	0,4	2,8	0,03	0,096	2,926	3,326	2,00	5,326	54,94	12,03

\*CTC: Método indireto.

## Métodos de análise de solos

As amostras de solos foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneiras com abertura de 2 mm de diâmetro. Na fração maior que 2 mm, fez-se a separação de cascalhos e calhaus. A fração inferior a 2 mm constitui a terra fina seca ao ar, onde foram feitas as determinações físicas e químicas descritas a seguir.

### 1. Análises Físicas

Análise Granulométrica (com dispersão) – determinada por sedimentação em cilindro de Koettgen, sendo usado NaOH (em casos especiais o Calgon) como agente de dispersão e agitador de alta rotação. A argila foi determinada pelo hidrômetro de Bouyoucos. Foram determinadas as quatro frações que se seguem: areia grossa (0,2 mm), areia fina (0,2 - 0,5 mm), silte (0,05 - 0,002 mm) e argila (< 0,002 mm). Os resultados das análises são apresentados em números decimais, apesar de não ser significativa.

Relação silte/argila – obtida dividindo-se a porcentagem de silte pela porcentagem de argila.

### 2. Análises Químicas - VETTORI (1969)

Carbono Orgânico – determinado por oxidação da matéria orgânica com bicromato de potássio 0,4 N, segundo o método de Tiurin (VETTORI, 1969).

Nitrogênio Orgânico – foi determinado por cálculos, a saber: através do carbono determinado em laboratório usou-se a seguinte fórmula:  $\% C \times 1,724 = M. O.$   $M. O. \div 20 = \% N$

pH em água e KCl normal – determinados potenciométricamente numa suspensão sólido-líquido de aproximadamente 1:2,5 e o tempo de contato nunca inferior a meia hora, agitando-se a suspensão imediatamente antes da leitura.

P assimilável – extraído com uma solução 0,5 N em HCl e 0,025 N em H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (North Carolina). O P é dosado calorimetricamente pela redução do complexo fosfomolibdico com ácido ascórbico, em presença de sal de bismuto.

Ataque pelo H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (d = 1,17) – sob refluxo, 2 g de terra fina seca ao ar foram fervidos durante uma hora com 50 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (d = 1,17); terminada a fervura, o material foi resfriado, diluído e filtrado para balão aferido de 250 ml, nele sendo feitas as determinações a seguir:

SiO<sub>2</sub>: a sílica, proveniente dos silicatos atacados pelo ácido sulfúrico de densidade 1,47 foi determinada fervendo -se durante meia hora o resíduo da determinação anterior com 200 ml de

solução de  $\text{Na}_3\text{CO}_3$  a 5% em becker de metal Monel; em uma alíquota dessa solução já filtrada, determinou-se a sílica colorimetricamente.

$\text{Al}_2\text{O}_3$ : em 50 ml do ataque sulfúrico são separados os outros metais pesados com  $\text{NaOH}$  a 30% em excesso; uma alíquota desse filtrado é neutralizada com  $\text{HCl}$ , gota a gota e o alumínio determinado colorimetricamente, pelo EDTA.

$\text{Fe}_2\text{O}_3$ : determinado em 50 ml de ataque sulfúrico pelo método calorimétrico clássico de água oxigenada, após a eliminação da matéria orgânica pelo aquecimento de algumas gotas de solução de concentrada de  $\text{KMnO}_4$ .

$\text{P}_2\text{O}_5$ : determinado colorimetricamente no filtrado do ataque sulfúrico pela redução do complexo fosfomolibdico com ácido ascórbico, em presença de sal de bismuto.

Ki e Kr – as relações Ki e Kr, isto é, as relações  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  e  $\text{SiO}_2/(\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3)$ , foram calculadas sob forma molecular, baseadas nas determinações acima descritas, resultantes do ataque sulfúrico na própria terra fina e não na fração argila uma vez que os resultados se equivalem na grande maioria dos casos.

Relação  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Fe}_2\text{O}_3$  – calculada sob forma molecular a partir dos resultados do ataque sulfúrico.

$\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{Al}^{3+}$  permutáveis – extraídos com solução normal de  $\text{KCl}$  na proporção 1:10. Numa alíquota determinou-se o  $\text{Al}^{3+}$  pela titulação da acidez, usando-se azul bromotimol como indicador. Em outra alíquota, após determinação de  $\text{Al}^{3+}$ , determinou-se  $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$  pelo EDTA. Em outra alíquota do extrato de  $\text{KCl}$ , determinou-se  $\text{Ca}^{2+}$ .

$\text{K}^+$  e  $\text{Na}^+$  permutáveis – extraídos com  $\text{HCl}$  0,05 N e determinados por fotometria de chama.

Valor de S (bases permutáveis) – obtido pela soma de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  e  $\text{Na}^+$ .

$\text{H}^+$  e  $\text{Al}^{3+}$  permutáveis – extraídos com acetato de cálcio normal de pH 7 e titulada a acidez resultante pelo  $\text{NaOH}$ , 0,1 N, usando-se fenolftaleína com indicador.

$\text{H}^+$  permutável – calculado subtraindo-se o valor de  $\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$  o valor de  $\text{Al}^{3+}$ .

Valor T (capacidade de permuta de cátions) – obtido pelo soma de S,  $\text{H}^+$  e  $\text{Al}^{3+}$ .

Valor V (saturação de bases) – calculado pelo fórmula:  $\frac{S \times 100}{T}$ .

Saturação com alumínio trocável – calculada pela fórmula:  $\frac{100 \times \text{Al}^{3+}}{\text{Al}^{3+} + S}$ .

VETTORI, L. **Métodos de análise de solos**. Rio de Janeiro, Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo (Boletim Técnico n.7). 1969. 24 p.

## ANEXO E

**Mapeamento de solos e magnetismo no campus da UFLA. Fonte:** CURI et al., 2017.

**Tabela** – Unidades de Mapeamento Pedológico (UMP). (Continua)

Ponto	Latitude	Longitude	UMP	Legenda
1	7651268	502986	LVe6	Latossolo Vermelho Eutrófico típico, textura muito argilosa, horizonte A moderado
2	7651489	502612	LVAe2	Latossolo Vermelho-Amarelo Eutrófico típico, textura argilosa, horizonte A moderado
3	7651489	502798	PAd2	Argissolo Amarelo Distrófico típico, textura argilosa, horizonte A moderado
4	7651489	502985	PVAe2	Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico típico, textura argilosa, horizonte A moderado
5	7651489	503171	PVAd2	Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico, textura argilosa, horizonte A moderado
6	7651674	502426	LVAe1	Latossolo Vermelho-Amarelo Eutrófico típico, textura argilosa, horizonte A inexistente
7	7651674	502612	LAd1	Latossolo Amarelo Distrófico típico, textura argilosa, horizonte A moderado
8	7651674	502798	LVAd2	Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico, textura argilosa, horizonte A moderado
9	7651674	502985	LVe5	Latossolo Vermelho Eutrófico típico, textura muito argilosa, horizonte A fraco
10	7651674	503171	LVd3	Latossolo Vermelho Distrófico típico, textura muito argilosa, horizonte A fraco
11	7651860	502239	LAe	Latossolo Amarelo Eutrófico típico, textura argilosa, endocascalhamento, horizonte A fraco
12	7651860	502426	PVAd5	Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico, textura argilosa/muito argilosa, horizonte A fraco
13	7651888	502581	PAd2	Argissolo Amarelo Distrófico típico, textura argilosa, horizonte A moderado
14	7651860	502851	LVAd6	Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico, textura muito argilosa, horizonte A moderado
15	7651830	502989	LVAd2	Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico, textura argilosa, horizonte A moderado

**Tabela** – Unidades de Mapeamento Pedológico (UMP). (Continua)

<b>Ponto</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>	<b>UMP</b>	<b>Legenda</b>
16	7651859	503171	LVd3	Latossolo Vermelho Distrófico típico, textura muito argilosa, horizonte A fraco
17	7651859	503358	LVe4	Latossolo Vermelho Eutrófico típico, textura argilosa, horizonte A moderado
18	7651859	503544	LVAe3	Latossolo Vermelho-Amarelo Eutrófico típico, textura muito argilosa, horizonte A moderado
19	7652045	501680	PVe1	Argissolo Vermelho Eutrófico típico, textura média/argilosa, horizonte A moderado
20	7652045	501866	PVAd4	Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico, textura argilosa, horizonte A moderado, moderadamente profundo
21	7652023	502053	GXbd2	Gleissolo Háptico Tb Distrófico típico, textura argilosa, horizonte A moderado
22	7652020	502188	GXbd1	Gleissolo Háptico Tb Distrófico típico, textura média, horizonte A moderado
23	7652045	502426	CXbdf	Cambissolo Háptico Tb Distroférico típico, textura argilosa, horizonte A moderado
24	7652040	502592	LVd2	Latossolo Vermelho Distrófico típico, textura argilosa, horizonte A moderado
25	7652045	502798	NVe1	Nitossolo Vermelho Eutrófico latossólico, textura argilosa, epipedregoso, horizonte A moderado
26	7652045	502985	GMbd	Gleissolo Melânico Tb Distrófico típico, textura argilosa, horizonte A moderado
27	7652040	503180	LVd2	Latossolo Vermelho Distrófico típico, textura argilosa, horizonte A moderado
28	7652045	503358	GXbd2	Gleissolo Háptico Tb Distrófico típico, textura argilosa, horizonte A moderado
29	7652045	503544	LVd4	Latossolo Vermelho Distrófico típico, textura muito argilosa, horizonte A moderado
30	7652256	501499	CXbd5	Cambissolo Háptico Tb Distrófico típico, textura argilosa, horizonte A moderado
31	7652230	501680	CXbe1	Cambissolo Háptico Tb Eutrófico típico, textura argilosa, horizonte A moderado, moderadamente profundo
32	7652230	501866	LVe2	Latossolo Vermelho Eutrófico típico, textura argilosa, horizonte A fraco
33	7652230	502053	PVd2	Argissolo Vermelho Distrófico típico, textura argilosa, horizonte A fraco

**Tabela** – Unidades de Mapeamento Pedológico (UMP). (Continua)

<b>Ponto</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>	<b>UMP</b>	<b>Legenda</b>
34	7652230	502239	NVd1	Nitossolo Vermelho Distrófico latossólico, textura argilosa, horizonte A fraco
35	7652281	502327	LVdf2	Latossolo Vermelho Distroférico típico, textura muito argilosa, horizonte A moderado
36	7652230	502985	LVd2	Latossolo Vermelho Distrófico típico, textura argilosa, horizonte A moderado
37	7652230	503171	PVd4	Argissolo Vermelho Distrófico típico, textura argilosa/muito argilosa, horizonte A moderado, férrico
38	7652230	503358	LVdf1	Latossolo Vermelho Distroférico típico, textura argilosa, horizonte A moderado
39	7652230	503544	LVd4	Latossolo Vermelho Distrófico típico, textura muito argilosa, horizonte A moderado
40	7652230	503731	LVd4	Latossolo Vermelho Distrófico típico, textura muito argilosa, horizonte A moderado
41	7652428	501153	LVd1	Latossolo Vermelho Distrófico típico, textura argilosa, horizonte A fraco
42	7652426	501339	CXbd3	Cambissolo Háptico Tb Distrófico típico, textura argilosa, horizonte A proeminente
43	7652416	501494	CXbe3	Cambissolo Háptico Tb Eutrófico típico, textura argilosa, horizonte A moderado
44	7652419	501662	PVAd6	Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico, textura argilosa/muito argilosa, horizonte A moderado
45	7652416	501866	PVAe1	Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico típico, textura média/argilosa, epipedregoso, endocascalento, horizonte A moderado
46	7652409	502015	PVAd1	Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico, textura média/argilosa, horizonte A moderado
47	7652416	502239	LVdf2	Latossolo Vermelho Distroférico típico, textura muito argilosa, horizonte A moderado
48	7652436	503105	LVdf2	Latossolo Vermelho Distroférico típico, textura muito argilosa, horizonte A moderado
49	7652415	503358	LVd4	Latossolo Vermelho Distrófico típico, textura muito argilosa, horizonte A moderado
50	7652415	503544	LVAe3	Latossolo Vermelho-Amarelo Eutrófico típico, textura muito argilosa, horizonte A moderado
51	7652415	503731	LVd3	Latossolo Vermelho Distrófico típico, textura muito argilosa, horizonte A fraco

**Tabela** – Unidades de Mapeamento Pedológico (UMP). (Continua)

<b>Ponto</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>	<b>UMP</b>	<b>Legenda</b>
53	7652459	504114	PVAd6	Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico, textura argilosa/muito argilosa, horizonte A moderado
54	7652601	501494	CXbd5	Cambissolo Háptico Tb Distrófico típico, textura argilosa, horizonte A moderado
55	7652601	501680	RRd	Neossolo Regolítico Distrófico típico, textura média, horizonte A fraco, Corpos d'água
56	7652613	502948	LVdf2	Latossolo Vermelho Distroférrico típico, textura muito argilosa, horizonte A moderado
57	7652635	503365	LVAd6	Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico, textura muito argilosa, horizonte A moderado
58	7652601	503544	LVAd4	Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico, textura argilosa, horizonte A proeminente
59	7652601	503731	LVd4	Latossolo Vermelho Distrófico típico, textura muito argilosa, horizonte A moderado
60	7652601	503917	PVAd7	Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico, textura muito argilosa, horizonte A moderado
61	7652601	504104	LVAd5	Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico, textura muito argilosa, horizonte A fraco
62	7652770	501490	CXbd5	Cambissolo Háptico Tb Distrófico típico, textura argilosa, horizonte A moderado
63	7652797	501689	LVAd2	Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico, textura argilosa, horizonte A moderado
64	7652786	502985	LVef	Latossolo Vermelho Eutroférrico típico, textura muito argilosa, horizonte A fraco
65	7652810	503208	LVd4	Latossolo Vermelho Distrófico típico, textura muito argilosa, horizonte A moderado
66	7652786	503358	PVAe3	Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico típico, textura muito argilosa, horizonte A moderado
67	7652889	503589	PVAe3	Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico típico, textura muito argilosa, horizonte A moderado
68	7652786	503731	CXbe2	Cambissolo Háptico Tb Eutrófico típico, textura argilosa, horizonte A moderado, adensado, moderadamente drenado
69	7652744	503940	LAd2	Latossolo Amarelo Distrófico típico, textura muito argilosa, horizonte A moderado, adensado
70	7652786	504104	PVAd4	Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico, textura argilosa, horizonte A moderado, moderadamente profundo

**Tabela** – Unidades de Mapeamento Pedológico (UMP). (Continua)

<b>Ponto</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>	<b>UMP</b>	<b>Legenda</b>
71	7652972	502985	LVd4	Latossolo Vermelho Distrófico típico, textura muito argilosa, horizonte A moderado
72	7652972	503172	LVd4	Latossolo Vermelho Distrófico típico, textura muito argilosa, horizonte A moderado
73	7652972	503358	NVd2	Nitossolo Vermelho Distrófico típico, textura argilosa, horizonte A fraco
74	7652972	503544	PVe2	Argissolo Vermelho Eutrófico típico, textura argilosa, horizonte A fraco
75	7652971	503731	LVe1	Latossolo Vermelho Eutrófico típico, textura argilosa, endocascalhento, horizonte A fraco
76	7652974	503922	PVd1	Argissolo Vermelho Distrófico típico, textura média, horizonte A moderado
77	7652971	504104	PVAd2	Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico, textura argilosa, horizonte A moderado
78	7652971	504290	LAd1	Latossolo Amarelo Distrófico típico, textura argilosa, horizonte A moderado
79	7653157	503172	LVAdf	Latossolo Vermelho-Amarelo Distroférico típico, textura argilosa, horizonte A moderado, adensado
80	7653191	503358	LVd2	Latossolo Vermelho Distrófico típico, textura argilosa, horizonte A moderado
81	7653157	503544	LVe3	Latossolo Vermelho Eutrófico típico, textura argilosa, cascalhento, horizonte A moderado
82	7653164	503714	CXbd1	Cambissolo Háptico Tb Distrófico típico, textura média, horizonte A moderado
83	7653135	503904	PAd1	Argissolo Amarelo Distrófico típico, textura argilosa, epipedregoso, horizonte A moderado
84	7653157	504104	LVAd3	Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico, textura argilosa, horizonte A moderado, adensado
85	7653378	503203	LVAe2	Latossolo Vermelho-Amarelo Eutrófico típico, textura argilosa, horizonte A moderado
86	7653342	503358	LVe4	Latossolo Vermelho Eutrófico típico, textura argilosa, horizonte A moderado
87	7653349	503555	PVAe2	Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico típico, textura argilosa, horizonte A moderado
88	7653410	503721	PVAd2	Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico, textura argilosa, horizonte A moderado
89	7653365	503941	PVAd3	Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico, textura argilosa, horizonte A moderado, adensado

**Tabela** – Unidades de Mapeamento Pedológico (UMP). (Continua)

<b>Ponto</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>	<b>UMP</b>	<b>Legenda</b>
90	7653528	503172	PVAe2	Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico típico, textura argilosa, horizonte A moderado
91	7652204	502899	PVef	Argissolo Vermelho Eutroférico latossólico, textura argilosa, horizonte A moderado
92	7651887	503071	LVd4	Latossolo Vermelho Distrófico típico, textura muito argilosa, horizonte A moderado
93	7651729	502909	CXbd4	Cambissolo Háptico Tb Distrófico típico, textura argilosa, epicascalhento, horizonte A moderado
94	7651631	502824	GXbd2	Gleissolo Háptico Tb Distrófico típico, textura argilosa, horizonte A moderado
95	7651886	502505	LVA d2	Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico, textura argilosa, horizonte A moderado
96	7651872	502160	LVA d2	Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico, textura argilosa, horizonte A moderado
97	7652088	502248	PVA d2	Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico, textura argilosa, horizonte A moderado
98	7652308	502070	PVA d6	Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico, textura argilosa/muito argilosa, horizonte A moderado
99	7652330	502131	PVd3	Argissolo Vermelho Distrófico típico, textura argilosa, horizonte A moderado
100	7652119	501923	CXbd5	Cambissolo Háptico Tb Distrófico típico, textura argilosa, horizonte A moderado
101	7652321	501439	CXbd2	Cambissolo Háptico Tb Distrófico típico, textura média, epicascalhento, horizonte A moderado
102	7652474	501174	LVd2	Latossolo Vermelho Distrófico típico, textura argilosa, horizonte A moderado
103	7651602	502738	LVA d1	Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico, textura argilosa, epicascalhento, horizonte A moderado
104	7653187	503203	PVAe2	Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico típico, textura argilosa, horizonte A moderado
105	7653049	503306	NVd4	Nitossolo Vermelho Distrófico típico, textura muito argilosa, horizonte A moderado
106	7653093	503373	NVe2	Nitossolo Vermelho Eutrófico típico, textura argilosa, horizonte A moderado
107	7653454	503227	PVAe4	Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico típico, textura argilosa/muito argilosa, horizonte A moderado
108	7653489	503417	NVd3	Nitossolo Vermelho Distrófico típico, textura argilosa, horizonte A proeminente

**Tabela** – Unidades de Mapeamento Pedológico (UMP). (Continua)

<b>Ponto</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>	<b>UMP</b>	<b>Legenda</b>
109	7652678	503963	LVAd4	Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico, textura argilosa, horizonte A proeminente
110	7652324	503763	LVdf2	Latossolo Vermelho Distroférico típico, textura muito argilosa, horizonte A moderado
111	7652560	503312	LVd4	Latossolo Vermelho Distrófico típico, textura muito argilosa, horizonte A moderado
112	7652512	501983	PVAd2	Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico, textura argilosa, horizonte A moderado
113	7652536	502074	PVd4	Argissolo Vermelho Distrófico típico, textura argilosa/muito argilosa, horizonte A moderado, férrico
114	7652653	501608	CXbd5	Cambissolo Háplico Tb Distrófico típico, textura argilosa, horizonte A moderado
115	7652293	501532	CXbd4	Cambissolo Háplico Tb Distrófico típico, textura argilosa, epicascalhento, horizonte A moderado
116	7652343	502364	LVdf2	Latossolo Vermelho Distroférico típico, textura muito argilosa, horizonte A moderado
117	7651373	502699	LVAd2	Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico, textura argilosa, horizonte A moderado
118	7651257	503128	LVe6	Latossolo Vermelho Eutrófico típico, textura muito argilosa, horizonte A moderado
119	7652415	502239	LVdf	Latossolo Vermelho Distrófico típico
120	7651885	503076	LVd	Latossolo Vermelho Distrófico típico
121	7651255	503133	LVe	Latossolo Vermelho Eutrófico típico
122	7651669	502803	LVAd	Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico
123	7651884	502510	LVAd	Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico
124	7651600	502743	LVAd	Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico
125	7652328	502136	PVd	Argissolo Vermelho Distrófico típico
126	7652202	502904	PVef	Argissolo Vermelho Eutroférico típico
127	7652319	501444	CXbd	Cambissolo Háplico Tb Distrófico típico

**Tabela** – Unidades de Mapeamento Pedológico (UMP). (Conclusão)

<b>Ponto</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>	<b>UMP</b>	<b>Legenda</b>
128	7653487	503422	NVd	Nitossolo Vermelho Distrófico típico