

ANDERSON ALMEIDA PACHECO

**PEDOGÊNESE E DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DOS SOLOS DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO ALEGRE – ES**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2011

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

P116p
2011

Pacheco, Anderson Almeida, 1981-
Pedogênese e distribuição espacial dos solos da bacia
hidrográfica do rio Alegre-ES / Anderson Almeida Pacheco.
– Viçosa, MG, 2011.
xi, 104f. : il. (algumas col.) ; 29cm.

Orientador: João Carlos Ker.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
Referências bibliográficas: f. 96-104

1. Solos - Classificação. 2. Solos - Formação.
3. Levantamentos do solo. 4. Solos - Morfologia.
5. Mineralogia do solo. 6. Alegre, Rio, Bacia (ES).
7. Caulinita. I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22. ed. 631.44

ANDERSON ALMEIDA PACHECO

**PEDOGÊNESE E DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DOS SOLOS DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO ALEGRE - ES**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Viçosa, como
parte das exigências do Programa de
Pós-Graduação em Solos e Nutrição de
Plantas, para obtenção do título de
Magister Scientiae.

APROVADA: 22 de Fevereiro de 2011.



Prof. Maurício Paulo Ferreira Fontes
(Co-orientador)



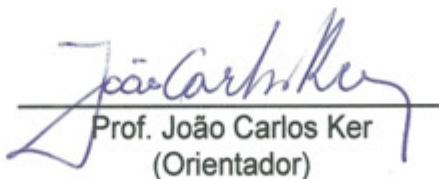
Prof. Elpídio Inácio F. Filho
(Co-orientador)



Prof. Felipe Vaz Andrade



Prof. Renato Ribeiro Passos



Prof. João Carlos Ker
(Orientador)

*“O que vale na vida não é o ponto de partida e sim a caminhada.
Caminhando e semeando, no fim terás o que colher”.*

Cora Coralina

AGRADECIMENTOS

À minha família, em especial a meus pais Mario Pacheco e Cely Almeida Pacheco pelo amor incondicional, força e dedicação. A meus irmãos Antonio Carlos e Alessandra pelo amor, confiança e incentivo. A meus cunhados Heliete e Marcelo pelo carinho e apoio. A meus queridos sobrinhos Brian, Bruna e Amanda pela alegria. A meu primo/irmão Vinícius pela confiança, carinho e amizade, e a toda a minha família por compreender minha ausência.

Ao CNPq pela concessão da bolsa, possibilitando a concretização deste trabalho.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Solos, por proporcionar minha formação profissional e pela oportunidade de realização deste curso.

Ao professor João Carlos Ker, pela orientação eficiente, ensinamentos transmitidos, dedicação, críticas, sugestões, apoio e amizade, e a valorosa contribuição a minha formação profissional e pessoal.

À Universidade Federal do Espírito Santo por ceder as informações disponíveis referentes à Bacia Hidrográfica do Rio Alegre – ES.

Ao professor Felipe Vaz Andrade pela ajuda incondicional aos trabalhos de campos e suporte na realização deste trabalho e, acima de tudo, por sua amizade.

Aos professores Renato Ribeiro Passos e Elpídio Inácio Fernandes Filho pela grande colaboração e apoio.

Ao professor Mauricio Paulo Ferreira Fontes pela valiosa ajuda paciência e constante disponibilidade, que muito enriqueceram meu aprendizado.

Aos professores Mauricio Paulo Ferreira Fontes, João Carlos Ker, Jaime Wilson Vargas de Mello, Victor Hugo Alvarez V., Hugo Alberto Ruiz, Raphael B. A. Fernandes, Genelício Crusoé Rocha, Walter Antônio Pereira Abrahão, Júlio César Lima Neves e Ivo Jucksch pelos valiosos ensinamentos durante suas disciplinas, as quais fortaleceram as bases do meu conhecimento.

Ao professor Carlos Ernesto Gonçalves Reynaud Schaefer, pela amizade e auxílio na descrição micromorfológica dos solos.

Ao professor João Luiz Lani por me proporcionar grande aprendizado durante a graduação.

Aos eternos amigos Paulo Ricardo, Alan, Delmar, Eliziane, Ellen, Diana, Ênio, Natália, Aline, Bárbara, Carolina, Jaime, Jailson, Julina Vanir, Maola pelo convívio, apoio e amizade.

Aos amigos/irmãos da “Republica Lucimar” Paulo Ricardo, Leonardo, Ricardo, Guilherme e Maike pela paciência, amizade, companheirismo e muitas alegrias.

Aos eternos amigos de minha graduação Paulo Ricardo, Felipe “bob”, Pedro Matarazzo, Andreza, Juliana, Alan, João Paulo, Dalila Seni, Dalilla Resende, Lucas, Bruno, Tiago aos quais Declaro eternas saudades e agradeço pela amizade e alegria que me proporcionaram.

A minha grande amiga Rita Maria de Souza, pelo carinho, atenção, aprendizado, companheirismo, amor e acima de tudo por ser meu anjo da guarda.

Aos técnicos do Departamento de solos Claudio, Bene, Geraldo, Mario, José Francisco, Carlos Fonseca, Braz pela colaboração prestada nos laboratórios.

As secretarias do Departamento de Solos Lucina, Claudia e Sonia por sua atenção e ajuda.

BIOGRAFIA

ANDERSON ALMEIDA PACHECO, filho de Mario Pacheco e Cely Almeida Pacheco, nasceu em 29 de outubro de 1981, em Cachoeiro de Itapemirim – ES.

Graduado em Agronomia pela Universidade Federal de Viçosa, em 2009. No período de 2005 a 2008 foi bolsista de Iniciação Científica (PIBIC-CNPq) sob a orientação do professor João Luiz Lani.

Em março de 2009, iniciou o curso de Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas na Universidade Federal de Viçosa, sob a orientação do professor João Carlos Ker, obtendo o título de *Magister Scientiae* em fevereiro de 2011.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	viii
ABSTRACT	xi
1. INTRODUÇÃO	01
2. REVISÃO DE LITERATURA	04
2.1. O ambiente Mares de Morros Florestados	04
2.2. Intemperismo	10
2.3. Caulinita	12
2.4. Gleização	16
3. MATERIAL E MÉTODOS	23
3.1. Caracterização da Área de Estudo	23
3.1.1. Localização	23
3.1.2. Geologia	23
3.1.3. Geomorfologia	25
3.1.4. Vegetação	26
3.1.5. Clima	26
3.2. Seleção dos Perfis, Topossequências e Coleta das Amostras de Solos ..	27
3.3. Levantamento e Classificação de Solos	29
3.4. Caracterização Física do Solo	29
3.4.1. Análises físicas	29
3.5. Caracterização Química do Solo	30

3.5.1. Análises de fertilidade dos solos	30
3.5.2. Ataque sulfúrico	30
3.5.3. Fee Al extraídos por ditionito-citrato-bicarbonato (DCB) e oxalato ácido de amônio	31
3.6. Caracterização Mineralógica	31
3.7. Caracterização Micromorfológica	32
3.8. Índice de Cristalinidade em Caulinitas	32
3.9. Análise Termogravimétrica para Determinação dos Teores de Caulinita e Gibbsita	33
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
4.1. O Ambiente e a Ocupação	34
4.2. Distribuição dos Solos, Classificação e Mapeamento	43
4.3. Caracterização Física e Morfológica dos Solos	46
4.4. Caracterização Química dos Solos	54
4.4.1. Fertilidade dos solos	54
4.4.2. Resultados do ataque sulfúrico	60
4.4.3. Extração de Fe e Al por ditionito-citrato-bicarbonato (DCB) e oxalato ácido de amônio	65
4.5. Caracterização Mineralógica	73
4.5.1. Mineralogia da fração argila	73
4.5.2. Cristalinidade da caulinita	82
4.6. Micromorfologia	92
4.7. Análise Termogravimétrica (ATG) Para Determinação dos Teores de Caulinita e Gibbsita	96
5. CONCLUSÕES	104
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	106
ANEXOS	116
Anexo A - Descrições Morfológicas	117
Apêndice A – Mapa de Geologia da Bacia do Rio Alegre	145
Apêndice B – Modelo Digital de Elevação da Bacia do Rio Alegre	146
Apêndice C – Mapa de Declividade	147
Apêndice D – Mapa de Solos	148

RESUMO

PACHECO, Anderson Almeida, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2011. **Pedogênese e Distribuição Espacial dos Solos da Bacia Hidrográfica do rio Alegre – ES.** Orientador: João Carlos Ker. Coorientadores: Maurício Paulo Ferreira Fontes e Elpídio Inácio Fernandes Filho.

A área de estudo localiza-se ao sul do Estado do Espírito Santo. Corresponde à bacia hidrográfica do rio Alegre, município de Alegre, afluente do rio Itapemirim. A bacia do rio Alegre encontra-se quase que totalmente inserida no amplo domínio dos “Mares de Morros” Florestados (mata atlântica). Foram selecionados e coletados 14 perfis representativos de solos, distribuídos em três topossequências e amostras extras: Topossequência 1 (T1) compreendeu dois Latossolos Amarelos (P1 e P2), um “Pseudogleissolo” (P3) e um Gleissolo Háptico (P4); a Topossequência 2 (T2) foi composta por um Latossolo Amarelo (P5) e um Cambissolo Háptico (P6); e a topossequência 3 (T3) por um Latossolo Amarelo (P7), um “Pseudogleissolo” (P8) e um Gleissolo Háptico (P9). Coletou-se dois perfis de Cambissolos Hápticos (P10 e P11), um Cambissolo Húmico (P12), um Argissolo Vermelho (P13) e um Neossolo Flúvico (P14) para representar o ambiente destas classes. Foi executado mapeamento semi-detalhado dos solos da bacia hidrográfica do rio Alegre, na escala de 1:50.000, utilizando o método do caminamento livre. A área é tipicamente de pequenas e médias propriedades rurais. Excetuando as áreas ocupadas com pastagens e com os fragmentos florestais, a diversificação de culturas já se faz notar: reflorestamento com eucalipto (*Eucalyptus* spp); cultivo de pupunha (*Euterpe edulis*); café (*Coffea arabica* L.) é cultivado como cultura solteira, ou às vezes, cultivado com culturas como milho (*Zea mays*), feijão

(*Phaseolus vulgaris* L.) e banana (*Musa spp.*), principalmente. As classes de relevo predominante na bacia hidrográfica do rio Alegre são ondulado e forte ondulado, podendo se considerar também o montanhoso. A bacia conta com uma área de aproximadamente 20518,77 ha, e devido à predominância de relevos mais acidentados, a área vem sendo usada pela agricultura familiar. No levantamento de solo realizado, a classe predominante é o Latossolo Vermelho-Amarelo (LVAd), correspondendo a mais de 80% da área. Sendo que no total da unidade de mapeamento LVAd existem as inclusões de Argissolo Vermelho-Amarelo, Latossolo Amarelo, Cambissolo Háplico e afloramentos de rocha. A segunda unidade de mapeamento de maior expressividade são os Cambissolos Háplicos (CXbd) com um pouco mais de 13% da área. Na unidade de mapeamento dos Cambissolos Háplicos (CXbd1) se encontra inclusões de Latossolo Vermelho-Amarelo e de Cambissolo Húmico. Os Gleissolos Háplicos com unidade de mapeamento GXbd, se encontra espacializado na área da bacia do rio Alegre, nas áreas de relevo plano. Nesta unidade de mapeamento encontra-se a inclusão do Pseudogleissolo, classe que ainda não definida no Sistema Brasileiro de Classificação de Solo (Embrapa, 2006). Essa classe se encontra em posição na paisagem em relevo suave ondulado, sempre na seqüência de um Gleissolo. O Pseudogleissolo possui todas as características de um Gleissolo, mas seu regime de umidade constante não existe mais, sendo assim, não se enquadrando na classe dos Gleissolos. Os teores das frações granulométricas variaram de muito argiloso a franco arenosa, ou seja, teores de argila de 200 a 700 g kg⁻¹, uma vez que o material granito-gnaiss apresenta granulação fina a média, justificando os teores mais elevados de argila. Os solos estudados são distróficos (V < 50%), com valores de soma de bases (Valor S), em geral, menor que 0,5 cmol_c dm⁻³ e baixa capacidade de troca de cátions (CTC), em geral inferior a 7,0 cmol_c dm⁻³. Valores estes que refletem o alto grau de intemperismo e lixiviação sofridos. Os teores de Al³⁺ são considerados altos, mas não o suficiente para caracterizá-los como álicos ou alumínicos. Os valores das relações moleculares Ki e Kr variaram, respectivamente, de 0,69 a 1,48 e de 0,62 a 1,43 para os horizontes subsuperficiais e 0,86 a 1,39 e de 0,71 a 1,34 para os horizontes superficiais dos solos estudados. Esses valores indicam a alto grau de intemperismo sofrido por esses materiais, característica essa observada em todos os solos estudados. Observou-se uma tendência de

valores maiores da relação Feo/Fed no horizonte superficial que nos subsuperficiais dos perfis que predominaram formas de ferro cristalino, ou seja, o P1, P2, P5, P6 e P7, evidenciando o efeito da matéria orgânica na inibição da cristalinidade dos óxidos de ferro. Essa tendência deixa de ser observada nos perfis com maiores teores de ferro amorfo, recuperados pelo oxalato de amônio. Os difratogramas apresentam picos em 0,718, 0,446, 0,358, 0,238 nm, indicando a presença da caulinita, argilomineral que prevalece na fração argila desses solos. A presença de gibbsita, identificada pelos picos do DRX 0,485 e 0,437 nm, na maioria dos solos caracteriza-os como intensamente intemperizados. A remoção de sílica e de bases pela percolação de grande quantidade de água, num período mais úmido, resultou numa solução de solo, com uma concentração iônica tal que a gibbsita seria o argilomineral mais estável. Os valores obtidos a partir do índice de cristalinidade de Hughes & Brown (1979) para as caulinitas dos solos estudados encontraram-se variando entre 9,65 e 23,16 nos Latossolos; 11,86 a 22,52 nos Pseudogleissolos e Gleissolos e 16,08 a 48,25 nos Cambissolos Háplicos. As maiores variações nas características micromorfológicas foram encontradas no grau de desenvolvimento da pedalidade e nas feições micropedológicas. O Latossolo Vermelho-Amarelo (P1) apresentou plasma constituído por material isotrópico típico. No horizonte A foram observados raras zonas anisotrópicas com fraca pedalidade, e microestrutura composta de blocos subangulares a forte média granular. Encontraram-se muitas feições micropedológicas como canais e microgalerias, atualmente preenchidas com matriz mineral, pelotas fecais termíticas com tamanho variando de 10 a 50 µm e pelotas excrementais indiscriminadas de microartrópodes. Esta feição é condizente com a descrição da estrutura a campo e parece ser um fato comum em muitos Latossolos Vermelho – Amarelo desenvolvidos sobre rochas cristalinas em locais dos mares de morros do Brasil sudeste. Em todos os solos analisados os teores de caulinita foram superiores aos de gibbsita, com exceção do P10, um Cambissolo Háplico. Mesmo assim estes teores de gibbsita são considerados elevados, uma vez que a área de estudo se caracteriza como intensamente intemperizada. A remoção da sílica e de bases pela percolação de grandes quantidades de água, em períodos mais úmidos, resultou numa solução de solo, com uma concentração iônica tal que a gibbsita seria o argilo mineral mais estável.

ABSTRACT

PACHECO, Anderson Almeida, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2011. **Pedogenesis and Spatial Distribution of Soil Alegre river basin – ES.** Adviser: João Carlos Ker. Co-advisers: Maurício Paulo Ferreira Fontes e Elpídio Inácio Fernandes Filho.

The study area is located south of Espírito Santo. Corresponds to the river basin Alegre municipality of Alegre, a tributary of the river Itapemirim. The river basin Alegre is almost fully inserted in the broad field of "Mares de Morros" forested (rainforest). Were selected and collected 14 representative soil profiles were divided into three toposequences and extra samples: Toposequence 1 (T1) comprised two Oxisols Yellow (P1 and P2), an "Pseudogleissolo" (P3) and Haplic Gleysoil (P4), the toposequence 2 (T2) was composed by an Oxisol (P5) and Cambisol (P6); topossequence and 3 (T3) by an Oxisol (P7), a 'Pseudogleissolo "(P8) and Haplic Gleysoil (P9). Was collected two profiles Haplic Cambisols (P10 and P11), one Haplumbrept (P12), a Red (P13) and Fluvent (P14) to represent the atmosphere of these classes. Was performed semi-detailed mapping of the soils of river basin Alegre, in the scale of 1:50,000, using the method of traversal free. The area is typically small and medium farms. Except for the areas occupied by pastures and forest fragments, diversification of crops already notes: reforestation with eucalyptus (*Eucalyptus* spp); cultivation of peach palm (*Euterpe edulis*), coffee (*Coffea arabica* L.) is grown as a single crop, or sometimes cultivated with crops such as corn (*Zea mays*), beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and banana (*Musa* spp.) mainly. The

relief classes prevalent in river basin Alegre are wavy and strongly undulated, may also consider the mountain. The basin has an area of approximately 20,518.77 ha, and due to the predominance of reliefs rougher, the area has been used by family farms. In soil survey conducted, the predominant class is the Oxisol (LVAd), corresponding to more than 80% of the area. Since the total mapping unit inclusions are LVAd Ultisol, Oxisol, Cambisol and rock outcroppings. The second mapping unit higher expressividade are Haplic Cambisols (TD) with a little over 13% of the area. In mapping unit of Haplic Cambisols (CXbd1) is inclusions Oxisol and Haplic Cambisol Húmico. Os Gleissolos with mapping unit GXbd, is spatialized in the area of the river basin areas Alegre relief plan. Is this map unit inclusion of Pseudogleissolo, class is not yet defined in the Brazilian System of Soil Classification (Embrapa, 2006). This class is in a position in the landscape undulated relief, always in the sequence of a Gleysol. The Pseudogleissolo has all the characteristics of an Ultisol, but his regime is no more constant moisture, so not matching the class of Gleissolos. The contents of particle size fractions ranging from the very sandy loam clay, or clay content of 200-700 g kg⁻¹, since the material has the granite-gneiss grained average, justifying higher levels of clay. The soils are dystrophic (V <50%), with values of sum of bases (S value), generally less than 0.5 cmol_c dm⁻³ and low cation exchange capacity (CEC), generally less than 7.0 cmol_c dm⁻³. These values reflect the high degree of weathering and leaching suffered. The content of Al³⁺ is considered high, but not enough to characterize them as alic or aluminic. The values of Kr and Ki molecular relationships ranging respectively from 0.69 to 1.48 and 0.62 to 1.43 for the subsurface horizons and from 0.86 to 1.39 and 0.71 to 1.34 for the surface horizons of the soils studied. These values indicate a high degree of weathering suffered by such materials, this feature observed in all soils. There was a tendency for higher values of the Feo / Fed in the surface horizon than in subsurface profiles of the predominant forms of crystalline iron, ie, P1, P2, P5, P6 and P7, showing the effect of organic matter in the inhibition the crystallinity of the iron oxides. This trend is no longer observed in the profiles with higher content of amorphous iron, recovered by ammonium oxalate. The XRD patterns show peaks at 0.718, 0.446, 0.358, 0.238 nm, indicating the presence of kaolinite clay mineral that prevails in the clay fraction of these soils. The presence of gibbsite identified by XRD peaks 0.485 and 0.437 nm the majority of the soil is

characterized as a heavily weathered. The removal of silica and bases by percolating large amount of water, moist in a longer period, resulting in a soil solution with an ionic concentration such that the clay mineral gibbsite would be more stable. The values obtained from the crystallinity index of Hughes & Brown (1979) for kaolinite in the soils were found ranging between 9.65 and 23.16 in Oxisols, from 11.86 to 22.52 in Pseudogleissolos and Gleissolos and 16, 08 to 48.25 in Haplic Cambisols. The largest variations in micromorphological characteristics were found in the degree of development and the pedallidade micropedological features. The Oxisol (P1) showed a plasma consisting of isotropic material typical. On the horizon were observed anisotropic rare areas with weak pedallidade and microstructure composed of the strong medium subangular blocky granular. Met many micropedological features like channels and microgalerias currently filled with mineral matrix, fecal pellets termíticas with size ranging from 10 to 50 m and excremental pellets indiscriminate microarthropods. This feature is consistent with the description of the structure in the field and seems to be a common occurrence in many dystrophic Red - Yellow developed on crystalline rocks in places Seas hills of southeastern Brazil. In all soils the amounts of kaolinite were superior to gibbsite, with the exception of P10, cambisol Háplico. Mesmo so these amounts of gibbsite are considered high, since the study area is characterized as intensely weathered. The removal of silica and bases by percolation of large quantities of water in wet periods, resulting in a soil solution at a concentration such that the ionic seriously clay mineral gibbsite more stable.

1. INTRODUÇÃO

Informações sobre o meio físico são fundamentais no planejamento da ocupação racional das terras e gestão ambiental e importante no desenvolvimento de uma região. Dessa forma, o desenvolvimento econômico e social pode ser harmonizado com a conservação e proteção dos recursos naturais, que são os requisitos básicos para o desenvolvimento sustentável. Dentre esses recursos, o solo, devido a sua importante participação nos ciclos biogeoquímicos e hidrológicos, é um dos alicerces no funcionamento dos ecossistemas ou agrossistemas.

Inserida no sul do Espírito Santo, a bacia hidrográfica do rio Alegre faz parte do amplo domínio dos “Mares de Morros” Florestados, ambiente este de região acidentada coberta originalmente por floresta tropical (Mata Atlântica), com substrato de rochas cristalinas, principalmente gnáissicas e graníticas.

O processo de formação dos “Mares de Morros” envolve um conjunto de processos fisiográficos e ecológicos capazes de "arredondar" as vertentes de rochas cristalinas até o nível de uma feição geométrica policonvexa (Ab'Saber & Marigo, 2009). Com a formação generalizada de vertentes arredondadas e solos tropicais, processa-se a instalação de ambientes tropicais úmidos, incluindo o revestimento da floresta tropical úmida ou sub-úmida.

Os Latossolos Vermelho-Amarelos (LVA) distróficos são os solos dominantes, sobretudo nas áreas mais úmidas deste domínio morfoclimático (Brasil, 1983), mas com o critério de cor estabelecido pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 2006), muitos solos com horizonte Bw,

neste domínio morfoclimático, sobretudo quando desenvolvidos de rochas granitóides mais félsicas, apresentam cor amarelada (7,5 YR), sendo classificados como Latossolos Amarelos (LA). Neste caso, mesmo quando argilosos, não são coesos.

É interessante destacar que nos pequenos terraços constatados em alguns locais da área de abrangência do rio Alegre, ocorrem solos muito desferrificados, de coloração cinzenta clara, e de difícil enquadramento taxonômico no SiBCS (Embrapa, 2006), uma vez que nem sempre apresentam plintita em quantidade suficiente para serem classificados como Plintossolos, assim como nem encontram-se saturados por água para serem identificados como Gleissolos. Por ocasião do trabalho de reconhecimento da área, solos desta natureza foram chamados “Pseudogleis”.

Uma vez que a geologia da bacia hidrográfica do rio Alegre indica a presença dos granitos-gnaiss, pode-se detalhar que essas rochas podem produzir uma grande variabilidade de produtos durante a ação do intemperismo. Os minerais secundários formados dependem das novas condições de equilíbrio dinâmico encontradas. Estudos realizados sobre rochas graníticas em vários tipos climáticos no sudeste do Brasil observaram que a caulinita é o mineral secundário mais encontrado, principalmente como resultado da desagregação e alteração química do feldspato (Melfi et al., 1983).

A presença de caulinita e gibbsita nos solos é condicionada basicamente pelo conteúdo de sílica, decorrente da evolução pedogenética. Dessa forma quando a dessilicatização é moderada, é favorecida a gênese da caulinita, enquanto que em condições de dessilicatização avançada, forma-se a gibbsita, que é o mineral mais comum em Latossolos evoluídos, onde o processo de latolização foi mais intenso.

Com a finalidade inicial de determinar os tipos de defeitos estruturais de forma qualitativa e, posteriormente, sua abundância de forma quantitativa, a estrutura das caulinitas tem sido estudada à muitos anos. Sob condições de clima tropical úmido, a caulinita frequentemente apresenta baixo grau de cristalinidade, sendo esta dependendo de características químicas e morfológicas e de fatores pedobioclimáticos, uma vez que a presença de Fe^{3+} na estrutura é considerada um dos fatores que reduz a cristalinidade e aumenta a área superficial específica da caulinita. Essas modificações estruturais alteram propriedades como CTC e CTA.

O presente trabalho teve por objetivo estudar as características químicas, físicas, mineralógicas e micromorfológicas dos solos mais representativos e sobre diferentes materiais de origem da bacia hidrográfica do rio Alegre e elaborar modelos pedogenéticos conceituais dos solos organizados em toposseqüências para fins de melhorar o entendimento da organização espacial dos solos e de sua pedogênese.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. O ambiente Mares de Morros Florestados

O desenvolvimento econômico e social de uma região requer informações sobre o meio físico tão detalhadas quanto possível, uma vez que estas são fundamentais para o planejamento da ocupação racional das terras e gestão ambiental, premissas básicas para o desenvolvimento sustentável.

A bacia do rio Alegre encontra-se quase que totalmente inserida na região serrana do Estado do Espírito Santo, que por sua vez se insere em parte do amplo domínio dos “Mares de Morros” Florestados (mata atlântica), segundo Ab’Saber (1966).

De acordo com este autor, este termo teve sua origem baseada nas observações de Pierre Deffontaines, em 1939, que, referindo-se a certas particularidades do modelado do relevo emoldurado sobre rochas cristalinas (gnaisses e granitos, principalmente), do Brasil tropical atlântico destacou que “os granitos fornecem também cumes arredondado; não se chamam mais “pães de açúcar” e sim “meias laranja” ou “cascos de tartaruga” e que às vezes paisagens inteiras encontravam-se cheias destas calotas, dando um aspecto de agitação marítima, bem definida pela expressão “Mares de Morros”.

Áreas nucleares ou áreas *core* referem-se à porção territorial onde predominam as características principais de um determinado bioma; ou seja, é a área onde os conjuntos faunísticos e florísticos de um dado ecossistema

formam uma paisagem homogênea e que reúne as principais características fisionômicas deste bioma (Ab'Saber, 1966).

A área de relevo movimentado ("Mares de Morros"), recoberto pela mata atlântica, se estende desde a zona da mata nordestina até as regiões cristalinas granito-gnáissicas, mais costeiras dos estados de Santa Catarina e Rio Grande Sul. Sua área *core* abrange as regiões serranas da bacia do Paraíba do Sul e do vale do Rio Doce, e regiões adjacentes. Envolve o Leste de São Paulo, o Sul e o Sudeste de Minas Gerais, o Estado do Rio de Janeiro, a maior parte do Espírito Santo, e o Sul da Bahia, até a borda do Planalto de Maracás (Ab'Saber, 1966; 1970; 1996).

São características comuns deste domínio morfoclimático de acordo com Ab'Saber (1966; 1970; 1996), com comentários adicionais, quando pertinentes, voltados para a área do presente estudo:

"paisagem de forte expressão areolar, que se estende por algumas centenas de milhares de quilômetros quadrados, refletindo a ação dos processos morfoclimáticos tropicais úmidos... com mamelonização universal das vertentes baixas e médias... em uma faixa hipsométrica cuja amplitude é superior a 1.000 metros, pois a partir de 2-3 metros acima do nível do mar, pode atingir 1.000-1.100 metros, ou pouco mais..."

De acordo com Ab'Saber & Marigo (2009) o termo "mamelonização" envolve um conjunto de processos fisiográficos e ecológicos capazes de "arredondar" as vertentes de rochas cristalinas até o nível de uma feição geométrica policonvexa. Com a formação generalizada de vertentes arredondadas e solos tropicais, processa-se a instalação de ambientes tropicais úmidos, incluindo o revestimento da floresta tropical úmida ou sub-úmida (*rain forest*).

Sua área "*core*" encontra-se, sobretudo, nas regiões serranas granito-gnáissicas florestadas do Brasil Sudeste, com tipicidade máxima nas zonas mamelonizadas extensivas da bacia do rio Paraíba do Sul. cobertura florestal contínua (da mata atlântica), por grandes áreas, desde o fundo dos vales, até as mais altas vertentes e interflúvios", ou seja, se tem uma área "*core*", tem também transição para outros domínios morfoclimáticos e, mesmo dentro dele ("Mares de Morro"), tem diversificação da cobertura florestal: desde floresta caducifólia à perenifólia, seguindo um gradiente edafoclimático (Rezende & Resende, 1996).

No caso da bacia hidrográfica do rio Alegre, a vegetação primitiva era a floresta tropical subperenifólia (Embrapa, 1978), que se correlaciona aproximadamente à floresta estacional semidecidual utilizada pelo Projeto Radambrasil (Brasil, 1983), terminologia esta adotada no Mapa de Vegetação do Brasil (IBGE, 1992).

Da cobertura florestal original da bacia hidrográfica do rio Alegre, restam apenas fragmentos (Nascimento, 2005), em razão do intenso desmatamento iniciado a partir da segunda década do século XIX (Novaes, 1970; ATLAS-ES, 2008), para plantio de café e culturas de subsistência. Muito do que era lavoura de café encontra-se, hoje com pastagens, quase que exclusivamente de braquiária.

A floresta foi sempre um indicador ambiental por ocasião da ocupação humana. No caso dos “Mares de Morros” a floresta geralmente indicava solo de alta fertilidade natural, pelo menos na camada superficial. Assim, Von Martius, citado por Pedrosa (1962), em penosa viagem à zona da mata mineira, impressionado com o esplendor da floresta assinalou: “mais ricas do que pelo metal são, entretanto, estas terras pela fertilidade; é de esperar que aqui as minas ainda serão suplantadas pela lavoura”.

A mata exuberante significava, ainda, a possibilidade de encontrar madeira para as primeiras construções ou o primeiro capital para sobrevivência. Por outro lado, em certos casos impunha medo pela possibilidade de se deparar com feras e índios bravios. Além disso, indicava trabalho árduo na derruba, queima, coivara, plantio e colheita, sem contar a faina (trabalho prolongado/árduo) constante com os predadores das lavouras, tais como aves, macacos, capivaras, que devoravam as lavouras de milho, e pragas diversas.

Além de produtos para a alimentação, palmito (*Euterpe edulis*) principalmente, a mata fornecia plantas medicinais. A poaia, já conhecida dos índios, era amplamente explorada na grande extensão da zona da mata dos estados de Minas Gerais, Espírito Santo e Rio de Janeiro. Aliás, não são poucos os autores que relatam que não era em vão a vinda de tantos naturalistas e viajantes, depois da chegada da família imperial no Brasil em 1808. Além do objetivo científico, já se preocupavam em observar a possibilidade de aproveitamento de espécies da mata para fins medicinais.

“corresponde à área de mais profunda decomposição de rochas cristalinas e cristalofílicas, de todo o país, desde 3-8 metros até 40-60 metros de profundidade, salvo nas áreas de ocorrência de “Mares de pedras”, “pães de açúcar”, e de “espinhaços” quartzíticos...”

É bastante peculiar o espesso manto de material intemperizado (regolito), sobretudo nas áreas mais quentes e úmidas dos “Mares de Morros” Florestados, como é o caso da bacia hidrográfica do rio Alegre. A espessura do horizonte C tende a ser bem maior que a espessura do *solum* (horizontes A e B). Esta característica, apesar de muito importante no que diz respeito ao comportamento do solo, passa despercebida se consultar apenas o mapa de solos com sua respectiva legenda.

Por ser o horizonte C apédico, às vezes ainda com registro do bandeamento do gnaíse (Cr), e com maiores teores de areia e silte do que argila é mais facilmente erodível, sendo comum a constatação de sulcos e voçorocas nos cortes de estrada, com conseqüente desmoronamento de encosta e assoreamento dos cursos d'água (Corrêa, 1984; Rezende & Resende, 1996).

“presença extensiva de “red yellow podzolics” (antigos Podzólicos Vermelho Amarelos, atualmente Argissolos Vermelho-Amarelos, ou Latossolos nas vertentes e interflúvios dos morros arredondados e superposição de solos devidas às derradeiras flutuações climáticas do quaternário...”

Latossolos Vermelho-Amarelos (LVA) distróficos são os solos dominantes, sobretudo nas áreas mais úmidas deste domínio morfoclimático. Em razão da natureza mais fina das rochas granitóides, predominam os LVA de textura argilosa, ou até mesmo muito argilosa (Embrapa, 1978; Resende, 1980; Brasil, 1983; Corrêa; 1984; Carvalho Filho, 1991; Fernandes, 1996).

Com o critério de cor estabelecido pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 2006), muitos solos com horizonte Bw, neste domínio morfoclimático, sobretudo quando desenvolvidos de rochas granitóides mais félsicas, apresentam cor amarelada (7,5 YR), sendo classificados como Latossolos Amarelos (LA). Neste caso, mesmo quando argilosos, não são coesos.

Também muito importante nas áreas mais úmidas e íngremes do domínio dos “Mares de Morros” é a ocorrência de Cambissolos Háplicos típicos ou intermediários para Latossolos (Corrêa, 1984; Gomes, 2005). Ocorrem

como unidades de mapeamento simples em várias áreas dos “Mares de Morros”, ou em associação com os Latossolos.

É possível que os Cambissolos não tenham sido citados por Ab`Saber (1966), como solos de ocorrência expressiva nos “Mares de Morros”, talvez pela necessidade de generalização em razão da pouca disponibilidade de informações pedológicas existentes no país naquela época, e mesmo pelo pequeno conhecimento sobre esta classe solos.

Nas áreas de ocorrência dos Cambissolos, quer como componente principal quer fazendo parte de associações, em razão da menor espessura do *solum* e maior superficialidade do horizonte C, a intensidade da erosão é grande, particularmente se comparada com as áreas de domínio dos Latossolos. São comuns nessas situações os desmoranamentos de encostas, com verdadeiras catástrofes, conforme àquelas registradas na mídia nos últimos anos (Blumenau, Itajaí, Angra dos Reis, Terezópolis, Petrópolis, Nova Friburgo etc.).

Os “red yellow podzolics” citados por Ab`Saber (1966), correspondem aos Podzólicos Vermelho-Amarelos, atualmente Argissolos Vermelho-Amarelos (Embrapa, 2006). São solos menos espessos que os Latossolos e apresentam o Bt como horizonte diagnóstico subsuperficial. São muito variáveis quanto à fertilidade natural, sendo comum, inclusive, a ocorrência de Argissolos eutróficos em áreas mais secas do domínio dos “Mares de Morros” (Olszewski, 2004).

Apesar de o nome induzir a se pensar apenas em ambiente de topografia movimentada, o domínio dos “Mares de Morros” apresenta uma intensa rede de drenagem, com várzeas de dimensões variadas, onde se encontram Neossolos Flúvicos, Gleissolos, Argissolos e Cambissolos fase terraço (Amorim et al., 2010; Araujo, 2010).

“drenagem originalmente perene até para os menores ramos das redes hidrográficas regionais, altamente dendritificadas e muito densas, características da região; planícies de inundação meândricas...”

O rio Alegre é um dos principais afluentes do rio Itapemirim, que deságua no Oceano Atlântico. De sua nascente à sua foz, perfaz um total de 10,89 km, com cotas altimétricas variando de 100 a 300 m, lembrando que o rio Alegre não nasce na cabeceira da bacia, existindo assim, outros afluentes dentro da bacia, dos quais possuem cotas altimétricas variando de 1200 a

100 m. Todos os cursos d'água são perenes e os fundos de vale são na forma de V, às vezes com pequenos terraços e várzeas. É forte o controle estrutural da drenagem, fato comum no relevo movimentado das rochas cristalinas do domínio dos “Mares de Morro”, onde o leito do rio Paraíba do Sul é o melhor exemplo (Lamego, 1963; Brasil, 1983).

É interessante destacar que nos pequenos terraços constatados em alguns locais da área de abrangência do rio Alegre, ocorrem solos muito desferificados, de coloração cinzenta clara, e de difícil enquadramento taxonômico no SiBCS (Embrapa, 2006), uma vez que nem sempre apresentam plintita em quantidade suficiente para serem classificados como Plintossolos, nem encontram-se saturados por água para serem identificados como Gleissolos. Por ocasião do trabalho de reconhecimento da área, solos desta natureza foram chamados “Pseudogleis”.

“forte cota de umidade do ar, comportando certa estabilização das condições microclimáticas e ecológicas no interior do ambiente floresta...”

Este um fato marcante na área da bacia hidrográfica do rio Alegre. Mesmo domínio de solos mais rasos, no caso Cambissolos Háplicos, os fragmentos remanescentes da floresta mostram-se, ainda, bastantes verdes mesmo no período seco. Estes solos se encontram em cotas altimétricas mais elevadas, em condições de relevo montanhoso e mesmo escarpado.

“Equilíbrio sutil entre os processos morfoclimáticos, pedológicos, hidrológicos e biogênicos (plenitude da biostasia, conforme a concepção de Henri Erhart, 1955); porém imediato desequilíbrio quando sujeito a ações antrópicas predatórias (resistasia, de Erhart)”.

“Área em que se processou um máximo de camuflagem das feições geomórficas herdadas das fases climáticas anteriores (tais como superfícies aplainadas, pedimentos, terraços climáticos; inselbergs, cabeceiras-em-anfiteatro), devido às extensividades do processo de mamelonização”.

Relevo acidentado (“Mares de Morros”) indicava a natural propensão à erosão do solo. Significava maior dificuldade e desconforto nas práticas corriqueiras que exigem uma lavoura: as capinas, as “chega” de terra, o caminhar diário morro acima, a maior fadiga do gado etc. Inviabilizava o uso do arado, fato mitigado pela peia do indígena e a mão de obra escrava. Indicava, ainda, o isolamento, a falta de comunicação.

Relevo movimentado com “face noruega”, termo tão utilizado na zona da mata mineira e capixaba indicando local mais frio e úmido, em que o sol chega mais tarde. O risco de geada é maior nesses locais; não é local mais indicado para a construção de casas, currais e paióis. Este termo é bem retratado por Monteiro Lobato, em Urupês, conforme cita Souza (1927):

“Depois, como atravessávamos um sombrio pedaço de caminho, com barranco acima, avenças viçosa, samambais e begônias agrestes, disse, apontando para aquilo: - Sabes o que é uma face noruega? Cá tens uma. Não bate o sol, muita folha, muito viço, verdes carregados, mas nada de flores ou frutos. Sempre esta frialdade humida”.

As várzeas dos cursos d’água eram locais de risco para a agricultura em razão das freqüentes inundações no período chuvoso. Por outro lado, eram utilizadas para o cultivo de arroz, e era onde o capim, pangola (*Digitaria decumbens*), principalmente, hoje quase todo substituído pela braquiaria (*Brachiaria decumbens*), vicejava, permitindo o pastoreio praticamente todo o ano. A presença de um curso d’água além complemento protéico na alimentação pela pesca, significava a possibilidade de irrigação, da instalação de um moinho, da lavagem da sujeira, entre outros benefícios (Lamego, 1974).

Todos estes ambientes são encontrados nos cerca de 20.500 ha que compoem a bacia hidrográfica do rio Alegre, afluente do Itapemirim, motivo do presente estudo. Esta bacia hidrográfica, também faz parte da chamada “zona silenciosa ou proibida” (comentada à frente) e encontra-se perfeitamente inserida no Domínio dos Mares de Morros Florestados, de Ab’Saber (1966; 1970).

2.2. Intemperismo

Intemperismo tem sido definido de várias maneiras. Uma das definições mais simples e diretas é apresentada por Bikerland (1984): “intemperismo é a alteração física e química de rochas e minerais na superfície ou próximo à superfície da terra.

Em geral, as rochas e minerais formados sob condições de temperatura e pressão relativamente elevadas, baixa concentração de oxigênio e, a água, se presente, não se encontra em estado líquido. Não é de se esperar, que estas rochas e os minerais assim formados permaneçam estáveis na superfície da litosfera, onde a temperatura e pressão são baixas, e oxigênio e água

abundantes. Eles tendem a se alterar em minerais mais estáveis (equilíbrio dinâmico) nestas novas condições.

De acordo com Paton (1978), a forma geral das reações que ocorrem, podem ser determinadas aplicando-se o “teorema das moderações”, o qual é a forma mais geral da aplicação do princípio de Le Chatellier: qualquer reação ocorrerá no sentido de contrabalançar o efeito da alteração inicial. Assim, se a pressão é mais baixa na superfície da crosta terrestre, para moderar este efeito, o mineral formado sobre condições de pressão elevada, tenderá a alterar-se para minerais menos densos e, que em consequência, ocuparão mais espaço.

O mesmo acontece para temperatura, o novo mineral formado tenderá a ter arranjo estrutural consoante com as novas condições. Em razão das relativamente baixas pressões e temperaturas verificadas na superfície terrestre, a tendência é de formação de minerais de menor tamanho e de composição química e cristalográfica variadas. O novo tipo formado, entretanto, dependerá das condições locais referentes à drenagem, pH, atividade biológica etc, ao longo do tempo (Keller, 1968; Paton, 1978; Suguio, 1982; Nahon, 1991; Oliveira, 2005).

Aos processos de ajustamento às novas condições na superfície da crosta e que culminam com a formação de novos minerais e mesmo rochas, têm sido denominado epimorfismo (Paton, 1978). Assim, intemperismo, termo mais utilizado, pode ser definido como parte dos processos epimórficos, responsáveis pela alteração de rochas e minerais na litosfera, tendo como resultado entidades minerais discretas.

Termodinamicamente, o solo é um sistema aberto, onde o fator biológico desempenha um grande papel nas reações envolvidas nas alterações de rochas e minerais. Assim, o intemperismo está longe de ser um processo simples. A composição e estrutura interna dos minerais e rochas (fatores internos) e condições do meio (fatores externos) são decisivos neste fenômeno.

Um das mais importantes propriedades que determinam a resistência relativa dos minerais à alteração em relação ao ambiente, diz respeito à energia com que os átomos ou íons estão unidos entre si. A energia de ligação entre cátion – oxigênio nos silicatos irá determinar sua maior resistência ao intemperismo.

Enquanto cátions monovalentes como Na e K são fracamente ligados nos silicatos, outros cátions como Ca, Mg, Fe, e principalmente Si e Al estão mais fortemente unidos à estrutura do mineral, necessitando de maiores energias para serem retirados da estrutura cristalina (Paton, 1978). A combinação do oxigênio com esses cátions irá conferir a formação de minerais específicos, que terão configuração poliédrica definida. Assim, Bowen em sua série, definiu a ordem de cristalização dos minerais silicáticos do magma estando diretamente relacionados com seu grau de complexidade (maior quantidade de oxigênios compartilhados) que reflete na sua maior ou menor resistência aos processos de alteração.

A molécula da água é o principal fator relacionado ao meio ambiente que interfere na desestabilização da estrutura do mineral, contribuindo para as reações de hidrólise, parciais ou totais, mas que irão contribuir para a formação de minerais de argila específicos, como a caulinita, principalmente formada a partir da hidrólise de feldspatos, sejam estes potássicos, sódicos ou cálcicos.

2.3. Caulinita

As rochas graníticas podem produzir uma grande variabilidade de produtos durante a ação do intemperismo. Os minerais secundários formados dependem das novas condições de equilíbrio dinâmico encontradas. Nos estágios iniciais de intemperismo a illita é formada juntamente com vermiculita e caulinita em pequenas quantidades (Meunier & Velde, 1976). Em estudo realizado por Melfi et al (1983) sobre rochas graníticas em vários tipos climáticos no sudeste do Brasil, observou que a caulinita é o mineral secundário mais encontrado, principalmente como resultado da desagregação e alteração química do feldspato.

É em condições ácidas, pelo produto da intemperização de um número considerável de minerais primários, destacando-se os feldspatos, que a caulinita se forma (Dixon, 1989; Melo et al., 2001; Parnell et al., 2000; Varajão et al., 2001). Durante o processo de intemperismo as bases são liberadas nos estágios iniciais do processo e são removidas rapidamente. Primeiro o Na e Ca e, em seguida o Mg e K que possam ter permanecido retidos nas estruturas cristalinas 2:1. Com a retirada dos metais alcalinos e alcalino-terrosos os minerais do tipo 2:1 perdem sua estabilidade e a perda de sílica se intensifica

formando então a caulinita. Por isso, em condições ambientais mais quente e úmida, lixiviação dos cátions de caráter básico e perda menos intensa de sílica do sistema, justifica a grande abundância deste mineral na fração argila de solos tropicais. (Jackson & Sherman, 1953; Jackson, 1964; Keller, 1968; Pinto, 1971; Calvert, 1981; Dixon, 1989).

Um passo adiante, em condições de drenagem que favorecem a lixiviação muito forte pode ocorrer uma dessilicatização quase completa favorecendo a formação de óxido e hidróxidos de Al (gibbsita), Fe (hematita e goethita) e Ti (anatásio) (Melo & Wypych, 2009).

O intemperismo químico atuante na formação da caulinita é a hidrólise, que é uma reação química na qual os reagentes são o H^+ ou a OH^- provenientes da quebra ou ionização da molécula da água. A hidrólise é influenciada pela dissolução do gás carbônico nas águas das chuvas que faz com que a atuação desta reação seja mais intensa pelo aumento de concentração protônica na água. Outras possíveis fontes de H^+ são a hidrólise do Al e do Fe produzidos durante o próprio intemperismo e uma grande variedade de ácidos orgânicos produzidos na esfera de influência da biosfera (Melo & Wypych, 2009).

A hidrólise do feldspato destaca-se como uma das mais importantes reações do intemperismo, especialmente a dos potássicos. Ele é o reagente que, por hidrólise incongruente gera produtos solúveis como o K^+ e a sílica solúvel. Em condições mais intensas de intemperismo, dessilicatização e drenagem mais eficiente, uma maior parte da sílica solúvel e todo o K^+ podem ser removidos do sistema, e o feldspato potássico sofrerá a reação formando a caulinita. Este é um dos estágios finais de intemperismo que, normalmente, ocorre em condições de altas taxas de precipitação e elevadas temperaturas por longos períodos de tempos.

Os principais componentes do grupo das caulinitas são a Caulinita, halloysita, dickita e nacrita, sendo baseadas na mesma unidade básica, que é uma camada de composição $Al_2Si_2O_5(OH)_4$. Estruturalmente trata-se de filossilicato de conformação 1:1, em que uma unidade cristalográfica é formada por uma cadeia de octaedros de alumínio ligada por pontes de hidrogênio a outra de tetraedros de silício (Dixon, 1989). Invariavelmente, a caulinita do solo apresenta crescimento preferencial no plano X-Y (a – largura e b – comprimento) em detrimento do crescimento no sentido do eixo Z (c –

espessura). O crescimento no eixo c é devido á união de camadas 1:1 adjacentes, por meio de ligações de H (Melo & Wypych, 2009). O caráter relativamente energético das pontes de hidrogênio é responsável pela não expansão deste mineral, o que resulta em uma distância basal entre as unidades de cerca de 0,72 nm (Calvert, 1981; Singh & Gilkes, 1988; Dixon, 1989).

Tipicamente, a capacidade de troca catiônica (CTC) da caulinita varia de 30 a 150 mmol_c kg⁻¹ (Grim, 1968), enquanto a área superficial específica varia de 10 a 20 m² g⁻¹. Mas tanto a composição química, quanto a cristalinidade, CTC e superfície específica podem experimentar variações consideráveis, em função do ambiente de formação, diâmetro da fração considerada e substituição isomórfica do alumínio por ferro nas cadeias octaédrais (Jepson & Rowse, 1975; Chittleborough & Walker, 1988; Dixon, 1989).

A CTC da caulinita depende de cargas dependentes de pH que surgem nas hidroxilas ao longo das bordas do mineral. Dependendo da concentração de H⁺ ou OH⁻ da solução do solo, as hidroxilas superficiais podem ser protonadas, originando cargas positivas que se refletem na capacidade de troca aniônica (CTA), ou desprotonadas, originando cargas negativas (CTC). Dentre os minerais de cargas dependentes de pH, mineralogia predominante nos solos do Brasil, a caulinita destaca-se na adsorção de cátions, decorrentes do baixo valor de ponto de carga zero (PCZ). Valores de pH do solo acima de 3-4 já determinam que o mineral apresenta maior CTC do que CTA (Melo & Wypych, 2009).

A presença de caulinita e gibbsita nos solos é condicionada basicamente pelo conteúdo de sílica, decorrente da evolução pedogenética. Dessa forma quando a dessilicatização é moderada, é favorecida a gênese da caulinita, enquanto que em condições de dessilicatização total, forma-se a gibbsita, que é o mineral mais comum em Latossolos evoluídos, onde o processo de latolização foi mais intenso.

Nos Latossolos brasileiros a relação gibbsita/caulinita tende a aumentar com a intensificação do intemperismo. Os fatores que governam esta relação são o teor de Si presente no material de origem, conteúdo de Fe e Ti, óxidos de ferro e alumínio, atividade da matéria orgânica e outros aspectos secundários da rocha matriz (Barreto, 1986). A adsorção de Si pelos óxidos-hidróxidos de Fe e Al, promove a diminuição do teor de Si em solução e desta forma favorece

a formação de gibbsita (McKeague & Cline, 1963; Resende, 1976; Rezende, 1980).

Brindley & Robinson (1947) determinaram os índices de reflexões por difratometria de raios-x (DRX) da caulinita e demonstraram que a cela unitária do mineral é triclínica, com valores de $a = 0,515 \text{ nm}$; $b = 0,89 \text{ nm}$; $c = 0,739 \text{ nm}$; $\alpha = 91,8^\circ$; $\beta = 103,5^\circ$; $\gamma = 90^\circ$. O desvio dos ângulos α e β , diferentes de 90° caracterizando o sistema triclínico foi proposto por Brindley & Nakashira (1957), pois a estrutura da caulinita implica distorção no empilhamento das lâminas tetraédricas e octaédricas, necessárias para tornar possíveis as uniões O-OH (ligações de H).

Com o objetivo inicial de determinar os tipos de defeitos estruturais de forma qualitativa e, posteriormente, sua abundância de forma quantitativa, a estrutura das caulinitas tem sido estudada há muitos anos (Hinckley, 1963; Plançon & Tchoubar, 1977; Hughes & Brown, 1979; Plançon & Zacharie, 1990; Artioli et al., 1995; Aparício et al., 1999; Chimielová & Weiss, 2002). Vários índices foram estabelecidos e, em todos eles, utilizou-se a difratometria de raios-x para o estudo dos defeitos estruturais, buscando identificar alterações na posição, largura e intensidade de reflexos *hkl*.

O padrão de difratometria de raio-x (DRX) da caulinita bem cristalizada mostra três linhas de reflexões basais (020), (1 $\bar{1}$ 0) e (11 $\bar{1}$), entre 22 e 25°2 θ (CoK α), muito agudas e bem evidentes. As diferenças nas desordens estruturais entre amostras, estimadas nessa faixa de varredura, foram confirmadas por Tari et al. (1999), por meio do cálculo do índice de cristalinidade de Hinckley (ICH) (Hinckley, 1963), obtivendo valores de 1,01 e 0,58 para amostras de caulinita de alta e baixa cristalinidade, respectivamente. Valores normais para ICH variam de < 0,5 (caulinita desordenada) a 1,5 (caulinita ordenada). Amostras de caulinita bem cristalina também mostram reflexões basais bem distintas com índices (021) e (1 $\bar{1}$ 0) e dois tripletes, que são regiões levantadas da linha de base com a presença clara de três reflexões próximas entre 40 e 45°2 θ (CoK α).

Em 1979 Hughes & Brown sugeriram um novo índice de cristalinidade (Índice de Hughes & Brown – ICHB). A maior dificuldade na utilização desse índice é a interferência de outros minerais em amostras de argila de solos, decorrente da sobreposição das reflexões nos difratogramas. O exemplo mais típico desta interferência é quando se tem alto teor de gibbsita na fração argila.

A presença da reflexão (110) da gibbsita em $21^{\circ}2\theta$ (CoK α) dificulta a medição do parâmetro h_1 da fórmula ($ICHB = 1,93h_1/h_2$). Para se resolver o inconveniente dos interferentes à estimativa deste índice deve ser realizada apenas em amostras submetidas à remoção de Fe, tratadas com ditionito-citrato-bicarbonato de sódio (DCB), para evitar além da gibbsita a sobreposição das reflexões da hematita e goethita na região de $40-45^{\circ}2\theta$ (CoK α), o que limitaria a medição da dimensão h_2 (Melo & Wypych, 2009).

Melo et al. (2001) observou que quanto menor a interferência de partículas orgânicas e minerais, maiores o tamanho e o grau de cristalinidade da caulinita. No mesmo estudo, os autores estabeleceram relação direta entre estágio de desenvolvimento do horizonte com o grau de cristalinidade da caulinita, como evolução incipiente do horizonte C não permitindo boa cristalização.

Cristais de caulinita encontrados em solos derivados de basalto tendem a ser menores e de grau de cristalinidade mais baixo, que aqueles encontrados em solos derivados de rochas ácidas (Moniz, 1967; Kukovsky, 1969; Resende, 1976). Caulinita mal cristalizada tende a possuir uma maior superfície específica, maior capacidade de troca catiônica e maior capacidade de adsorção de óxidos de Fe e Ti na superfície (Murray & Lyons, 1960). A redução da cristalinidade e o aumento da área superficial da caulinita também podem ser decorrentes da presença de Fe na estrutura do mineral (Mestdagh et al., 1980). Adicionalmente sobre o efeito do ferro na redução da cristalinidade da caulinita, Keret al. (1995) comentaram que o alto teor do elemento na solução do solo retarda a cristalização da caulinita.

2.4. Gleização

Saturação de água prolongada e alternância sazonal entre alagamento e drenagem tem efeitos profundos na química do solo e propriedades morfológicas. Alterações no grau de saturação de água afeta o fornecimento de O_2 para o solo, o que por sua vez afeta o estado de oxidação de elementos importantes. O estado de oxidação do manganês, ferro e enxofre influencia fortemente a sua solubilidade e cor, explicando o marrom, cinza, azul, preto e mosqueados amarelo visto frequentemente em solos periodicamente molhados, chamados hidromórficos. Processos redox muitas vezes envolvem a

produção ou o consumo de H^+ e por isso têm um efeito importante sobre o pH do solo também (Breemen, N.V. & Buurman, P., 2003).

Com ocorrência em áreas, em geral, em relevo plano a suave ondulado, com até 3% de declive, os solos hidromórficos ocupam localmente as cotas mais baixas do terreno. A vegetação que normalmente se instala nos ambientes destes solos varia de acordo com a intensidade e duração da inundação, apresentando originalmente fisionomia arbustiva ou herbácea (Góes-Filho et al., 1973). Elas são formações de fisionomia graminóide que ocorrem nas áreas de baixadas úmidas e alagadas. Em geral, o clima não tem influência na ocorrência desta vegetação. O fator que mais influência no seu aparecimento é o relevo condicionado à drenagem, ocorrendo solos hidromórficos em terrenos imperfeitos ou até muito mal drenados (Campos, 1999).

O processo de Gleização explica a origem das características hidromórficas do solo, especialmente os padrões de cores, formados em resposta à redução de Fe^{3+} a Fe^{2+} , em algumas ou em todas as partes do solo. Refere-se a alterações morfológicas e químicas nos solos, impostas pelo excesso de água no perfil (encharcamento). Nestas condições, o arejamento torna-se deficiente o que condiciona lenta decomposição da matéria orgânica, provocando seu acúmulo. O Fe^{2+} solubilizado por esse processo geralmente lixivia-se ou difunde-se no perfil do solo. A redução é geralmente seguida por oxidação do Fe^{2+} a Fe^{3+} e precipitação de óxidos de ferro, na forma de mosqueados e, ou plintita, em algumas partes do perfil ou em cursos d'água. O processo tende a dar croma baixo (normalmente cinza) para as partes do solo a partir do qual ferrofoiremovido, e croma alto, onde os óxidos se acumularam (Fanning & Fanning, 1989).

Solos hidromórficos com saturação permanente mostram, frequentemente, cores verde-azuladas que mudam rapidamente para bruno-amareladas quando expostas ao ar. Estas cores indicam a presença de *green rust* (Cornell & Schwertmann, 2003), que são hidróxidos mistos de Fe^{2+} e Fe^{3+} . Esses compostos têm a composição geral $Fe(II)_6Fe(III)_2(OH)_{18}$, nos quais o Al^{3+} pode substituir parte do $Fe(III)$ e Cl^- , SO_4^{2-} e CO_3^{2-} podem substituir os íons OH . A identificação destes compostos no solo é difícil em virtude de sua susceptibilidade à oxidação, baixas concentrações e pequeno tamanho de partículas (Sousa et al., 2009). *Green rust* podem ocorrer sob condições

redutoras e fracamente ácidas a fracamente alcalinas como formas intermediárias na formação abiótica de goethita, lepidocrocita e magnetita (Schwertmann & Fechter, 1994). Em meio ácido não se forma *green rust*, e os óxidos de ferro precipitam diretamente de Fe^{3+} solúvel, formando a ferrihidrita a $\text{pH} < 5$ e goethita a $\text{pH} 2,7 - 4$ (Cornell & Schwertmann, 2003). A oxidação e a hidrólise de Fe^{2+} levam à formação direta de óxidos de Fe^{3+} ou via *green rust*, por meio de uma transformação via solução (Kampf & Curi, 2000).

A oxidação ocorre quando um átomo perde um elétron. É muito evidente em rochas que contêm ferro, elemento de fácil oxidação. O ferro das rochas está na forma reduzida (Fe^{2+}), quando se oxida a íon férrico (Fe^{3+}), o cristal tende a se reajustar estruturalmente. Tal reajuste resulta em minerais menos estáveis que ficam sujeitos à desintegração e a decomposição.

A redução ocorre quando um átomo ganha um elétron (aumento de carga negativa). Nos solos esta reação ocorre em condições de escassez de oxigênio ou de encharcamento com água (hidromorfismo), onde a transferência de elétrons do carbono da matéria orgânica para outros átomos que não o oxigênio, tais como nitrogênio, ferro e manganês, é intermediada (ou tem a participação de microrganismos).

A redução ocorrida no solo induzida pela saturação de água, ocorre somente se o conteúdo de matéria orgânica e a temperatura do solo permitirem a atividade microbiana. Pois na ausência do oxigênio molecular (em solos inundados), outros íons como NO_3^- , SO_4^{2-} , Mn^{4+} podem ser utilizados como receptores de elétrons produzidos durante a oxidação biológica do carbono. Certos íons tais como NO_3^- e SO_4^{2-} , podem receber elétrons e formar compostos gasosos N_2 e H_2S , respectivamente.

Os íons com alta valência (Mn^{4+} e Fe^{3+}) também podem receber elétrons da oxidação anaeróbica do carbono, passando a um estágio de menor valência (Mn^{2+} e Fe^{2+}) (Mohret al., 1972). Os elementos químicos como Cr, Cu, As, Ag, Hg, e Pb também podem receber elétrons e participar de reações de redução em solos inundados. Em geral, as reações de redução consomem H^+ e contribuem para o aumento nos valores de pH nos solos ácidos inundados. Isso tem efeito indireto no aumento das solubilidades de P, Mo e Si (para Si, a partir de pH 8,5) e diminuição nas de Al, Zn e B (Lindsay, 1979; Van RAIJ, 1991; Pannamperuma, 1972).

A concentração de Fe^{2+} na solução do solo aumenta com o tempo de submersão, alcança um máximo e depois cai até atingir um nível de estabilização, que persiste por vários meses. O comportamento dessa curva que descreve a taxa de formação do Fe solúvel em água depende do pH, do teor de matéria orgânica do solo, da temperatura, da natureza e do teor de óxidos de ferro e do grau de cristalinidade dos óxidos. Quanto mais baixo for o grau de cristalinidade, maior será a percentagem de redução. Dependendo desses fatores, 5 a 50% dos óxidos de ferro livres presentes no solo podem ser reduzidos dentro de poucas semanas de submersão (Ponnamperuma, 1972).

A redução dos óxidos hidratados de Fe^{3+} tem importantes consequências químicas: (I) a concentração de Fe solúvel aumenta; (II) há um aumento do pH; (III) cátions são deslocados dos sítios de troca pelo Fe e Mn; (IV) aumenta a solubilidade do fósforo e da sílica; (V) possibilidade de formação de novos minerais. Tais reações de redução têm influência sobre as propriedades químicas do solo, o que altera a disponibilidade de nutrientes para as plantas (Barbosa Filho et al., 1983).

A presença de íons ferrosos na solução do solo e, ou, em formas solúveis na água indica, portanto, a presença de condições redutoras. Pode-se, com isso, inferir sobre as consequências da drenagem ou da retirada parcial ou total da matéria orgânica nestes solos, com ênfase para a gênese e classificação do solo (CHILDS, 1981). Exemplos de indicador de campo podem ser dados por um simples teste qualitativo para Fe^{2+} , o qual é proveitoso em pesquisas pedológicas. O reagente α, α' – dipiridil dissolvido em ácido acético 10% juntamente com uma solução neutra de acetato de amônio (Childs, 1981), quando borrifado em um perfil de solo recentemente aberto, se o Fe^{2+} estiver presente, uma cor vermelha imediatamente se desenvolve, devido a formação do complexo ferroso α, α' – dipiridil. Além disso, o teste possibilita acompanhar a dinâmica do movimento de ferro no perfil diretamente em campo (Childs, 1981). O uso do α, α' – dipiridil ou do $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ (ferricianeto de potássio) a 1% em solução aquosa, também são indicadores de campo, como requisito para horizonte glei, sugeridos pelo SiBCS (2006).

Ambientes de redução estão associados a alguns horizontes e propriedades de materiais de solos, de acordo com FAO (2006) as propriedades gleyic e stagnic, pela Soil taxonomy (EUA, 1999) aqui e epiaquic e horizonte glei pelo SiBCS (2006). Uma dos critérios para a definição dessas

propriedade, é a determinação do potencial redox, uma vez que esta quantificação é muito difícil de ser feita de uma forma consistente em campo, FAO (2006) sugere como evidência de redução a expressão dada por $rH = 2pH + 2Eh/59$ (Eh em mV a 25°C), sendo que um valor de $rH < 20$ é diagnóstico de condições de redução.

A dificuldade prática de fazer mensurações diretas estimula o uso cada vez mais de características redoxmórficas. A condição stagnic, por exemplo, refere-se a solos que dentro de 100 cm da superfície do solo mineral ou em algumas partes, possui condições redutoras durante algum tempo durante o ano ou em 25% ou mais do volume de solo, isolado ou em combinação, um padrão de cor stagnic ou um horizonte albic. Um padrão de cor stagnic mostra mosqueados de tal maneira que as superfícies dos pedos (ou partes da matriz do solo) são mais leves (pelo menos uma unidade de valor a mais) e mais pálido (pelo menos uma unidade de croma a menos), e os interiores dos pedos (ou partes da matriz do solo) são mais avermelhados (pelo menos uma unidade de tonalidade) e mais brilhantes (pelo menos uma unidade de croma a mais) do que as partes sem características redoxmórficas (FAO, 2006). Nos casos em que não há hidromorfismo a condição stagnic é verificada pela reação positiva com α, α' – dipiridil (Childs, 1981).

Um outro solo, que também passa pelo processo de gleização e precisa ser melhor trabalhado, é o pseudogleissolo, que tem sua umidade favorecida lentamente por horizontes permeáveis ou camadas no perfil do solo. Esses solos ocorrem geralmente em lugares mais altos do que em paisagens associadas ao lençol freático dos gleissolos. Isso pode ocorrer com topografia côncava ou essencialmente plana das superfícies dos planaltos. O lençol freático verdadeiro neste caso pode ocorrer em considerável profundidade abaixo do solo, ou, se não há aquíferos, pode não ocorrer em todos na coluna geológica obtais solos (Fanning & Fanning, 1989).

Nos Pseudogleissolos são previstos para ter água livre em seus horizontes superficiais durante a estação chuvosa (normalmente de inverno e primavera em clima temperado úmido). Durante a estação seca pode não haver água livre sob o solo a uma profundidade considerável na coluna geológica. A água livre nesses solos, quando isso ocorre, aparentemente sofre de pouco movimento, exceto, talvez, lateralmente a outro solo ou a um fluxo superficial. Movimento vertical de camadas mais profundas é lento. Estes solos

são, portanto, considerado por alguns a ser influenciado por água estagnada (Fanning & Fanning, 1989).

Pequenas quantidades de ferro ou manganês parecem ser perdidos durante o processo de gleização nos pseudogleis. A difusão de formas reduzidas de Fe e Mn longe do local de redução, onde a matéria orgânica disponível para estimular a redução, tende a concentrar os "óxidos" destes elementos em mosqueados e concreções nos solos (Fanning & Fanning, 1989).

Fanning & Fanning (1989) faz um breve relato que alguns cientistas da ciência do solo acreditam que mais reconhecimento deve ser dado aos Pseudogleissolos na Soil Taxonomy. Em certo ponto, o reconhecimento já foi dada na Soil Taxonomy para solos que têm um caráter de Pseudoglei pronunciada, definindo um regime de umidade epiaquic, mas a nomenclatura da Soil Taxonomy atualmente não chama a atenção para as características destes solos.

Solos com camada endurecida pela oscilação do lençol freático e a maioria dos solos com fragipãs têm características de Pseudoglei. Esses solos são reconhecidos na Soil Taxonomy como Fragi- no grande grupo. Solos do tipo Planossolos - Albolls, Albaqualfs e Albaquults – são outros solos da Soil Taxonomy que podem ser considerados como Pseudoglei. Com isso, pode-se dizer que, taxonomicamente, solos com um tipo especial de regime de umidade em comparação com outros que apresentam características claramente de horizonte glei acabará de ser encontrado. Por outro lado, é provável que existam muitos solos que apresentam algumas características tanto de horizonte glei como Pseudoglei (Fanning & Fanning, 1989)

Segundo a FAO (2006) um nome comum em muitos sistemas nacionais de classificação para a maioria dos Stagnosols é Pseudogley. Os Stagnosols são solos com o lençol freático em posição elevada manifestando características redoximórficas causada por águas superficiais. Stagnosols são periodicamente molhados e apresentam mosqueados tanto na superfície quanto no subsolo, com ou sem concreções e, ou, branqueamento. Na Soil Taxonomy, muitos deles pertencem a classificação Aqualfs, Aquults, Aquents, Aquepts e Aquolls (FAO, 2006).

Os Stagnosols cobrem de 150-200 milhões de ha em todo o mundo, sendo que a maior parte em climas úmidos a muito úmidos em regiões temperadas da Europa Ocidental e Central, América do Norte, sudeste da

Austrália e Argentina, associado a Luvisolos siltosos, Cambisolos argilosos, e Umbrisols. Eles também ocorrem em climas úmidos e muito úmidos em regiões subtropical, associada a Acrisols e Planossolos (FAO, 2006).

A aptidão agrícola de Stagnosols é limitada por causa de sua deficiência de oxigênio resultante da estagnação de água acima de um subsolo denso. Portanto, eles têm que ser drenado. No entanto, em contraste com Gleissolos, com canais de drenagem e canalizações, em muitos casos insuficientes. É necessário ter uma maior porosidade do subsolo, a fim de melhorar a condutividade hidráulica. Isto pode ser alcançado pelo afrouxamento profundo ou aração profunda. Stagnosols drenado pode ser solos férteis devido ao seu grau moderado de lixiviação (FAO, 2006).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização da Área de Estudo

3.1.1. Localização

A área de estudo localiza-se ao sul do Estado do Espírito Santo, entre os meridianos 41°30' e 41°38' de longitude sul e entre os paralelos 20°45' e 20°53' de latitude oeste. Corresponde à bacia hidrográfica do rio Alegre, município de Alegre, afluente do rio Itapemirimno (Figura 1). Sua área é de aproximadamente 20518,77 ha, com predominância dos relevos forte ondulados e montanhosos.

3.1.2. Geologia

As unidades geológicas presentes na bacia hidrográfica do rio Alegre são as unidades do Neógeno e do Neoproterozóico como as rochas gnaissificadas, e o Complexo Paraíba do Sul (Brasil, 1983; CPRM, 2007).

O Complexo Paraíba do Sul (Apêndice A) é uma unidade geológica que foi submetida a eventos tectonotermiais ao longo de todo o Pré-Cambriano e constitui o embasamento do cinturão Móvel Atlântico. As rochas deste complexo, no Proterozoico Superior, foram submetidas à intensa deformação, oriunda de esforços compressivos de direção SE – NO e, certamente, de movimentos tangenciais, deles resultantes. No mesmo período sucederam-se também intrusões graníticas, granitização e potassificação generalizadas, eventos esses que transformaram quase que por completo as características anteriores das rochas (Brasil, 1983).

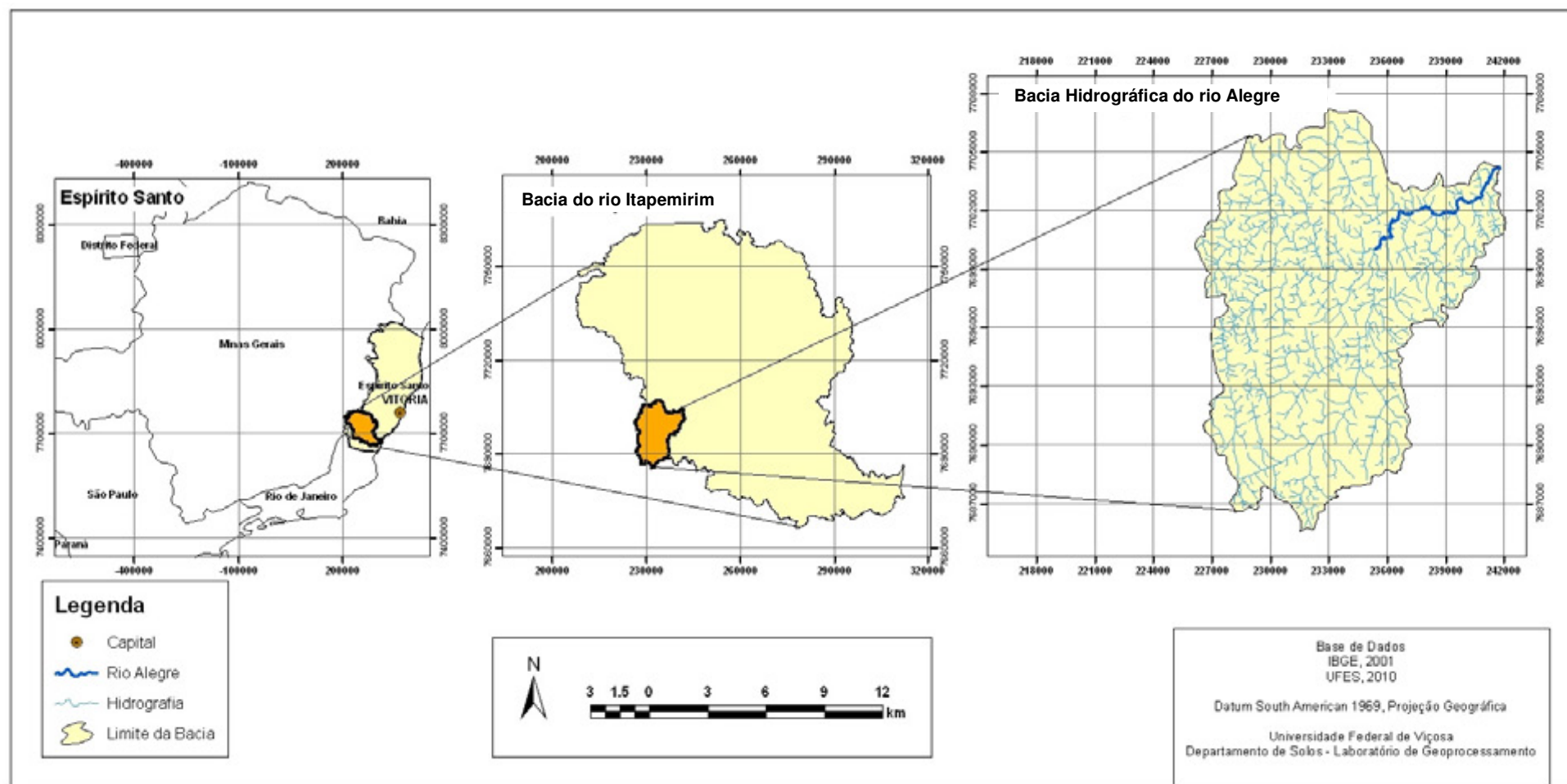


Figura 1. Localização da bacia hidrográfica do rio Alegre - ES.

O Ortognaisse Serra das Cangalhas (Apêndice A) é um ortognaisse granítico a granodiorítico, com porções leucocráticos, especialmente próximos aos enclaves das rochas encaixantes. Formado principalmente por quartzo, feldspato potássico, plagioclásio e poucos minerais máficos como biotita + anfibólio.

O Ortognaisse Estrela (Apêndice A), que é normalmente muito homogêneo, mostra muitas vezes nítido bandamento centimétrico a decimétrico com as partes marginais no contato com o Complexo Paraíba do Sul, formado pela separação de minerais máficos e félsicos como também por incorporação de partes deste complexo (anfíbolitos, rochas calciosilicáticas, enclaves do complexo bandado). Macroscopicamente pode se ver plagioclásio, feldspato potássico, quartzo, biotita, pouco anfibólio, titanita, opacos, raramente granada e allanita (CPRM, 2007).

O ortognaisse Serra das Cangalhas parece ser em parte formado a partir da diferenciação do Granitognaisse Estrela e injetado em níveis mais altos da crosta. A sua interação com as rochas encaixantes é mais intensa e ele mostra uma aparência geralmente mais leucocrática, rico em bolsões e veios claros (pegmatíticos/aplíticos). Pode, portanto, representar uma parte mais diferenciada e marginal do Granitognaisse Estrela, onde a influência das rochas encaixantes é maior (CPRM, 2007).

3.1.3. Geomorfologia

A região a qual se insere a bacia hidrográfica do rio Alegre foi atingida por intenso tectonismo, por isso sua morfologia ainda revela as falhas por onde ocorrem alguns rios, tais como Ribeirão do Café e Braço Norte Esquerdo, nos municípios de Alegre e Muniz Freire, respectivamente. Nas várzeas ao longo de alguns rios ou cursos d'água surgiram algumas cidades, como Guaçuí e Alegre (Silva, 1976).

O planalto granítico apresenta um relevo energético em razão do dissecamento por ciclos sucessivos desde o fim do Cretáceo, o que leva a uma incidência de trechos fortemente ondulados a montanhosos, afloramento de rochas, vales em V fechado, com vertentes muito íngremes e grandes diferenças relativas entre o talveque e o topo (Lani, 1987; Nascimento, 2004). A bacia hidrográfica do rio Alegre se encontra na faixa de dobramentos

remobilizados, sendo sua unidade geomorfológica os Patamares Escalonados do Sul Capixaba.

Alguns fundos de vales são colmatados por material vindo das encostas, formando alvéolos de pequena extensão onde os rios meandram. Alguns rios são encaixados e, geralmente, apresentam leitos pedregosos e encachoeirados (Brasil, 1983).

3.1.4. Vegetação

A vegetação da área está inserida no Domínio da Mata Atlântica, na região fitogeográfica da Floresta Estacional Semidecidual, que está relacionada ao clima de duas estações, uma seca e outra chuvosa, que condiciona aos indivíduos arbóreos dominantes uma estacionalidade foliar, adaptando-os, durante certo período, à deficiência hídrica ou à baixa temperatura. Além do regime hídrico que está na faixa bioclimática de 90 a 120 dias biologicamente secos, essa formação florestal é caracterizada também pela litologia (Pré-cambriana) e por um relevo dissecado (Brasil, 1983). Pelo que se observou, devido ao processo de uso da terra e ocupação da área, inicialmente pela cultura do café e posteriormente com a implantação de grandes áreas de pastagens, essa formação florestal encontra-se bastante reduzida e fragmentada (Nascimento, 2004).

3.1.5. Clima

De acordo com a classificação de Köppen os climas predominantes são Cwa, clima mesotérmico de inverno seco em que a temperatura média do mês mais frio é inferior a 18 °C e a do mês mais quente ultrapassa 22 °C, clima este correspondente às áreas de cotas altimétricas superiores a 600 m, e Aw, clima tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno (Embrapa, 1978). A Precipitação média anual se encontra na faixa de 1300 a 1500 mm (Figura 2) (Incaper, 2009), sendo o período chuvoso compreendido nos meses de outubro a março e o período seco de abril a setembro (Figura 3) (Nóbrega, 2008).

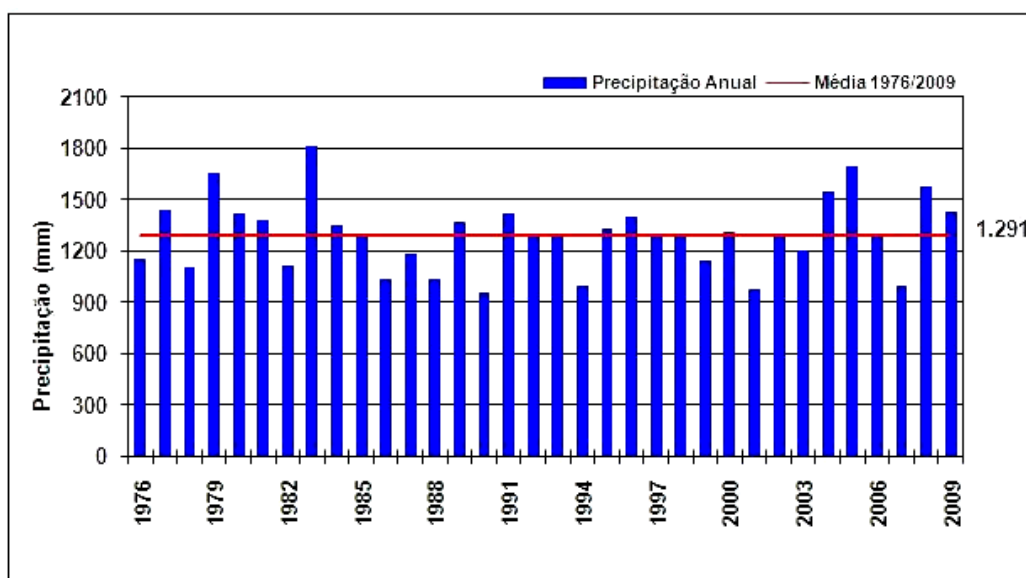


Figura 2. Precipitação pluviométrica anual para o município de Alegre no período de 1976 a 2009. Fonte: Dados médios da série histórica da estação meteorológica localizada no município de Alegre-ES - Coordenadas: LAT: 20,750S LON: 41,483W ALT: 150m.

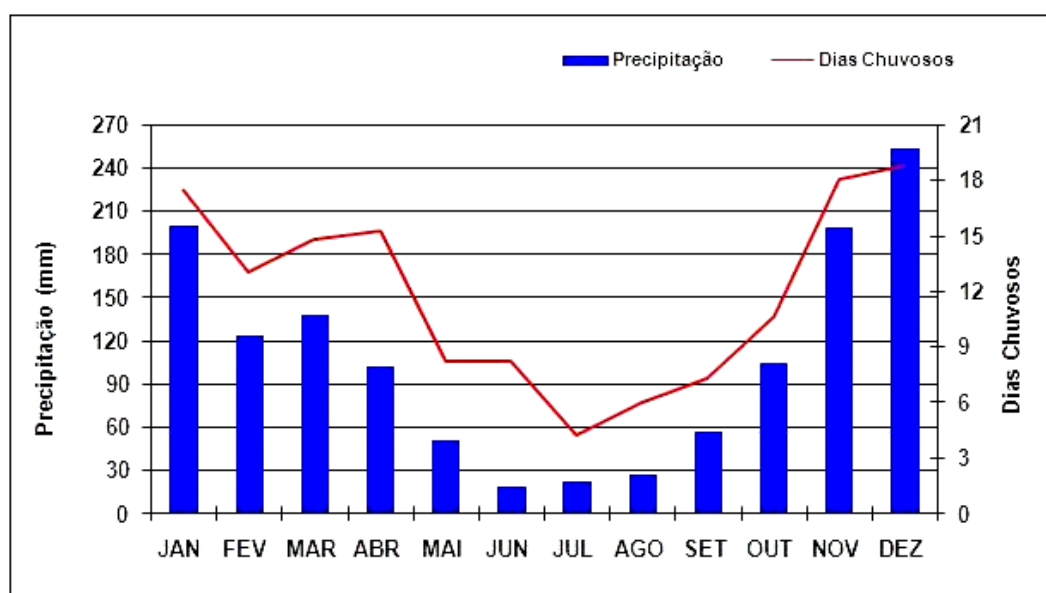


Figura 3. Precipitação pluviométrica mensal para o município de Alegre no período de 1976 a 2009. Fonte: Dados médios da série histórica da estação meteorológica localizada no município de Alegre-ES - Coordenadas: LAT: 20,750S LON: 41,483W ALT: 150m.

3.2. Seleção dos Perfis, Topossequências e Coleta das Amostras de Solos

Foram selecionados e coletados 14 perfis representativos de solos, distribuídos em três topossequências e amostras extras: Topossequência 1 (T1) (Figura 4) compreendeu dois Latossolos Amarelos (P1 e P2), um “Pseudogleissolo” (P3) e um Gleissolo Háptico (P4); a Topossequência 2 (T2)

(Figura 4) foi composta por um Latossolo Amarelo (P5) e um Cambissolo Háplico (P6); e a topossequência 3 (T3) (Figura 4) por um Latossolo Amarelo (P7), um “Pseudogleissolo” (P8) e um Gleissolo Háplico (P9). Coletou-se dois perfis de Cambissolos Háplicos (P10 e P11), um Cambissolo Húmico (P12), um Argissolo Vermelho (P13) e um Neossolo Flúvico (P14) para representar o ambiente destas classes.

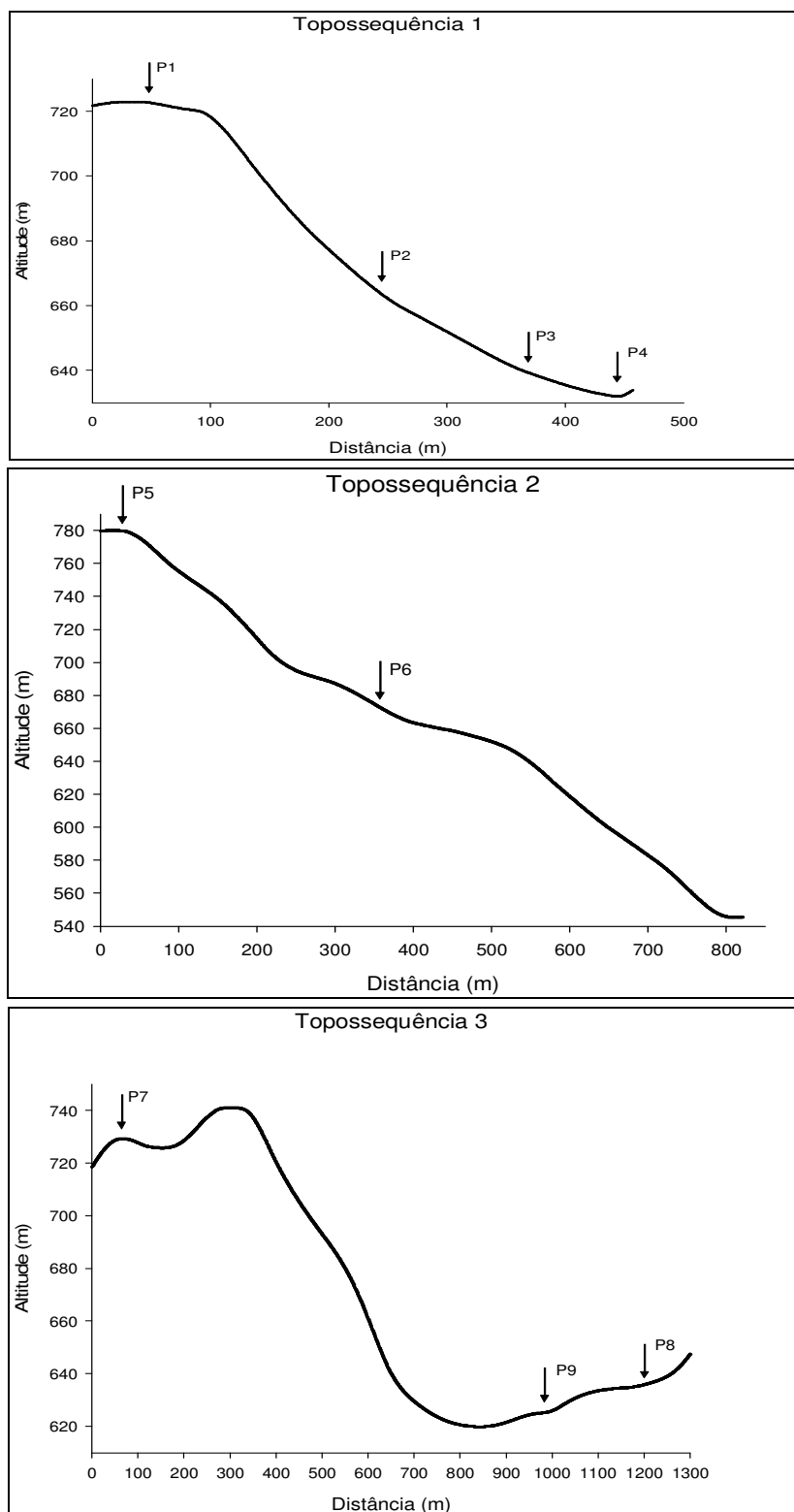


Figura 4. Perfil topográfico das topossequência 1, 2 e 3.

Após abertas as trincheiras na área de estudo, estas foram georreferenciadas, sendo os solos descritos morfologicamente de acordo com Santos et al. (2005) e classificados conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 2006). Em seguida as amostras foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneira de 2 mm, obtendo-se terra fina seca ao ar (TFSA) para fins de caracterização física, química e mineralógica.

Para a obtenção do MDE (Modelo Digital de Elevação) e das classes de declividade utilizou-se o software ArcGis 9.3. O MDE foi obtido a partir da interpolação das curvas de nível, obtidas no IBGE, com equidistância vertical de 20m, utilizando o comando *topo to raster* do ArcGis, com células de 10 m de resolução. O mapa de declividade foi elaborado com base no MDE, a partir do comando *slope* do mesmo software.

3.3. Levantamento e Classificação de Solos

Foi executado mapeamento semi-detalhado dos solos da bacia hidrográfica do rio Alegre, na escala de 1:50.000, utilizando o método do caminamento livre (Embrapa, 1995). Os pontos de observação e amostragem foram, de modo que cada observação ou amostra coletada forneceu o máximo de informações para o mapeamento e caracterização dos solos. Este método requer a existência de material cartográfico, por isso foram utilizados mapas planialtimétricos fornecidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE em escala 1:50.000; mapas geológicos (CPRM, 2007; Brasil, 1983); de relevo; aerofotos geradas em junho de 2007, com escala de 1:15.000, disponibilizadas pelo IEMA. O Modelo digital de elevação (MDE) da área foi confeccionado a partir dos planos de informações das curvas de nível de 20m. O processamento dos dados obtidos e edição dos mapas foram realizados por meio do software ArcGIS 9.3 (ESRI, 2007).

3.4. Caracterização Física do Solo

3.4.1. Análises físicas

Determinou-se a composição granulométrica dos solos após dispersão de 10 g de TFSA em 50 mL de NaOH 0,1 mol. L⁻¹ em agitador (vertical) Tipo

Wagner, por 16 horas a 50 rpm. A suspensão foi transferida para provetas de 500 mL através de peneira de 0,053 mm separando as frações areia grossa e fina do silte e argila. As frações areia grossa e fina foram separadas por peneiramento com malhas de 0, 210 mm. A fração argila foi determinada após determinação do tempo de sedimentação da fração silte nos 5 cm superiores da proveta calculado pela Lei de Stokes e a fração silte por diferença de acordo com Embrapa (1997), com adaptação de Ruiz (2005).

3.5. Caracterização Química do Solo

3.5.1. Análises de fertilidade dos solos

As análises químicas constaram de pH em água e em solução de KCl 1 mol. L⁻¹ relação 1:2,5; Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺ trocáveis - extraídos com KCl, quantificados por espectrofotometria de absorção atômica (Ca e Mg), e o Al³⁺ por titulação com solução NaOH 0,025 mol L⁻¹; Na⁺, K⁺ e fósforo disponível - extraídos por Mehlich-1 (HCl 0,05 mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0,0125 mol L⁻¹); sendo Na⁺, K⁺ quantificados por fotometria de chama; e o fósforo disponível por colorimetria; acidez potencial (H + Al) - extraída com acetato de cálcio a pH 7, quantificada por titulometria. (Embrapa, 1997). A partir desses dados, calculou-se a soma de bases (valor S), capacidade de troca catiônica (CTC); saturação por bases (V %) e alumínio (m %). O fósforo remanescente foi determinado de acordo com Alvarez et al. (2000) e os teores de carbono orgânico total (COT) por oxidação via úmida, utilizando-se solução de K₂Cr₂O₇ em meio ácido, com aquecimento externo (Yeomans & Bremner, 1988).

3.5.2. Ataque sulfúrico

A extração consistiu na digestão de 0,5 g de TFSA com 10 mL de H₂SO₄ 1:1 (volume), com aquecimento a 170 °C por 30 minutos em bloco digestor, com posterior resfriamento, diluição e filtragem em papel de filtro lento (EMBRAPA, 1997). No resíduo contido no filtro, após digestão alcalina com NaOH 30%, determinou-se os teores de SiO₂ e no filtrado ácido os teores de Fe₂O₃, Al₂O₃, TiO₂, MnO₂ e P₂O₅. Neste mesmo extrato determinou-se os teores dos elementos traços como Cd, Pb, Co, Ni, Zn, Cu. Todos os extratos foram

determinados por espectroscopia de emissão de plasma. Para validação do método, se utilizou amostras de referências calibradas no laboratório de análises da Embrapa Solos – RJ. Os solos de referências foram: Latossolo Vermelho Distroférico típico (Piracicaba); Latossolo Vermelho Acriférico típico (Uberlândia). As relações moleculares K_i e K_r foram posteriormente calculadas.

3.5.3. Fe e Al extraídos por ditionito-citrato-bicarbonato (DCB) e oxalato ácido de amônio

Para a extração dos óxidos de ferro e alumínio pelo ditionito-citrato-bicarbonato (DCB), utilizou-se 0,5 g de argila em três repetições em tubos de centrifuga, com 10 mL da solução tampão de citrato de sódio / bicarbonato de sódio em pH 7,3 e 1 g de ditionito de sódio (Mehra & Jackson, 1960). Após 30 minutos de reações sucessivas, em banho Maria a 70 °C, o material foi centrifugado por 5 minutos a 2500 rpm, e o extrato transferido para balão de 50 mL. Procedeu-se cinco extrações sucessivas, pelo DCB, para se obterem as porcentagens de Fe e Al de cada extração e traçar as curvas cumulativas de Fe_2O_3 e Al_2O_3 .

Na extração de Fe e Al realizada pelo oxalato ácido de amônio, utilizou-se 0,5 g de argila em três repetições em tubos de centrifuga encobertos por papel alumínio, com 10 mL da solução tampão de oxalato de amônio / ácido oxálico em pH 3,0 (McKeague & Day, 1966). Após duas horas em agitador (vertical) tipo Wagner, o material foi centrifugado por 5 minutos a 2500 rpm, e o extrato transferido para balão de 50 mL, sendo realizado em uma única extração. Em ambos os métodos o Fe e Al foram determinados por espectroscopia de emissão de plasma.

3.6. Caracterização Mineralógica

A mineralogia das frações areia, silte e argila dos horizontes selecionados, foi realizada por difratometria de raio-X, após previa separação a partir da TFSA (Embrapa, 1997). Foi utilizado o aparelho X'Pert PRO do Laboratório de Mineralogia do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa, com radiação de Co ($CoK\alpha$) na faixa entre 4 a 45 °2 θ em intervalos de 0,01 °2 θ a 1 passo s⁻¹, com tensão de 40 kV e corrente de 30 mA. Para as

amostras de argila natural foram preparadas lâminas orientadas por esfregação em pó para as frações areia (lâminas escavadas) e silte (Whitting e Allardice, 1986). Do material tratado com ditionito-citrato-bicarbonato de sódio (Mehra & Jackson, 1960), para remoção do ferro livre foram preparadas lâminas orientadas por esfregação.

3.7. Caracterização Micromorfológica

Foram coletadas a campo amostras indeformadas e acomodadas em recipientes plásticos (saboneteiras) dos horizontes subsuperficiais dos perfis de solos. Foram utilizadas lâminas delgadas de 11 cm x 7 cm, confeccionadas a partir de impregnação a vácuo, com resina de poliéster (Fitzpatrick, 1984), de amostras indeformadas dos perfis. Nas descrições das lâminas foi utilizada a terminologia de Brewer (1976) e Bullock et al. (1985).

3.8. Índice de Cristalinidade em Caulinitas

A estrutura cristalina da caulinita foi determinada por DRX em amostras em pó de argila desferrificada montadas em lâminas escavadas após pressão suave do material sobre papel rugoso, de forma a minimizar a orientação preferencial das partículas. Foram promovidas irradiações de 10 a 50°2 θ , com intervalo de 0,02°2 θ a cada 6 segundos.

Para o cálculo do Índice de cristalinidade da caulinita (IC) foi utilizado o método Hughes & Brown (1979) (Figura 5) que utiliza a relação da altura do pico 020 com a altura da linha de base entre os picos 131 e 003. Este índice foi definido para caulinitas de solo, não sendo estabelecidos limites para aquelas com melhor ou pior cristalinidade.

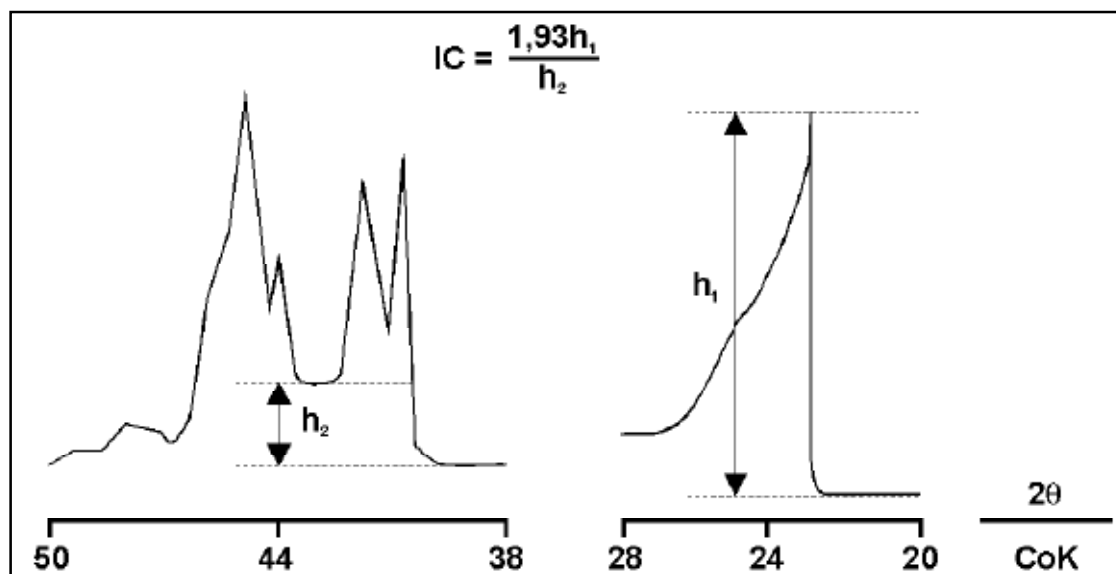


Figura 5. Picos de caulinita em duas regiões do difratograma de Raios-X utilizados no cálculo do índice de cristalinidade de Hughes & Brown (1979).

3.9. Análise Termogravimétrica para Determinação dos Teores de Caulinita e Gibbsita

As determinações termogravimétricas foram realizadas na Embrapa Cerrados no equipamento TGA 50, da Shimadzu. As amostras são acondicionadas em célula de alumina. A termobalança funciona com fluxo constante de atmosfera de nitrogênio. O intervalo de temperatura de análise foi entre temperatura ambiente e 800 °C, a uma taxa de aquecimento de 10 °C por minuto⁻¹. Os pontos iniciais e finais referentes às perdas de massa da gibbsita e da caulinita foram então identificados individualmente nas faixas de temperatura onde a desidroxilação da superfície desses minerais comumente ocorre. Os dados das reações de solos tropicais apresentam o seguinte padrão: água sorvida (temperatura ambiente e em 110 °C); gibbsita (máxima temperatura de perda em torno de 260 °C); goethita (máxima temperatura de perda entre 300 a 350 °C) e a caulinita (máxima temperatura de perda em torno de 500 °C).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. O Ambiente e a Ocupação

A quase totalidade da área de abrangência da bacia hidrográfica do rio Alegre, insere-se no domínio morfolclimático dos “Mares de Morros” florestados (Ab’Saber, 1966), em cotas altimétricas que variam de 100 a 1200m conforme modelo digital de elevação (MDE) (Apêndice B).

A área encontrava-se com a vegetação florestal original (mata atlântica), até praticamente no início do século XIX. Fazia parte da chamada “área esquecida”, “área proibida” ou, ainda “barreira verde”, um dos últimos rincões do Brasil sudeste a ser povoado (Pedrosa, 1962; Novaes, 1970; Moraes, 2002; Barbosa, 2009).

Estas terminologias tiveram por origem o fato de que, com a descoberta de ouro em Minas no final do século XVII e no Espírito Santo, em Castelo, em 1707, houve determinação por parte do governo geral, que se retirasse todos os envolvidos com a lavra de ouro de aluvião no Espírito Santo, e que fossem proibidas o trânsito e abertura de caminho em direção à Minas (Vila Rica) (Novaes, 1970; Moraes, 2002)

Esta “proibição” tinha por objetivo evitar o tráfego de ouro pelo porto de Vitória, porto mais próximo da região aurífera mineira e capixaba, podendo-se utilizar o rio Doce como caminho natural de descida e chegada a Vitória. De acordo com Novaes (1970), o Marquês de Angeja recomendava ao seu enviado, o mestre de campo Domingos Teixeira, que observasse a seguinte ordem: “proibição de que ninguém passe a fazer descobertas de ouro no

Espírito Santo por ser ordem de El Rei, e que não se façam estas enquanto não se fortifica primeiro a Capitania”.

Esta “proibição” é, também, apontada por vários autores como que uns dos entraves a interiorização e desenvolvimento do Estado, ficando sua ocupação praticamente restrita à região litorânea por quase três séculos, após a chegada do donatário Vasco Fernandes Coutinho à capitânia (Novaes, 2002; Moraes, 1970; ATLAS-ES, 2008).

Como destaca Pedrosa (1962), a Zona da Mata (inclui a capixaba e a mineira), não foi palmilhada por bandeiras, nem deve a nenhum bandeirante a formação de qualquer povoado. Sua ocupação foi penosa e dificultada, além da proibição de trânsito, pelas condições de relevo, da própria mata fechada e pela bravura do índio. Terra bruta e inculta esperava a ocupação.

Devido às condições da mata fechada, a qual dificultava a interiorização, de acordo com os relatos históricos de desbravadores que ao passar pelas matas de áreas da bacia dos rios Itabapoana e Itapemirim, nomeando como Mares de Morros. Está nomenclatura é dado a trechos acidentados com solos em geral profundos, substrato cristalino (rochas ígneas e metamórficas) e com certa concordância de topos das elevações, que vistas à distancia parecem ondas do mar. Apesar dessa concordância de topos, são comuns desníveis, por exemplo, por falhamentos de blocos (ATLAS-ES, 2008).

Ab’Saber (1966) assinala que o do domínio dos “Mares de Morros”, é o meio físico mais complexo e difícil do país em relação às construções e ações humanas, daí a pouca presença de locais urbanizáveis, uma vez que a aberturas de estradas e sua conveniente conservação é um grande obstáculo nessas áreas. É a região sujeita aos mais fortes processos de erosão e de movimentos coletivos de solos, de todo o território brasileiro. Como os casos das catastróficas ações de enxurradas e escorregamento de solos que freqüentemente têm afetado as áreas urbanas de algumas grandes aglomerações humanas brasileiras localizadas em morros ou por entre morros.

Grande parte da área insere-se, ainda, no estrato ambiental denominado por Lani (1987) de “Ambiente Celina”, onde o autor destaca o amplo domínio de Latossolos Vermelhos Amarelos distróficos, referenciada pelas unidades de mapeamento LVd3 e LVd4 do mapa de solos do Espírito Santo (Embrapa, 1978), ocorrendo em áreas de relevo movimentado, normalmente forte ondulado e montanhoso, em cotas altimétricas entre 570 a 900 m.

Como peculiar às áreas do domínio dos “Mares de Morros”, é característico também na área da bacia hidrográfica do rio Alegre, o escalonamento das morrarias (Figura 6). Ou seja, mesmo separados entre si, os morros distribuem-se em degraus de diferentes níveis topográficos, constituindo a unidade geomorfológica dos Patamares Escalonados do Sul Capixaba (Brasil, 1983).

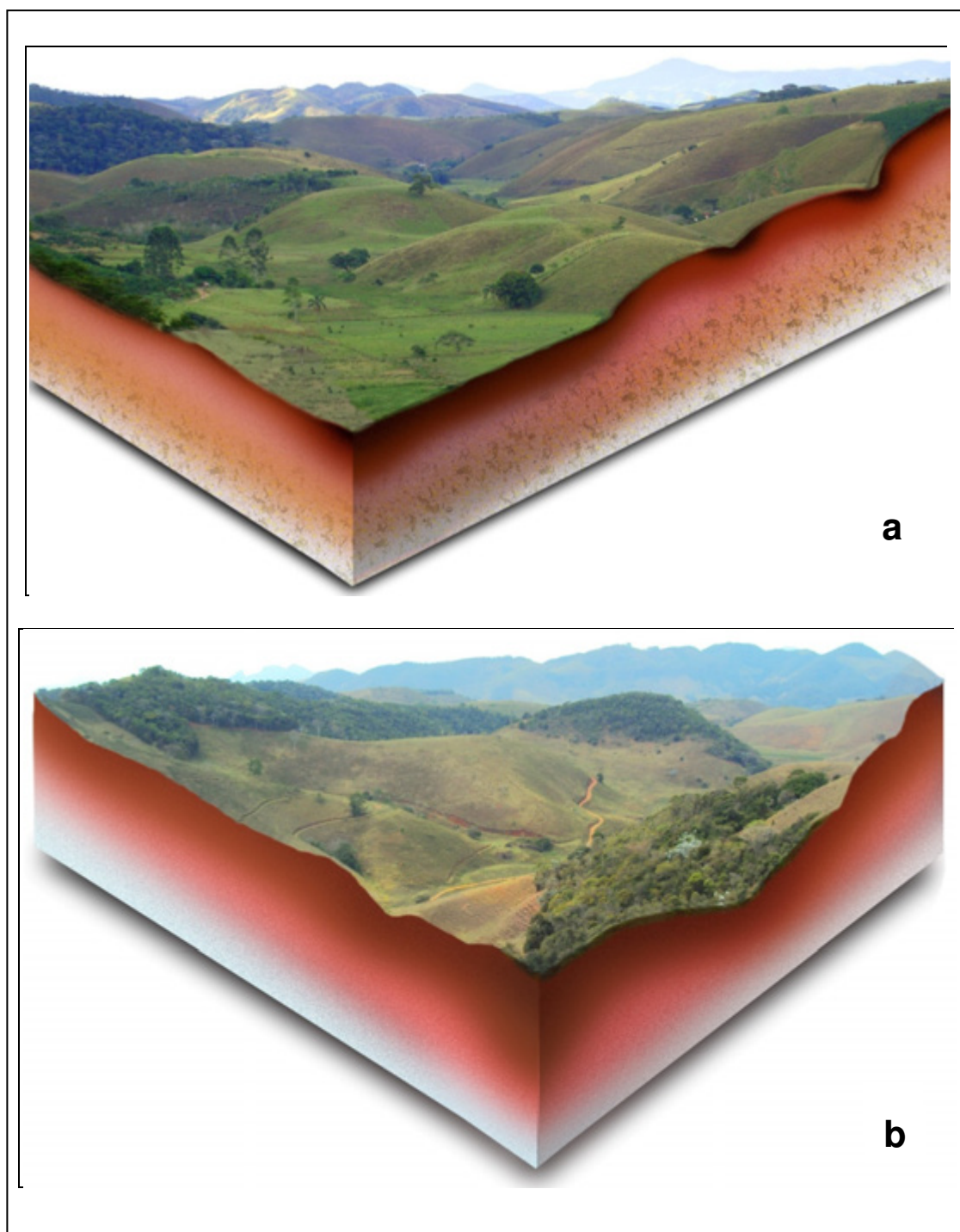


Figura 6. Bloco diagrama evidenciando o escalonamento de morrarias peculiar às áreas do domínio dos “Mares de Morros” (a; b).

Não é simples, entretanto, estabelecer limites entre unidades de mapeamento baseando-se tão somente na altimetria e no modelo digital de elevação, já que um morro de meia laranja pode ter Latossolo desde o topo até sua base. O mesmo pode-se dizer se a morraria for mais aguçada.

Com a escassez do ouro em Minas e sua pouca ocorrência no Espírito Santo, não tinha razão de se manter o interior serrano isolado. Vários caminhos foram abertos e inicia-se a construção da estrada Vitória-Vila Rica (“estrada do Rubim”) que seria mais ou menos por onde corta a atual BR-262 (Novaes, 1970; Moraes, 2002).

A área serrana dos “Mares de Morros” capixaba e mineiro, começa a ser desbravada. Alegre foi fundada em 1820, com a chegada de agricultores vindos de Minas Gerais e do Rio de Janeiro em busca de novas áreas para o plantio de café. Muitos destes agricultores vinham à procura de novas terras “férteis”, em razão do “esgotamento” de solos no Vale do Paraíba, que já assinalavam queda de produtividade com esta cultura.

Há nesta colocação fato interessante. A presença da mata exuberante indicava solo de fertilidade natural elevada. Mas esta fertilidade natural mais elevada encontrava-se apenas nos primeiros centímetros de solos, estando, pois ligada à ciclagem biogeoquímica de nutrientes (ATLAS-ES, 2009).

Com a retirada da cobertura vegetal original (derruba, retirada de madeira e lenha e queima), plantio dos cafezais no sentido do declive, e ainda aproveitando o espaço das entrelinhas com culturas de subsistência, sobretudo feijão e milho, tão logo a produtividade entrava em declínio e o processo erosivo se instalava de forma acentuada.

Assim, as lavouras foram substituídas por pastagens, inicialmente de capim gordura (*Melinis minutiflora*), pouco a pouco substituídas pela brachiaria. Linhas de sulcos de erosão deixadas nos terrenos, em grande parte da área confirmam isto (Figura 7).

De acordo com Nascimento (2004), baseado na interpretação da cobertura vegetal com imagem IKONOS de 2002, a maior parte área da bacia hidrográfica do rio Alegre encontra-se ocupada com pastagem (68,5 %). A área cultivada com café é de cerca de 10 % (aproximadamente 2.100 ha). Apenas cerca de 16,2% da área encontra-se com fragmentos florestais, a maioria dos quais já experimentou a intervenção antrópica, sobretudo para a retirada das chamadas madeiras de lei.



Figura 7. Linhas de sulcos de erosão deixadas nos terrenos pelo plantio dos cafezais.

A área é tipicamente de pequenas e médias propriedades rurais. Excetuando as áreas ocupadas com pastagens e com os fragmentos florestais, a diversificação de culturas já se faz notar: reflorestamento com eucalipto (*Eucalyptus spp*) (Figura 8a); cultivo de pupunha (*Euterpe edulis*) (Figura 8b); café (*Coffea arabica L.*) é cultivado como cultura solteira (Figura 8c), ou às vezes, cultivado com culturas como milho (*Zea mays*), feijão (*Phaseolus vulgaris L.*) e banana (*Musa spp.*) (Figura 8d), principalmente.

As classes de relevo predominante na bacia hidrográfica do rio Alegre são ondulado e forte ondulado (Apêndice C), podendo se considerar também o montanhoso (Quadro1). A bacia conta com uma área de aproximadamente 20518,77 ha, e devido à predominância de relevos mais acidentados, a área vem sendo usada pela agricultura familiar. Mas existecerta parcela desses produtores que moram em Alegre e mantém funcionários para cuidar da propriedade.

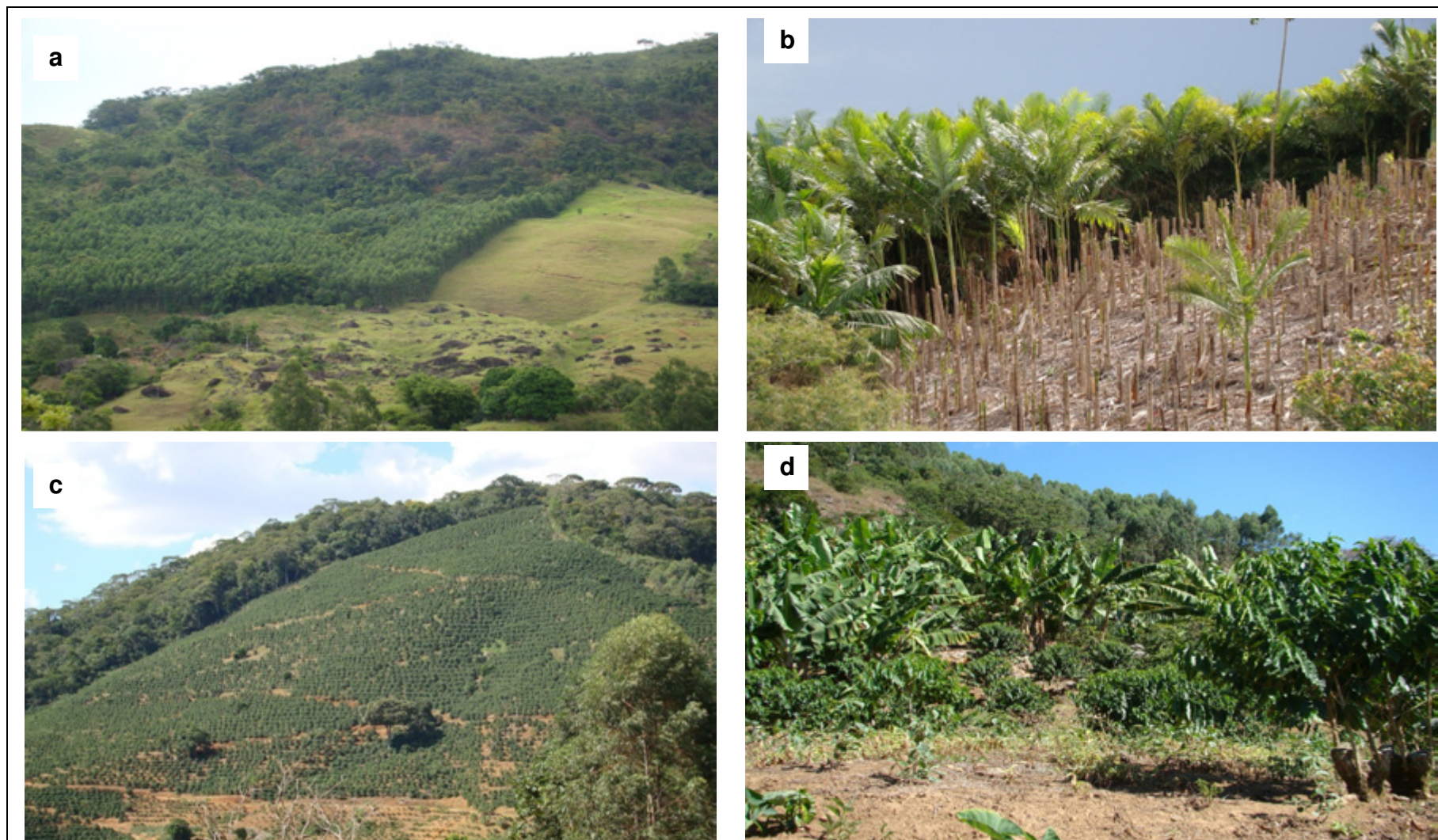


Figura 8. Reflorestamento com Eucalipto (a), Cultivo de Pupunha (b), Cultivo de Café como cultura solteira (c), Cultivo de Café em consórcio com banana (d).

Quadro 1. Classes de relevo da bacia hidrográfica do rio Alegre – ES

Classes de relevo	Classes de declive (%)	Área		
		----- m ² -----	---- ha ----	-- % --
Plano	0 - 3	6198000	619,80	3,0
Suave Ondulado	3 - 8	14757600	1475,76	7,2
Ondulado	8 - 20	39971200	3997,12	19,5
Forte Ondulado	20 - 45	104400800	10440,10	50,9
Montanhoso	45 - 75	38539600	3853,96	18,8
Escarpado	>75	1349600	134,96	0,7
Total		205187700	20518,77	100,0

A parte Sul do Estado, formada pelas regiões definidas como Sul e Caparaó no Planejamento Estratégico para o Desenvolvimento da Agricultura Capixaba (PEDEAG), o setor agrícola é predominantemente voltado à pecuária bovina de leite de baixa tecnificação e cafeicultura. A participação desse setor na região do Sul e do Caparaó corresponde a 7% e 26% respectivamente, do PIB regional (SEAG, 2008). Com relação ao uso do solo, a pecuária bovina (pastagens) ocupa 42% e 43% e a produção de café Arábica ocupa 10% e 19% dos solos da região do Sul e Caparaó, respectivamente.

Segundo SEAG (2008), com a especialização da pecuária de leite, haverá uma liberação de áreas para outras atividades, dentre as quais a silvicultura econômica e ampliação da cobertura florestal nativa, concomitantemente com a ampliação das atividades agrícolas diversificadas na base familiar, associadas com o agroturismo, fato este não observado para a área do presente estudo. Indicando a necessidades de muitas ações para se atingir os objetivos propostos no SEAG (2008).

Para a região, a ampliação da cobertura florestal é particularmente relevante, pois trará ganhos econômicos, através de pagamentos por serviços ambientais e fortalecimento do agroturismo, permitindo também uma melhor disponibilidade hídrica para toda a região sul do Estado, caso, as ações do SEAG (2008) sejam implantadas e sua eficiência comprovada.

Dentre as metas direcionadas para o Estado do Espírito Santo, nas regiões Sul e Caparaó foram diagnosticados a necessidade de ações em: proteção de nascentes e pequenos cursos d'água, diminuição da degradação em regiões de maior vulnerabilidade à erosão, principalmente as pastagens degradadas observadas na área do presente estudo, priorização da criação de unidades de conservação; aumento da produtividade do café melhorando o seu potencial genético e adequando-o ao potencial edafoclimático das regiões; e diversificação com fruticultura e silvicultura (SEAG, 2008). O sucesso e a eficiência dessas ações para o desenvolvimento agrícola da região podem ser alcançados tendo como base um levantamento mais detalhado dos solos, uma vez que a menor variabilidade das unidades de mapeamento nesses levantamentos aumenta a confiabilidade das informações geradas. Informações sobre a pedogênese, uso do solo e cobertura vegetal complementam o diagnóstico para o desenvolvimento agrícola.

A hidrografia é constituída por uma rede de drenagem densa, diversificada e altamente influenciada pela natureza geológica e topográfica do terreno (Nascimento, 2004) (Apêndice C), formando rios encaixados e algumas cachoeiras, sendo o rio Alegre (Apêndice C) o principal curso d'água, um dos afluentes do rio Itapemirim.

A região foi atingida por intenso tectonismo, fato este, visualizado na Figura 9 com a verticalização do gnaiss. Devido a esse tectonismo sua morfologia revela as folhas por onde ocorrem alguns rios, como o Ribeirão Arraial do Café (Silva, 1976) (Apêndice B), sendo seu encaixe em uma falha no material de origem, com a drenagem controlada por estes materiais.

Com relação ao manto de intemperismo, verificou-se a evidência da atividade de um animal vermiforme que atuou intensamente no material de origem do horizonte Cr até elevadas profundidades (Figura 10). Talvez esta seja uma das causas que favoreceram a dessilificação desses solos (Corrêa, 1984; Rezende, 1980). O clima mais úmido no passado e a grande atividade perfuradora desses organismos vermiformes colaboraram para tal fato (Lani, et al., 2001).



Figura 9. Horizonte Cr mostrando inclinação verticalizada do gnaiss, reflexo do tectonismo ocorrido na bacia hidrográfica do rio Alegre – ES.



Figura 10. Horizonte C e Cr de solo desenvolvido de gnaiss com detalhe de paleotúbulos no horizonte C.

4.2. Distribuição dos Solos, Classificação e Mapeamento

É amplo o predomínio na área dos Latossolos Vermelho-Amarelos e Amarelos, estes últimos provavelmente relacionados ao gnaíse mais félsico. Ocorrem tanto em áreas de morros na forma de meia laranja (Figura 11a), como naquelas de modelado mais irregular. Nesta área se observa a concordância de topos em conjunto com os anfiteatros, escalonamentos terraços e várzeas (Figura 11a). Na modelagem mais irregular, é comum a ocorrência de Cambissolos Háplicos, nas encostas mais íngremes e, em menor proporção afloramentos de rocha (0,4 %, segundo Nascimento, 2004) (Figura 11b).

Área íngreme e com cotas altimétricas acima de 700 m (relevo montanhoso e escarpado) a oeste da área é mapeável com unidade simples de Cambissolo Háplico. Nesta situação foi constado solo com o horizonte A húmico (Figura 12), ainda que não seja o solo dominante. A presença do horizonte húmico reflete a condição climática: área mais fria e úmida de domínio destes solos, ainda com remanescente de xaxim (*Dicksonia sellowiana*) e samambaia (*Nephrolepis Polypodium*) (Figura 11c).

Apesar da intensa rede de drenagem, as várzeas (domínio de Gleissolos Háplicos) ocupam apenas 0,54 % da área da bacia hidrográfica (Nascimento, 2004). Praticamente todas as várzeas são utilizadas com pastagens, e, mais raramente, com pequenos plantios de arroz (*Oryza Sativa*) e de inhame (*Colocasia esculenta*).

A classificação e composição das unidades de mapeamento de solos da bacia hidrográfica do rio Alegre se encontra no Quadro 2. O mapa de solos se encontra no apêndice D.

Como se observa no mapa de solos da bacia hidrográfica do rio Alegre (APÊNDICE D), a classe predominante é o Latossolo Vermelho-Amarelo (LVAd), correspondendo a mais de 80% da área (Quadro 2). Sendo que no total da unidade de mapeamento LVAd (Quadro 2) existem as inclusões de Argissolo Vermelho-Amarelo, Latossolo Amarelo, Cambissolo Háplico e afloramentos de rocha. A segunda unidade de mapeamento de maior expressividade são os Cambissolos Háplicos (CXbd) com um pouco mais de 13% da área. Na unidade de mapeamento dos Cambissolos Háplicos (CXbd1) se encontra inclusões de Latossolo Vermelho-Amarelo e de Cambissolo Húmico (Figura 12).



Figura 11. Áreas de morros na forma de meia laranja – domínio dos Latossolos (a), afloramentos de rocha (b), remanescente de xaxim e samambaia, típicas de ambientes úmidos e clima mais amenos - cotas altimétricas acima de 600 m (c).



Figura 12. Perfil de Cambissolo Húmico distrófico, constatado em área com cota altimétrica de 788 m (UTM 229917.481E; 7691654.460N).

Quadro 2. Unidades de mapeamento de solos da bacia hidrográfica do rio Alegre – ES

Solos	Unidade de mapeamento	Área	
		---- ha ----	---- % ----
Área Urbana	-	241,98	1,18
CAMBISSOLO HÁPLICO	CXbd1	2136,94	10,41
CAMBISSOLO HÁPLICO	CXbd2	566,07	2,76
GLEISSOLO HÁPLICO	GXbd	99,09	0,48
LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO	LVAd1	2354,61	11,48
LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO	LVAd2	14907,35	72,65
ARGISSOLO VERMELHO	PVef	158,92	0,77
NEOSSOLO FLÚVICO	RYve	53,81	0,26
Área total		20518,77	-

Os Gleissolos Háplicos com unidade de mapeamento GXbd, se encontra espacializado na área da bacia do rio Alegre nas áreas de relevo plano (APÊNDICE D). Nesta unidade de mapeamento se encontra a inclusão do Pseudogleissolo, classe está ainda não definida no Sistema Brasileiro de

Clasificação de Solo (Embrapa, 2006). Essa classe se encontra em posição na paisagem em relevo suave ondulado, sempre na sequencia de um Gleissolo. O Pseudogleissolo possui todas as características de um Gleissolo, mas seu regime de umidade constante não existe mais, sendo assim, não se enquadrando na classe dos Gleissolos (Embrapa, 2006).

4.3. Caracterização Física e Morfológica dos Solos

Os teores das frações granulométricas variaram de muito argiloso a franco arenosa, ou seja, teores de argila de 200 a 700 g kg⁻¹ (Quadro 3), uma vez que o material granito-gnaiss apresenta granulação fina a média, justificando os teores mais elevados de argila (Brasil, 1983). A textura ou composição granulométrica de um solo depende, como outros atributos, da rocha de origem e do grau de intemperismo sofrido por este (Resende et al., 2007), justificando os resultados obtidos, indicando um elevado grau de intemperismo ocorrido na área do presente estudo. Para uma melhor percepção da distribuição espacial da composição granulométrica dos solos estudados, foram alocados no triângulo textural os teores das frações dos horizontes subsuperficiais (Bw, Bi, Bn, Cg e C) (Figura 13).

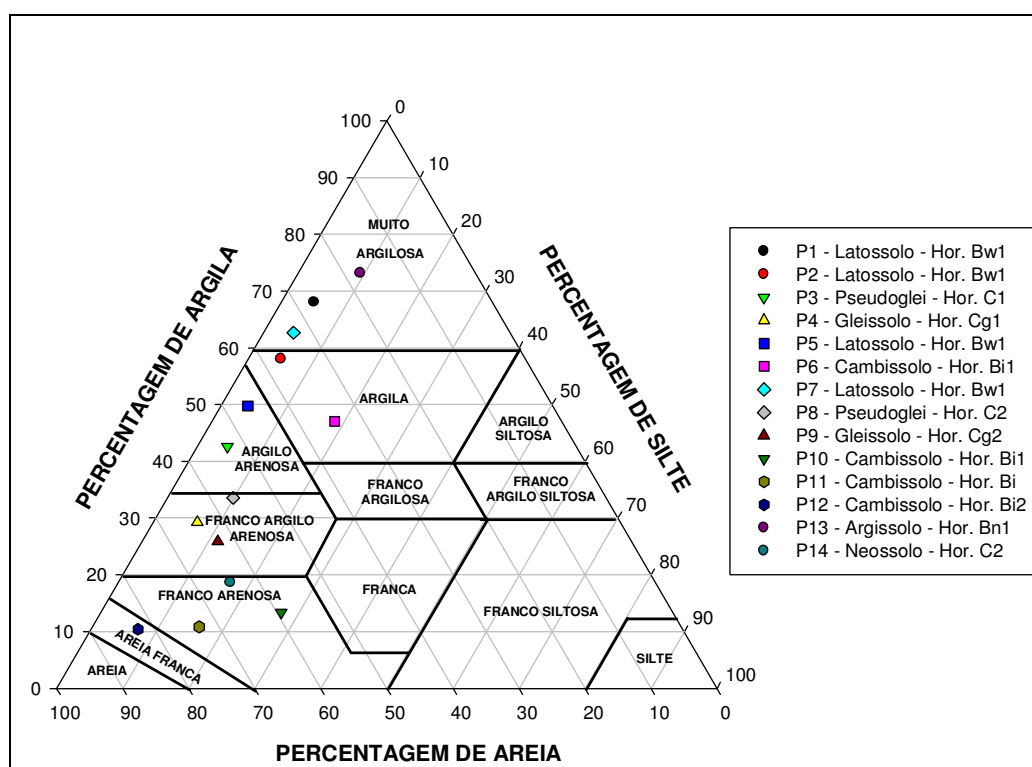


Figura 13. Triângulo textural dos horizontes subsuperficiais.

Na topossequência 1 (T1), pode-se observar uma textura muito argilosa para o Latossolo do terço superior (P1) e uma argilosa para o Latossolo (P2) do terço médio (Quadro 3). Para o Gleissolo (P4) os resultados da análise granulométrica é uniforme em todo o perfil, sendo caracterizado como franco argilo arenosa, enquanto no “Pseudogleissolo” (P3) existe um gradiente textural, iniciando no horizonte A como areia franca e chegando a argilosa no horizonte C3 (Quadro 3), conferindo o uma relação textural de 1,74 (Quadro 3). O P1 possui cor vermelho – amarelo com matiz 5YR, confirmando classificação como LVA e condizente com teores mais elevados de Fe_2O_3 do ataque sulfúrico (Quadro 5) e com textura muito argilosa com pequenos incrementos de argila em profundidade, porém dentro do limite de relação textural previsto para a ordem (Embrapa, 2006). O P2 com matiz 7,5YR de cor amarela, confirmando a classificação de LA não coeso. O menor teor de argila em comparação com o P1 pode ser devido à diferenciação no material de origem mais félsico de acordo com os resultados do ataque sulfúrico (Quadro 5), portanto com mais quartzo e consequentemente com teor de areia mais elevado (Quadro 3).

De acordo com Camargo et al. (1987), valores da relação silte/argila inferiores a 0,50 indicam solos muito intemperizados – fato observado neste estudo. Entretanto, quando os valores dessa relação são comparados nos diversos segmentos de vertente da topossequência 1, constata-se que eles obtiveram um incremento do topo para a base. Nesse caso, os valores mais altos devem-se ao aumento da fração areia e redução da fração argila (Quadro 3), sugerindo que as pequenas variações do relevo proporcionam perdas ou ganhos relativos e, possivelmente, pode ser devido á diferenciação no material de origem. Essa baixa relação silte/argila observada indica estrutura fraca em blocos subangulares com alta friabilidade desfazendo-se em granular quando úmidos, condizente com a mineralogia caulinítica e gibbsítica (Ker, 1997). O P3 como observado no quadro 3, possui cores claras (valor alto) em subsuperfície, teores de areia mais elevado em razão de se tratar de área mais baixa da vertente que recebeu material pré-intemperizado. Essas cores claras do P3 é devido ao processo de desferrificação pretérita, uma vez que os Pseudogleissolos já não se saturam com água. Também se nota um incremento de argila, sugerindo um horizonte Bt pelo gradiente de 1,74, mas a cor clara evidencia a ausência de estrutura, tratando-se de um horizonte

apedico. Esse fato é corroborado por Fanning & Fanning (1989) que descreve a distinção entre “Pseudogleissolo” primário e secundário em relação ao horizonte denso destes solos. O secundário teria uma camada densa argilosa formada pela pedogênese conferindo um horizonte Bt, enquanto o primário teria essa camada adensada herdada do material de origem, como uma rocha de xisto densa subjacente ao solo. Desta forma observa-se que o P3 possui características de “Pseudogleissolo” secundário.

O Gleissolo Háptico (P4) com horizonte A moderado se posiciona na paisagem em uma várzea mais baixa que o P3, fazendo com que esteja em ambiente saturado por água, sofrendo processo de gleização, característica pertinente desta classe. Observa-se, portanto, no P4 cor ocre das radicelas, indicando locais de oxidação. Esses pontos de oxidação são devido ao processo de respiração pelas raízes que ocasiona a oxidação do Fe^{2+} presente, mas apenas no entorno destas. Este fato só é possível, pois a concentração de O_2 aumenta o suficiente para a transformação do Fe^{2+} a Fe^{3+} .

A topossequência 2, composta por um Latossolo (P5) e um Cambissolo Háptico (P6), possuem granulometria distintas, sendo o P5 argilo arenosa e o P6 argilosa nos horizontes Bi chegando a franca no horizonte C, ocasionado pela redução do teor de argila ao longo do perfil e altos teores de silte no horizonte C (Quadro 2). O P6 apresenta teores de silte que variam de 158 a 405 g kg⁻¹, apresentando relação silte/argila no horizonte A e Bi em média de 0,35 (Quadro 3), indicando seu alto grau de intemperismo (Wambeke, 1962; Camargo et al., 1987), e de 2,25 no horizonte C, sendo uma característica pertinente a este horizonte. Todo esse perfil apresenta uma coloração rósea, indicando a presença de hematita, e segundo Resende (1976), um pouco de hematita em um fundo branco dado pela caulinita, tem uma tonalidade rósea.

O P5 apresenta relação textural (RT) de 1,5, que segundo Embrapa (2006), não se caracteriza um horizonte B textural, pois para tal solo que possui teores de argila no horizonte A de 310 g kg⁻¹ (Quadro 2), seria preciso uma RT de 1,7. Neste caso, se enquadrou na classe dos Latossolos (Embrapa, 2006).

Quadro 3. Caracterização física dos solos estudados

Horizonte	Prof. (cm)	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Silte / Argila	AG / AF ^{1/}	Classe Textural	Cor (Munsell)	
		----- g Kg ⁻¹ -----							Seca	Úmida
P1 - Latossolo Vermelho - Amarelo Distrófico típico										
A	0 - 21	150	140	70	640	0.11	1.07	Muito argilosa	7,5 YR 5/4	7,5 YR 4/4
AB	21 - 38	140	120	30	710	0.04	1.17	Muito argilosa	7,5 YR 5/6	7,5 YR 4/5
Bw1	38 - 70	140	130	50	680	0.07	1.08	Muito argilosa	7,5 YR 5/6	7,5 YR 4/6
Bw2	70 - 141 +	130	120	10	740	0.01	1.08	Muito argilosa	7,5 YR 6/8	7,5 YR 5/8
P2 - Latossolo Amarelo Distrófico típico										
A1	0 - 50	200	140	60	600	0.10	1.43	Argila	5 YR 5/4	5 YR 4/4
Bw1	50 - 70	240	180	80	500	0.16	1.33	Argila	5 YR 5/6	5 YR 4/6
Bw2	70 - 83	250	150	50	550	0.09	1.67	Argila	7,5 YR 6/6	7,5 YR 5/6
Bw3	83 - 120 +	240	130	50	580	0.09	1.85	Argila	7,5 YR 6/6	7,5 YR 5/6
P3 - Pseudogleissolo										
A1	0 - 5	383	351	80	186	0.43	1.09	Areia Franca	10 YR 5/2	10 YR 4/2
A2	5 - 20	360	276	68	297	0.23	1.31	Franco argilo arenosa	10 YR 6/2	10 YR 4/2
A3	20 - 40	363	270	43	325	0.13	1.34	Franco argilo arenosa	10 YR 6/2	10 YR 5/3
C1	40 - 85	299	229	46	426	0.11	1.30	Aargilo arenosa	10 YR 7/2	10 YR 7/4
C2	85 - 110	233	208	42	517	0.08	1.12	Argilo arenosa	10 YR 8/1	10 YR 7/2
C3	110 - 180+	217	205	114	463	0.25	1.06	Argila	10 YR 8/1	10 YR 7/2

Continua...

Quadro 3. Continuação...

Horizonte	Prof. (cm)	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Silte / Argila	AG / AF ^{1/}	Classe Textural	Cor (Munsell)	
		----- g Kg ⁻¹ -----	-----	-----	-----				Seca	Úmida
P4 - Gleissolo Háplico Tb Distrófico típico										
A	0 - 20	271	366	84	280	0.30	0.74	Franco argilo arenosa	10 YR 6/1	10 YR 5/1
Cg1	20 - 35	359	273	37	332	0.11	1.32	Franco argilo arenosa	10 YR 7/2	10 YR 6/2
Cg2	35 - 75+	378	263	67	292	0.23	1.43	Franco argilo arenosa	10 YR 8/1	10 YR 7/1
P5 - Latossolo Amarelo Distrófico típico										
A	0 -20	499	120	72	310	0.23	4.17	Franco argilo arenosa	7,5 YR 5/3	7,5 YR 4/3
Bw1	40 - 60	395	106	61	438	0.14	3.73	Argilo arenosa	7,5 YR 5/6	7,5 YR 4/4
Bw2	80 - 100	331	131	41	497	0.08	2.52	Argilo arenosa	7,5 YR 5/6	7,5 YR 4/6
P6 - Cambissolo Háplico Tb Distrófico típico										
A	0 -28	269	121	158	452	0.35	2.23	Argila	2,5 YR 6/3	2,5 YR 5/3
Bi1	28 - 46	259	99	174	468	0.37	2.61	Argila	2,5 YR 6/4	2,5 YR 5/4
Bi2	46 - 77	244	100	186	470	0.40	2.43	Argila	2,5 YR 6/4	2,5 YR 5/4
C1	100 - 132	273	105	402	219	1.84	2.60	Franca	10 R 6/4	10 R 5/4
C2	132 - 150+	301	114	405	180	2.25	2.64	Franca	10 R 6/4	10 R 5/4
P7 - Latossolo Amarelo Distrófico típico										
A	0 - 11	269	202	20	508	0.04	1.33	Argilo arenosa	7,5 YR 5/4	7,5 YR 4/4
AB	11 - 24	228	185	34	552	0.06	1.23	Argila	7,5 YR 5/6	7,5 YR 4/6
BA	24 - 37	208	161	21	610	0.03	1.29	Muito argilosa	7,5 YR 6/6	7,5 YR 5/6
Bw1	37 - 65	189	150	36	626	0.06	1.26	Muito argilosa	7,5 YR 6/8	7,5 YR 5/8
Bw2	65 - 90	187	141	45	626	0.07	1.33	Muito argilosa	7,5 YR 6/8	7,5 YR 5/8
Bw3	90 - 125+	169	150	53	628	0.09	1.12	Muito argilosa	7,5 YR 6/8	7,5 YR 5/8
										Continua...

Continua...

Quadro 3. Continuação...

Horizonte	Prof. (cm)	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Silte / Argila	AG / AF ^{1/}	Classe Textural	Cor (Munsell)	
		----- g Kg ⁻¹ -----							Seca	Úmida
P8 - Pseudogleissolo										
A1	0 -20	335	225	128	312	0.41	1.49	Franco argilo arenosa	10 YR 6/2	10 YR 5/2
A2	20 - 48	360	194	98	348	0.28	1.85	Franco argilo arenosa	10 YR 6/1	10 YR 6/2
C1	48 - 86	379	198	66	358	0.18	1.91	Argilo arenosa	10 YR 7/1	10 YR 7/2
C2	86 - 129	371	195	99	335	0.30	1.90	Franco argilo arenosa	10 YR 7/1	10 YR 7/2
P9 - Gleissolo Háptico Tb Distrófico típico										
A	0 - 7	64	99	197	640	0.31	0.65	Muito argilosa	10 YR 5/2	10 YR 4/2
Cg1	7 - 18	221	256	146	377	0.39	0.86	Argilo arenosa	10 YR 6/2	10 YR 5/2
Cg2	18 - 40	344	283	115	259	0.44	1.22	Franco argilo arenosa	10 YR 6/2	10 YR 5/2
Cg3	40 - 70	359	257	130	253	0.51	1.40	Franco argilo arenosa	10 YR 6/2	10 YR 5/2
P10 - Cambissolo Háptico Tb Distrófico típico										
A1	0 - 7,5	440	156	293	111	2.64	2.82	Franco argilo arenosa	5 YR 4/3	5 YR 3/3
A2	7,5 - 20	511	128	231	130	1.77	4.00	Franco argilo arenosa	5 YR 4/4	5 YR 3/4
AB	20 - 25	420	189	264	127	2.07	2.23	Franco argilo arenosa	5 YR 4/6	4 YR 3/6
BA	25 - 35	414	184	283	119	2.37	2.25	Franco argilo arenosa	5 YR 4/6	4,5 YR 3/6
Bi1	35 - 45	393	181	289	137	2.11	2.16	Franco argilo arenosa	2,5 YR 5/6	2,5 YR 3/6
Bi2	45 - 100	446	147	273	134	2.04	3.05	Franco argilo arenosa	2,5 YR 5/6	2,5 YR 4/8
BC	100 - 150+	447	172	238	143	1.66	2.61	Franco argilo arenosa	2,5 YR 4/6	2,5 YR 3/6

Continua...

Quadro 3. Continuação...

Horizonte	Prof. (cm)	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Silte / Argila	AG / AF ^{1/}	Classe Textural	Cor (Munsell)	
		----- g Kg ⁻¹ -----							Seca	Úmida
P11 - Cambissolo Háplico Tb Distrófico típico										
A	0 - 7	424	168	282	126	2.25	2.53	Franco argilo arenosa	5 YR 5/4	5 YR 4/3
BA	7 - 21	439	159	287	115	2.49	2.76	Franco argilo arenosa	5 YR 5/6	5 YR 4/4
Bi	21 - 71	559	171	162	108	1.50	3.27	Franco arenosa	5 YR 5/6	5 YR 4/6
BC	71 - 103	464	162	269	104	2.58	2.86	Franco argilo arenosa	5 YR 5/6	5 YR 4/6
P12 - Cambissolo Húmico Distrófico										
A1	0 -20	427	197	155	222	0.70	2.17	Franco argilo arenosa	7,5 YR 3/4	7,5 YR 2,5/2
A2	20 - 41	520	167	129	184	0.70	3.12	Franco arenosa	7,5 YR 3/2	7,5 YR 2,5/1
A3	41 - 61	551	165	117	167	0.70	3.34	Franco arenosa	7,5 YR 3/3	7,5 YR 2,5/1
A4	61 - 82	574	204	9	212	0.04	2.81	Franco argilo arenosa	7,5 YR 3/3	7,5 YR 2,5/1
2A5	82 - 101	472	204	116	207	0.56	2.31	Franco argilo arenosa	7,5 YR 3/3	7,5 YR 2,5/1
2A6	101 - 115	506	211	78	206	0.38	2.40	Franco argilo arenosa	7,5 YR 3/3	7,5 YR 2,5/1
AB	115 - 127	522	219	96	163	0.59	2.38	Franco arenosa	7,5 YR 4/3	7,5 YR 3/2
BA	127 - 140	535	233	77	155	0.50	2.29	Franco arenosa	7,5 YR 5/3	7,5 YR 3/3
B1	140 - 152	549	237	84	131	0.64	2.32	Areia franca	7,5 YR 5/4	7,5 YR 4/4
B2	152 - 168	638	187	71	104	0.68	3.41	Areia franca	10 YR 6/4	10 YR 5/4
B3	168 - 184	639	206	64	91	0.70	3.10	Areia franca	10 YR 6/4	10 YR 5/4
B4	184 - 230	586	282	44	89	0.49	2.08	Areia	10 YR 6/4	10 YR 5/4

Continua...

Quadro 3. Continuação...

Horizonte	Prof. (cm)	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Silte / Argila	AG / AF ^{1/}	Classe Textural	Cor (Munsell)	
		----- g Kg ⁻¹ -----		Seca	Úmida					
P13 - Argissolo Vermelho Eutroférico										
A	0 - 13	214	157	120	510	0.23	1.36	Argila	2,5 YR 5/4	2,5 YR 4/4
Bn1	34 - 72	102	72	95	731	0.13	1.41	Muito argilosa	2,5 YR 5/6	2,5 YR 4/6
Bn2	91 - 128	114	85	368	433	0.85	1.34	Argila	2,5 YR 5/8	2,5 YR 4/8
P14 - Neossolo Flúvico Ta Eutrófico										
A	0 - 5	76	470	218	236	0.93	0.16	Franco argilo arenosa	7,5 YR 5/6	7,5 YR 4/6
C1	5 - 15	181	613	81	125	0.65	0.29	Franco arenosa	7,5 YR 5/8	7,5 YR 4/6
C2	15 - 25	117	527	170	186	0.91	0.22	Franco arenosa	7,5 YR 5/8	7,5 YR 4/6
C3	25 - 40	78	519	201	202	0.99	0.15	Franco argilo arenosa	7,5 YR 5/8	7,5 YR 4/6
C4	40 - 104	89	284	341	286	1.19	0.31	Franca	7,5 YR 5/8	7,5 YR 4/6
C5	104 - 131	96	394	234	276	0.85	0.24	Franco argilo arenosa	7,5 YR 6/6	7,5 YR 4/6

^{1/} Relação Areia Grossa / Areia Fina.

Na topossequência 3 (T3) o Latossolo (P7) apresenta textura argilosa a muito argilosa ao longo do perfil, o Pseudogleissolo (P8) franco argilo arenosa e o Gleissolo (P9) uma variação em profundidade que se inicia com muito argilosa no horizonte A e termina no horizonte Cg3 com franco argilo arenosa (Quadro 2). Em se pensando que na topossequência, a ordem do topo para a base é o Latossolo > Pseudogleissolo > Gleissolo, onde o Pseudogleissolo (P8) apresenta uma textura mais grosseira, pode-se dizer que o caráter argiloso do topo de horizonte A do Gleissolo (P9) pode ter recebido contribuição do Latossolo do topo e do Pseudogleissolo (P8) que se encontra em uma classe de declividade superior ao Gleissolo (Quadro 3).

A diferenciação de textura dos dois Pseudogleissolos analisados (P3 e P8) indica que não é uma regra a existência de relação textural elevada, característica observada no P3 e não no P8, deixando evidente a possível diferenciação com relação à textura desta classe.

Os Cambissolos Háplicos (P10 e P11) analisados, na caracterização do ambiente mais movimentado do relevo, com cotas altimétricas chegando a 1100 m, possuem textura ao longo do perfil de forma homogênea, sendo caracterizado como franco argilo arenoso, evidenciado pelos maiores teores de areia grossa (Quadro 2) e também devido a presença de minerais primários, como plagioclásios (CPRM, 2007). Características essas evidenciadas também no Cambissolo Húmico (P12), sendo que seu caráter húmico reflete a condição climática mais fria e úmida do domínio dessa classe.

O Neossolo Flúvico (P14), por está na parte mais baixa da bacia, com cotas altimétricas entre 100 e 200 m, corresponde a um ambiente de deposição, recebendo materiais pré-intemperizados, formados por sedimentos aluviais. Essa condição conferiu ao P14 uma textura mais arenosa, indicada pelos altos teores de areia, principalmente areia fina, com valores de 280 a 613 g kg⁻¹.

4.4. Caracterização Química dos Solos

4.4.1. Fertilidade dos solos

Observando os valores de pH em H₂O dos solos estudados, verifica-se que sua classificação química está entre acidez elevada a acidez média

(Ribeiro, et al., 1999) com valores variando de 4.8 – 6.1 (Quadro 4), valores estes também observados por Lani (2001).

Os resultados de pH em H₂O maiores que aqueles obtidos com KCl 1 mol L⁻¹ indicam reação fracamente ácida a neutra, conferindo aos solos o domínio de cargas negativas na superfície dos colóides do solo, conforme ΔpH (pH KCl – pH H₂O) com valores negativos (Quadro 4) (Raij, 1973), absorvendo portanto, maiores quantidades de cátions.

A CTC corrigida (CTCr) é um fator indicativo da atividade das argilas, cujo solos analisados foram classificados como Tb ou argila de baixa atividade, por apresentar CTCr <27 cmol_c dm⁻³ de argila, condizentes com a mineralogia da fração argila destes solos. Com exceção dos horizontes superficiais do P10 e P11 e de todo o perfil do P12 e P14, que apresentaram CTCr superior (Quadro 4), sendo classificados como argila de alta atividade (Ta). Mesmo que classificados como Ta, esses solos não apresentaram minerais do tipo 2:1 na fração argila. Com isso podemos inferir que mesmo que haja predominância de argilas de atividade baixa (Tb) o ΔpH aponta para cargas negativas, indicando que a fração argila destes solos são formadas por argilominerais do grupo 1:1, principalmente caulinita, e por óxidos de ferro e alumínio, que são minerais com carga dependente de pH.

Os solos estudados são distróficos (V < 50%), com valores de soma de bases (Valor S), em geral, menor que 0,5 cmol_c dm⁻³ (Quadro 4) e baixa capacidade de troca de cátions (CTC), em geral inferior a 7,0 cmol_c dm⁻³. Valores estes que refletem o alta grau de intemperismo e lixiviação sofridos. Os teores de Al³⁺ são considerados altos, mas não o suficiente para caracterizá-los como álicos ou aluminicos, uma vez que apresentou valores < 4,0 cmol_c dm⁻³ (Embrapa, 2006), sendo esses teores constatados para solos da mesma área por Lani (1987). Os teores de fósforo são limitantes em todos os solos estudados (Delazari, 1979).

Os teores de Ca²⁺, Mg²⁺ e K⁺ nos horizontes superficiais e subsuperficiais tiveram classificação de muito baixo a baixo para todas as classes de solos estudadas (Quadro 4), para maioria das plantas cultivadas de acordo com as recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais (Alvarez V. et al., 1999) e no trabalho realizado por Lani (2001). À exceção desses teores, ocorreu no horizonte superficial do P3, que obteve classificação média.

Quadro 4. Caracterização química dos solos estudados

Hor.	Prof. (cm)	pH		ΔpH	K	Na	Ca	Mg	Al	H+Al	Valor S	CTC(t)	CTC(T)	CTCr	V	m	CO	P	P rem
		H ₂ O	KCl																
P1 - Latossolo Vermelho - Amarelo Distrófico típico																			
A	0 - 21	4.8	4.1	-0.7	0.11	0.01	0.20	0.20	1.50	11.1	0.52	2.02	11.58	18.09	4	74	2.90	1.30	8.80
AB	21 - 38	4.9	3.9	-1.0	0.04	0.00	0.10	0.10	1.00	7.43	0.24	1.24	7.67	10.80	3	81	1.86	0.60	5.80
Bw1	38 - 70	4.8	3.9	-0.9	0.04	0.00	0.00	0.00	1.00	7.26	0.04	1.04	7.30	10.74	1	96	1.86	0.60	8.30
Bw2	70 - 141 +	5.2	4.0	-1.2	0.03	0.01	0.10	0.10	0.10	2.64	0.24	0.34	2.88	3.89	8	29	0.99	0.40	6.50
P2 - Latossolo Amarelo Distrófico típico																			
A1	0 - 50	4.4	3.6	-0.8	0.11	0.02	0.20	0.10	2.10	7.43	0.43	2.53	7.86	13.10	5	83	1.80	1.30	13.90
Bw1	50 - 70	4.5	3.5	-1.0	0.03	0.01	0.10	0.00	2.00	6.44	0.14	2.14	6.58	13.16	2	93	1.45	0.60	13.20
Bw2	70 - 83	4.5	3.7	-0.8	0.02	0.01	0.10	0.00	1.90	5.61	0.13	2.03	5.74	10.44	2	94	1.28	0.60	12.10
Bw3	83 - 120 +	4.8	3.8	-1.0	0.01	0.01	0.30	0.00	1.50	4.62	0.32	1.82	4.94	8.52	6	82	1.10	0.40	11.50
P3 - Pseudogleissolo																			
A1	0 - 5	5.6	4.5	-1.1	0.11	0.01	1.60	0.80	0.30	3.3	2.52	2.82	5.82	19.40	43	11	1.80	4.10	41.60
A2	5 - 20	4.9	3.8	-1.1	0.06	0.01	0.50	0.20	1.30	3.96	0.77	2.07	4.73	3.64	16	63	1.22	2.60	33.20
A3	20 - 40	4.7	3.8	-0.9	0.05	0.01	0.10	0.10	2.00	4.95	0.26	2.26	5.21	2.61	5	88	1.04	2.70	29.70
C1	40 - 85	4.6	3.9	-0.7	0.04	0.01	0.00	0.00	2.00	4.29	0.05	2.05	4.34	2.17	1	98	0.81	1.20	23.70
C2	85 - 110	4.8	3.9	-0.9	0.03	0.00	0.10	0.00	2.00	3.47	0.13	2.13	3.60	1.80	4	94	0.64	0.70	22.30
C3	110 - 180+	5.0	4.0	-1.0	0.03	0.01	0.20	0.00	2.00	3.14	0.24	2.24	3.38	1.69	7	89	0.64	0.50	24.40
P4 - Gleissolo Háptico Tb Distrófico típico																			
A	0 - 20	5.1	4.0	-1.1	0.10	0.04	0.40	0.10	1.00	4.79	0.64	1.64	5.43	5.43	12	61	1.86	2.60	28.70
Cg1	20 - 35	5.1	4.1	-1.0	0.04	0.02	0.00	0.00	1.30	3.14	0.06	1.36	3.20	2.46	2	96	0.87	1.30	28.70
Cg2	35 - 75+	5.4	4.1	-1.3	0.08	0.02	0.00	0.10	1.00	2.31	0.2	1.20	2.51	2.51	8	83	0.64	0.80	31.90

Continua...

Quadro 4. Continuação...

Hor.	Prof. (cm)	pH		ΔpH	K	Na	Ca	Mg	Al	H+Al	Valor S	CTC(t)	CTC(T)	CTCr	V	m	CO	P	P rem
		H ₂ O	KCl																
P5 - Latossolo Amarelo Distrófico típico																			
A	0 -20	5.2	4.0	-1.2	0.20	0.01	0.60	0.50	1.00	7.92	1.31	2.31	9.23	9.23	14	43	2.26	10.50	25.20
Bw1	40 - 60	5.1	4.2	-0.9	0.03	0.01	0.40	0.20	1.00	5.94	0.64	1.64	6.58	6.58	10	61	1.39	0.80	11.80
Bw2	80 - 100	4.9	4.2	-0.7	0.02	0.01	0.10	0.00	1.00	4.79	0.13	1.13	4.92	4.92	3	88	1.04	0.70	10.20
P6 - Cambissolo Háplico Tb Distrófico típico																			
A	0 -28	4.7	4.1	-0.6	0.06	0.02	0.10	0.00	1.40	5.61	0.18	1.58	5.79	4.14	3	89	1.86	2.20	17.40
Bi1	28 - 46	4.9	4.3	-0.7	0.03	0.01	0.00	0.00	1.00	4.29	0.04	1.04	4.33	4.33	1	96	1.28	0.80	14.30
Bi2	46 - 77	4.9	4.3	-0.6	0.02	0.01	0.00	0.00	0.80	3.14	0.03	0.83	3.17	3.96	1	96	0.99	0.50	16.00
C1	100 - 132	5.2	4.4	-0.8	0.02	0.01	0.10	0.00	0.60	1.65	0.13	0.73	1.78	2.97	7	82	0.64	0.30	24.40
C2	132 - 150+	4.8	4.4	-0.4	0.03	0.00	0.00	0.00	0.80	1.65	0.03	0.83	1.68	2.10	2	96	0.58	0.30	24.40
P7 - Latossolo Amarelo Distrófico típico																			
A	0 - 11	4.9	4.0	-0.9	0.10	0.01	0.40	0.30	1.00	7.76	0.81	1.81	8.57	8.57	9	55	2.09	1.30	19.90
AB	11 - 24	4.9	4.0	-0.9	0.06	0.01	0.40	0.10	1.10	6.77	0.57	1.67	7.34	6.67	8	66	1.86	1.00	15.60
BA	24 - 37	4.9	4.1	-0.8	0.05	0.01	0.10	0.10	1.00	5.78	0.26	1.26	6.04	6.04	4	79	1.45	0.70	14.70
Bw1	37 - 65	4.9	4.2	-0.7	0.03	0.01	0.10	0.00	0.80	5.12	0.14	0.94	5.26	6.58	3	85	1.22	0.50	11.50
Bw2	65 - 90	4.8	4.2	-0.6	0.03	0.00	0.10	0.00	0.90	4.95	0.13	1.03	5.08	5.64	3	87	1.10	0.50	8.30
Bw3	90 - 125+	4.8	4.2	-0.6	0.02	0.00	0.00	0.00	0.90	3.8	0.02	0.92	3.82	4.24	1	98	0.99	0.30	7.70
P8 - Pseudogleissolo																			
A1	0 -20	4.7	3.7	-1.0	0.07	0.02	0.40	0.10	1.40	5.45	0.59	1.99	6.04	4.31	10	70	1.45	4.70	31.90
A2	20 - 48	4.9	3.9	-1.1	0.02	0.01	0.30	0.00	1.40	3.63	0.33	1.73	3.96	2.83	8	81	0.81	1.20	29.70
C1	48 - 86	5.0	3.9	-1.1	0.01	0.01	0.30	0.10	1.20	2.48	0.42	1.62	2.90	2.42	14	74	0.64	0.50	33.20
C2	86 - 129	4.9	3.9	-1.0	0.01	0.00	0.10	0.00	1.00	1.81	0.11	1.11	1.92	1.92	6	90	0.58	0.30	34.50

Continua...

Quadro 4. Continuação...

Hor.	Prof. (cm)	pH		ΔpH	K	Na	Ca	Mg	Al	H+Al	Valor S	CTC(t)	CTC(T)	CTCr	V	m	CO	P	P rem
		H ₂ O	KCl																
P9 - Gleissolo Háplico Tb Distrófico típico																			
A	0 - 7	4.9	3.8	-1.1	0.20	0.07	1.00	0.20	1.50	12.2	1.47	2.97	13.68	9.12	11	51	7.89	11.50	26.00
Cg1	7 - 18	5.1	3.9	-1.2	0.03	0.02	0.60	0.10	1.30	5.78	0.75	2.05	6.53	5.02	11	63	1.91	2.90	26.00
Cg2	18 - 40	5.2	4.0	-1.2	0.01	0.02	0.60	0.20	1.00	4.29	0.83	1.83	5.12	5.12	16	55	1.16	2.20	29.70
Cg3	40 - 70	5.2	3.8	-1.4	0.01	0.03	0.60	0.30	1.00	3.14	0.94	1.94	4.08	4.08	23	52	0.75	4.30	33.20
P10 - Cambissolo Háplico Tb Distrófico típico																			
A1	0 - 7,5	3.8	3.6	-0.2	0.10	0.03	0.00	0.10	3.40	16.3	0.23	3.63	16.57	56.63	1	94	6.38	7.00	24.40
A2	7,5 - 20	4.1	3.8	-0.3	0.08	0.03	0.10	0.10	2.70	12.7	0.31	3.01	13.02	56.33	2	90	3.71	5.20	19.40
AB	20 - 25	4.4	4.1	-0.3	0.04	0.02	0.00	0.00	1.70	8.91	0.06	1.76	8.97	34.02	1	97	2.38	2.70	16.00
BA	25 - 35	4.6	4.1	-0.5	0.03	0.02	0.00	0.00	1.50	8.75	0.05	1.55	8.80	31.10	1	97	2.38	1.80	14.30
Bi1	35 - 45	4.7	4.3	-0.4	0.01	0.02	0.00	0.00	1.30	6.27	0.03	1.33	6.30	21.79	0	98	1.86	1.70	12.20
Bi2	45 - 100	4.7	4.4	-0.3	0.01	0.01	0.00	0.00	0.70	4.62	0.02	0.72	4.64	16.98	0	97	1.33	0.50	12.20
BC	100 - 150+	4.6	4.7	0.1	0.01	0.01	0.00	0.00	0.20	2.64	0.02	0.22	2.66	11.17	1	91	0.81	0.40	13.50
P11 - Cambissolo Háplico Tb Distrófico típico																			
A	0 - 7	5.7	4.8	-0.9	0.27	0.02	3.30	1.40	0.00	7.10	4.99	4.99	12.09	42.82	41	0	3.83	2.50	14.40
BA	7 - 21	5.1	4.2	-0.9	0.13	0.01	0.20	0.10	0.30	7.26	0.44	0.74	7.70	26.79	6	41	1.80	1.20	12.70
Bi	21 - 71	5.0	4.0	-1.0	0.06	0.01	0.00	0.00	0.50	3.80	0.07	0.57	3.87	23.91	2	88	1.10	2.00	13.90
BC	71 - 103	5.0	4.2	-0.8	0.07	0.02	0.00	0.00	0.50	3.13	0.09	0.59	3.22	11.97	3	85	0.87	2.50	8.90

Continua...

Quadro 4. Continuação...

Hor.	Prof. (cm)	pH		ΔpH	K	Na	Ca	Mg	Al	H+Al	Valor S	CTC(t)	CTC(T)	CTCr	V	m	CO	P	P rem
		H ₂ O	KCl																
P12 - Cambissolo Húmico Distrófico																			
A1	0 - 20	5.7	4.7	-1.0	0.09	0.05	2.20	0.50	0.20	9.90	2.84	3.04	12.74	57.46	22	7	4.47	6.40	7.90
A2	20 - 41	5.8	4.7	-1.1	0.06	0.04	2.10	0.40	0.20	10.23	2.60	2.80	12.83	69.70	20	7	4.00	4.00	8.60
A3	41 - 61	5.7	4.6	-1.1	0.03	0.04	0.70	0.20	0.50	9.08	0.97	1.47	10.05	60.30	10	34	2.90	5.30	7.60
A4	61 - 82	5.6	4.5	-1.1	0.01	0.04	0.30	0.10	0.40	10.40	0.45	0.85	10.85	51.07	4	47	3.07	7.90	5.90
2A5	82 - 101	5.5	4.5	-1.0	0.01	0.04	0.20	0.00	0.50	10.89	0.25	0.75	11.14	53.79	2	67	3.42	11.60	3.80
2A6	101 - 115	5.4	4.6	-0.8	0.00	0.03	0.10	0.00	0.40	9.57	0.13	0.53	9.70	47.14	1	75	2.78	14.90	4.40
AB	115 - 127	5.4	4.7	-0.7	0.00	0.03	0.00	0.00	0.30	7.10	0.03	0.33	7.13	43.74	0	91	2.03	20.70	6.20
BA	127 - 140	5.4	4.8	-0.6	0.00	0.03	0.00	0.00	0.30	5.78	0.03	0.33	5.81	37.46	1	91	1.51	24.00	10.10
Bi1	140 - 152	5.3	4.8	-0.5	0.00	0.03	0.00	0.00	0.30	4.46	0.03	0.33	4.49	34.37	1	91	1.22	24.00	8.60
Bi2	152 - 168	5.2	4.9	-0.3	0.00	0.03	0.00	0.00	0.30	4.13	0.03	0.33	4.16	39.98	1	91	1.04	24.70	12.30
Bi3	168 - 184	5.2	5.0	-0.3	0.00	0.03	0.00	0.00	0.20	3.79	0.03	0.23	3.83	41.87	1	87	0.87	21.90	13.70
Bi4	184 - 230	5.4	5.1	-0.3	0.00	0.03	0.00	0.00	0.20	3.46	0.03	0.23	3.50	39.30	1	87	0.81	20.10	13.30
P13 - Argissolo Vermelho Eutroférico																			
A	0 - 13	6.4	4.9	-1.5	0.61	0.04	1.50	0.90	0.00	2.48	3.05	3.05	5.53	10.85	55	0	1.45	1.80	20.10
Bn1	34 - 72	6.8	6.0	-0.8	0.51	0.04	1.30	0.90	0.00	1.65	2.75	2.75	4.40	6.02	62	0	0.87	3.00	8.90
Bn2	91 - 128	6.2	5.8	-0.4	0.11	0.05	0.90	1.30	0.00	1.65	2.36	2.36	4.01	9.27	59	0	0.70	4.80	9.50
P14 - Neossolo Flúvico Ta Eutrófico																			
A	0 - 5	6.2	5.0	-1.2	0.21	0.09	2.60	1.20	0.00	2.48	4.10	4.10	6.58	27.92	62	0	1.16	13.30	29.20
C1	5 - 15	6.3	5.0	-1.3	0.15	0.08	2.00	0.80	0.00	1.65	3.03	3.03	4.68	37.32	65	0	0.75	14.50	35.40
C2	15 - 25	6.1	4.8	-1.3	0.10	0.11	2.50	0.90	0.00	2.15	3.61	3.61	5.76	30.92	63	0	1.04	7.30	32.60
C3	25 - 40	6.0	4.7	-1.3	0.09	0.12	2.50	1.00	0.00	2.48	3.71	3.71	6.19	30.70	60	0	0.99	6.60	30.20
C4	40 - 104	5.9	4.7	-1.2	0.08	0.13	2.70	1.20	0.00	2.48	4.11	4.11	6.59	23.06	62	0	0.81	3.60	24.70
C5	104 - 131	5.6	4.1	-1.5	0.04	0.15	2.40	1.10	0.10	3.14	3.69	3.79	6.83	24.75	54	3	0.81	3.40	28.20

Os teores de carbono orgânico variaram de baixos a médios (Alvarez V. et al., 1999) para os solos estudados (Quadro 4). Com a exceção do horizonte superficial do P9 que apresentou teores elevados, isso foi devido à condição do hidromorfismo do Gleissolo, condicionando uma decomposição lenta da matéria orgânica (Resende et al., 2007), não sendo uma característica geral da área, não se observando em outros solos hidromórficos estudados como é o caso do P4. Os teores de carbono orgânico são importantes no manejo, uma vez que estes são fatores da perda de qualidade do solo (Conceição et al., 2005), devendo ser acompanhados como contribuição da sustentabilidade agrícola dos solos da região.

4.4.2. Resultados do ataque sulfúrico

Os valores das relações moleculares K_i ($\text{SiO}_2 \times 1,70 / \text{Al}_2\text{O}_3$) e K_r $[(\text{SiO}_2/0,60)/((\text{Al}_2\text{O}_3/1,02) + (\text{Fe}_2\text{O}_3/1,60))]$ (Quadro 5) variaram, respectivamente, de 0,69 a 1,48 e de 0,62 a 1,43 para os horizontes subsuperficiais e 0,86 a 1,39 e de 0,71 a 1,34 para os horizontes superficiais dos solos estudados. Esses valores indicam a alto grau de intemperismo sofrido por esses materiais, característica essa observada em todos os solos estudados.

Os valores relativamente baixos de K_i e K_r também foram encontrados por Lani (2001) nos solos da mesma área de estudo deste trabalho. Tratando-se de solos bastante intemperizados, indicando a dominância de argilominerais do tipo 1:1 (caulinita).

Os valores baixos de K_i e K_r encontrados em todas as classes de solos estudadas, não apenas nos Latossolos, indica uma dinâmica de silício que de acordo com McKeague e Cline (1963), as concentrações de Si em solução são governadas por um mecanismo de adsorção-dessorção entre Si e materiais reativos, principalmente sesquióxidos, sendo possível que a adsorção de $\text{Si}(\text{OH})_4$ na superfície dos óxidos de Fe e Al contribua para a formação de um filme de material amorfo que, posteriormente coberto por películas desses mesmos óxidos, venha a ser convertido na forma oclusa diminuindo o teor de Si em solução e desta forma favorecendo a formação de gibbsita. Nos Latossolos brasileiros a relação gibbsita/caulinita tende a aumentar com a intensificação do intemperismo. Os fatores que governam esta relação são o

teor de Si presente no material de origem, conteúdo de Fe e Ti, óxidos de ferro e alumínio, atividade da matéria orgânica e outros aspectos secundários da rocha matriz (Barreto, 1986).

Lani (1987) descreve que o elevado teor de gibbsita na maioria dos solos desse ambiente da bacia hidrográfica do rio Alegre caracteriza-se como intensamente intemperizados. A remoção de sílica e de bases seria pela percolação de grande quantidade de água, num período mais úmido, facilitada pela intensa atuação dos paleovermes, resultando numa solução de solo, com uma concentração iônica tal que a gibbsita seria o argilo-mineral mais estável.

Os teores de Fe_2O_3 (Quadro 5) para os Latossolos, Cambissolos, Gleissolos e Pseudoglei variaram, respectivamente de 7 a 14,5; 11,7 a 13,4; 0,95 a 2,22 e de 0,51 a 1,77 dag kg^{-1} , valores aproximadamente iguais aos encontrados por Lani (1987). Como se pode observar, os teores de Fe_2O_3 dos solos mal drenados foram baixos, mesmo para o Pseudoglei que não mais possui problemas com a drenagem, uma vez que as feições redoximórficas se mantêm por um longo tempo após sua drenagem (Kampf & Curi, 2000), fato devido ao alto grau de desferrificação sofrida por esses solos.

Os teores de MnO_2 para todos os solos estudados foram praticamente nulos (Quadro 5). Em comparação com os teores de P_2O_5 encontrados por Lani (1987) para os solos da mesma área, os teores encontrados foram em geral 10 vezes maiores.

O menor valor para a relação molecular $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Fe}_2\text{O}_3$ foi de 1,80, indicando predomínio das formas de alumínio para todos os perfis estudados refletindo a maior riqueza em Al no material de origem (Complexo Paraíba do Sul e Ortognaisse Estrela – CPRM, 2007).

Os teores de TiO_2 (Quadro 5) são distribuídos de forma mais ou menos homogênea, em profundidade em todos os solos estudados, sem nenhum indicativo de descontinuidade litológica.

Dos elementos traços analisados, o único não detectado foi o Cd (Quadro 5), devido a problemas de interferentes nos comprimentos de ondas utilizados para sua determinação. Os demais elementos, de acordo com Conama (2009), possuem teores abaixo do valor de prevenção, que seria a concentração de determinada substância, acima da qual podem ocorrer alterações prejudiciais à qualidade do solo e da água subterrânea.

Quadro 5. Valores do Ataque Sulfúrico da TFSA, relações moleculares e elementos traços dos solos estudados

Hor.	Prof. (cm)	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO ₂	Ki	Kr	Al ₂ O ₃ /Fe ₂ O ₃	Co	Cu	Ni	Pb	Zn	Cd
		----- dag kg ⁻¹ -----										----- mg kg ⁻¹ -----				
P1 - Latossolo Vermelho - Amarelo Distrófico típico																
A	0 - 21	14,49	22,31	12,43	1,61	0,12	0,01	1,10	0,81	1,80	19,02	1,77	12,25	0,00	37,56	nd
AB	21 - 38	14,81	26,85	14,50	1,86	0,12	0,01	0,94	0,70	1,85	19,86	1,34	12,67	0,87	24,11	nd
Bw1	38 - 70	13,13	25,31	14,03	1,74	0,12	0,01	0,88	0,65	1,80	18,62	1,20	13,27	0,17	27,82	nd
Bw2	70 - 141 +	12,73	25,25	13,41	1,71	0,10	0,01	0,86	0,64	1,88	19,31	1,06	12,32	2,15	25,61	nd
P2 - Latossolo Amarelo Distrófico típico																
A1	0 - 50	16,96	23,15	8,21	1,20	0,20	0,01	1,25	1,02	2,82	15,73	23,25	20,37	2,08	289,22	nd
A2	50 - 70	14,78	20,70	6,84	1,05	0,14	0,01	1,21	1,00	3,03	13,40	15,70	16,91	3,21	22,91	nd
Bw1	70 - 83	18,18	22,11	6,99	1,12	0,15	0,01	1,40	1,16	3,16	15,13	17,10	19,76	7,37	60,66	nd
Bw2	83 - 120 +	16,83	22,86	6,90	1,12	0,16	0,01	1,25	1,05	3,31	15,23	18,55	20,03	5,16	35,54	nd
P3 - Pseudogleissolo																
A1	0 - 5	6,43	9,54	1,62	0,82	0,23	0,02	1,15	1,03	5,88	7,44	8,26	6,09	6,74	33,20	nd
A2	5 - 20	10,41	15,45	1,73	1,10	0,35	0,02	1,15	1,07	8,91	9,98	10,47	10,29	5,61	49,29	nd
A3	20 - 40	12,63	15,48	1,51	1,02	0,36	0,02	1,39	1,31	10,25	9,76	10,38	10,79	4,54	12,52	nd
C1	40 - 85	16,62	20,00	1,77	1,19	0,36	0,01	1,41	1,34	11,33	11,52	14,06	14,44	4,80	14,02	nd
C2	85 - 110	19,31	24,92	1,57	1,25	0,37	0,00	1,32	1,27	15,92	12,50	16,92	18,91	4,73	16,38	nd
C3	110 - 180+	20,32	23,33	1,33	1,17	0,35	0,00	1,48	1,43	17,53	12,26	15,88	20,31	6,47	17,97	Nd

Continua...

Quadro 5. Continuação...

Hor.	Prof. (cm)	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO ₂	Ki	Kr	Al ₂ O ₃ /Fe ₂ O ₃	Co	Cu	Ni	Pb	Zn	Cd
		----- dag kg ⁻¹ -----										----- mg kg ⁻¹ -----				
P4 - Gleissolo Háplico Tb Distrófico típico																
A	0 - 20	11,10	13,15	1,46	0,99	0,31	0,01	1,43	1,34	9,04	10,57	8,37	10,26	7,46	43,83	nd
Cg1	20 - 35	12,57	17,16	1,45	1,20	0,29	0,01	1,25	1,18	11,84	12,53	10,13	13,80	6,13	48,67	nd
Cg2	35 - 75+	12,18	15,75	0,95	0,88	0,26	0,01	1,31	1,27	16,56	10,39	11,53	13,79	3,25	22,06	nd
P5 - Latossolo Amarelo Distrófico típico																
A	0 - 20	8,45	15,44	7,35	0,90	0,29	0,00	0,93	0,71	2,10	8,38	2,22	8,98	1,45	28,16	nd
Bw1	40 - 60	7,53	16,18	7,19	0,79	0,22	0,00	0,79	0,62	2,25	8,50	1,85	9,63	1,25	10,26	nd
Bw2	80 - 100	13,57	21,32	9,53	1,08	0,20	0,00	1,08	0,84	2,24	11,56	2,11	13,16	0,00	20,74	nd
P6 - Cambissolo Háplico Tb Distrófico típico																
A	0 - 28	18,94	22,34	11,70	1,30	0,39	0,01	1,44	1,08	1,91	13,27	2,83	7,92	0,00	21,02	nd
Bi1	28 - 46	19,65	23,74	11,83	1,37	0,37	0,01	1,41	1,07	2,01	13,60	2,94	7,74	0,00	67,29	nd
Bi2	46 - 77	18,91	23,94	12,17	1,39	0,35	0,01	1,34	1,01	1,97	14,62	3,39	7,53	0,00	24,78	nd
C1	100 - 132	19,73	25,14	13,40	1,46	0,29	0,01	1,33	1,00	1,88	13,86	3,60	4,09	1,12	12,11	nd
C2	132 - 150+	16,36	22,49	11,45	1,28	0,24	0,02	1,24	0,93	1,96	13,43	2,12	3,11	0,00	18,14	Nd
C3	110 - 180+	20,32	23,33	1,33	1,17	0,35	0,00	1,48	1,43	17,53	12,26	15,88	20,31	6,47	17,97	Nd

Continua...

Quadro 5. Continuação...

Hor.	Prof. (cm)	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO ₂	Ki	Kr	Al ₂ O ₃ /Fe ₂ O ₃	Co	Cu	Ni	Pb	Zn	Cd
		----- dag kg ⁻¹ -----									----- mg kg ⁻¹ -----					
P7 - Latossolo Amarelo Distrófico típico																
A	0 - 11	10,66	16,72	8,33	1,01	0,16	0,01	1,08	0,82	2,01	11,46	1,23	7,77	0,00	21,47	nd
AB	11 - 24	11,43	22,66	11,05	1,36	0,16	0,01	0,86	0,65	2,05	14,60	1,36	10,97	0,56	16,57	nd
BA	24 - 37	13,11	23,98	11,63	1,37	0,15	0,01	0,93	0,71	2,06	14,22	1,85	10,75	0,00	17,59	nd
Bw1	37 - 65	14,54	25,62	12,23	1,46	0,17	0,01	0,97	0,74	2,09	15,38	0,39	11,27	0,00	15,34	nd
Bw2	65 - 90	12,18	25,36	11,77	1,41	0,15	0,01	0,82	0,63	2,16	14,27	0,33	11,74	0,39	98,50	nd
Bw3	90 - 125+	15,18	25,78	11,67	1,49	0,14	0,01	1,00	0,78	2,21	15,65	0,51	11,75	0,00	17,32	nd
P8 - Pseudogleissolo																
A1	0 -20	11,99	15,44	0,91	0,54	0,11	0,00	1,32	1,27	17,06	5,61	2,50	2,75	1,59	47,12	nd
A2	20 - 48	13,05	19,17	0,75	0,58	0,09	0,00	1,16	1,13	25,41	6,06	3,08	3,92	0,81	18,75	nd
C1	48 - 86	11,42	17,99	0,56	0,50	0,09	0,00	1,08	1,06	31,87	5,72	3,36	3,96	2,09	58,59	nd
C2	86 - 129	12,17	16,28	0,51	0,47	0,07	0,00	1,27	1,25	31,94	5,70	2,93	3,64	0,47	56,53	nd
P9 - Gleissolo Háptico Tb Distrófico típico																
A	0 - 7	16,30	20,74	2,22	0,54	0,22	0,00	1,34	1,25	9,36	7,26	6,76	7,22	0,00	36,71	nd
Cg1	7 - 18	15,13	20,28	1,87	0,99	0,12	0,01	1,27	1,20	10,86	12,67	4,79	10,34	2,36	22,08	nd
Cg2	18 - 40	10,00	14,98	1,25	0,85	0,09	0,01	1,14	1,08	11,94	11,86	3,05	10,78	2,21	65,93	nd
Cg3	40 - 70	6,64	16,41	1,30	0,85	0,08	0,01	0,69	0,66	12,65	11,66	3,81	13,11	0,00	21,58	nd

4.4.3. Extração de Fe e Al por ditionito-citrato-bicarbonato (DCB) e oxalato ácido de amônio

Para a determinação do ferro recuperado pelo ditionito-citrato-bicarbonato (DCB) foram efetuadas cinco extrações sucessivas e uma extração para o ferro com oxalato de amônio da fração argila dos solos estudados (Quadro 6). Vários autores preconizam a necessidade de diversas extrações sucessivas para a dissolução completa dos óxidos de ferro pedogênicos (Fed). Esta recomendação deve-se a uma maior resistência à dissolução de óxidos de ferro com alta cristalinidade ou elevada substituição de Fe^{3+} por Al^{3+} na estrutura, freqüentemente constatada em extrações sucessivas por DCB (Junior & Kampf, 2003).

Os teores de ferro recuperado pelo ditionito-citrato-bicarbonato de sódio (DCB) na fração argila dos horizontes superficiais dos solos em estudo foram em ordem crescente 0,56; 0,90; 1,60; 1,68; 5,71; 7,18; 7,31; 7,36 e 11,10 dag kg^{-1} , para os perfis P8, P4, P3, P9, P6, P5, P2, P7, P1, respectivamente. Para os horizontes subsuperficiais em ordem crescente foi 0,10; 0,34; 0,96; 1,21; 6,33; 7,10; 7,23; 7,35 e 9,74 dag kg^{-1} , para os perfis P8, P4, P3, P9, P6, P7, P2, P5 e P1, respectivamente. De maneira geral, esses resultados acompanharam aqueles de ferro do ataque sulfúrico, porém, com valores menores, a exceção no horizonte subsuperficial do P2 e P5, onde ΔFe ($\text{Fes} - \text{Fed}$) obteve valor negativo (Quadro 6). Essa pequena alteração observada nessa tendência pode ser pelo fato que para o ataque sulfúrico, as determinações foram feitas na TFSA, em cujas frações grosseiras são encontradas quantidades diferentes de formas ferruginosas atacáveis por esse ácido, conforme observado por Ker (1988).

A variação entre o ferro extraído pelo ataque sulfúrico e aquele pelo DCB (ΔFe) no P5 (Quadro 6) parece sugerir que parte do ferro encontra-se tomando parte da estrutura de minerais silicatados como a caulinita, principal constituinte do solo em questão (Carvalho Filho, 1989).

Analisando esses resultados nas topossequências (1, 2, 3), os teores de Fe_2O_3 pelo DCB e ataque sulfúrico decrescem das cotas mais altas para as mais baixas em todas elas, onde há maior grau de umidade no solo. Isso evidencia a relação existente entre o regime de umidade do solo e processo de desferrificação. Resultados estes corroborados por diversos autores (Vidal-Torrado et al., 1999; Silva, 2001; Ghidin, et al., 2006).

Quadro 6. Teores de ferro e alumínio de cinco extrações sucessivas com Ditionito-citrato-bicarbonato de sódio (d), da extração com Oxalato de Amônio (o) e do Ataque Sulfúrico (s)* na fração argila dos solos e suas respectivas relações moleculares

Hor.	Prof. (cm)	Fed	Feo	Fes	Ald	Alo	Als	Fed/Fed	Alo/Ald	Alo/Feo	Ald/Fed	Fed/Fes	ΔFe	
		-----dag kg ⁻¹ -----												
g	P1 - Latossolo Amarelo Distrófico típico													
	A	0 - 21	11.10	0.54	12.43	3.88	0.65	22.31	0.05	0.17	1.21	0.35	0.89	1.33
	Bw1	38 - 70	9.74	0.35	14.03	3.57	0.78	25.31	0.04	0.22	2.21	0.37	0.69	4.29
	P2 - Latossolo Amarelo Distrófico típico													
	A1	0 - 50	7.31	0.74	8.21	2.45	0.71	23.15	0.10	0.29	0.96	0.33	0.89	0.89
	Bw1	83 - 120 +	7.23	0.41	6.90	2.56	0.81	22.86	0.06	0.32	1.95	0.35	1.05	-0.33
	P3 - Pseudogleissolo													
	A1	0 - 5	1.60	0.73	1.62	0.37	0.42	9.54	0.46	1.12	0.57	0.23	0.98	0.03
	A2	5 - 20	1.36	0.60	1.73	0.39	0.50	15.45	0.44	1.31	0.84	0.28	0.78	0.38
	A3	20 - 40	1.20	0.55	1.51	0.42	0.59	15.48	0.46	1.41	1.07	0.35	0.80	0.31
	C1	40 - 85	0.96	0.47	1.77	0.36	0.65	20.00	0.49	1.78	1.37	0.38	0.54	0.81
	C2	85 - 110	0.40	0.18	1.57	0.26	0.49	24.92	0.44	1.87	2.77	0.66	0.25	1.17
	C3	110 - 180+	0.17	0.09	1.33	0.24	0.49	23.33	0.56	2.05	5.23	1.43	0.13	1.16
	P4 - Gleissolo Háptico Tb Distrófico típico													
	A	0 - 20	0.90	0.79	1.46	0.28	0.51	13.15	0.87	1.85	0.65	0.31	0.62	0.55
Cg1	20 - 35	0.34	0.29	1.45	0.25	0.55	17.16	0.84	2.19	1.93	0.74	0.24	1.11	
Cg2	35 - 75+	0.09	0.10	0.95	0.15	0.41	15.75	1.08	2.79	4.26	1.65	0.09	0.86	

Continua...

Quadro 6. Continuação...

Hor.	Prof. (cm)	Fed	Feo	Fes	Ald	Alo	Als	Feo/Fed	Alo/Ald	Alo/Feo	Ald/Fed	Fed/Fes	ΔFe
-----dag kg ⁻¹ -----													
P5 - Latossolo Amarelo Distrófico típico													
A	0 - 20	7.18	0.96	7.35	2.65	0.84	15.44	0.13	0.32	0.88	0.37	0.98	0.17
Bw1	40 - 60	7.35	0.69	7.19	3.02	1.07	16.18	0.09	0.35	1.55	0.41	1.02	-0.16
Bw2	80 - 100	7.32	0.39	9.53	3.01	0.92	21.32	0.05	0.31	2.38	0.41	0.77	2.21
P6 - Cambissolo Háplico Tb Distrófico típico													
A	0 - 28	5.71	0.81	11.7	1.49	0.63	22.34	0.14	0.42	0.78	0.26	0.49	5.98
Bi2	46 - 77	6.33	0.32	12.17	1.81	0.51	23.94	0.05	0.28	1.58	0.29	0.52	5.84
C1	100 - 132	6.6	0.12	13.4	1.15	0.26	25.14	0.02	0.22	2.14	0.17	0.49	6.8
C2	132 - 150+	5.89	0.07	11.45	0.94	0.21	22.49	0.01	0.22	2.8	0.16	0.51	5.56
P7 - Latossolo Amarelo Distrófico típico													
A	0 - 11	7.36	0.52	8.33	2.71	0.75	16.72	0.07	0.28	1.46	0.37	0.88	0.98
Bw2	65 - 90	7.77	0.41	11.77	2.94	0.78	25.36	0.05	0.26	1.9	0.38	0.66	4
Bw3	90 - 125+	7.1	0.25	11.67	2.73	0.68	25.78	0.04	0.25	2.66	0.38	0.61	4.57
P8 - Pseudogleissolo													
A1	0 - 20	0.56	0.35	0.91	0.27	0.55	15.44	0.62	2.04	1.6	0.49	0.62	0.35
A2	20 - 48	0.32	0.31	0.75	0.23	0.61	19.17	0.99	2.68	1.94	0.71	0.42	0.44
C1	48 - 86	0.1	0.1	0.56	0.16	0.49	17.99	1.05	2.99	4.8	1.69	0.17	0.47
C2	86 - 129	0.04	0.05	0.51	0.17	0.46	16.28	1.28	2.67	10.05	4.83	0.07	0.47
P9 - Gleissolo Háplico Tb Distrófico típico													
A	0 - 7	1.68	1.23	2.22	0.83	1.01	20.74	0.73	1.22	0.82	0.5	0.76	0.54
Cg1	7 - 18	1.21	0.66	1.87	0.68	0.97	20.28	0.54	1.43	1.46	0.56	0.65	0.65

*Extração realizada na TFSA.

Estudos desenvolvidos por Park & Burt (2002) e Mulla & McBratney (1999) afirmam que os aspectos topográficos do terreno podem ser bons indicadores da variação dos atributos do solo, pois essa variabilidade é causada por pequenas alterações do declive que afeta o transporte e o armazenamento de água dentro do perfil do solo.

O estágio de evolução dos solos pode basear-se na relação Fed/Fes (Rodrigues e Silva, 1985; Ker, 1988; Fernandes, 1996), que segundo esta relação, os maiores valores ocorrem em solos mais desenvolvidos, ou seja, mais intemperizados. Pode-se dizer então que os perfis mais evoluídos seriam em ordem crescente o P5, P2, P1, P7, ou seja, os Latossolos em questão. Mas Ker (1988) encontrou maiores valores desta relação para um Cambissolo, contradizendo a definição do índice, o qual ele relata a ocorrência pelo fato de se estarem comparando extrações em frações diferentes: terra fina seca ao ar versus argila.

Houve pouca variação deste índice entre os horizontes superficiais e subsuperficiais nos perfis P1, P2, P5, P6, P7 e P9 que revelaram drenagem boa a moderada. Nos perfis P3, P4 e P8, percebeu-se uma redução de Fed/Fes em mais de sete vezes ao longo do perfil destes solos, indicando menor proporção do Fe na forma de óxidos.

Os teores de ferro recuperado pelo oxalato de amônio foram maiores nos horizontes superficiais, o que evidencia o efeito inibidor da matéria orgânica na cristalinidade dos óxidos de ferro (Schwertmann, 1964; Schwertmann & Taylor, 1989).

Outra importante aplicação do conhecimento dos teores de óxidos de ferro cristalinos e amorfos se refere à definição do estágio de intemperismo do solo, que pode ser obtida comparando o teor dos óxidos de Fe cristalinos com o teor de Fe amorfo. Assim, os óxidos de Fe servem como indicadores de pedogênese, não somente pelo fato de sua presença, mas principalmente pela forma mineral presente e as características que imprimem aos solos.

A relação entre a quantidade de ferro extraído com Feo (oxalato de amônio) e Fed (ditionito-citrato-bicarbonato) é utilizada como medida do grau de cristalinidade dos óxidos de Fe e para estimar a idade relativa do solo (Kampf et al., 1988). Assim, quanto menor a relação Feo/Fed, maior o predomínio das formas bem cristalizadas, e maior o grau de intemperização do solo (Alleoni & Camargo, 1995).

Desse modo, se observou que na relação Feo/Fed os perfis P1, P2, P5, P6 e P7, predominam formas de ferro cristalino devido aos seus baixos valores desta

relação (Quadro 6). Enquanto nos perfis P3, P4, P8 e P9, participação de formas mais desordenadas seriam mais expressivas. De acordo com Schwertmann (1973) ainda que as técnicas de dissolução seletiva venham sendo utilizadas com sucesso em estudos de solos, são altamente empíricas, não podendo esperar que as relações delas advindas separem com clareza as várias combinações de formas de ferro no solo.

Observou-se uma tendência de valores maiores da relação Feo/Fed no horizonte superficial que nos subsuperficiais (Quadro 6) dos perfis que predominaram formas de ferro cristalino, ou seja, o P1, P2, P5, P6 e P7, evidenciando o efeito da matéria orgânica na inibição da cristalinidade dos óxidos de ferro (Schwertmann, 1964; Schwertmann & Taylor, 1989). Essa tendência deixa de ser observada nos perfis com maiores teores de ferro amorfo, recuperados pelo oxalato de amônio. De acordo com Blume & Schwertmann (1969) esse fato é devido à alta taxa de liberação de ferro de silicatos, bem como pela intemperização lenta em pH ácido.

Os menores valores para a relação Alo/Ald sugerem a pequena participação de formas “amorfas” no total de óxidos de alumínio livre (Ker, 2008). Observa-se essa relação nos perfis P1, P2, P5, P6 e P7, o que indica possível lixiviação de Al que tenderia a acumular-se nas áreas de depressão (Moreau et al., 2006), como são notados nos Gleissolos e Pseudogleis, nos Perfis P3, P4, P8 e P9, mas devido ao intenso intemperismo e lixiviação dessas áreas, não se observa valores altos de Alo e Ald. Deve-se mencionar, entretanto, que o uso dessa relação merece ressalvas, uma vez que o DCB pode dissolver formas de alumínio presentes na goethita com resultado da substituição isomórfica, bem como nas intercamadas de interestratificados 2:1. Também questionam o uso dessa relação, tendo em vista serem as formas de alumínio extraídas pelo oxalato ou ditionito pouco conhecidas (Norrish & Taylor, 1961; Juo et al., 1974).

Sakurai et al. (1989) afirmam que o elevado intemperismo em ambientes tropicais promove cristalização dos óxidos de ferro e alumínio, resultando em baixas relações entre as formas amorfas e cristalinas, que variaram de 0,03 a 0,3 para solos caulíníticos do Japão.

Os conteúdos de alumínio ditionito (Ald) e oxalato (Alo) estão representados no quadro 4. Nota-se que os valores de Als são muito superiores aos do Al extraído com ditionito-citrato e oxalato-oxálico. Nota-se que o valor de Ald foi significativamente superior ao Alo nos perfis P1, P2, P5,

P6 e P7, apenas invertendo essa situação nos perfis P3, P4, P8 e P9. O elevado conteúdo de Al_o presente nesses perfis e a sua proximidade aos valores de Al_d devem estar relacionados com o maior conteúdo de minerais silicatados de baixa cristalinidade (principalmente caulinita), tal como sugerido por McKeague & Day (1966). Esses autores encontraram que muito mais Al foi removido pelo extrator oxalato ácido de amônio que por DCB para materiais Al-Si amorfos, embora Partiff & Childs (1988) tenham demonstrado que o oxalato não dissolveu aluminossilicatos. Supostamente, os solos utilizados por esses últimos autores não continham elevados conteúdos de constituintes silicatados amorfos. Esse fato, associado ao intemperismo dos minerais primários, principalmente feldspatos, e à mobilização de silício, contribui para a formação de compostos silicatados de baixa cristalinidade, e esses, para os elevados teores de Al_o. Portanto, o reagente oxalato ácido de amônio é, supostamente, o extrator mais efetivo das formas amorfas de alumínio. Uma vez que a extração por DCB só é efetiva para elementos que sofram oxidação, fato que não ocorre com o Al.

As curvas cumulativas de ferro solubilizado pelo DCB, na fração argila dos solos estudados (Figura 14), apresentaram comportamento homogêneo de dissolução das formas de ferro. Os Gleissolos e Pseudogleis (P3, P4, P8 e P9) tiveram um comportamento aparentemente diferente, mas foi devido aos seus baixos teores de ferro juntamente com a escala do gráfico, dificultando a visualização do comportamento, que pode ser considerado igual aos outros perfis.

A forte inclinação das curvas na primeira e mesmo na segunda extração (exceção P3, P4, P8 e P9) refere-se a constituintes ferruginosos mais facilmente extraíveis, normalmente considerados mais ativos e geralmente assumidos como “amorfos” ao raio-X. A inclinação menos acentuada a partir da terceira extração, onde as curvas tendem à horizontalidade, pode ser indicativo de que parte do ferro existente na fração argila dos solos não se encontra na forma de ferro livre e sim, fazendo parte da estrutura de argilo-minerais (Ker, 1988), ou sugere a possibilidade de compostos ferruginosos de grau de cristalinidade mais elevado (Mitchell et al., 1964), talvez goethitas de mais alta substituição isomórfica. A quase totalidade do ferro foi recuperada até a segunda extração para todos os solos estudados (Figura 14).

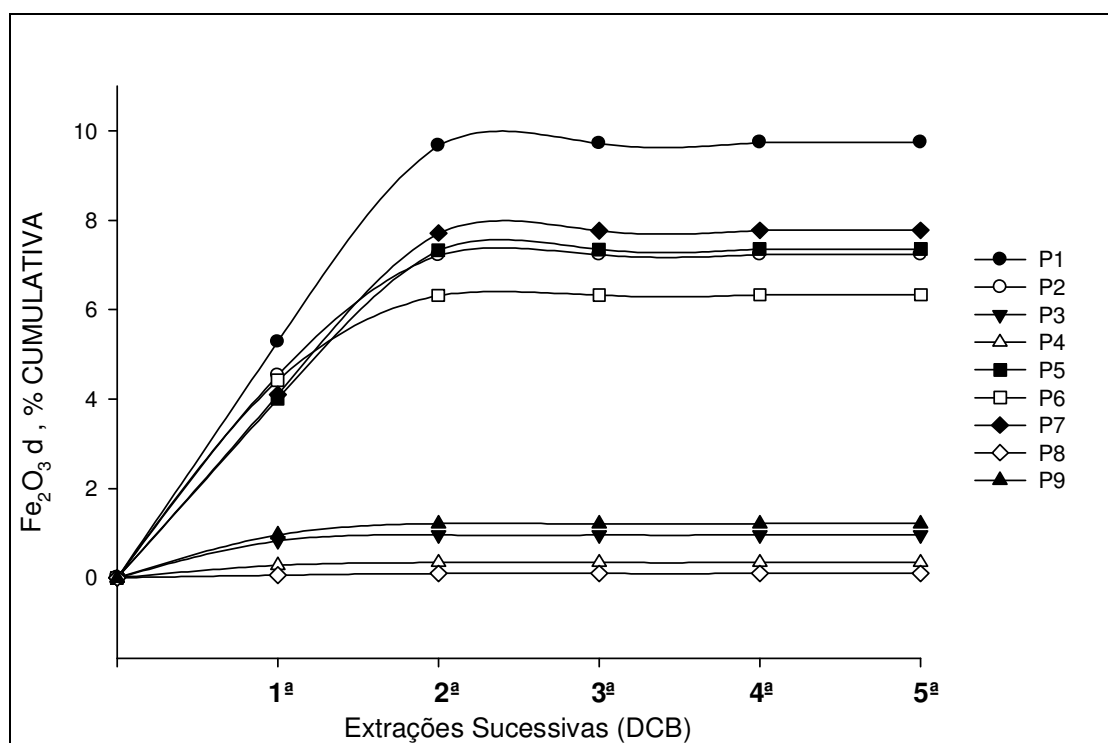


Figura 14. Percentagens cumulativas de ferro solubilizado em cinco extrações sucessivas com Ditionito-citrato-bicarbonato de Sódio (DCB) na fração argila do horizonte subsuperficial dos solos estudados.

Ainda que o comportamento das curvas seja parecido, indicando não haver muita diferença qualitativa em termos de oxi-hidróxidos de ferro, observa-se que as maiores proporções das formas mais facilmente extraíveis verificaram-se nos perfis P1 e P7; enquanto que, nos outros, principalmente nos P3, P4, P8 e P9, a tendência à horizontalidade foi mais rápida, indicando menores teores de formas mais ativas nesses solos em relação aos demais.

Plotando a percentagem acumulada de ferro referente a cada etapa das cinco extrações sucessivas normalizada para o total (Figura 15), observa-se que os perfis P3, P4 e P9, ainda que com menores proporções de Fed, mostraram maiores percentuais recuperados na primeira e segunda extração. A tendência, a partir da terceira extração, é de equalização, uma vez que mais de 95% do Fed já foi recuperado.

A curva cumulativa de alumínio pelo DCB (Figura 16) mostra a mesma tendência à horizontalidade observada na extração do Fed em todos os solos estudados, ou seja, constituintes aluminosos mais facilmente extraíveis. As menores quantidades de alumínio pelo DCB, nas cinco extrações, são dos perfis P3, P4, P8 e P9.

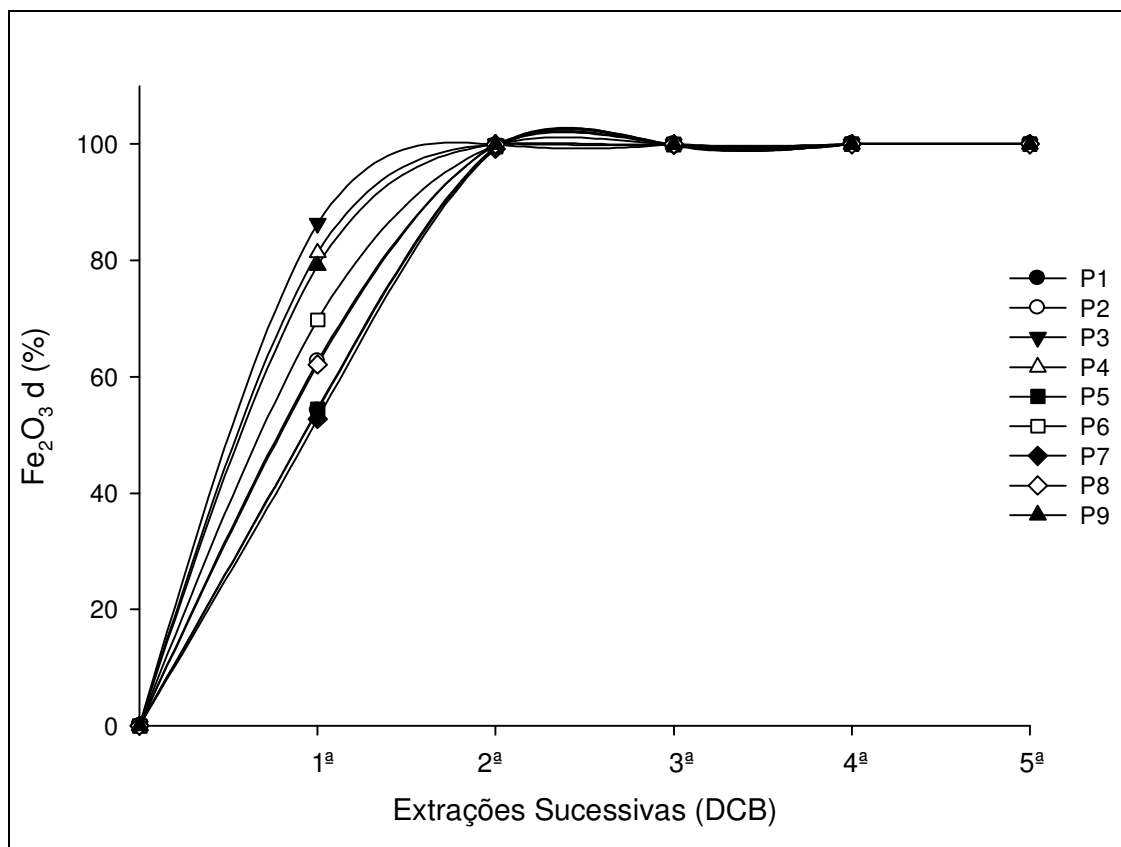


Figura 15. Percentagem acumulada de ferro relativa a cada etapa de sucessivas extrações, com Ditionito-citrato-bicarbonato de Sódio (DCB), normalizada para o total.

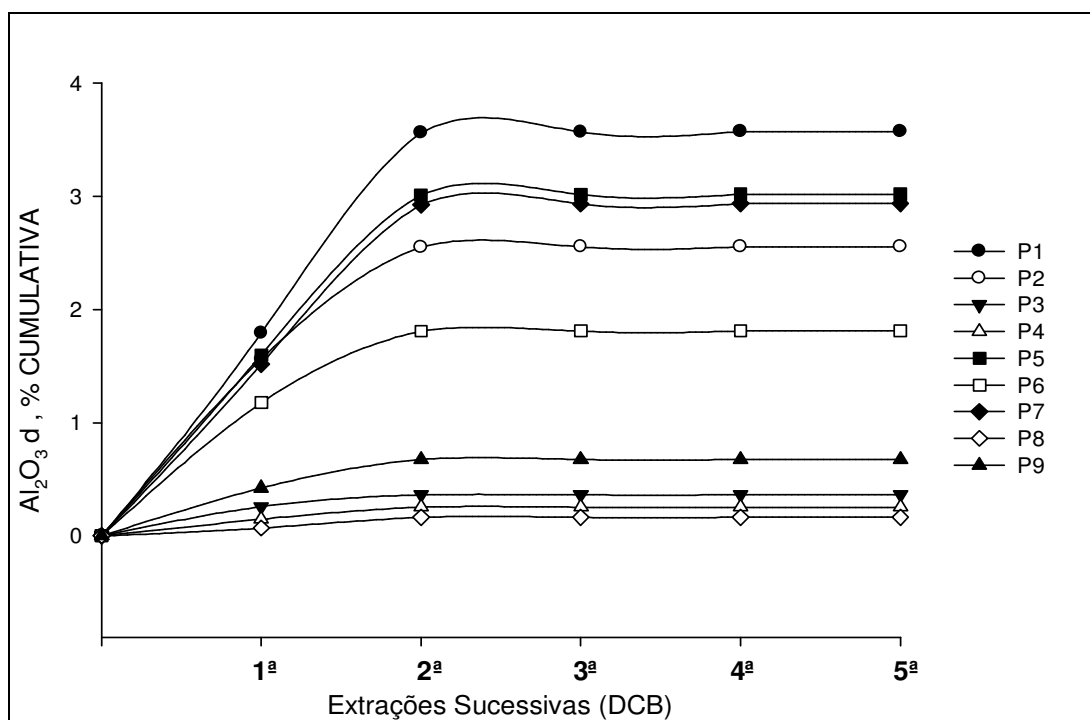


Figura 16. Percentagens cumulativas de alumínio solubilizado em cinco extrações sucessivas com Ditionito-citrato-bicarbonato de Sódio (DCB) na fração argila do horizonte subsuperficial dos solos estudados.

4.5. Caracterização Mineralógica

4.5.1. Mineralogia da fração argila

Os difratogramas de Raios-X (DRX) da fração argila natural mostram que a mineralogia dos solos estudados tem uma característica comum, onde a caulinita, gibbsita e a goethita são os minerais dominantes nesta fração, confirmando a similaridade atribuída por Lani (1987) para os solos da bacia hidrográfica em estudo.

A distribuição percentual dos componentes mineralógicos dominantes, por sua vez, encontra-se relacionada, principalmente, com a intensidade do intemperismo e da lixiviação sofrido pelos solos durante sua formação, além da influência do material de origem (Ker, 1995). De acordo com CPRM (2007) os minerais formadores das rochas existentes na área de estudo são em sua maioria quartzo, feldspatos k, plagioclásios e poucos minerais maficos como biotita e anfíbios. Fato que se relaciona com a predominância de caulinita e gibbsita desses solos, ou seja, além de ser uma área de alta intensidade de intemperismo e lixiviação, seu material de origem propicia a formação de caulinita e gibbsita e muito pouco para a formação dos óxidos de ferro.

Os difratogramas apresentam picos em 0,718, 0,446, 0,358, 0,238 nm, indicando a presença da caulinita, argilomineral que prevalece na fração argila desses solos (Figuras 17, 18, 19, 20, 21, 22 e 23).

A presença de gibbsita, identificada pelos picos do DRX 0,485 e 0,437 nm (Figuras 17, 18, 19, 20, 21, 22 e 23), na maioria dos solos caracteriza-os como intensamente intemperizados. A remoção de sílica e de bases pela percolação de grande quantidade de água, num período mais úmido, resultou numa solução de solo, com uma concentração iônica tal que a gibbsita seria o argilomineral mais estável (Lindsay, 1979), estes resultados também foram observados por Lani et al. (2001).

Os Gleissolos e Pseudogleissolos (P3, P4, P8 e P9) apresentam em seus DRX apenas caulinita e gibbsita (Figuras 18, 20 e 21), uma vez que são formados por matérias pré-intemperizados, e estão ou já estiveram em condições redutoras, facilitando ainda mais a lixiviação, restando apenas esses minerais primários da fase final do intemperismo.

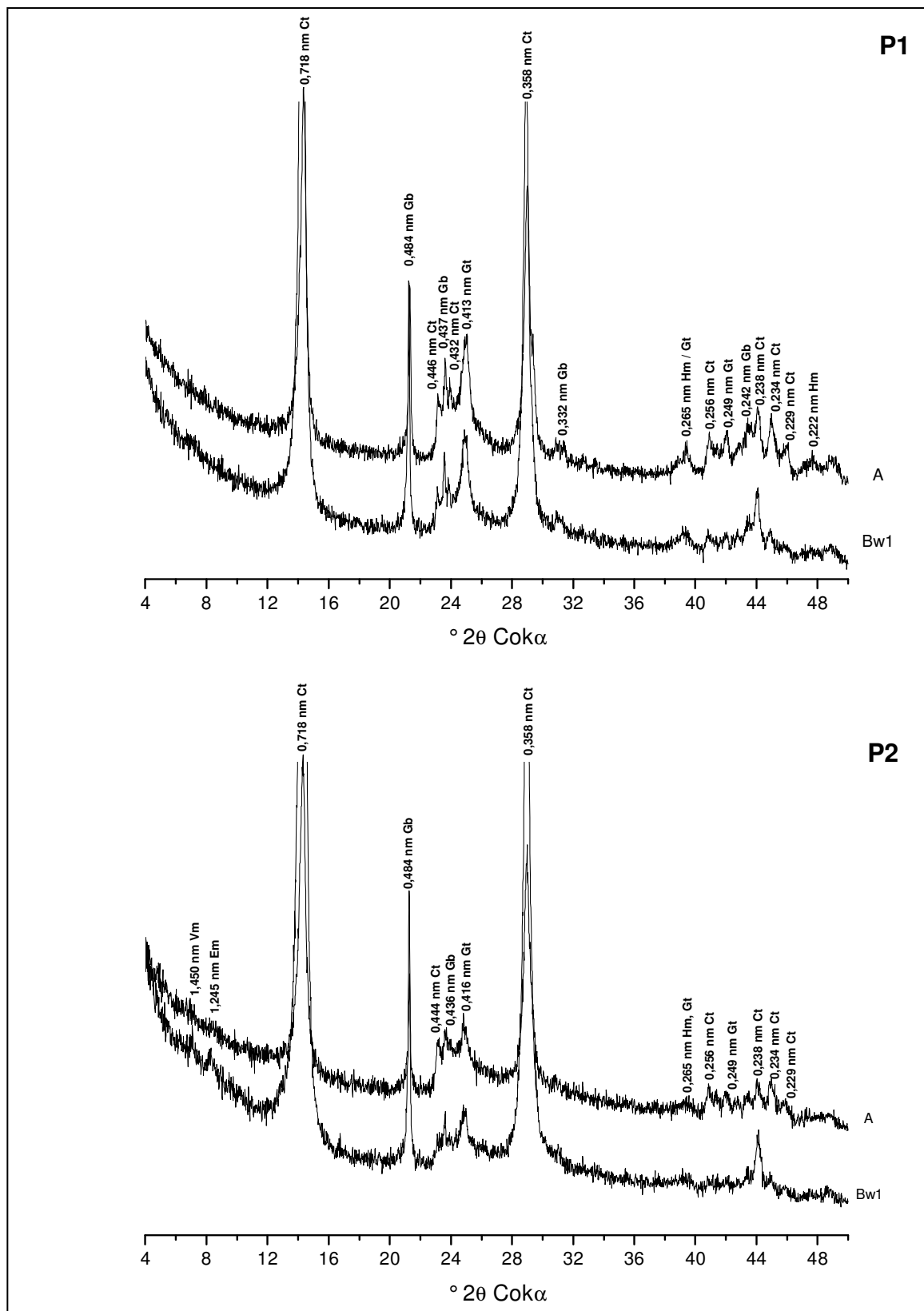


Figura 17. Difrátogramas de raios-X de amostra orientada da fração argila natural dos horizontes superficiais e subsuperficiais dos perfis P1(Latossolo) e P2 (Latossolo). (Ct - caulinita; Il – ilita; Gb – gibbsita; Gt – goethita; Hm – hematita; Em – esmectita; Vm - vermiculita).

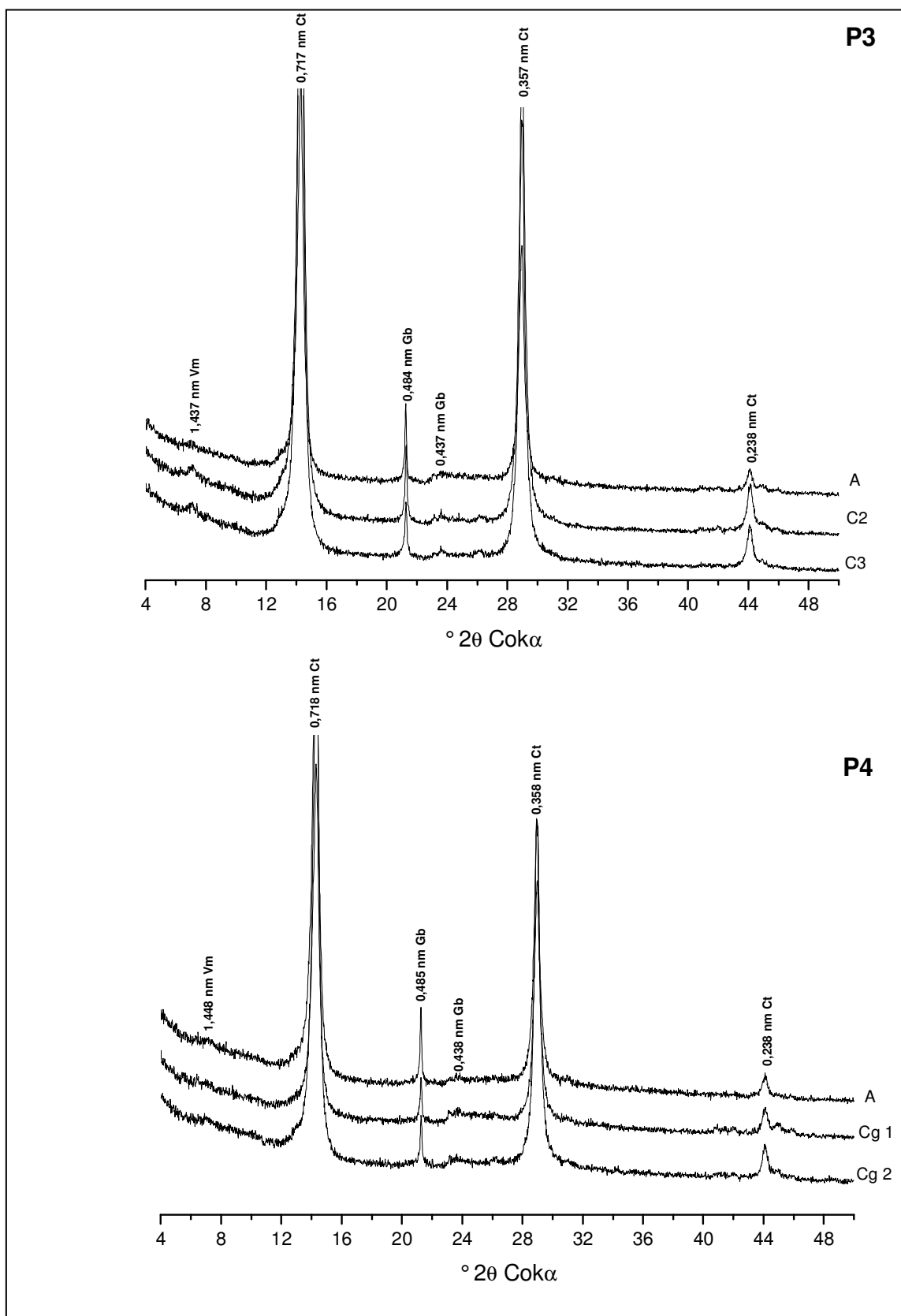


Figura 18. Difractogramas de raios-X de amostra orientada da fração argila natural dos horizontes superficiais e subsuperficiais dos perfis P3 (Pseudoglei) e P4 (Gleissolo). (Ct - caulinita; Gb – gibbsita; Vm - vermiculita).

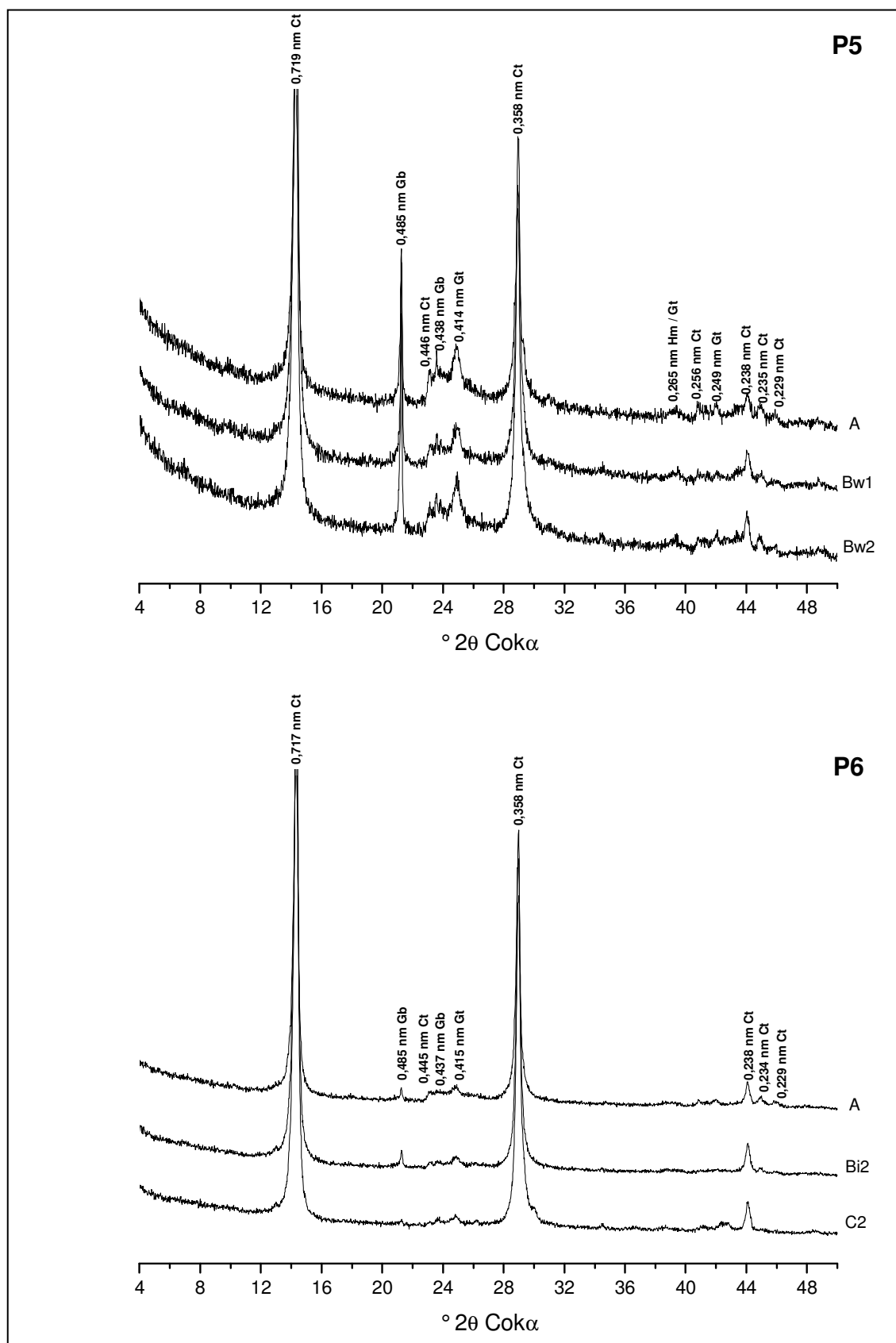


Figura 19. Difractogramas de raios-X de amostra orientada da fração argila natural dos horizontes superficiais e subsuperficiais dos perfis P5 (Latossolo) e P6 (Cambissolo). (Ct - caulinita; Gb – gibbsita; Gt – goethita; Hm - hematita).

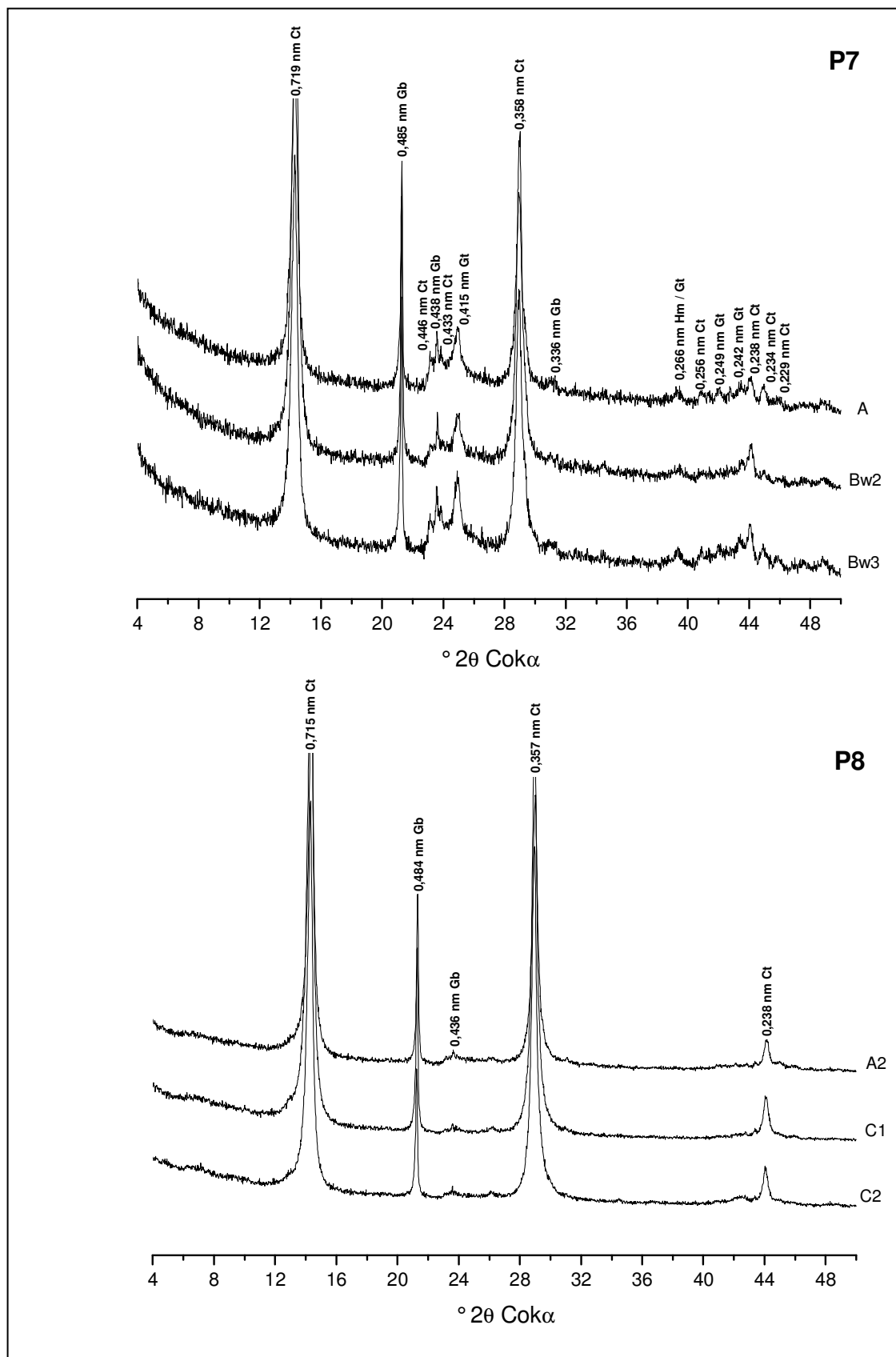


Figura 20. Difractogramas de raios-X de amostra orientada da fração argila natural dos horizontes superficiais e subsuperficiais dos perfis P7 (Latossolo) e P8 (Pseudoglei). (Ct - caulinita; Gb – gibbsita; Gt – goethita; Hm – hematita).

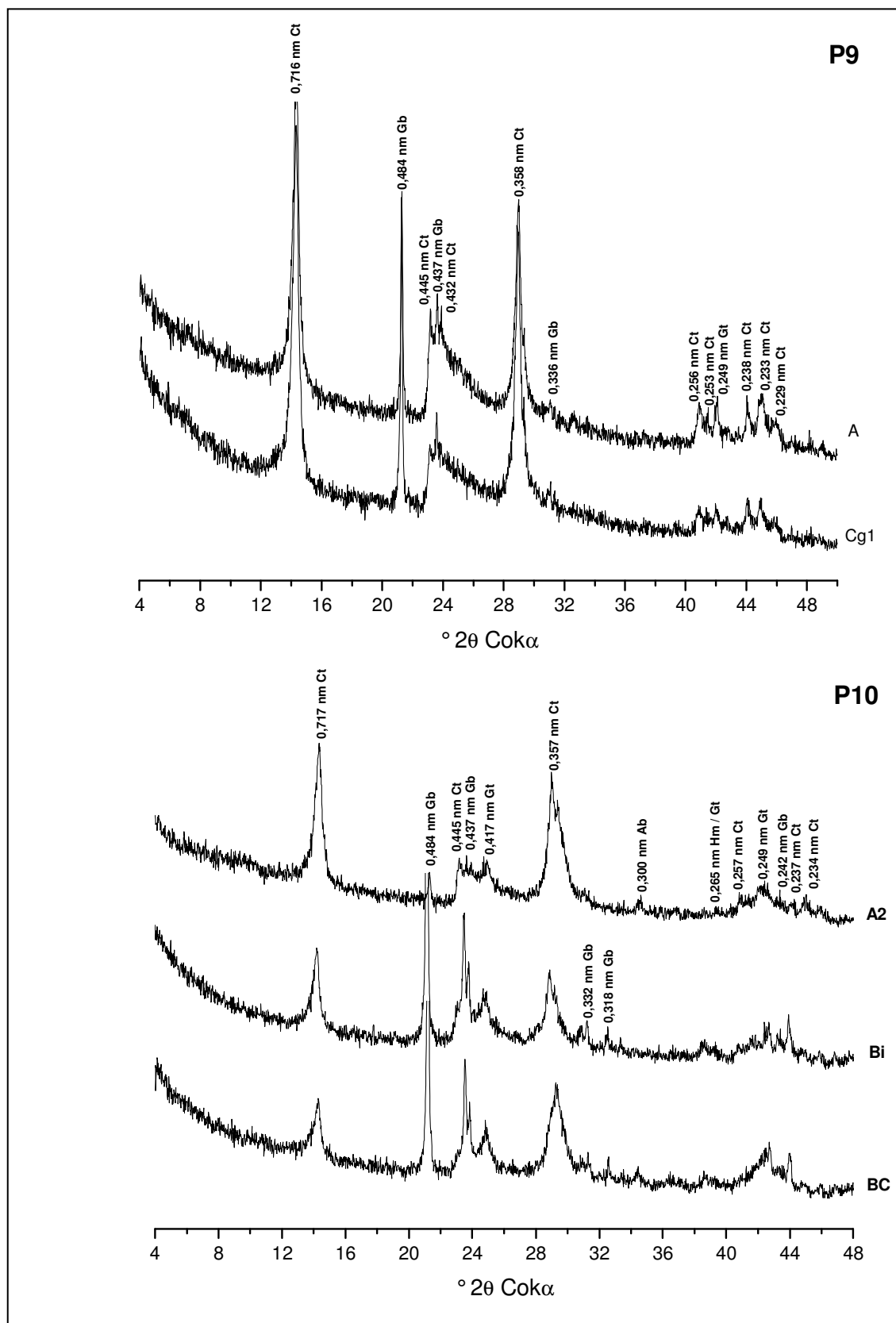


Figura 4. Difrátogramas de raios-X de amostra orientada da fração argila natural dos horizontes superficiais e subsuperficiais dos perfis P9 (Gleissolo) e P10 (Cambissolo). (Ct - caulinita; Gb – gibbsita; Gt – goethita; Hm – hematita; Ab - albita).

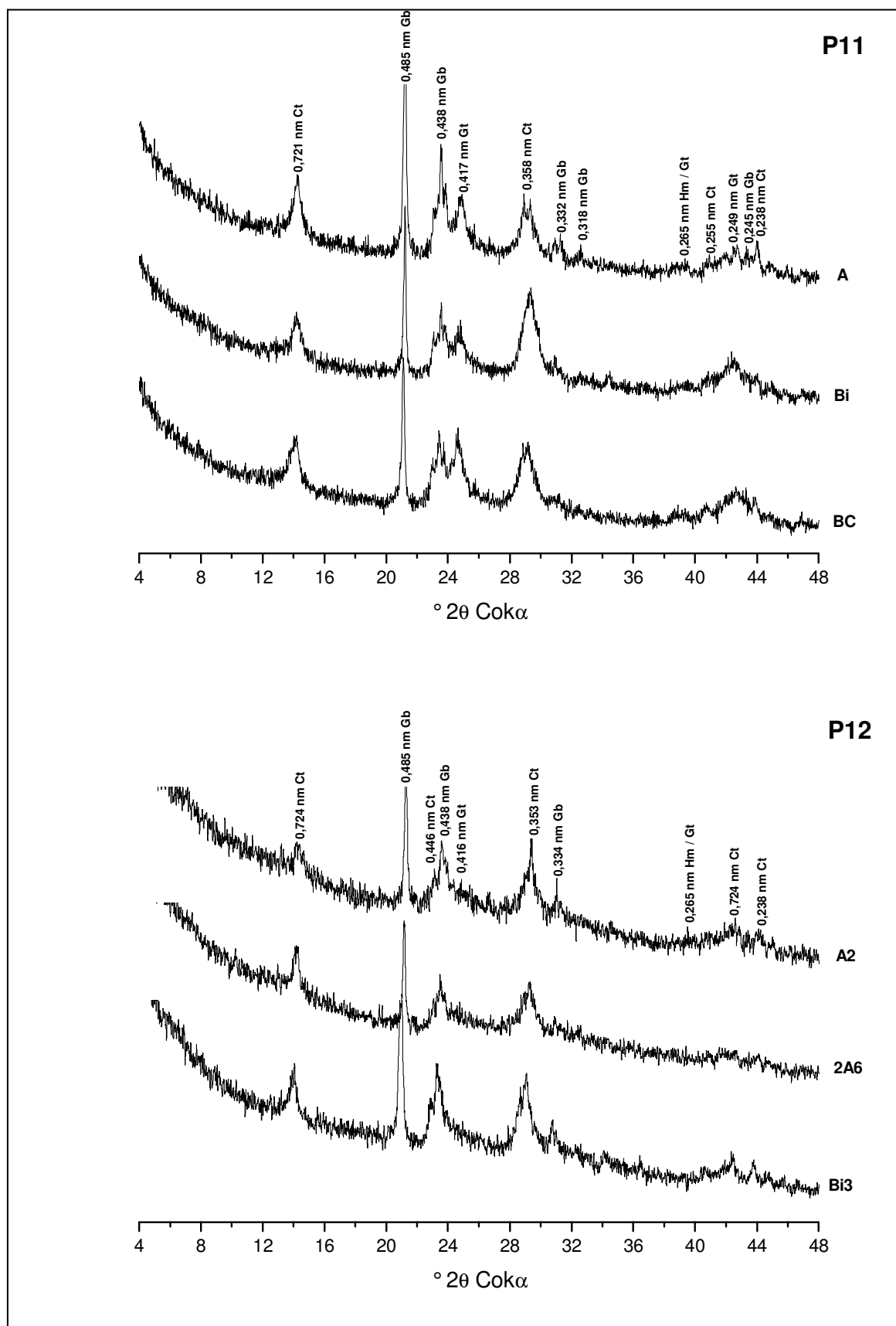


Figura 22. Difrátogramas de raios-X de amostra orientada da fração argila natural dos horizontes superficiais e subsuperficiais dos perfis P11 (Cambissolo) e P12 (Cambissolo). (Ct - caulinita; Gb – gibbsita; Gt – goethita; Hm – hematita).

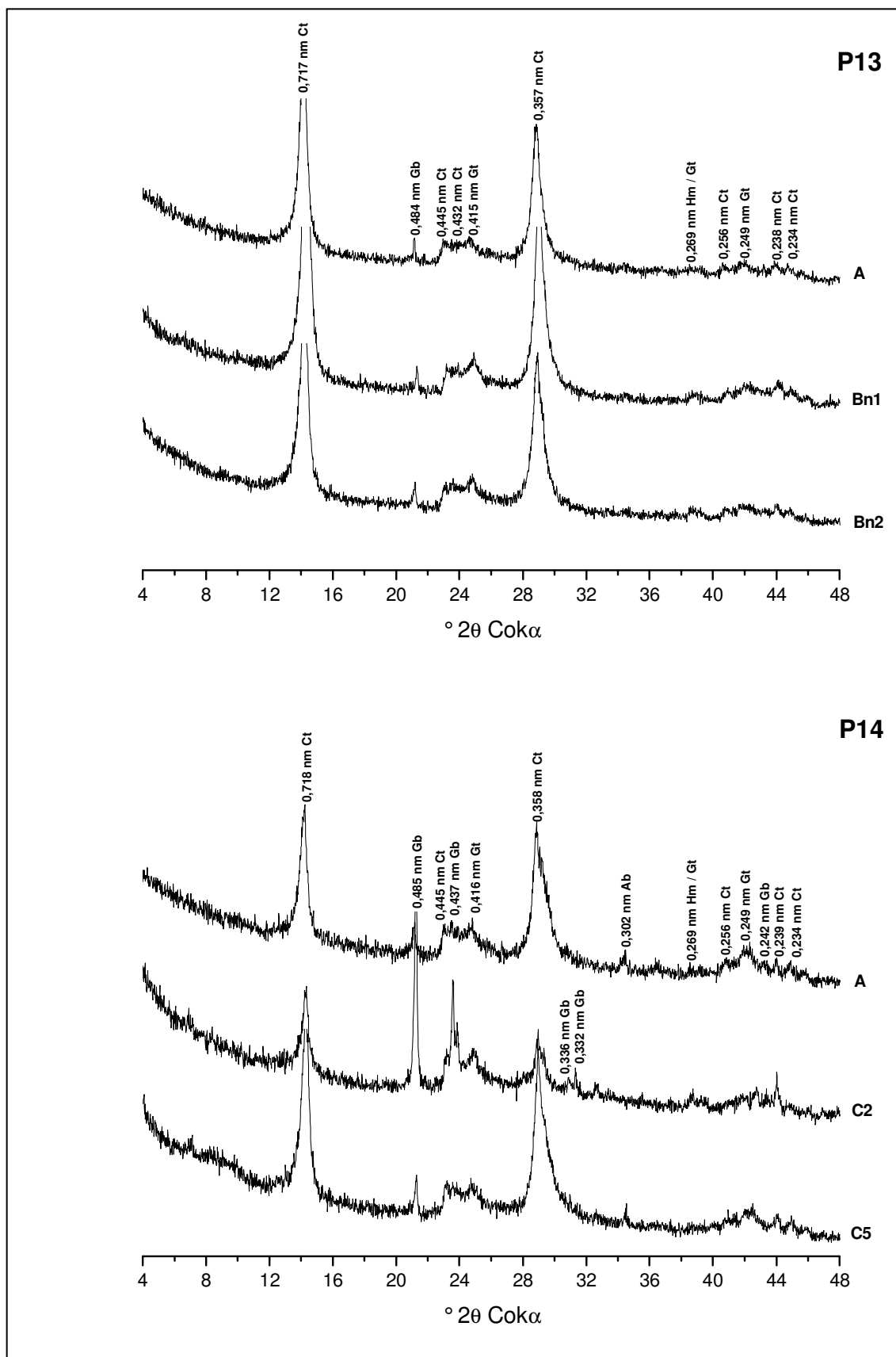


Figura 23. Difratomogramas de raios-X de amostra orientada da fração argila natural dos horizontes superficiais e subsuperficiais dos perfis P13 (Argissolo) e P14 (Neossolo). (Ct - caulinita; Gb – gibbsita; Gt – goethita; Hm – hematita; Ab - albita).

A maior presença de caulinita e gibbsita nos solos em estudo é indicativa do seu grau elevado de desenvolvimento, o que é também demonstrado pelo K_i inferior a 1,25 (Quadro 5) para os Latossolos e a 1,34 para Cambissolos. Isso indica que a intemperização e a lixiviação foi intensiva, a inferir-se também pela profundidade dos solos, baixa CTC e virtual ausência de bases, indicando a remoção da sílica e conversão parcial de caulinita em gibbsita.

O pico que varia de 0,413-0,416 nm na argila natural refere-se ao pico 110 (hkl) da goethita condizente com a cor amarelada dos Latossolos (P1, P2, P5 e P7). Estes solos apresentam matizes 7,5 YR. Concordante com o fato de que os solos mais velhos são mais amarelados (Corrêa, 1984).

A presença da goethita nos solos se deve à maior estabilidade termodinâmica deste mineral na maioria dos solos, ocorrendo sua precipitação do íon ferro sob menor constante de solubilidade ($10^{-44} < K_{ps} < 10^{-41}$) (Cornell & Schwertmann, 2003; Kampf & Curi, 2000; Mello & Perez, 2009). Este oxihidróxido de ferro foi detectado na maioria dos solos estudados, a exceção do P3, P4, P8, devido a perda de Fe^{2+} por lixiviação facilitada pelo processo de hidromorfismo ocorrido nesses solos. Ajuda a demonstrar este raciocínio os baixos teores de ferro do ataque sulfúrico e o fato de se encontrarem solos com teores mais elevados de ferro em cotas mais altas próximo a esses solos.

No DRX da argila natural dos solos P1, P2, P5 e P7, observou-se um alargamento do pico (Figura 17, 19, 20) em 0,269 nm (reflexão característica tanto de hematita quanto de goethita), que com a ausência das demais reflexões relativas à hematita, aliada a matizes 7,5 YR ou mais amarela, leva a exclusão da possibilidade de ocorrência deste óxido, como identificado por Carvalho Filho (1989) nos planaltos de Viçosa.

Neste caso, a presença de caulinita, indica a alta intensidade do intemperismo e lixiviação elevada, isso parece indicar que há um processo de dessilificação, ou seja, a Ct está sendo destruída, liberando sílica, que deve ser parcialmente reciclada e, em parte, perdida por lixiviação (Corrêa, 1984). É bom, no entanto, ter cautela com essa sugestão, pois sabe-se que o microambiente, muito mais que o macroambiente, é que determina muitas das transformações mineralógicas. Daí o risco que uma única seqüência oferece quanto à coincidência de microambientes.

Os óxidos de Fe têm a capacidade de desorganizar as partículas laminares da caulinita não deixando que elas se organizem em feições face-a-

face que seria observável se elas estivessem sozinhas, reduzindo a cristalinidade e aumentando a área superficial da caulinita (Brindley et al., 1986; Resende et al., 2007). Assim, em observação as lâminas orientadas da argila natural (Figuras 17, 18, 19, 20, 21, 22 e 23), nota-se a desorganização que os óxidos de ferro provocam na estrutura, sendo esta desorganização forte o suficiente para se manifestar na fração argila altamente dispersada. Isto pode ser visto pelos picos 0,446 e 0,432 nm que são de caulinita, mas que apenas aparecem se a amostra for argila natural, ou seja, nas amostras desferrificadas elas desaparecem (Figuras 24, 25, 26, 27 e 28).

Os difratogramas da fração argila desferrificada (Figuras 24, 25, 26, 27 e 28) permitem observar um perfeito alinhamento das lâminas de caulinita com a magnificação dos picos referentes ao índice de Miller (00l), ou seja, as reflexões em (001), (002) e (003) apenas. Reflexões essas indicando as caulinitas de 1ª, 2ª e 3ª ordem, cujas distâncias interbasais são 0,717, 0,358 e 0,238 nm respectivamente. Os picos da gibbsita são observados em 0,485 e 0,438 nm nos DRX desferrificados, fato que este mineral não é consumido pela extração com DCB.

4.5.2. Cristalinidade da caulinita

Nos solos, as caulinitas normalmente se formam em quantidades mais expressivas, a partir da alteração de feldspatos, ou mesmo de outros silicatos, em condições mais severas de intemperismo. Em geral, esta intemperização ocorre próxima à superfície terrestre. Porém, as caulinitas assim formadas podem experimentar um ou vários ciclos sedimentares subseqüentes à sua formação. Considerando ser o solo um meio heterogêneo, é de se esperar caulinitas também diferentes, no que se refere ao tamanho e, ou, grau de cristalinidade (Ker, 1995).

A baixa cristalinidade da Ct é típica para minerais com alto grau de desordem estrutural (Hughes & Brown, 1979), provocadas por defeitos no empilhamento das camadas do mineral (crescimento na direção Z) e interestratificação com outros minerais (Plançon & Zaccarie, 1990), ou seja, quanto menores são os valores do índice de Hughes & Brown (1979), menor a cristalinidade da caulinita ou maior o grau de desordem estrutural (Brindley et al., 1986).

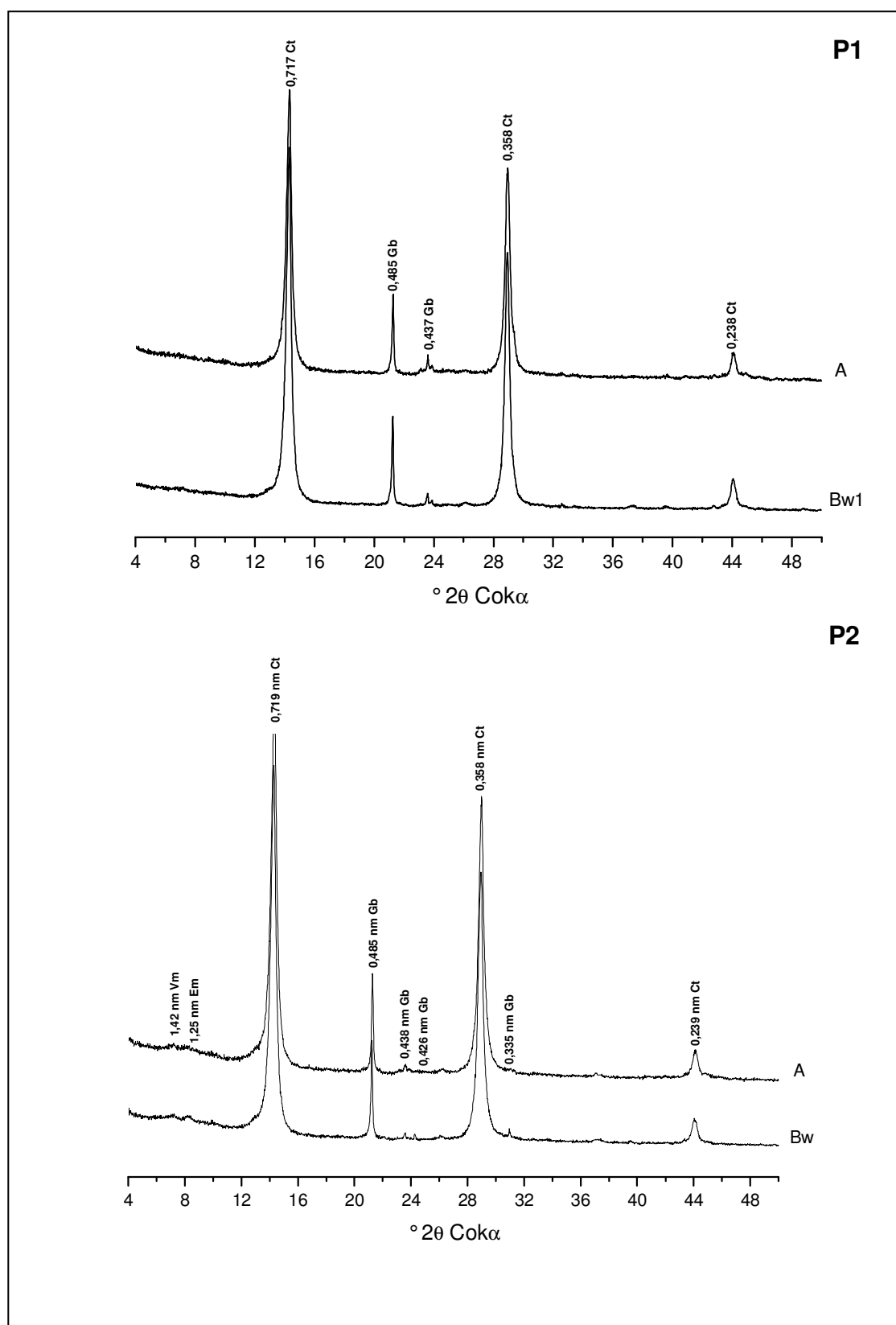


Figura 24. Difratomogramas de raios-X da fração Argila de materiais após desferrificação com DCB (lâminas orientadas) dos horizontes superficiais e subsuperficiais dos perfis P1 (Latossolo) e P2 (Latossolo) dos solos estudados. (Ct - caulinita; Gb – gibbsita; Em – esmectita; Vm - vermiculita).

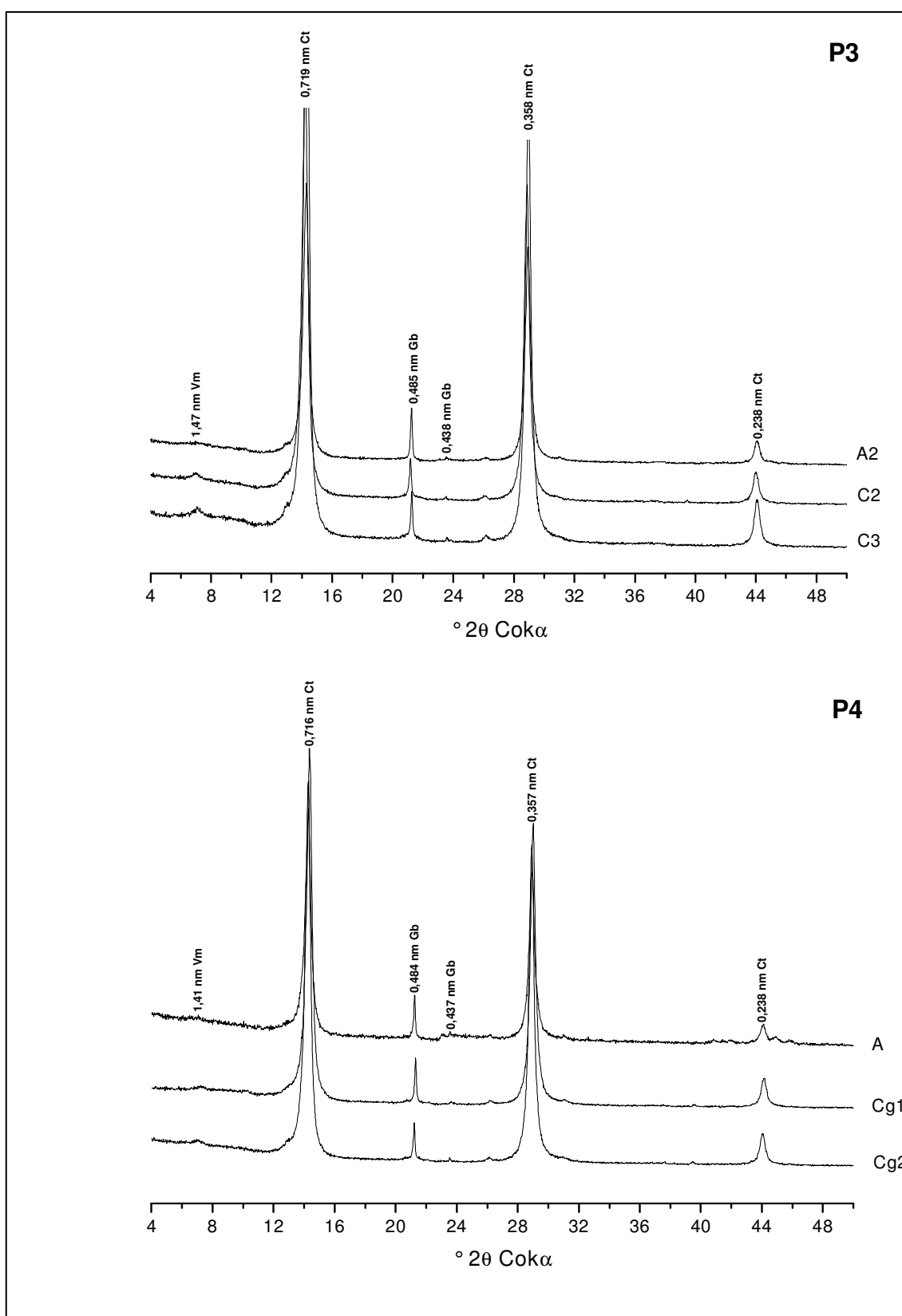


Figura 25. Difrátogramas de raios-X da fração Argila de materiais após desferrificação com DCB (lâminas orientadas) dos horizontes superficiais e subsuperficiais dos perfis P3 (Pseudoglei) e P4 (Gleissolo) dos solos estudados. (Ct - caulinita; Gb – gibbsita; Vm - vermiculita).

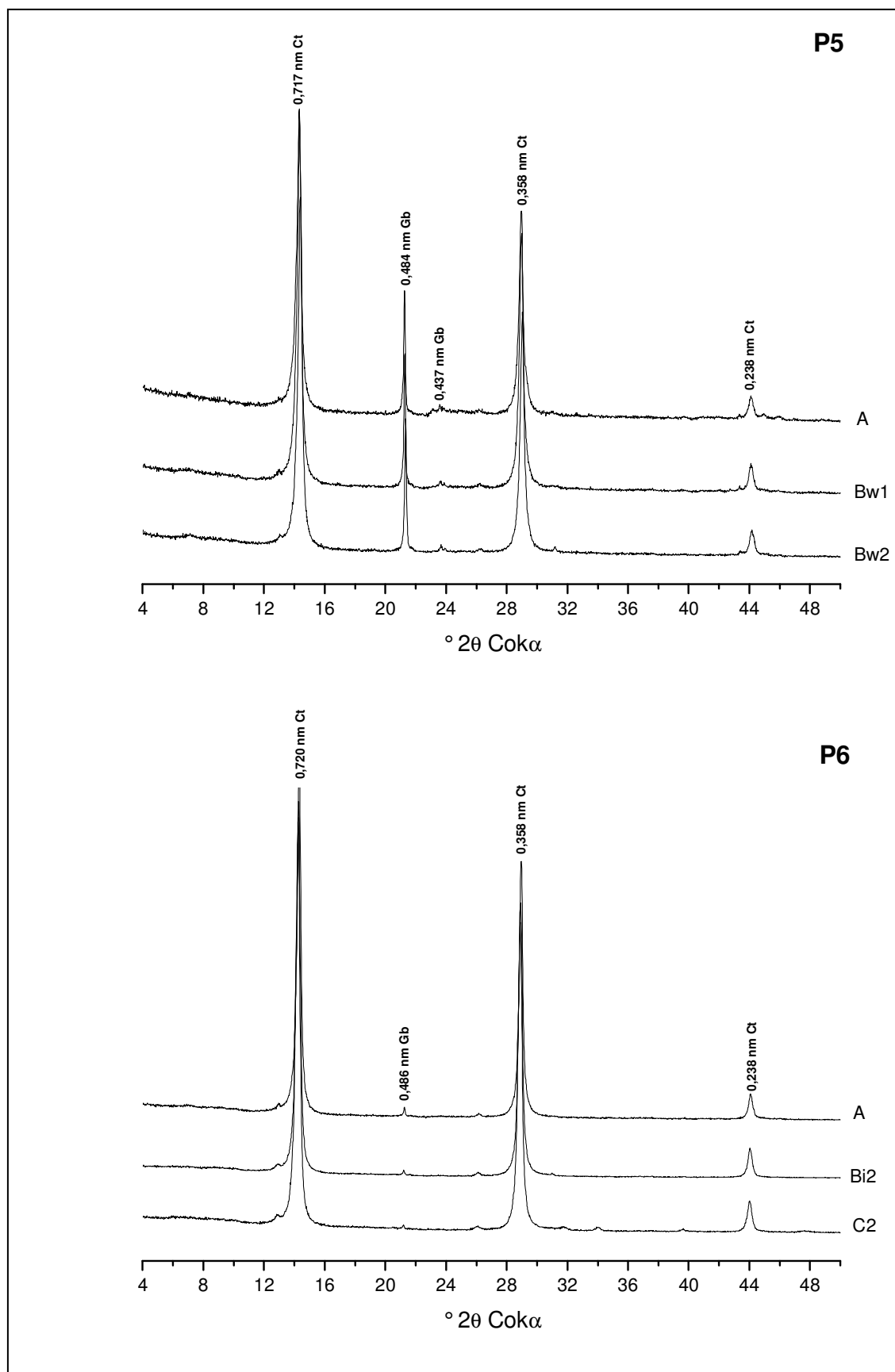


Figura 56. Difrátogramas de raios-X da fração Argila de materiais após desferrificação com DCB (lâminas orientadas) dos horizontes superficiais e subsuperficiais dos perfis P5 (Latossolo) e P6 (Cambissolo) dos solos estudados. (Ct - caulinita; Gb - gibbsita).

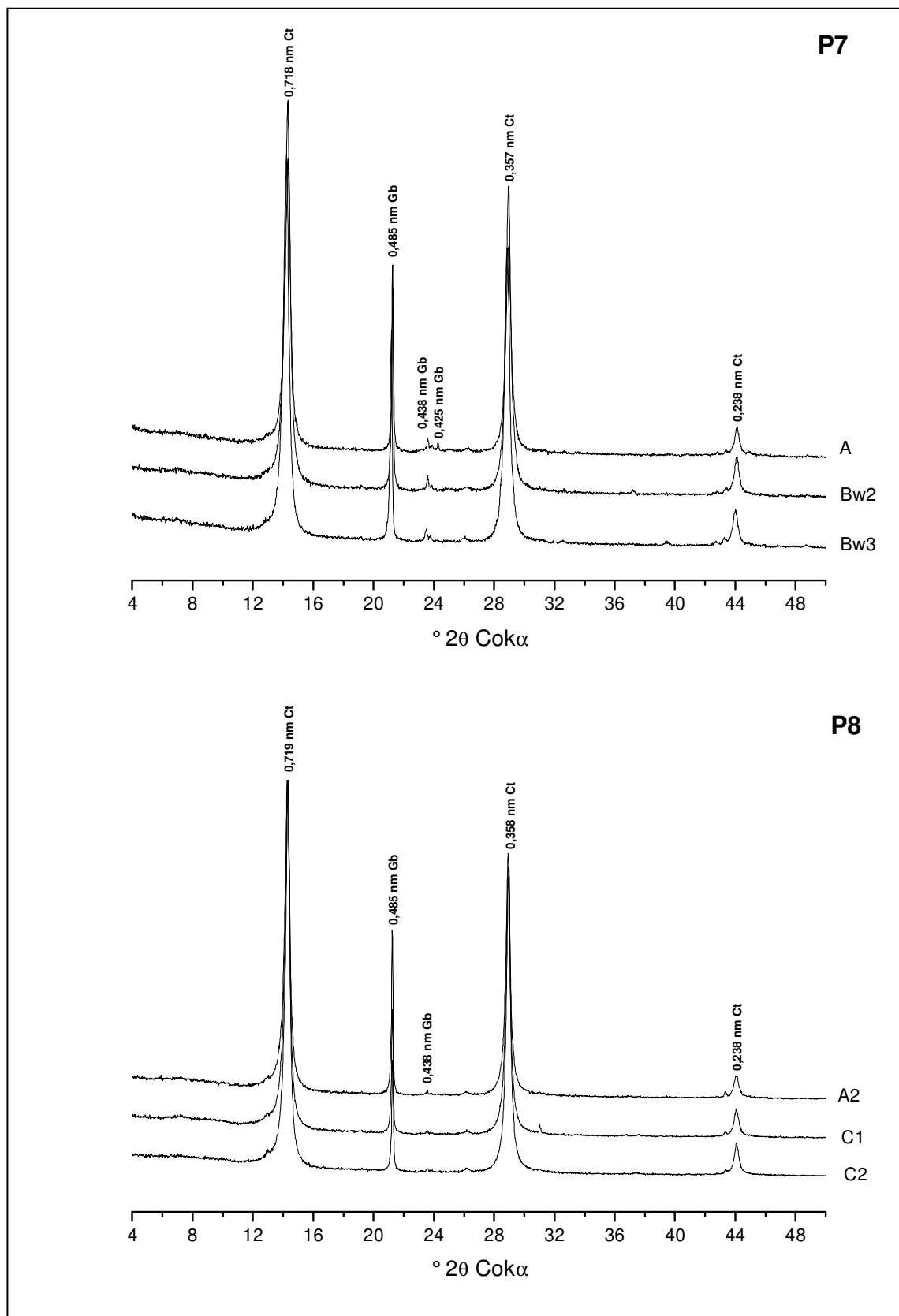


Figura 6. Difratomogramas de raios-X da fração Argila de materiais após desferrificação com DCB (lâminas orientadas) dos horizontes superficiais e subsuperficiais dos perfis P7 (Latossolo) e P8 (Pseudoglei) dos solos estudados. (Ct - caulinita; Gb - gibbsita).

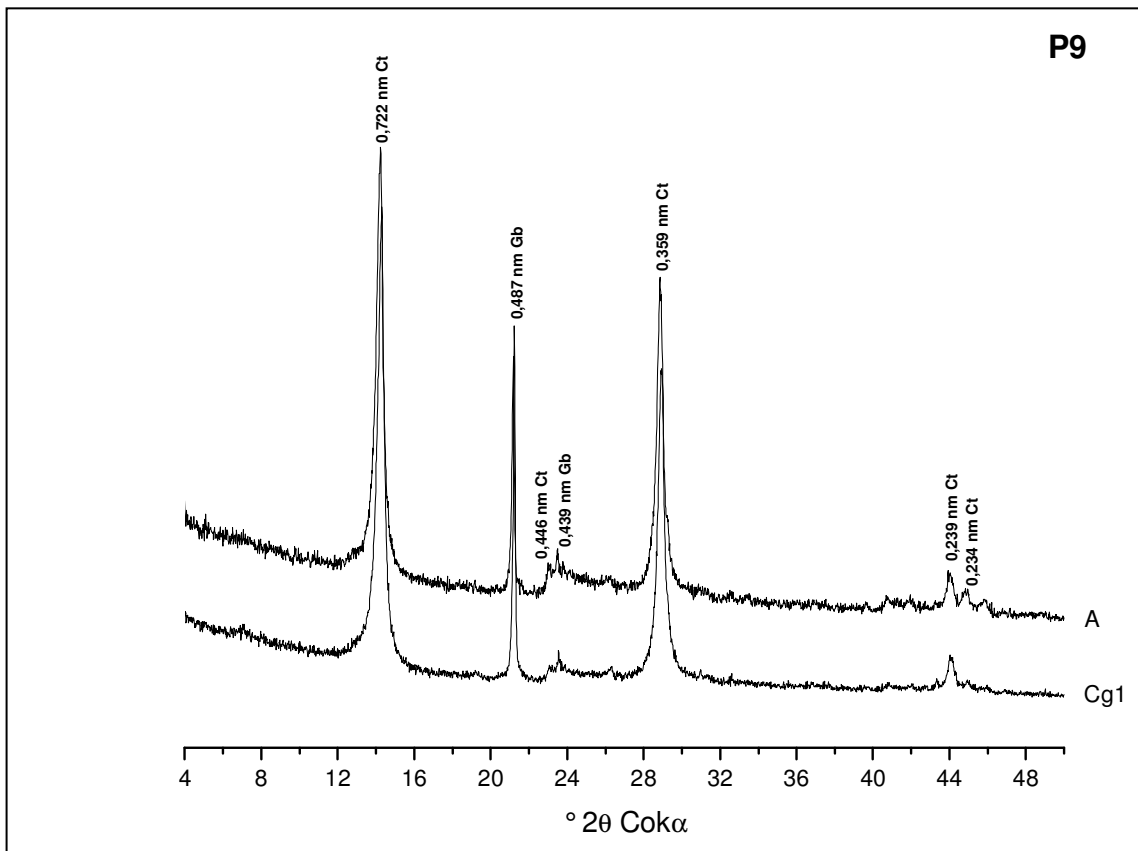


Figura 7. Difratoograma de raio-X da fração Argila de materiais após desferrificação com DCB (lâminas orientadas) do horizonte superficial e subsuperficial do perfil P9 (Gleissolo) do solo estudado. (Ct - caulinite; Gb - gibbsite).

Avaliando-se o grau de cristalinidade das caulinitas dos solos do presente estudo através do índice de cristalinidade de Hughes & Brown (1979) verificam-se resultados bem distintos (Quadro 7).

Os valores obtidos a partir do índice de cristalinidade de Hughes & Brown (1979) para as caulinitas dos solos estudados encontraram-se variando entre 9,65 e 23,16 nos Latossolos; 11,86 a 22,52 nos Pseudogleissolos e Gleissolos e 16,08 a 48,25 nos Cambissolos Háplicos (Quadro 7). Singh & Gilkes (1992) obtiveram valores para ICHB para caulinite de solos intemperizados desenvolvidos nos trópicos úmidos, variando de 3,1 a 10,7 para caulinitas de solo com valor médio de 5,4, que são típicas para caulinitas com alto grau de desordem estrutural.

Os valores mais elevados apresentados pelos Cambissolos (Quadro 7) podem ser explicados por ser um solo menos intemperizado. De acordo com Fernandes (2000) o avanço do intemperismo provoca a diminuição do tamanho e da cristalinidade da caulinite.

Quadro 7. Índice de cristalinidade da caulinita de Hughes & Brown (1979) da fração argila dos solos em estudo

Classe de Solo	Horizonte	ICHB	CTC(t)	CTC(T)
			----- cmol _c kg ⁻¹ -----	
P1 - Latossolo Vermelho - Amarelo Distrófico típico	A	14,61	2,02	11,58
	Bw1	12,55	1,04	7,30
P2 - Latossolo Amarelo Distrófico típico	A	15,83	2,53	7,86
	Bw1	16,21	2,14	6,58
P3 - Pseudogleissolo	A2	22,52	2,07	4,73
	C2	16,89	2,13	3,60
P4 - Gleissolo Háptico Tb Distrófico típico	A	22,52	1,64	5,43
	Cg2	27,02	1,20	2,51
P5 - Latossolo Amarelo Distrófico típico	A	9,65	2,31	9,23
	Bw2	13,99	1,13	4,92
P6 - Cambissolo Háptico Tb Distrófico típico	A	48,25	1,58	5,79
	Bi2	16,08	0,83	3,17
	C2	23,16	0,83	1,68
P7 - Latossolo Amarelo Distrófico típico	A	23,16	1,81	8,57
	Bw3	12,41	0,92	3,82
P8 - Pseudogleissolo	A2	11,86	1,73	3,96
	C2	14,48	1,11	1,92
P9 - Gleissolo Háptico Tb Distrófico típico	A	20,75	2,97	13,68
	Cg1	16,73	2,05	6,53
P10 - Cambissolo Háptico Tb Distrófico típico	A2	*	3,01	13,02
	Bi2	*	0,72	4,64
P11 - Cambissolo Háptico Tb Distrófico típico	A	*	4,99	12,09
	Bi	*	0,57	3,87
Amostras Padrão				
Caulinita KGa-1 (Geórgia) - Alta Cristalinidade		77,20		
Caulinita KGa-2 (Geórgia) - Baixa Cristalinidade		16,73		
Caulinita Amazônica - Alta Cristalinidade		86,25		

De acordo com Hughes & Brown (1979), a caulinita de solos de clima tropical úmido apresenta, freqüentemente, baixa cristalinidade ou, de acordo com Brindley et al. (1986), alto grau de desordem estrutural, que depende de características químicas e morfológicas e de fatores pedobioclimáticos.

A Ct dos solos estudados apresentou grau semelhante de cristalinidade com a profundidade do solo (Melo et al., 2002), com a exceção do horizonte superficial do Cambissolo Háplico (P6), que mostrou-se de melhor cristalinidade no horizonte A.

Em geral, os valores de todos os índices determinados sugerem a presença dominante de caulinitas de baixa cristalinidade ou de alto grau de desordem estrutural, o que é demonstrado também pela baixa clareza da separação dos picos relacionados às bandas 02,11 (Figura 29). Seus valores estão coerentes com aqueles observados por Ker (1995), Fernandes (2000), Melo et al. (2002) e Corrêa et al. (2008) para caulinitas de Latossolos e solos afins do Brasil, assim como por Hughes & Brown (1979) para regiões tropicais úmidas ($7,8 \pm 2,0$).

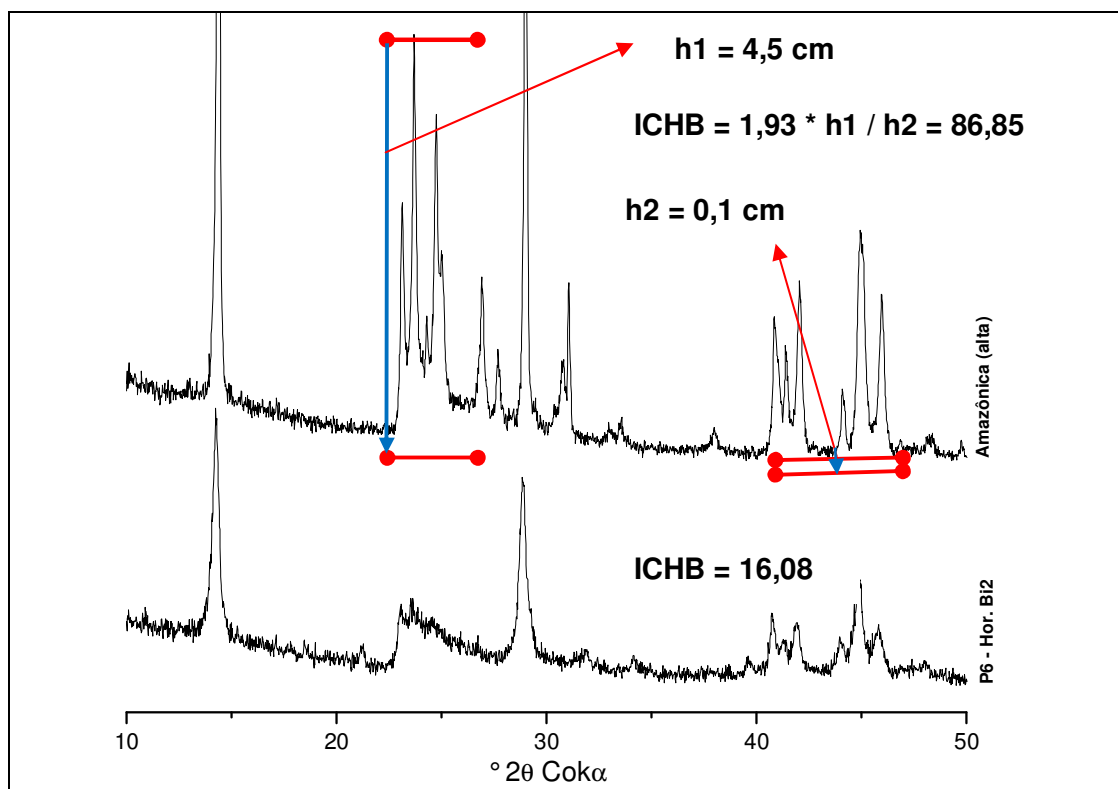


Figura 29. Amostras de DRX de argila desferrificada, utilizadas para cálculo do índice decristalinidade de Hughes & Brown (1979) (ICHB). Ordem decrescente de cristalinidade – Amazônia > P6.

Murray & Lyons (1959) avaliando a correlação existente entre a cristalinidade de caulinitas com suas propriedades químicas e físicas, observou que entre a CTC e o índice de cristalinidade existem boa correlação, ou seja, caulinitas com altos índices de cristalinidade apresentam baixa. Este fato não foi observado nos solos estudados, como se pode observar no Quadro 7.

Essas observações, mais uma vez, levam a concluir que as caulinitas presentes nos solos estudados são de pior cristalinidade que aquelas de depósitos geológicos, neste caso representadas pela amostra Amazônica (alta), KGa-1 (alta) e KGa-2 (baixa) (Quadro 7) incluídas para comparação deste índice (Figura 29 e 30).

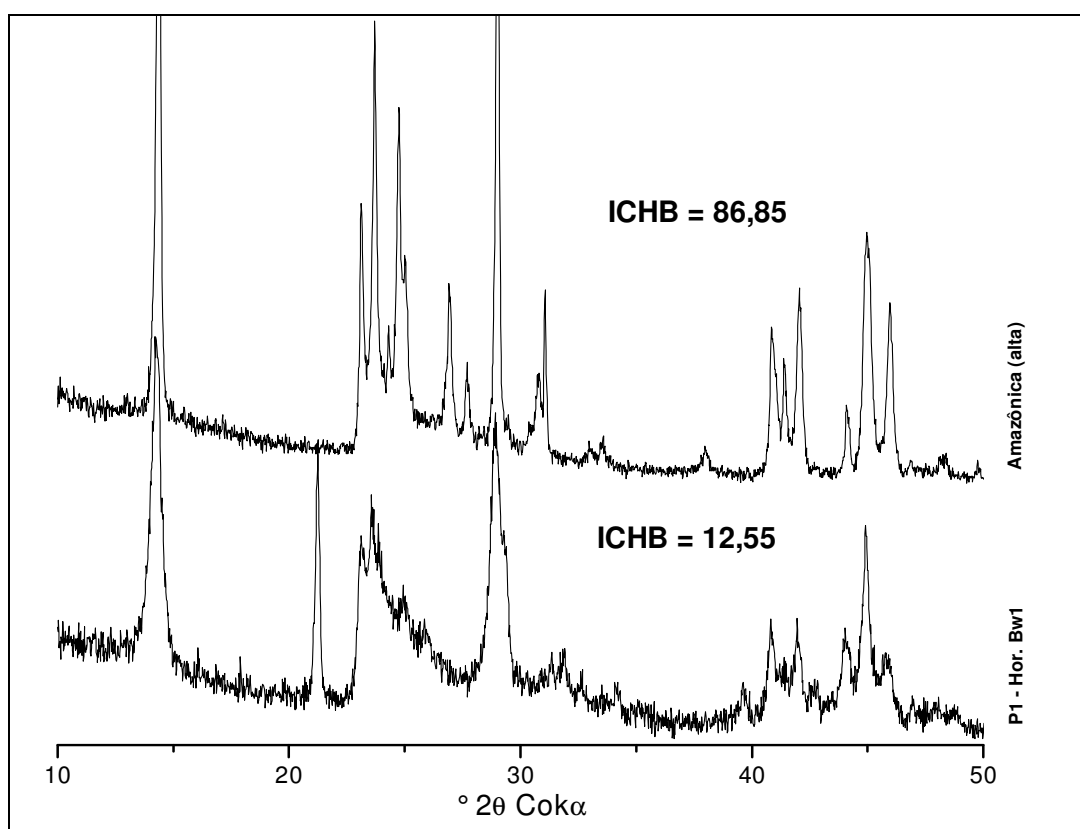


Figura 308. Amostras de DRX de argila desferrificada, utilizadas para cálculo do índice de cristalinidade de Hughes & Brown (1979) (ICHB). Ordem decrescente de cristalinidade – Amazônica > P1.

As amostras P10 e P11 não foram possíveis de se determinar o índice de cristalinidade de Hughes & Brown (1979), devido à baixa clareza da separação dos picos relacionados (Figura 31).

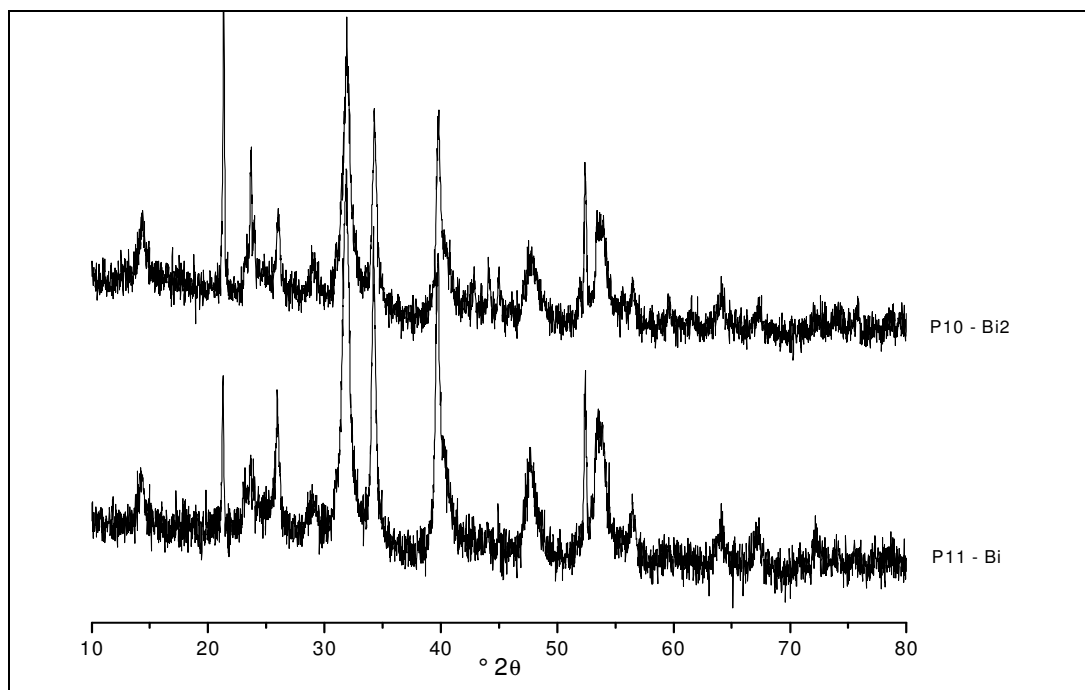


Figura 31. Amostras de DRX de argila desferrificada, utilizadas para calculo do índice de cristalinidade de Hughes & Brown (1979) (ICHB). Amostras dos Cambissolos Háplicos (P10 e P11) que não foram possíveis determinar a cristalinidade.

Toda essa variação na cristalinidade da caulinita, segundo Ker (1995) parece mostrar que a denominação caulinita, particularmente em solos, se refere muito mais a uma família de minerais de estrutura 1:1, variável no que se refere à cristalinidade, incluindo tanto a desordem estrutural como o tamanho de partícula, ou mesma fórmula química, que simplesmente um único e específico mineral.

Os solos que sofreram o processo de hidromorfismo apresentaram índice de cristalinidade maior que os Latossolos em estudo, uma vez que a redução na cristalinidade e o aumento da área superficial da Ct também podem ser decorrentes da presença de Fe na estrutura do mineral, e se observa que os teores de Fe_2O_3 do ataque sulfúrico foi maior para os Latossolos do que os “Pseudogleis” e Gleissolos, podendo-se admitir que o ferro exerce papel importante na cristalinidade da caulinita, conforme verificados por Ghidin et al. (2006). Mas essa tendência não se observou entre os Latossolos, uma vez que não houve correlação entre o teor de Fe_2O_3 com o índice de cristalinidade para estes solos.

Estudos realizados na Amazônia relacionaram a simples presença de óxidos de ferro com a cristalinidade das caulinitas, ao observarem redução do tamanho de partículas do mineral e aumento em sua desorganização estrutural com o aumento do conteúdo de Fe_2O_3 . (Möller, 1991). Entretanto Ker (1995) não observou correlação entre o índice de cristalinidade e o teor de ferro extraído pelo ataque sulfúrico.

4.6. Micromorfologia

A análise das lâminas delgadas dos diferentes horizontes dos perfis selecionados se mostrou importante para a determinação do grau de evolução dos solos. As maiores variações nas características micromorfológicas foram encontradas no grau de desenvolvimento da pedalidade (microestrutura e plasma) e nas feições micropedológicas.

O Latossolo Vermelho-Amarelo (P1) apresentou plasma constituído por material isotrópico típico (Quadro 8). No horizonte A foram observados raras zonas anisotrópicas com fraca pedalidade, e microestrutura composta de blocos subangulares a forte média granular (Figura 32a, b). Encontraram-se muitas feições micropedológicas como canais e microgalerias, atualmente preenchidas com matriz mineral, pelotas fecais termíticas com tamanho variando de 10 a 50 μm e pelotas excrementais indiscriminadas de microartrópodes. Esta feição é condizente com a descrição da estrutura a campo e parece ser um fato comum em muitos Latossolos Vermelho – Amarelo desenvolvidos sobre rochas cristalinas em locais dos mares de morros do Brasil sudeste (Corrêa, 1984; Carvalho Filho, 1989; Fernandes, 2000; Gomes, 2005)

Nos horizontes diagnósticos Bw1 e Bw2 a pedalidade é também acentuada, sendo forte, com microestrutura média forte granular, característica desta classe de solo. Atualmente, vários autores têm discutido a origem da estrutura granular, seja esta desenvolvida pela interação físico-química entre caulinita e óxidos de ferro e alumínio, sob condições de extremas de lixiviação (Chauvel et al., 1978; Eswaran & Daud, 1980; Santos et al., 1989), ou pela atuação da atividade biológica, principalmente térmitas, durante um longo período de tempo (Eschenbrenner, 1986; Jungerius et al., 1999; Schaefer, 2001). A presença de restos fecais de térmitas indica que estes organismos podem ter contribuído para a maior dessilificação nestes solos e formação de microestrutura, como relatam Lani et al. (2001).

Quadro 8. Características físicas e micromorfológicas dos solos do presente estudo

Solo / Hor.	Prof. (cm)	Areia (g/kg)	Silte (g/kg)	Argila (g/kg)	Fotos	Microestrutura e plasma	Feições Micropedológicas
P1 - A1	09 - 18	290	70	640	a, b	Composta de média blocos subangulares com fraca pedalidade, a forte média granular, pedoplasmação forte.	Raras zonas anisotrópicas, pontuações de carvão e minerais de Ti; muitos canais e microgalerias preenchidas; pelotas fecais termíticas (10-50 µm) e indiscriminadas (microartrópodes).
P1Bw1	48 - 58	270	50	680	c, d	Pedalidade forte; forte média granular, pedoplasmação forte, plasma isotrópico típico.	Microconcreções de Fe comuns, muitas pontuações de carvão e Hm, minerais de Ti; pelotas fecais termíticas; ausência completa de minerais primários de fácil alteração.
P1 - Bw2	91 - 101	250	10	740	e, f	Pedalidade forte; forte média granular, pedoplasmação muito forte, plasma isotrópico típico.	Microconcreções de Fe raras, poucas pontuações de carvão e Hm, abundantes minerais de Ti; pelotas fecais termíticas; nodulos gibbsiticos; litoreliquias ferruginizadas; canais biológicos abundantes; ausência completa de minerais primários de fácil alteração.
P3 - A2	09 - 20	636	68	297	g	Grãos simples sem revestimentos, esquelético, muitos vazios não conectados; pedalidade fraca, plasma muito desferificado	Quartzos fraturados, limpos, sem ferruginização nas fraturas, raros carvões, restos de raízes ferruginizadas. Processo de descoloração generalizado (bleaching), sem formar zonas de oxidação; ausência completa de minerais primários de fácil alteração.
P3 - C2	85 - 95	441	42	517	h, i	Apédico, Massiva, compacta, formada de ajustes de grãos simples sem revestimentos, esquelético, muitos vazios não conectados; pedalidade ausente, plasma desferificado.	Quartzos fraturados, limpos, sem ferruginização nas fraturas, muitos restos de raízes ferruginizadas. Processo de descoloração generalizado (bleaching), sem formar zonas de oxidação; ausência completa de minerais primários de fácil alteração.

Continua...

Quadro 8. Continuação...

Solo / Hor.	Prof. (cm)	Areia (g/kg)	Silte (g/kg)	Argila (g/kg)	Fotos	Microestrutura e plasma	Feições Micropedológicas
P4 - A	7 - 17	636	84	280	j	Apédico, parte Grãos simples sem revestimentos, esquelético, muitos vazios não conectados; pedalidade fraca, plasma muito desferrificado.	Quartzos fraturados, limpos, sem ferruginização nas fraturas, raros carvões, feições de reoxidação de Fe em canais de raízes. Processo de descoloração generalizado (bleaching), sem formar zonas de oxidação no plasma; ausência completa de minerais primários de fácil alteração.
P4 - Cg2	35 - 44	641	67	292	k, l	Massiva, apédica, compacta, formada de ajustes de grãos simples sem revestimentos, esquelético, muitos vazios não conectados; pedalidade ausente, plasma praticamente desferrificado.	Quartzos fraturados, limpos, sem ferruginização nas fraturas, poucos restos de raízes ferruginizadas. Processo de descoloração generalizado (bleaching), sem formar zonas de oxidação; ausência completa de minerais primários de fácil alteração. Poucas feições pedobiológicas.
P9 – Cg1	7 - 18	477	146	377	m, n	Blocos subangulares, fraca pedalidade, com zonas com grãos simples sem revestimentos, esquelético, vazios não conectados; plasma moderadamente desferrificado.	Quartzos fraturados, coloridos, sem ferruginização nas fraturas, poucos microfragmentos de carvões, restos de raízes ferruginizadas comuns. Processo de descoloração moderado (bleaching), com zonas de re-oxidação; ausência completa de minerais primários de fácil alteração.
P9 - Cg2	24 - 34	626	115	259	o, p	Composta massiva e blocos subangulares, de pedalidade fraca, sem revestimentos; vazios não conectados e poros fissurais; plasma bicromico, com plasma pouco desferrificado (depleção parcial de ferro).	Raros revestimentos ferruginosos, amorfos (ferridrita) muitos restos de raízes ferruginizadas, mosqueados e processo de descoloração fraco (bleaching), com muitas zonas de re-oxidação; ausência completa de minerais primários de fácil alteração.

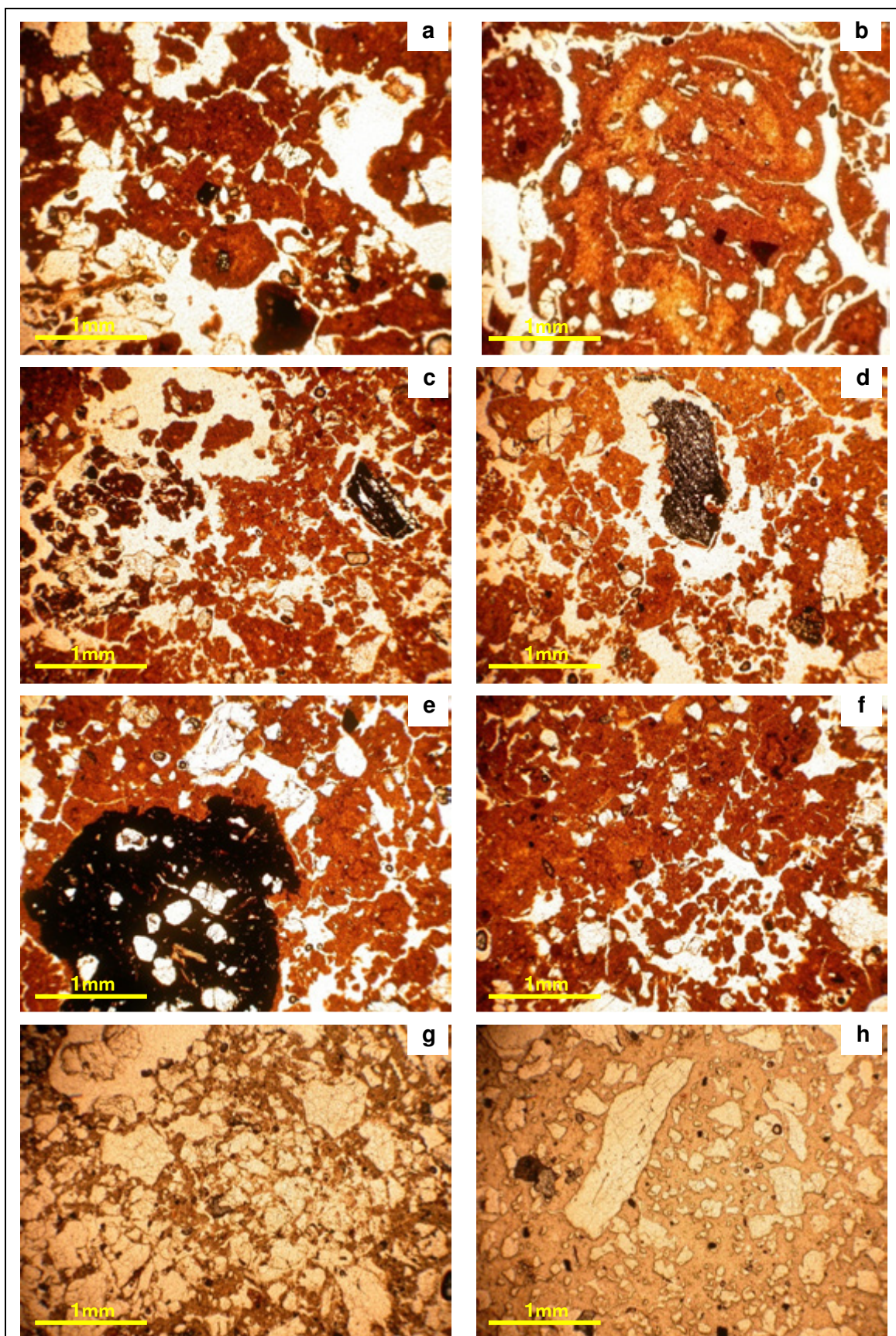


Figura 32. Fotomicrografias dos horizontes de alguns solos em estudo. (a,b) P1 - A1, (c,d) P1 - Bw1, (e,f) P1 - Bw2, (g) P3 - A2, (h) P3 - C2. Todas estão na mesma escala.

Em ambos os horizontes foram encontrados microconcreções de ferro, pontuações de carvão e hematita, pelotas fecais termíticas, ausência completa de minerais primários de fácil alteração. Minerais de titânio, nódulos gibbsíticos, litorelíquias ferruginizadas e canais biológicos abundantes foram observados no horizonte Bw2. A presença destas características corrobora a intensa dessilificação deste material, principalmente pela presença da gibbsita (Figura 32e, f).

Os horizontes do Pseudoglei (P3) e dos Gleissolos (P4 e P9) apresentam no material grosseiro grãos de quartzo fraturados, sem revestimentos ferruginização nas fraturas, com muitos vazios não conectados, apresentando pedacidade fraca a ausente (Figura 32g e h, e Figura 33). Os grãos são simples com ausência completa de minerais primários de fácil alteração, incluindo-se ainda poucos ou raros microfragmentos de carvões e restos de raízes ferruginizadas, principalmente no horizonte Cg2 do P9 (Figura 33o e p). O processo de descoloração generalizado (bleaching) foi observado nos três perfis, formando ou não zonas de oxidação ou re-oxidação no plasma. O plasma se apresentou muito desferrificado, confirmado pelas cores acinzentadas (10 YR) indicando a pobreza de ferro do ambiente.

O fraco desenvolvimento da pedogênese nos perfis P3 e P4 influenciaram na formação de estrutura foi massiva, apédica e compacta, compatível com o que foi descrito durante a análise morfológica dos perfis em campo. No P9, ainda que a pedacidade seja fraca, foi possível a formação de estrutura em blocos subangulares nos horizontes Cg1 e Cg2 (Figura 33m, n, o e p).

4.7. Análise Termogravimétrica (ATG) Para Determinação dos Teores de Caulinita e Gibbsita

Em todos os solos analisados os teores de caulinita foram superiores aos de gibbsita, com exceção do P10, um Cambissolo Háptico (Quadro 9). Mesmo assim estes teores de gibbsita são considerados elevados, uma vez que a área de estudo se caracteriza como intensamente intemperizada. A remoção da sílica e de bases pela percolação de grandes quantidades de água, em períodos mais úmidos, resultou numa solução de solo, com uma concentração iônica tal que a gibbsita seria o argilo mineral mais estável.

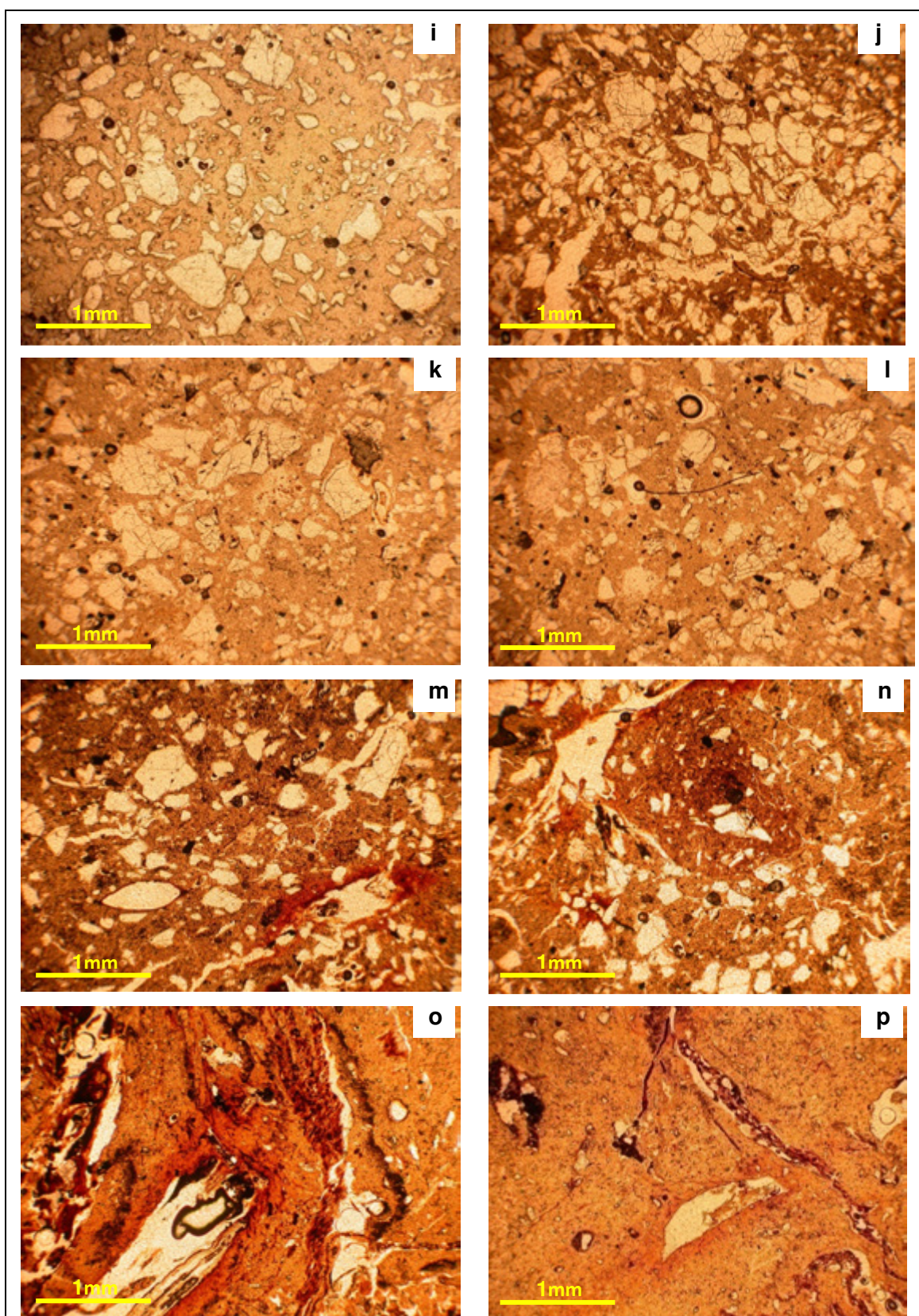


Figura 33. Fotomicrografias dos horizontes de alguns solos em estudo. (i) P3 – C2, (j) P4 - A, (k,l) P4 – Cg2, (m,n) P9 – Cg1, (o,p) P9 – Cg2. Todas estão na mesma escala.

Quadro 9. Teores de argilominerais do grupo da caulinita e gibbsita obtidos por termogravimetria (TGA)

Solo	Horizonte	Profundidade	Gibbsita	Caulinita
		----- cm -----	----- dag kg ⁻¹ -----	
P1	Bw1	38 - 70	14,861	75,398
P2	Bw1	70 - 83	8,989	83,780
P3	C2	85 - 110	5,190	94,415
P4	Cg2	35 - 75	5,858	94,053
P5	Bw2	80 - 100	14,126	78,554
P6	Bi2	46 - 77	4,156	89,516
P7	Bw3	90 - 125	17,679	75,218
P8	C2	86 - 129	7,940	92,024
P9	Cg1	7 - 18	14,972	83,813
P10	Bi2	45 - 100	40,742	51,258

Como explicam Guri & Franzmeier (1984) e Oliveira et al. (1991), a quantidade de gibbsita tende a ser maior nos solos mais vermelhos, enquanto a caulinita segue tendência contrária. Uma vez que os teores de ferro pelo ataque sulfúrico dos solos estudados são baixos, e as cores dos solos são em geral mais amareladas essa tendência pode ser observada neste estudo.

Não se observou, nos termogramas diferenciais das amostras, uma tendência de aumento da área do pico de desidroxilação da caulinita acompanhada de uma redução da área do pico de desidroxilação da gibbsita, ou seja, à termogramas com picos de gibbsita bastante expressivos sem estar ligado diretamente com teores maiores deste mineral (Figura 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42 e 43).

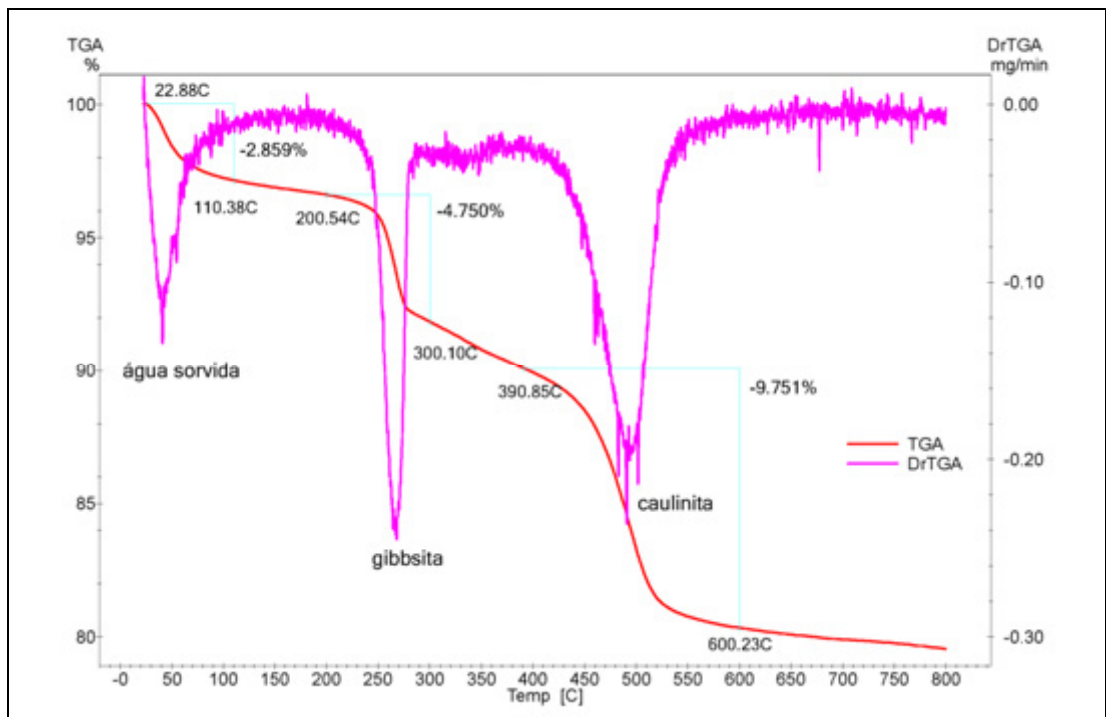


Figura 34. Termograma da fração argila desferrificada de um Latossolo (P1). Eixo à esquerda (ordenada): perda de massa, em porcentagem, por termogravimetria (TGA ou TG); Eixo à Direita (ordenada): primeira derivada da termogravimetria (TGA ou TG) em mg min^{-1} ; Abscissa: temperatura de reação em $^{\circ}\text{C}$.

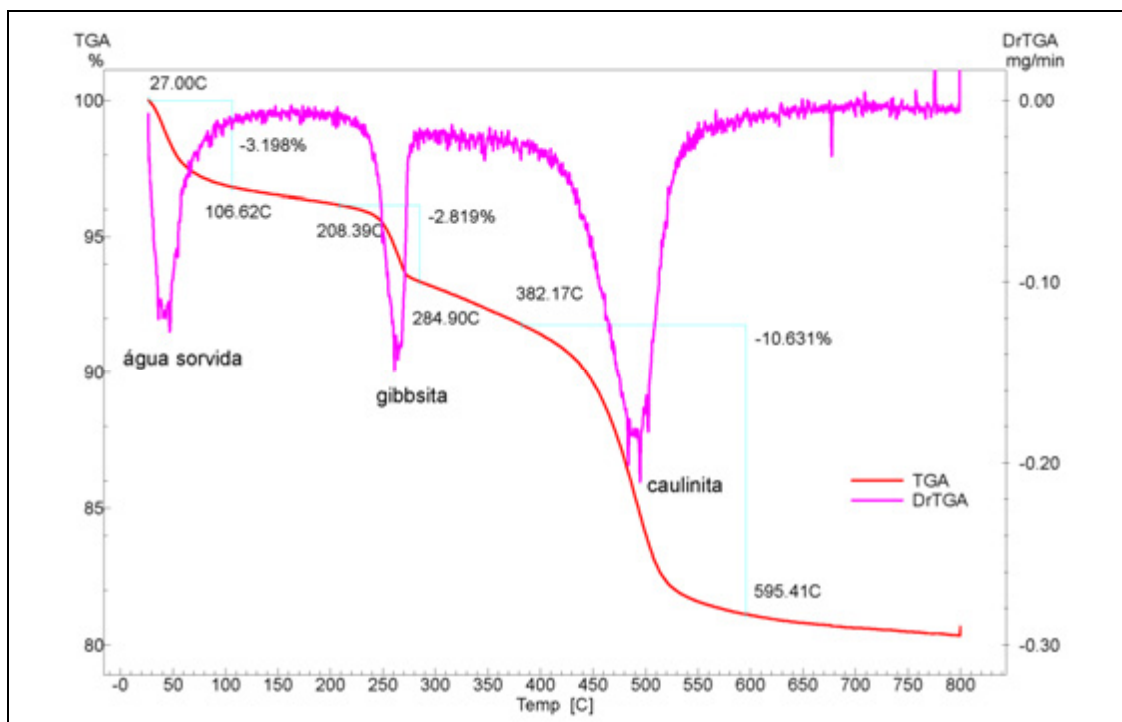


Figura 35. Termograma da fração argila desferrificada de um Latossolo (P2). Eixo à esquerda (ordenada): perda de massa, em porcentagem, por termogravimetria (TGA ou TG); Eixo à Direita (ordenada): primeira derivada da termogravimetria (TGA ou TG) em mg min^{-1} ; Abscissa: temperatura de reação em $^{\circ}\text{C}$.

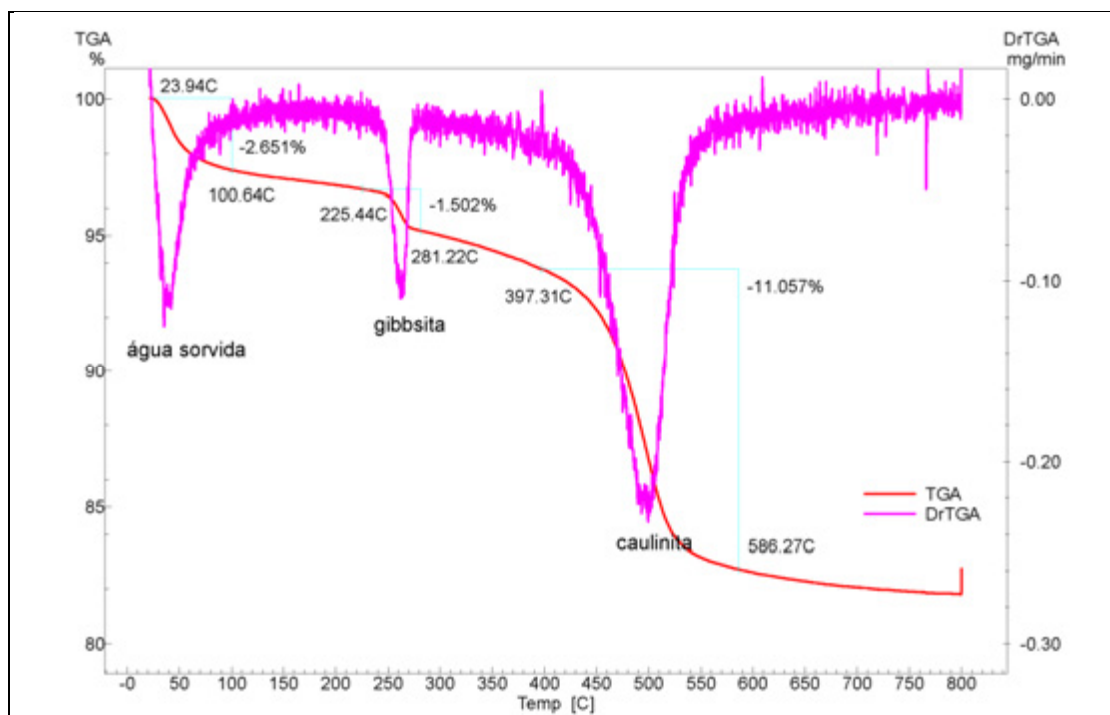


Figura 36. Termograma da fração argila desferrificada de um Pseudogleissolo (P3). Eixo à esquerda (ordenada): perda de massa, em porcentagem, por termogravimetria (TGA ou TG); Eixo à Direita (ordenada): primeira derivada da termogravimetria (TGA ou TG) em mg min^{-1} ; Abscissa: temperatura de reação em $^{\circ}\text{C}$.

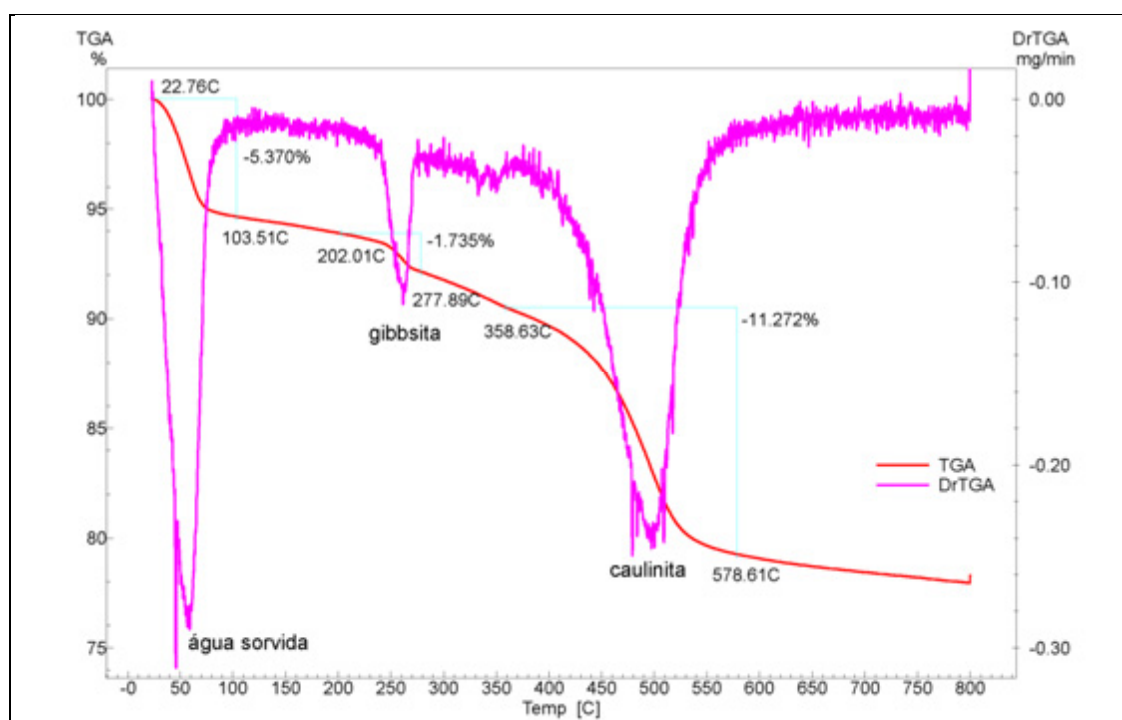


Figura 37. Termograma da fração argila desferrificada de um Gleissolo (P4). Eixo à esquerda (ordenada): perda de massa, em porcentagem, por termogravimetria (TGA ou TG); Eixo à Direita (ordenada): primeira derivada da termogravimetria (TGA ou TG) em mg min^{-1} ; Abscissa: temperatura de reação em $^{\circ}\text{C}$.

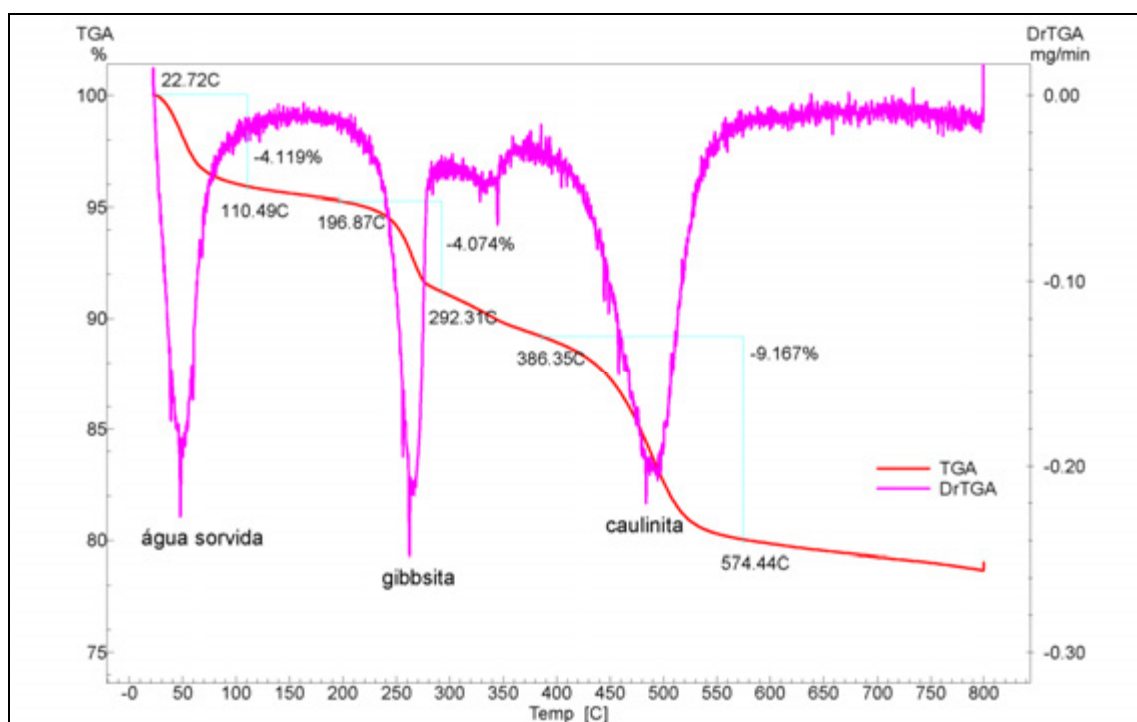


Figura 38. Termograma da fração argila desferrificada de um Latossolo (P5). Eixo à esquerda (ordenada): perda de massa, em porcentagem, por termogravimetria (TGA ou TG); Eixo à Direita (ordenada): primeira derivada da termogravimetria (TGA ou TG) em mg min^{-1} ; Abscissa: temperatura de reação em $^{\circ}\text{C}$.

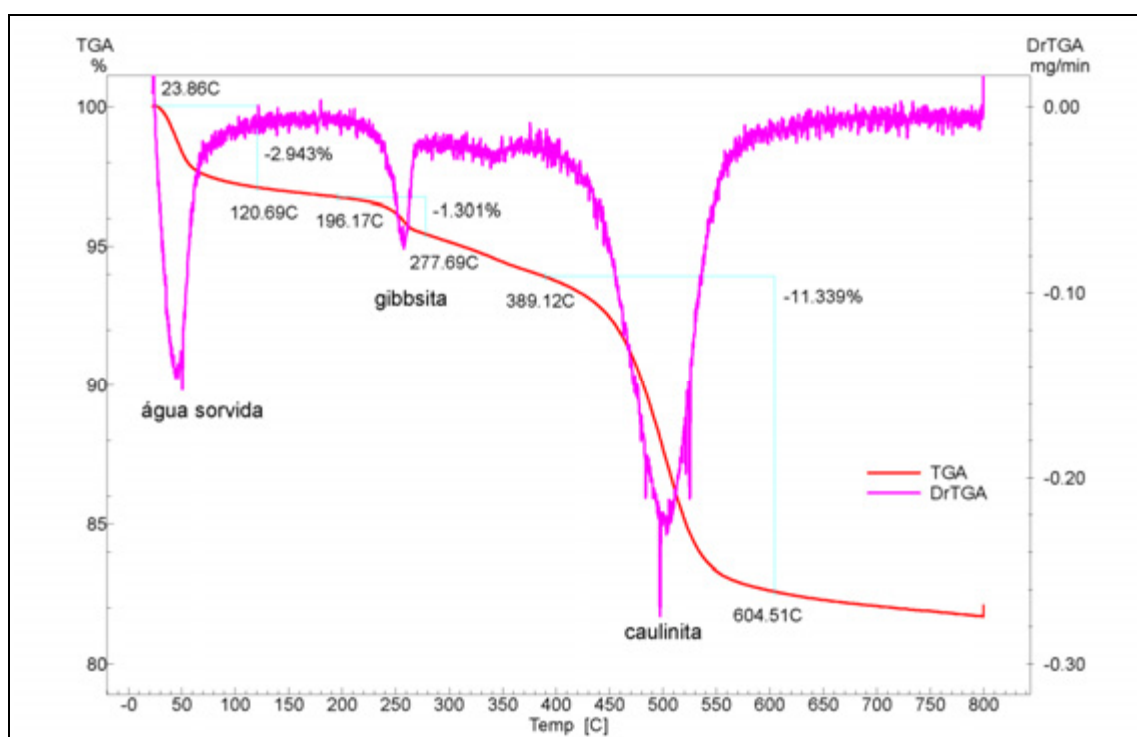


Figura 39. Termograma da fração argila desferrificada de um Cambissolo (P6). Eixo à esquerda (ordenada): perda de massa, em porcentagem, por termogravimetria (TGA ou TG); Eixo à Direita (ordenada): primeira derivada da termogravimetria (TGA ou TG) em mg min^{-1} ; Abscissa: temperatura de reação em $^{\circ}\text{C}$.

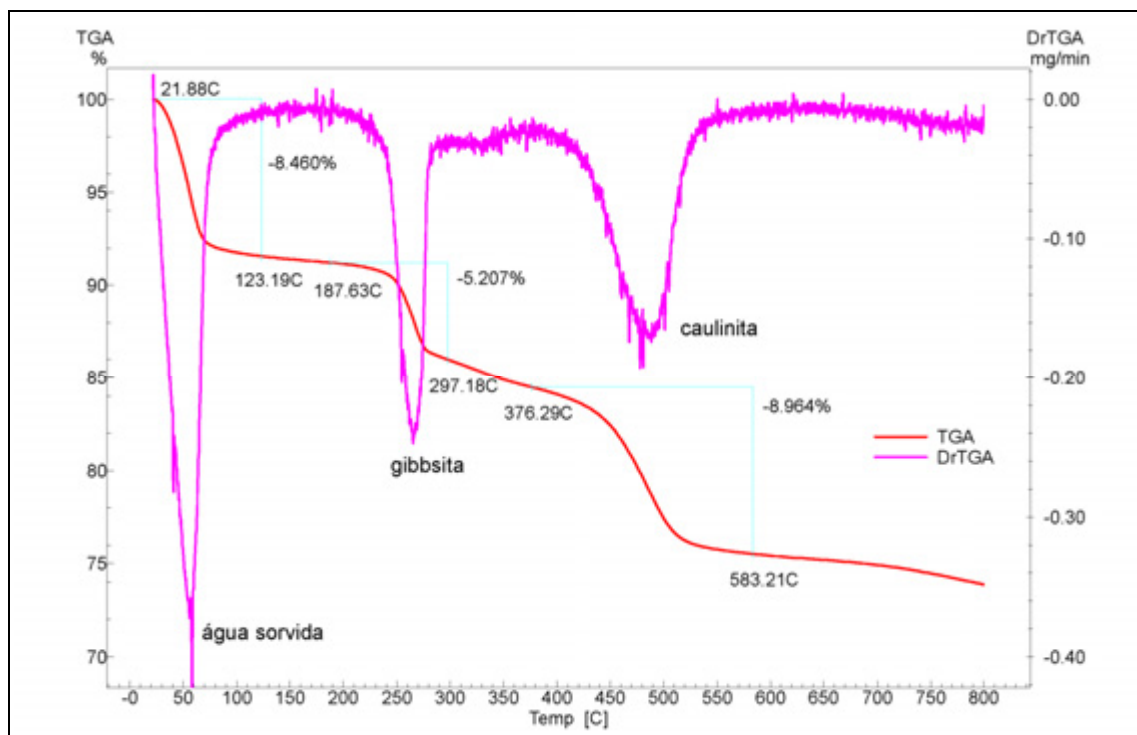


Figura 40. Termograma da fração argila desferrificada de um Latossolo (P7). Eixo à esquerda (ordenada): perda de massa, em porcentagem, por termogravimetria (TGA ou TG); Eixo à Direita (ordenada): primeira derivada da termogravimetria (TGA ou TG) em mg min^{-1} ; Abscissa: temperatura de reação em $^{\circ}\text{C}$.

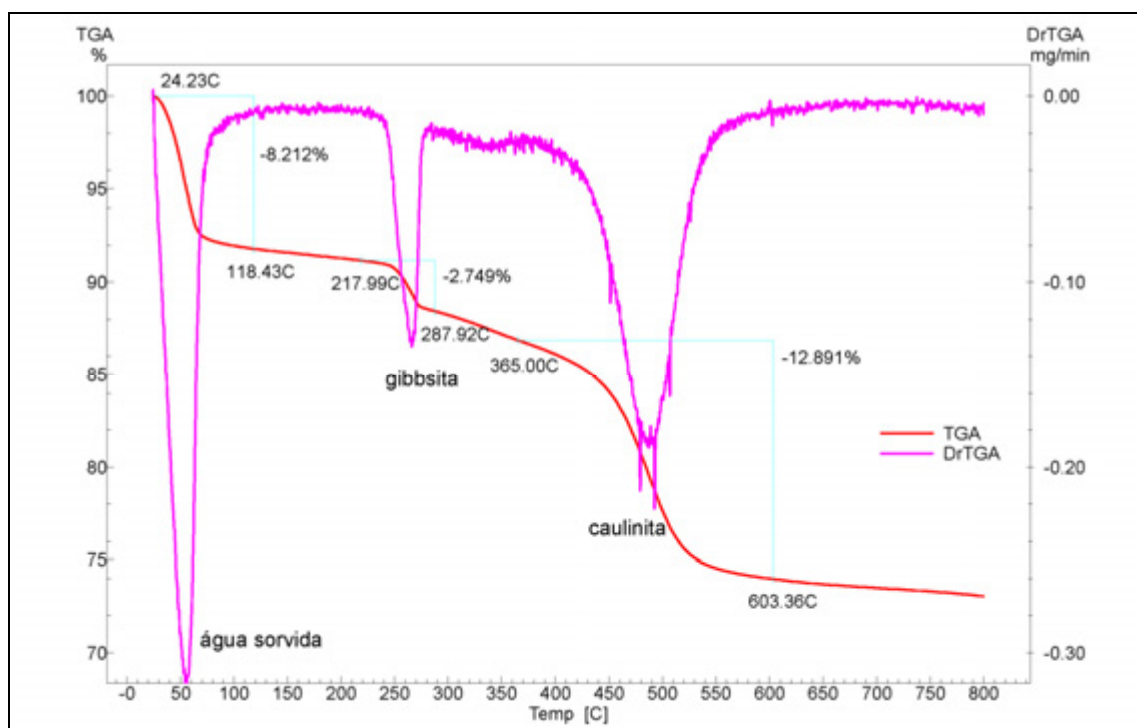


Figura 41. Termograma da fração argila desferrificada de um Pseudogleissolo (P8). Eixo à esquerda (ordenada): perda de massa, em porcentagem, por termogravimetria (TGA ou TG); Eixo à Direita (ordenada): primeira derivada da termogravimetria (TGA ou TG) em mg min^{-1} ; Abscissa: temperatura de reação em $^{\circ}\text{C}$.

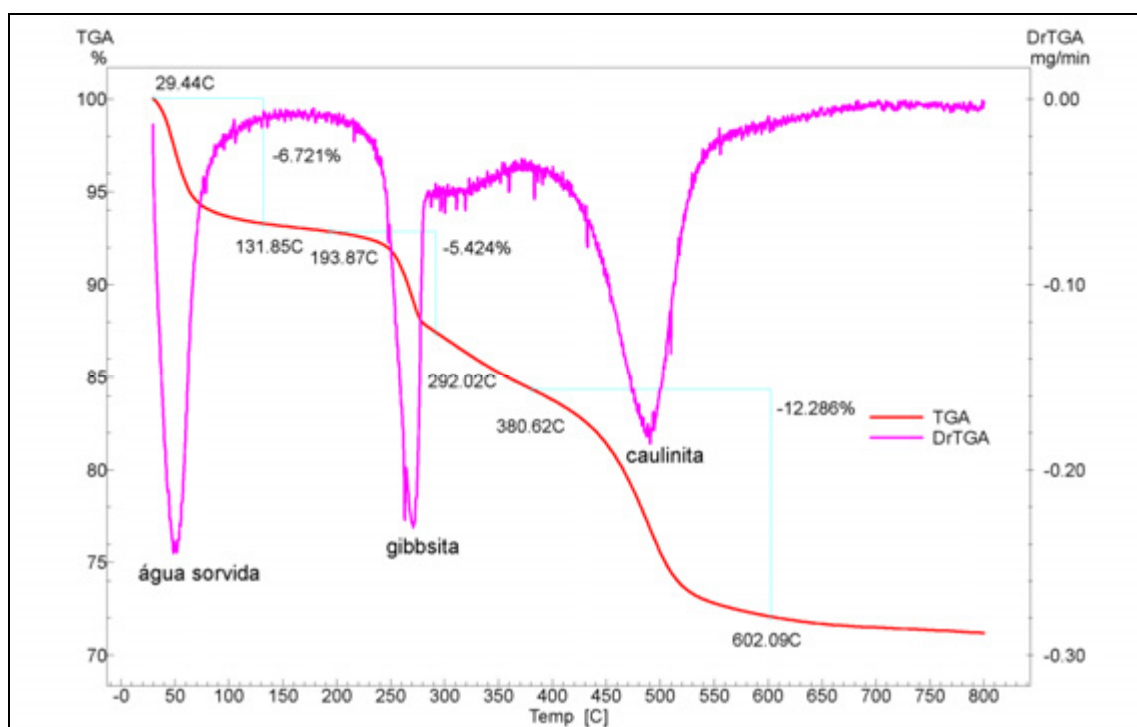


Figura 42. Termograma da fração argila desferrificada de um Gleissolo (P9). Eixo à esquerda (ordenada): perda de massa, em porcentagem, por termogravimetria (TGA ou TG); Eixo à Direita (ordenada): primeira derivada da termogravimetria (TGA ou TG) em mg min^{-1} ; Abscissa: temperatura de reação em $^{\circ}\text{C}$.

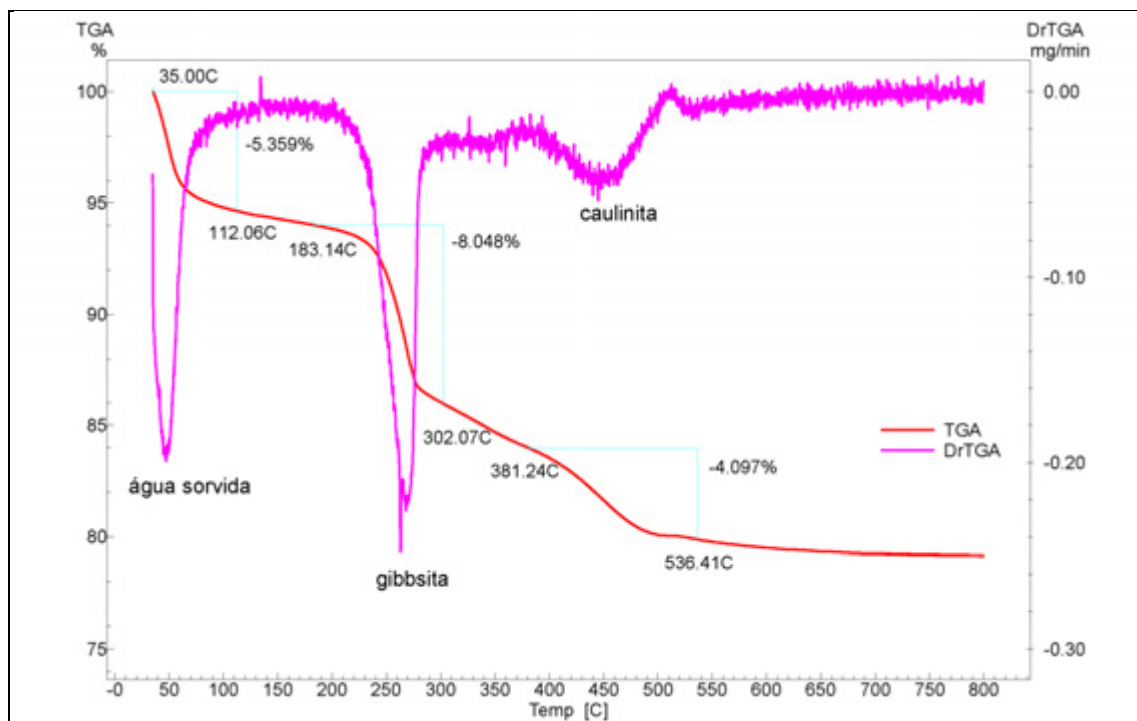


Figura 43. Termograma da fração argila desferrificada de um Cambissolo (P10). Eixo à esquerda (ordenada): perda de massa, em porcentagem, por termogravimetria (TGA ou TG); Eixo à Direita (ordenada): primeira derivada da termogravimetria (TGA ou TG) em mg min^{-1} ; Abscissa: temperatura de reação em $^{\circ}\text{C}$.

5. CONCLUSÕES

- A área em estudo tem um predomínio de relevo ondulado a forte ondulado, inserido no domínio morfoclimático dos Mares de Morros Florestados.

- LVA e LA como solos dominantes refletidos pelo seu material de origem mais félsico.

- Em relevo montanhoso e escarpado constatou-se a ocorrência de Cambissolos.

- Se pode afirmar a presença de Pseudogleissolos, uma vez que não possuem característica estagnica para serem classificados como Gleissolos.

- Com taxa de intemperismo e lixiviação elevada se observa um predomínio de caulinita na fração argila dos solos, de baixo grau de cristalinidade, comum aos solos de ambiente tropical, desorganização está devida aos óxidos de ferro presente.

- Os solos em estudo são eletronegativos, que se justifica pelos valores de pH em H₂O acima do PCZ da caulinita (4,6), sendo está o mineral predominante na fração argila dos solos, e devido ao intenso intemperismo, conferiu a este mineral uma baixa cristalinidade pelo índice de Hughes & Brown (1979), que corrobora com as cargas negativas dos solos.

- Os difratogramas de Raios-X (DRX) da fração argila natural mostram que a mineralogia dos solos estudados tem uma característica comum, onde a caulinita, gibbsita e a goethita são os minerais dominantes nesta fração.

– A baixa cristalinidade da Ct é típica para minerais com alto grau de desordem estrutural, provocadas por defeitos no empilhamento das camadas do mineral (crescimento na direção Z) e interestratificação com outros minerais, como foi observado em todos os solos estudados.

– As maiores variações nas características micromorfológicas foram encontradas no grau de desenvolvimento da pedalidadee nas feições micropedológicas. Como uma pedalidade mais acentuada, passando à forte, com microestrutura média forte granular, nos horizontes diagnósticos do P1. Os horizontes do Pseudoglei (P3) e dos Gleissolos (P4 e P9)apresentaram pedalidade fraca a ausente.O processo de descoloração generalizado (bleaching) foi observado em todos os três perfis, formando ou não zonas de oxidação ou re-oxidação no plasma. O plasma se apresentou muito desferrificado, confirmado pelas cores acinzentadas (10 YR) indicando a pobreza de ferro do ambiente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB'SABER, A.N. Domínios Morfo-Climáticos e Solos do Brasil. In: O Solo nos Grandes Domínios Morfoclimáticos do Brasil e o Desenvolvimento Sustentado. Editores: Victor Hugo Alvarez Venegas, Luiz Eduardo F. Fontes, Mauricio Paulo F. Fontes. – Viçosa, MG: SBCS; UFV, DPS, 1996.
- AB'SABER, A.N. o domínio dos MARES DE MORROS no Brasil. Geomorfologia 2. Instituto de Geografia da Universidade de São Paulo. 1966.
- AB'SABER, A.N. Províncias geológicas e domínios morfoclimáticos no Brasil. Geomorfologia, São Paulo, (20): 26p. 1970.
- AB'SABER, A.N. & MARIGO, L.C. Ecossistemas do Brasil. São Paulo, Metal Livros, 300p. 2009.
- ALLEONI, L.R.F. & CAMARGO, O.A. Óxidos de ferro e de alumínio, e mineralogia da fração argila deferrificada de latossolos ácricos. Sci. Agric. 53:416-421, 1995.
- ALVAREZ V., V.H.; NOVAIS, R.F.; BARROS, N.F.; CANTARUTTI, R.B.; LOPES, A.S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. (Ed.). Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5a. aproximação. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do estado de Minas Gerais. Viçosa. p.25-42. 1999.
- ALVAREZ V., V.H.; NOVAIS, R.F.; DIAS, L.E.; OLIVEIRA, J.A. Determinação e uso do fósforo remanescente. B. Inf. Soc. Bras. Ci. Solo, 52:27-32, 2000.
- APARICIO, P.; FERRELL, R.; GALÁN, E. A new kaolinitic crystallinity index from mathematical modelling of XRD data. Conf. of the European Clay Group Association, Kraków, Euroclay 1999, p.57, 1999.

- ARTIOLI, G.; BELLOTO, M.; GUALTIERI, A.; PAVESE, A. Nature of structural kaolinites: A new model based on computer simulation of power diffraction data and electrostatic energy calculation. *Clay Clay Miner.*, v.4, p.438-445, 1995.
- LANI, J.L.; RESENDE, M.; REZENDE, S.B. & FEITOZA, L.R. Atlas dos Ecossistemas do Espírito Santo. Vitória – ES: SEMA (Secretaria de Meio Ambiente): Viçosa – MG: UFV. 504p. 2008.
- BARBOSA FILHO, M.P.; FAGERIA, N.K.; STONE, L.F. Manejo d'água e calagem em relação a produção e toxicidade de ferro em arroz. *Pesq. Agropec. Bras.*, v.18, n.8, p.903-910, 1983.
- BARRETO, W.O. Eletroquímica de solos tropicais de carga variável: capacidade da dupla camada elétrica. Rio de Janeiro, UFRJ. (Tese Doutorado), 1986.
- BESOAIN, E. Mineralogia de arcillas de suelos. San José, Costa Rica: IICA. 1205p. 1985.
- BREWER, R. Fabric and mineral analysis of soils. New York : R. E. Krieger, 1976. 482p.
- BRINDLEY, G.W. & NAKASHIRA, M. further consideration of crystal structure of kaolinite. *Miner. Magazine*, 31:781-786, 1958.
- BRINDLEY, G.W. & ROBINSON, K. The structure of kaolinite. *Miner. Magazine*, 27:242-253, 1947.
- CALVERT, C.S. Chemistry and mineralogy of iron substituted kaolinite in natural and synthetic systems. Texas, A & M University, 224p. (Tese Ph.D.), 1981.
- CARVALHO FILHO, A de; RESENDE, M. & KER, J.C. Solos distróficos ricos em minerais primários facilmente intemperisáveis. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, Porto Alegre, Anais ...Porto Alegre, SBCS, p.275, 1991.
- CARVALHO FILHO, A. Caracterização mineralógica, química e física de solos de duas unidades da paisagem do planalto de viçosa. Viçosa, MG – UFV (Tese de Mestrado). 1989.
- CHAUVEL, A. & PÉDRO, G. Genése de sols beiges (ferrugineux tropicaux lessivés) par transformation des sols rouges (ferralitiques) de Casamance (Sénégal). *Cahiers ORSTOM, Série Pédologie*, v.16, p.231–249. 1978.
- CHILDS, C.W. Field test for ferrous iron and ferric-organic complexes (on exchances sites or in water-soluble forms) in soils. *Aust. J. Soil Res.*, v.19, n.27, p.175-180, 1981.
- CHITTLEBOROUGH, D.J. & WALKER, P.H. Crystallinity of soil kaolinites in relation to Clay particle-size and soil age. *J. Soil Sci.*, 39:81-86, 1988.

- CHMIELOVÁ, M.; WEISS, Z. Determination of structural disorder degree using an XRD profile fitting procedure. Application to Czech kaolins. Appl. Clay Sci., v.22, p.65-74, 2002.
- COELHO, M. R. & VIDAL-TORRADO, P. Caracterização e gênese de perfis plúnticos desenvolvidos de arenito do Grupo Bauru: I - química. Rev. Bras. Ciênc. Solo [online]. vol.27, n.3, pp. 483-494. ISSN 0100-0683. 2003.
- CONCEIÇÃO, P.C.; AMADO, T. J.C.; MIELNICZUK, J.; SPAGNOLLO, E. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. R. Bras. Ci. Solo, v.29, p.777-788, 2005.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução nº 420 de 28 de dezembro de 2009. "dispõe sobre os critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas". Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=620>> Acesso em 07 de Fevereiro de 2011.
- CORNELL, R.M. & SCHWERTMANN, U. The iron oxide – structure, properties, reactions, occurrences and use. Wiley – VCH, Verlag GmbH & Co. Weinheim. 2003.
- CORRÊA, G.F. Modelo de evolução e mineralogia da fração argila de solos do planalto de viçosa, MG. Viçosa, UFV, Imp. Univ., 87p. (Tese de Mestrado), 1984.
- CORRÊA, M.M.; KER, J.C.; BARRÓN, V.; TORRENT, J.; FONTES, M.P.F. & CURI, N. Propriedades cristalográficas de caulinitas de solo do ambiente tabuleiros costeiros, Amazônia e Recôncavo Baiano. R. Bras. Ci. Solo, 32:1857-1872, 2008.
- COUTO, E.G.; RESENDE, M. & REZENDE, S.B. Terra ardendo. Ciência Hoje, Rio de Janeiro, 3(16): 48-57, 1985.
- CPRM - COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. Geologia da Folha Espera Feliz – SF.24-V-A-IV, Programa Geológico do Brasil – Contrato CPRM – UFMG nº 059/PR/05. 2007.
- DIXON, J.B. Kaolin and serpentine group minerals. In: DIXON, J.B. & WEED, S.B., eds. Minerals in soil environments. Madison, Soil Science Society of America, p. 467-526, 1989.
- EMBRAPA – Centro Nacional de Pesquisa de Solo. Lavantamento generalizado e semidetalhado de solos da Aracruz Celulose S.A. no estado de Espírito Santo e no extremo sul da Bahia e sua aplicação aos plantios de eucalipto. Embrapa-Solos, Rio de Janeiro, RJ, 111p (Boletim de Pesquisa) 2000.
- EMBRAPA – CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOLO. Manual de método e análise de solo. 2.ed. Rio de Janeiro, RJ: EMBRAPA-CNPS, 212p., 1997.

- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2º ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 306 p. 2006.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solo. Procedimentos normativos de levantamentos pedológicos. / Santos, H.G. et al.. Brasília: Embrapa – SPI, 116 p. 1995.
- EMBRAPA – SNLCS. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação d Solos. Levantamento de reconhecimentos de solos do estado do Espírito Santo. Rio de Janeiro, 475p (Boletim Técnico, 45). 1978.
- ESCHENBRENNER, V. Contribution des termites à la microagrégation des sols tropicaux. Cahiers ORSTOM, Série Pédologie, v. 22, p.397-408, 1986.
- ESRI - ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE –. ArcGIS 9.3. Redlands: (Formato digital). 2007.
- ESWARAN, H. & DAUD, N.A scanning electron microscopy evaluation of the fabric and mineralogy of some soils from Malaysia. Soil Science Society of America Journal, v.44, p.855-861. 1980.
- EUA. Department of Agriculture. Soil taxonomy: a basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. Washington: U. S. Govt. Printing Office, 754p. (USDA. Agriculture handbook, 436). 1999.
- FANNING, D.S.; FANNING, M.C.B. Soil morphology, genesis and classification. New York : John Wiley, 395p. 1989.
- FAO - IUSS Working Group WRB. World reference base for soil resources .World Soil Resources Reports No. 103, Rome. 2006.
- FERNANDES, M.M. Caracterização de solos e uso atual empregando aerofotos não-convencionais nas sub-bacias Marengo, Palmital e Silibar – Rio Turvo Surjo, MG. Viçosa, UFV, Imp. Univ., 107p. (Tese de Mestrado), 1996.
- FERNANDES, R.B.A. Atributos mineralógicos, cor, adsorção e dessorção de fosfatos em Latossolos do Sudeste brasileiro. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2000. 265p. (Tese de Doutorado).
- FITZPATRICK, E.A. Micromorphology of soils. New York : Robert E. Krieger, 1984. 482p.
- GHIDIN, A.A.; MELO, V.F.; LIMA, V.C. & LIMA, J.M.J.C. Topossequência de Latossolos originados de rochas basálticas no Paraná. I – Mineralogia da Fração argila. R. Bras. Ci. Solo, 30:293-306, 2006.
- GÓES-FILHO, L.; COSTA, C.; GALLO, J.R.; MEDEIROS, L.A.R. As regiões fitoecológicas, sua natureza e seus recursos econômicos. Estudo fitogeográfico. In: BRASIL. Ministerio de Minas e Energia. Projeto RADAMBRASIL; Folha AS 23. São Luiz e parte da folha AS 24. Fortaleza. Rio de Janeiro, (Levantamento de Nativas, 3), 1973.

- GOMES, M.A. Solos, manejo e aspectos hidrológicos na bacia hidrográfica dos Araújos, Viçosa – MG. Viçosa, MG. UFV. (Tese de Mestrado). 2005.
- GRIM, R.E. Clay mineralogy. 2.ed. New York, McGraw-Hill, 460p, 1968.
- HINCKLEY, D.N. Variability in “crystallinity” values among the kaolin deposits of the coastal plain of Georgia and South Carolina. In: Swineford, A. (ed.), Clay and Clay Minerals, Proc. 11th Natl. Conf., Ottawa, Ontario, 1962. Pergamon, New York, p.229-235, 1963.
- HUGHES, J.C.; BROWN, G.A. A crystallinity index for soil kaolins and its relation to parent rock, climate and soil nature. J. Soil Sci., v.30, p.557-563. 1979.
- IBGE – Instituto brasileiro de geografia e estatística. Manual técnico da vegetação brasileira. Rio de Janeiro, 1992.
- INCAPER – Instituto capixaba de pesquisa, assistência técnica e extensão rural – http://cecam.incaper.es.gov.br/index.php?pagina=prec_acumuladoano - Acesso em 20/03/2010 - 2009.
- INDA JUNIOR, A.V. & KAMPF, N. Avaliação de Procedimentos de Extração dos Óxidos de Ferro Pedogênicos com Ditionito-Citrato-Bicarbonato de Sódio. R. Bras. Ci. Solo, 27:1139-1147, 2003.
- JACKSON, M.L. & SHERMAN, G.D. Chemical weathering of minerals in soils. Adv. Agron., 5: 219-318, 1953.
- JACKSON, M.L. Chemical composition of soil. In: BEAR, F.E., ed. Chemistry of the soil. New York, Reinhold, p. 74-141, 1964.
- JACKSON, M.L. Soil chemical analysis - advanced course. Madison, Prentice-Hall, 1979. 895p.
- JEPSON, W.B. & ROWSE, J.B. The composition of kaolinite – An electron microscopy microprobe study. Clays Clay Miner., 23:310-317, 1975.
- JUNGERIUS, P.D.; VAN DEN ANCKER, J.A.M.; MÜCHER, H.J. The contribution of termites to the microgranular structure of soils on the Uasin Gishu Plateau, Kenya. Catena, v.34, p.349-363. 1999.
- KAMPF, N. & CURI, N. Óxidos de ferro: indicadores de ambiente pedogênicos e geoquímicos. In: Tópicos em ciência do solo, Eds: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; SCHAEFER, C.E.G.R. v. 1. SBCS. 2000.
- KAMPF, N. & SCHWERTMANN, U. relações entre óxidos de ferro e a cor em solos caoliniticos do Rio Grande do Sul. Rev. Bras. Ci. Solo, 7: 27-31, 1983.
- KELLER, W.D. The principles of the chemical weathering. Columbia, Lucas Brothers, 111p., 1968.
- KER, J.C. Caracterização química, física, mineralógica e micromorfológica de solos brunos subtropicais. Viçosa, UFV, Imp. Univ., 149p. (Tese de mestrado), 1988.

- KER, J.C. Mineralogia, Sorção e Dessorção de fosfato, magnetização e Elementos traços de Latossolos do Brasil. Viçosa, UFV, Imp. Univ. 181p. (Tese de Doutorado), 1995.
- KING, L.C. A geomorfologia do Brasil oriental. Rev. Brasileira Geografia., 18(2): 147-204. 1957.
- LAMEGO, A.R. O homem e a serra. 2º edição. IBGE – Conselho Nacional de Geografia. Edição da Divisão Cultural. 1963.
- LANI, J.L. Estratificação de ambientes na bacia do Rio Itapemirim, no Sul do estado do Espírito Santo. 114p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 1987.
- LANI, J.L.; REZENDE, S.B.; RESENDE, M. Estratificação de ambientes com base nas classes de solos e outros atributos na bacia do rio Itapemirim, Espírito Santo. Vol XLVIII, nº 276. Rev. Ceres. 2001.
- LIMA, P.C. de; CURI, N.; LEPSCH, I.F. Terminologia de micromorfologia do solo. Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.10, n.2, p.33-43,1985.
- LINDSAY, W.L. Chemical equilibria in soils. New York: John Wiley, 449p, 1979.
- McKEAGUE, J.A., DAY, J. H. Dithionite and Oxalate - Extractable Fe and Al as Aids in Differentiating Various Classes of Soils. Canadian Journal Soil Science, v.46, p.13-22. 1966.
- McKEAGUE, J.A. & CLINE, M.G. Silica in soils. Advances in Agronomy, 15: 339-396, 1963.
- MEHRA, O. P. & JACKSON, M. L. Iron Oxide Removal from Soils and Clays by a Dithionite-Citrate System Buffered with Sodium Bicarbonate. 7 th Natl. Conf. on Clays and Clay Minerals. p. 317-327. 1960.
- MELFI, A.J.; CERRI, C.C; KROBERG, B.I.; FYFE, W.S.; McKINNON, B. Granitic weathering: a Brazilian study. Journal of Soil Science, v.34, p. 841-851, 1983.
- MELO, J.W.V de & PEREZ, D.V. Equilíbrio químico das reações no solo. In:Química e mineralogia do solos. V.1 Conceitos Básicos , Editores: MELO, V.F. & ALLEONI, L.R.F. – Viçosa, MG: SBCS, 2009.
- MELO, V.F. & WYPYCH, F. Caulinita e haloisita In: Química e mineralogia do solos. V.1 Conceitos Básicos , Editores: MELO, V.F. & ALLEONI, L.R.F. – Viçosa, MG: SBCS, 2009.
- MELO, V.F.; SCHAEFER, C.E.G.R.; SINGH, B.; NOVAIS, R.F. & FONTES, M.P.F. Propriedades químicas e cristalográficas da caulinita e dos óxidos de ferro em sedimentos do grupo barreiras no município de Aracruz, estado do Espírito Santo. R. Bras. Ci. Solo, 26:53-64, 2002.

- MELO, V.F.; SINGH, B.; SCHAEFER, C.E.G.R.; NOVAIS, R.F. & FONTES, M.P.F. Chemical and mineralogical properties of kaolinite-rich Brazilian soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 65: 1324-1333, 2001.
- MEUNIER, A & VELDE, B. Minerals reactions at grain contacts in early stages of granite weathering. *Clays Minerals*, v.11, 235-240, 1976.
- MOHR, E.C.J.; WAMBARE, F.A.; Van SCHUYLBORG, J. Tropical soils: study of genesis. The hager: Monton, 481p, 1972.
- MOLLER, M.R.F. Substituição isomórfica em óxidos de ferro de Latossolos da Amazônia e suas implicações na sorção de fósforo. Piracicaba, SP, ESALQ, 70p. (Tese de Doutorado). 1991.
- MONIZ, A.C. Quantitative mineralogical analysis of Brazilian soils derived from basic rocks and slate. Madison, University of Wisconsin, 74p. (Tese de Mestrado), 1967.
- MORAES, L.M. Espírito Santo história de suas lutas e conquistas. Artgraf, Vitória – ES. 2002.
- MOREAU, A.M.S.S.; COSTA, L.M.; KER, J.C. & GOMES, F.H. Gênese de horizonte coeso, fragipã e duripã em solos do tabuleiro costeiro do sul da Bahia. *Rev. Bras. Ciênc. Solo* [online], vol.30, n.6, p.1021-1030. ISSN 0100-0683. 2006.
- MUCKENHAUSEN, E. Pseudogley and Gley in der bodengesellschaft der humiden, gemassigt warmen klimaregion. P. 147-157. In: E. Schlichting and U. Schwertmann (Eds.). *Pseudogley and Gley*. 1973
- MURRAY, H.H. & LIONS, S.C. Further correlation of kaolinite crystalinity with chemical and physical properties. In: National conference on clay and clay minerals, 8, Proceedings... New York, Pergamon Press, p.11-17, 1960.
- NAHON, D.B. Introduction to the petrology of soils and chemical weathering. Wiley-Interscience, New York. 313p, 1991.
- NASCIMENTO, M.C. Mapeamento das áreas de preservação permanente e dos conflitos de uso da terra na bacia hidrográfica do rio Alegre, ES. Viçosa – MG. UFV (tese de mestrado). 2004.
- NASCIMENTO, M.C.; SOARES, V.P.; RIBEIRO, C.A.A.S. & SILAV, E. Uso do geoprocessamento na identificação de conflitos de uso da terra em áreas de preservação permanente na bacia hidrográfica do rio Alegre, Espírito Santo. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 15, n. 2, p. 207-220. 2005.
- NÓBREGA, N.E.F.; SILVA, J.G.F.; RAMOS, H.E.A.; PAGUNG, F.S. – Análise da distribuição sazonal e espacial da precipitação no sul do estado do Espírito Santo. XV Congresso Brasileiro de Meteorologia – São Paulo – SP, 2008.
- NOVAES, M.S. História do Espírito Santo. Fundo editorial do Espírito Santo. Vitoria, ES. 1970.

- OLIVEIRA, J.B. Pedologia aplicada. 2.ed. Piracicaba, FEALQ, 574p. 2005.
- PANSU, M. & GAUTHEYROU, J. Handbook of soil analysis - Mineralogical, Organic and Inorganic Methods. 995p. 2006.
- PARTIFF, R.L. & CHILDS, C.W. Estimation of forms of Fe and Al: a review, and analysis of contrasting soils by dissolution and Moessbauer methods. Aust. J. Soil Res., 26:121-144, 1988.
- PARZANESE, G.A.C. Gênese e desenvolvimento de voçorocas em solos originados de granitóides na região de Cachoeira do Campo, Minas Gerais. Viçosa, UFV, 117p. (Tese de Mestrado), 1991.
- PATON, T.R. The formation of soil material. London: George Allen & Unwin, 143p. 1978.
- PEDROSA, M.X.V. Zona silenciosa da historiografia mineira. Ver. Inst. hist. e Geog. De Minas Gerais v. IX. 189-230. 1962.
- PINTO, O.C.B. Formation of a kaolinite from a biotite feldspar gneiss in four strongly weathered soil profiles from Minas Gerais, Brazil. West Lafayette, Purdue University, 133p. (Tese de Mestrado), 1971.
- PLANÇON, A.; TCHOUBAR, C. Determination of structural defects in phyllosilicates by x-ray diffraction. II. Nature and proportion of defects in natural kaolinites. Clays Clay Miner., v.25, p.436-450, 1977.
- PLANÇON, A.; ZACHARIE, C. An expert system for the structural characterization of kaolinites. Clay Miner., v.25, n.3, p.249-261, 1990.
- PONNAMPERUMA, F.N. The introduction to quantitative ecology. London: International Student Edition, 525p, 1974.
- RADAMBRASIL. Levantamento de recursos naturais. Volume 32, Folha SF.23 - Rio de Janeiro e SF.24 - Vitória. Rio de Janeiro, vol 32, 767 p, 1983.
- RESENDE, M. Mineralogy, chemistry, morphology and geomorphology of some soils of the Central Plateau of Brazil. West Lafayette, Purdue University, 237p. (Tese Ph.D.), 1976.
- RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S.B. & CORRÊA, G.F. Pedologia: base para distinção de ambientes. 5.ed. Viçosa, NEPUT, 322p. 2007.
- REZENDE, S.B. de. Geomorphology, mineralogy and Genesis of four soils on gneiss in southeastern Brazil. West Lafayette, Purdue University, 143p (Tese de Doutorado), 1972.
- REZENDE, S.B.; RESENDE, M. Solos dos Mares de Morros: Ocupação e Uso. In: O Solo nos Grandes Domínios Morfoclimáticos do Brasil e o Desenvolvimento Sustentado. Editores: Victor Hugo Alvarez Venegas, Luiz Eduardo F. Fontes, Mauricio Paulo F. Fontes. – Viçosa, MG: SBCS; UFV, DPS, 1996.

- RUIZ, H.A. Incremento da exatidão da análise granulométrica do solo por meio da coleta da suspensão (site + argila). *Rev. Bras. de Ci. do Solo*, Viçosa, v. 29, p. 297-300, 2005.
- SANTOS, A. do C.; PEREIRA, M.G.; ANJOS, L.H.C. dos; BERNINI, T.A.; COOPER, M.; NUMMER, A.R. & FRANCELINO, M.R. Gênese e classificação de solos numa topossequência no ambiente de mar de morros do médio vale do Paraíba do Sul, RJ. *R. Bras. Ci. Solo*, 34:1297-1314, 2010.
- SANTOS, M.C.D., MERMUT, A.R. & RIBEIRO, M.R. Submicroscopy of clay microaggregates in an Oxisol from Pernambuco, Brazil. *Soil Science Society of America Journal*, v.53, p.1895-1901. 1989.
- SANTOS, R.D.; LEMOS, R.C.; SANTOS, H.G.; KER, J.C.; ANJOS, L.H.C. Manual de descrição e coleta de solo no campo. 5ª ed. revisada e ampliada. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 100 p. 2005.
- SCHAEFER, C.E.G.R. Brazilian latosols and their B horizon microstructure as long-term biotic constructs. *Aust. J. Soil Res.*, v. 39, p.909-926, 2001.
- SILVA, J.N. da. Projeto Espírito Santo: Relatório Final. Belo Horizonte, DNPM/CPRM, 408p. (Relatório do Arquivo Técnico da DGM). (Relatório adquirido junto à biblioteca virtual – Acesso Livre, no site: <http://www.cprm.gov.br/>. 1976.
- SILVA, M.B; ANJOS, L.H.C.; PEREIRA, M.G.; NASCIMENTO, R.A.M. Estudo de topossequência da baixada litorânea fluminense: efeitos do material de origem e posição topográfica. *R. Bras. Ci. Solo*, 25:965-976, 2001.
- SINGH, J.E. & GILKES, R.J. Properties of soil kaolinite from south-western Australia. *J. Soil Sci.*, 43:645-667, 1988.
- STUCKI, J.W., GOODMAN, B.A., SCHWERTMANN, U. – Iron in soils and clay minerals. In: Phase identification by selective dissolution techniques. p.83-99. 1988.
- SUGUIO, K. Rochas sedimentares: propriedades, gênese e importância econômica. SUGUIO, K. (2ª Ed.) São Paulo: Edgard Blucher, 500p. 1982.
- TARI, G.; BOBOS, I., GOMES, C.S.F. & FERREIRA, J.M.F. Modification of surface charge properties during kaolinite to halloysite-7ª transformation. *J. Colloid Interface Sci.*, 210:360-366, 1999.
- VAN RAIJ, B. Fertilidade do solo e adubação. Piracicaba: Agronômica Ceres, 343p, 1991.
- WAMBEKE, A.R. van. Criteria for classifying tropical soils by age. *J. Soil Sci.*, 1: 124-132, 1962.
- WITTHIG, L.D. & ALLARDICE, W.R. X – Ray diffraction techniques. In: KLUTE, A., ed. *Methods of soil analysis. Part 1: Physical and mineralogical methods*. Madison, American Society of Agronomy, p.331-362. 1986.

WOWK, G.I.T. Avaliação da contaminação do solo por chumbo proveniente da reciclagem de sucatas de baterias em área de várzea no município de Paula Freitas (PR). Curitiba, Universidade Federal do Paraná. 78p. (Tese de Mestrado), 2003.

YEOMANS, J.C., BREMNER, J.M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. Communications in Soil Science and Plant Analysis, v.19, n.13, p.1467-1476, 1988.

ANEXOS

ANEXO A

DESCRIÇÕES MORFOLÓGICAS

PERFIL 1 – P1



A. DESCRIÇÃO GERAL

DATA – 28.04.2010

CLASSIFICAÇÃO – LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico, muito argilosa A moderado, mesoférico, profundo, ácido, fase floresta subcaducifólia, relevo forte ondulado.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS – Município de Alegre – ES. Rodovia ES-387, estrada Alegre – Celina, entrada a direita saindo do distrito de Celina em direção ao norte, à esquerda da estrada. Coletado na propriedade do Sr. Chico Barbudo. UTM 229440.632E; 7702667.892N.

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL –
Coletado em topo da encosta sob pastagem degradada

ALTITUDE – 742 metros.

LITOLOGIA E FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Complexo Paraíba do Sul,
Proterozoico Superior – CPRM 2007.

MATERIAL ORIGINÁRIO – Proveniente de rochas graníticas.

PEDREGOSIDADE – Não pedregoso.

ROCHOSIDADE – Não rochoso.

RELEVO LOCAL – Forte ondulado.

RELEVO REGIONAL – Forte ondulado.

EROSÃO – Não observada.

DRENAGEM – Bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Mata Atlântica.

USO ATUAL – Pastagem.

CLIMA – Cwa da Classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO POR – Anderson Almeida Pacheco, Thiago Torres
Costa Pereira e Paulo Ricardo Carvalho de Souza.

B. DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A 0-21 cm, bruno-avermelhado (5YR 4/4, úmido) e bruno-avermelhado (5YR 5/4, seco); muito argilosa; forte pequena média blocos angulares; plástico e pegajoso; transição clara e ondulada.

AB 21-38 cm, bruno-avermelhado (5YR 4/4, úmido) e vermelho-amarelado (5YR 5/6, seco); muito argilosa; fraca média pequena blocos subangulares; plástico e pegajoso; transição clara e ondulada.

Bw1 38-70 cm, vermelho-amarelado (5YR 4/6, úmido) e vermelho-amarelado (5YR 5/6, seco); muito argilosa; moderada média pequena blocos subangulares; plástico e pegajoso; transição clara e ondulada.

Bw2 70-141+ cm, vermelho-amarelado (5YR 5/8, úmido) e amarelo-avermelhado (5YR 6/8, seco); muito argilosa; moderada pequena média blocos subangulares; plástico e pegajoso; transição clara e ondulada.

RAÍZES – Médias nos horizontes A, AB; poucas finas nos demais horizontes.

OBSERVAÇÕES: O horizonte Bw2 foi coletado com trado. Faixa muito dura, o trado não passou dos 140 cm. Trincheira aberta no topo na encosta.

PERFIL 2 – P2



A. DESCRIÇÃO GERAL

DATA – 28.04.2010

CLASSIFICAÇÃO – LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico, argilosa, A moderado, hipoférrico, profundo, ácido, fase floresta subcaducifólia, relevo ondulado.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS – Município de Alegre – ES. Rodovia ES-387, estrada Alegre – Celina, entrada a direita saindo do distrito de Celina em direção ao norte, à esquerda da estrada. Coletado na propriedade do Sr. Chico Barbudo. UTM 229454.792E; 7702936.582N.

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL – Coletado em meia encosta sob pastagem degradada

ALTITUDE – 662 metros.

LITOLOGIA E FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Complexo Paraíba do Sul, Proterozoico Superior – CPRM 2007.

MATERIAL ORIGINÁRIO – Proveniente de rochas graníticas.

PEDREGOSIDADE – Não pedregoso.

ROCHOSIDADE – Não rochoso.

RELEVO LOCAL – Ondulado.

RELEVO REGIONAL – Forte ondulado.

EROSÃO – Não observada.

DRENAGEM – Bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Mata Atlântica.

USO ATUAL – Pastagem.

CLIMA – Cwa da Classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO POR – Anderson Almeida Pacheco, Thiago Torres Costa Pereira e Paulo Ricardo Carvalho de Souza.

B. DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A 0-50 cm, bruno-avermelhado (5YR 4/4, úmido) e bruno-avermelhado (5YR 5/4, seco); argilosa; forte pequena média blocos angulares; plástico e pegajoso; transição clara e ondulada.

Bw1 50-70 cm, vermelho-amarelado (5YR 4/6, úmido) e vermelho-amarelado (5YR 5/6, seco); argilosa; fraca média pequena blocos subangulares; plástico e pegajoso; transição clara e ondulada.

Bw2 70-83 cm, bruno-forte (7,5YR 5/6, úmido) e amarelo-avermelhado (7,5YR 6/6, seco); argilosa; moderada média pequena blocos subangulares; plástico e pegajoso; transição clara e ondulada.

Bw3 83-120+ cm, bruno-forte (7,5YR 5/6, úmido) e amarelo-avermelhado (7,5YR 6/6, seco); argilosa; moderada pequena média blocos subangulares; plástico e pegajoso; transição clara e ondulada.

RAÍZES – Poucas finas no horizonte A e Bw1.

OBSERVAÇÕES: Todos os horizontes foram coletados no barranco.

PERFIL 3 – P3



A. DESCRIÇÃO GERAL

DATA – 28.04.2010

CLASSIFICAÇÃO – PSEUDOGLEISSOLO (SEM DEFINIÇÃO NO SIBCS, 2006), franco argilo arenosa, A moderado, hipoférrico, profundo, ácido, fase floresta subcaducifólia, relevo suave ondulado.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS – Município de Alegre – ES. Rodovia ES-387, estrada Alegre – Celina, entrada a direita saindo do distrito de Celina em direção ao norte, à esquerda da estrada. Coletado na propriedade do Sr. Chico Barbudo. UTM 229487.380E; 7703002.896N.

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL – Coletado em terço inferior encosta sob pastagem.

ALTITUDE – 656 metros.

LITOLOGIA E FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Complexo Paraíba do Sul, Proterozoico Superior – CPRM 2007.

MATERIAL ORIGINÁRIO – Proveniente de rochas graníticas.

PEDREGOSIDADE – Não pedregoso.

ROCHOSIDADE – Não rochoso.

RELEVO LOCAL – suave ondulado.

RELEVO REGIONAL – Forte ondulado.

EROSÃO – Não observada.

DRENAGEM – Bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Mata Atlântica.

USO ATUAL – Pastagem.

CLIMA – Cwa da Classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO POR – Anderson Almeida Pacheco, Thiago Torres Costa Pereira, Paulo Ricardo Carvalho de Souza e Luiz Felipe Mesquita

B. DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A1 0-5 cm, bruno-acinzentado-escuro (10YR 4/2, úmido) e bruno-acinzentado (10YR 5/2, seco); areia franca; fraca média blocos subangulares lembrando estrutura maciça; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição abrupta e ondulada.
- A2 5-20 cm, bruno-acinzentado-escuro (10YR 4/2, úmido) e cinzento-brunado-claro (10YR 6/2, seco); franco argilo arenosa; fraca média pequena blocos subangulares lembrando estrutura maciça; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição gradual e ondulada.
- A3 38-70 cm, bruno (10YR 5/3, úmido) e cinzento-brunado-claro (10YR 6/2, seco); franco argilo arenosa; moderada média pequena blocos subangulares lembrando estrutura maciça; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição irregular e clara.
- C1 70-141+ cm, bruno muito claro-acinzentado (10YR 7/4, úmido) e cinzento-claro (10YR 7/2, seco); argilo arenosa; maciça; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e gradual.
- C2 85-110 cm, cinzento-claro (10YR 7/2, úmido) e branco (10YR 8/1, seco); argilo arenosa; maciça; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e gradual.
- C3 110-180+ cm, cinzento-claro (10YR 7/2, úmido) e branco (10YR 8/1, seco); argila; maciça; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa.

RAÍZES - Poucas finas nos horizontes A1, A2 e A3.

OBSERVAÇÕES: Trincheira aberta no barranco.

PERFIL 4 – P4



A. DESCRIÇÃO GERAL

DATA – 28.04.2010

CLASSIFICAÇÃO – GLEISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico TÍPICO, franco argilo arenosa, A moderado, hipoférrico, profundo, ácido, fase floresta subcaducifólia, relevo suave ondulado.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS – Município de Alegre – ES. Rodovia ES-387, estrada Alegre – Celina, entrada a direita saindo do distrito de Celina em direção ao norte, à esquerda da estrada. Coletado na propriedade do Sr. Chico Barbudo. UTM 229501.951E; 7703016.910N.

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL – Coletado em terço inferior da encosta sob pastagem.

ALTITUDE – 649 metros.

LITOLOGIA E FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Complexo Paraíba do Sul, Proterozoico Superior – CPRM 2007.

MATERIAL ORIGINÁRIO – Proveniente de rochas graníticas.

PEDREGOSIDADE – Não pedregoso.

ROCHOSIDADE – Não rochoso.

RELEVO LOCAL – suave ondulado.

RELEVO REGIONAL – Forte ondulado.

EROSÃO – Não observada.

DRENAGEM – Mal drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Mata Atlântica.

USO ATUAL – Pastagem.

CLIMA – Cwa da Classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO POR – Anderson Almeida Pacheco, Thiago Torres Costa Pereira, Paulo Ricardo Carvalho de Souza e Luiz Felipe Mesquita.

B. DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A 0-20 cm, cinzento (10YR 5/1, úmido) e cinzento (10YR 6/1, seco); franco argilo arenosa; maciça; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e gradual.

Cg1 20-35 cm, cinzento-brunado-claro (10YR 6/2, úmido) e cinzento-claro (10YR 7/2, seco); franco argilo arenosa; maciça; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e gradual.

Cg2 35-75+ cm, cinzento-claro (10YR 7/1, úmido) e branco (10YR 8/1, seco); franco argilo arenosa; maciça; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e gradual.

RAÍZES - Poucas médias no horizonte A.

OBSERVAÇÕES: Mini-trincheira na parte de influência do córrego.

PERFIL 5 – P5



A. DESCRIÇÃO GERAL

DATA – 23.02.2010

CLASSIFICAÇÃO – LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico, argilo arenosa, A moderado, hipoférico, profundo, ácido, fase floresta subcaducifolia, relevo forte ondulado.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS – Município de Alegre – ES. Rodovia ES-387, estrada antiga Alegre – Café em direção a fazenda Feliz Lembrança, , à direita da estrada subindo estrada abandonada da antiga torre de TV. UTM 237593.535E; 7696761.852N.

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL – Coletado no topo da encosta sob pastagem (antiga torre de TV).

ALTITUDE – 775 metros.

LITOLOGIA E FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Complexo Paraíba do Sul, Proterozoico Superior – CPRM 2007.

MATERIAL ORIGINÁRIO – Proveniente de rochas graníticas.

PEDREGOSIDADE – Não pedregoso.

ROCHOSIDADE – Não rochoso.

RELEVO LOCAL – Forte ondulado.

RELEVO REGIONAL – Forte ondulado.

EROSÃO – Não observada.

DRENAGEM – Bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Mata Atlântica.

USO ATUAL – Pastagem Braquiaria.

CLIMA – Aw da Classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO POR – Anderson Almeida Pacheco, João Carlos Ker, Felipe Vaz Andrade, Luiz Felipe Mesquita e Paulo Ricardo Carvalho de Souza.

B. DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A 0-20 cm, bruno (7,5YR 4/3, úmido) e bruno (7,5YR 5/3, seco); franco argilo arenosa; forte pequena média granular; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e gradual.

Bw1 40-60 cm, bruno (7,5YR 4/4, úmido) e bruno-forte (7,5YR 5/6, seco); argilo arenosa; fraca média blocos suangulares; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e gradual.

Bw2 80-100+ cm, bruno (7,5YR 4/4, úmido) e bruno-forte (7,5YR 5/6, seco); argilo arenosa; fraca média blocos subangulares; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e gradual.

RAÍZES - Pequenas abundantes no horizonte A. Poucas é pequenas nos demais horizontes.

OBSERVAÇÕES: Aberta trincheira no topo na encosta.

PERFIL 6 – P6



A. DESCRIÇÃO GERAL

DATA – 23.02.2010

CLASSIFICAÇÃO – CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico, argila, A moderado, mesoférrico, profundo, ácido, fase floresta subcaducifólia, relevo forte ondulado.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS – Município de Alegre – ES. Rodovia ES-387, estrada antiga Alegre – Café em direção a fazenda Feliz Lembrança, à direita da estrada subindo estrada abandonada da antiga torre de TV. UTM 237833.650E; 7697057.062N.

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL – Coletado em terço médio da encosta sob pastagem (antiga torre de TV).

ALTITUDE – 708 metros.

LITOLOGIA E FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Complexo Paraíba do Sul, Proterozoico Superior – CPRM 2007.

MATERIAL ORIGINÁRIO – Proveniente de rochas graníticas.

PEDREGOSIDADE – Não pedregoso.

ROCHOSIDADE – Não rochoso.

RELEVO LOCAL – Forte ondulado.

RELEVO REGIONAL – Forte ondulado.

EROSÃO – Laminar moderada.

DRENAGEM – bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Mata Atlântica.

USO ATUAL – Pastagem Braquiaria.

CLIMA – Aw da Classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO POR – Anderson Almeida Pacheco, João Carlos Ker, Felipe Vaz Andrade, Luiz Felipe Mesquita e Paulo Ricardo Carvalho de Souza.

B. DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A 0-28 cm, bruno-avermelhado (2,5YR 5/3, úmido) e bruno-avermelhado-claro (2,5YR 6/3, seco); argila; moderada pequena blocos e moderada forte pequena média granular; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e gradual.
- Bi1 28-46 cm, bruno-avermelhado (2,5YR 5/4, úmido) e bruno-avermelhado-claro (2,5YR 6/4, seco); argila; fraca média blocos; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e gradual.
- Bi2 46-77 cm, bruno-avermelhado (2,5YR 5/4, úmido) e bruno-avermelhado-claro (2,5YR 6/4, seco); argila; fraca moderada pequena média blocos subangulares; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e gradual.
- C1 100-132 cm, vermelho-acinzentado (10R 5/4, úmido) e vermelho-claro-acinzentado (10R 6/4, seco); franca; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e gradual.
- C2 132-150+ cm, vermelho-acinzentado (10R 5/4, úmido) e vermelho-claro-acinzentado (10R 6/4, seco); franca; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e gradual.

RAÍZES - Pequenas e médias nos horizontes A, Bi1 e Bi2.

OBSERVAÇÕES: Solo pouco espesso e horizonte C muito propenso à erosão.

PERFIL 7 – P7



A. DESCRIÇÃO GERAL

DATA – 24.02.2010

CLASSIFICAÇÃO – LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico, muito argilosa, A moderado, mesoférico, profundo, ácido, fase floresta tropical subcaducifólia, relevo forte ondulado.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS – Município de Alegre – ES. Estrada entre Celina – Café pegar vicinal depois da Fazenda Vargem Alegre, na meia encosta do morro. UTM 230166.455E; 7697673.404N.

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL – Coletado em terço médio da encosta sob pastagem.

ALTITUDE – 713 metros.

LITOLOGIA E FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Ortognaisse Estrela, Neógeno e Neoproterozóico – CPRM 2007.

MATERIAL ORIGINÁRIO – Proveniente de rochas graníticas.

PEDREGOSIDADE – Não pedregoso.

ROCHOSIDADE – Não rochoso.

RELEVO LOCAL – Forte ondulado.

RELEVO REGIONAL – Forte ondulado.

EROSÃO – Laminar ligeira (moderada nas partes íngremes).

DRENAGEM – bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Mata Atlântica.

USO ATUAL – Pastagem Braquiaria.

CLIMA – Cwa da Classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO POR – Anderson Almeida Pacheco, João Carlos Ker, Diego Burak e Luiz Felipe Mesquita.

B. DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A 0-11 cm, bruno (7,5YR 4/4, úmido) e bruno (7,5YR 5/4, seco); argilo arenosa; forte pequena média granular; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e gradual.
- AB 11-24 cm, bruno-forte (7,5YR 4/6, úmido) e bruno-forte (7,5YR 5/6, seco); argila; forte pequena média granular; plástica e pegajosa; transição plana e gradual.
- BA 24-37 cm, bruno-forte (7,5YR 5/6, úmido) e amarelo-avermelhado (7,5YR 6/6, seco); muito argilosa; moderada pequena granular e blocos angulares ligeiramente duro; plástica e pegajosa; transição plana e gradual.
- Bw1 37-65 cm, bruno-forte (7,5YR 5/8, úmido) e amarelo-avermelhado (7,5YR 6/8, seco); muito argilosa; fraca moderada blocos angulares ligeiramente duro; friável plástica e pegajosa; transição plana e difusa.
- Bw2 65-90 cm, bruno-forte (7,5YR 5/8, úmido) e amarelo-avermelhado (7,5YR 6/8, seco); muito argilosa; fraca blocos angulares ligeiramente duro; friável plástica e pegajosa; transição plana e gradual.
- Bw3 90-125+ cm, bruno-forte (7,5YR 5/8, úmido) e amarelo-avermelhado (7,5YR 6/8, seco); muito argilosa; fraca moderada blocos duro; friável; transição plana e gradual.

RAÍZES - Concentra-se nos horizontes A, AB e BA, mas estende-se até o fim do Bw2. Bw3 praticamente sem raízes.

OBSERVAÇÕES: O horizonte Bw3 é mais amarelado e mais duro que anteriores.

PERFIL 8 – P8



A. DESCRIÇÃO GERAL

DATA – 24.02.2010

CLASSIFICAÇÃO – PSEUDOGLEISSOLO (SEM DEFINIÇÃO NO SiBCS, 2006), franco argilo arenosa, A proeminente, hipoférrico, profundo, ácido, fase floresta subcaducifólia, relevo suave ondulado.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS – Município de Alegre – ES. Estrada entre Celina – Café pegar vicinal depois da Fazenda Vargem Alegre, na baixada do lado esquerdo da estrada. UTM 230173.633E; 7696366.066N.

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL – Coletado em área suave ondulada com café.

ALTITUDE – 635 metros.

LITOLOGIA E FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Ortognaisse Estrela, Neógeno e Neoproterozóico – CPRM 2007.

MATERIAL ORIGINÁRIO – Proveniente de rochas gnáissicas derivadas do granito.

PEDREGOSIDADE – Não pedregoso.

ROCHOSIDADE – Não rochoso.

RELEVO LOCAL – Suave ondulado.

RELEVO REGIONAL – Forte ondulado.

EROSÃO – Não observado.

DRENAGEM – bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Mata Atlântica.

USO ATUAL – Café.

CLIMA – Cwa da Classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO POR – Anderson Almeida Pacheco, João Carlos Ker, Felipe Vaz Andrade, Luiz Felipe Mesquita.

B. DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A 0-20 cm, bruno-avermelhado (10YR 5/2, úmido) e cinzento-brunado-claro (10YR 6/2, seco); franco argilo arenosa; moderada pequena blocos subangulares; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e clara.
- A2 20-48 cm, cinzento-brunado-claro (10YR 6/2, úmido) e cinzento (10YR 6/1, seco); franco argilo arenosa; moderada pequena blocos subangulares; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e clara.
- C1 48-86 cm, cinzento-claro (10YR 7/2, úmido) e cinzento-claro (10YR 7/1, seco); argilo arenosa; maciça muito dura; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e gradual.
- C2 86-129 cm, cinzento-claro (10YR 7/2, úmido) e cinzento-claro (10YR 7/1, seco); franco argilo arenosa; maciça muito dura; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e gradual.

RAÍZES - Pequenas e poucas nos horizontes A1 e A2.

OBSERVAÇÕES: Horizontes C1 e C2 muito duro. Pseudogleissolo sendo utilizado com Eucalipto, isto indica que lençol freático não é tão impeditivo atualmente.

PERFIL 9 – P9



A. DESCRIÇÃO GERAL

DATA – 25.02.2010

CLASSIFICAÇÃO – GLEISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico, franco argilo arenosa, A moderado, hipoférrico, profundo, ácido, fase floresta subcaducifólia, relevo suave ondulado.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS – Município de Alegre – ES. Estrada entre Celina – Café pegando vicinal depois da Fazenda Vargem Alegre, na várzea ampla a direita da estrada. UTM 230095.891E; 7696474.657N.

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL – Coletado em várzea com tiriricão e Braquiaria.

ALTITUDE – 625 metros.

LITOLOGIA E FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Ortognaisse Estrela, Neógeno e Neoproterozóico – CPRM 2007.

MATERIAL ORIGINÁRIO – Proveniente de rochas gnáissicas derivadas do granito.

PEDREGOSIDADE – Não pedregoso.

ROCHOSIDADE – Não rochoso.

RELEVO LOCAL – Suave Ondulado.

RELEVO REGIONAL – Forte ondulado.

EROSÃO – Laminar moderada.

DRENAGEM – Mal drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Mata Atlântica.

USO ATUAL – Tiriricão e Braquiaria.

CLIMA – Cwa da Classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO POR – Anderson Almeida Pacheco, João Carlos Ker, Felipe Vaz Andrade e Luiz Felipe Mesquita.

B. DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A 0-7 cm, bruno-acinzentado-escuro (10YR 4/2, úmido) e bruno-acinzentado (10YR 5/2, seco); argila; maciça; plástica e pegajosa; transição plana e clara.

Cg1 7-18 cm, bruno-acinzentado (10YR 5/2, úmido) e cinzento-brunado-claro (10YR 6/2, seco); argila; maciça; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e clara.

Cg2 18-40 cm, bruno-acinzentado (10YR 5/2, úmido) e cinzento-brunado-claro (10YR 6/2, seco); argila; maciça; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e clara.

Cg3 40-70 cm, bruno-acinzentado (10YR 5/2, úmido) e cinzento-brunado-claro (10YR 6/2, seco); franca; maciça; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e clara.

RAÍZES - Pequenas e médias nos horizontes A, Cg1 e Cg2.

OBSERVAÇÕES: Os horizontes Cg2 e Cg3 foram coletados com o trado.

PERFIL 10 – P10

A. DESCRIÇÃO GERAL

DATA – 26.04.2010

CLASSIFICAÇÃO – CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico, franco argilo arenosa, A moderado, mesoférico, profundo, ácido, fase floresta subcaducifólia, relevo forte ondulado.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS – Município de Alegre – ES. Estrada entre Celina – Café depois do distrito de Segredo, no topo do morro a esquerda da estrada. UTM 228518.122E; 7693299.326N.

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL – Coletado no topo da encosta.

ALTITUDE – 1.498 metros.

LITOLOGIA E FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Ortognaisse Estrela, Neógeno e Neoproterozóico – CPRM 2007.

MATERIAL ORIGINÁRIO – Proveniente de rochas gnáissicas derivadas do granito.

PEDREGOSIDADE – Não pedregoso.

ROCHOSIDADE – Não rochoso.

RELEVO LOCAL – Forte Ondulado.

RELEVO REGIONAL – Forte ondulado.

EROSÃO – Laminar moderada.

DRENAGEM – Bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Mata Atlântica.

USO ATUAL – Mata Secundária.

CLIMA – Cwa da Classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO POR – Anderson Almeida Pacheco e Thiago Torres Costa Pereira.

B. DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A1 0-7,5 cm, bruno-avermelhado-escuro (5YR 3/3, úmido) e bruno-avermelhado (5YR 4/3, seco); franco argilo arenosa; forte pequena média granular; plástica e pegajosa; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e clara.

A2 7,5-20 cm, bruno-avermelhado-escuro (5YR 3/4, úmido) e bruno-avermelhado (5YR 4/4, seco); franco argilo arenosa; forte pequena média granular; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição abrupta e ondulada.

- AB 20-25 cm, vermelho-amarelado (4YR 3/6, úmido) e vermelho-amarelado (5YR 4/6, seco); franco argilo arenosa; moderada pequena média blocos subangulares; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição abrupta e ondulada.
- BA 25-35 cm, vermelho-amarelado (4,5YR 3/6, úmido) e vermelho-amarelado (5YR 4/6, seco); franco argilo arenosa; moderada pequena média blocos subangulares; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição clara e ondulada.
- Bi1 35-45 cm, vermelho-escuro (2,5YR 3/6, úmido) e vermelho (2,5YR 5/6, seco); franco argilo arenosa; moderada pequena média blocos subangulares ; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição difusa e ondulada.
- Bi2 45-100 cm, vermelho (2,5YR 4/8, úmido) e vermelho (2,5YR 5/6, seco); franco argilo arenosa; moderada pequena média blocos subangulares ; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição clara e ondulada
- BC 100-150 cm, vermelho-escuro (2,5YR 3/6, úmido) e vermelho (2,5YR 4/6, seco); franco argilo arenosa; moderada pequena média blocos subangulares; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa.

RAÍZES - Pequenas e médias nos horizontes A1, A2 e AB. Poucas finas e médias nos horizontes BA e Bi1

OBSERVAÇÕES: Perfil coletado sob mata fechada do tipo secundária.

PERFIL 11 – P11



A. DESCRIÇÃO GERAL

DATA – 26.04.2010

CLASSIFICAÇÃO – CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico, franco argilo arenosa, A moderado, mesoférico, profundo, ácido, fase floresta subcaducifólia, relevo forte ondulado.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS – Município de Alegre – ES. Estrada entre Celina – Café depois do distrito de Segredo, no topo do morro a esquerda da estrada. UTM 227982.308E; 7693177.713N.

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL – Coletado na base da encosta.

ALTITUDE – 1.251 metros.

LITOLOGIA E FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Ortognaisse Estrela, Neógeno e Neoproterozóico – CPRM 2007.

MATERIAL ORIGINÁRIO – Proveniente de rochas gnáissicas derivadas do granito.

PEDREGOSIDADE – Não pedregoso.

ROCHOSIDADE – Não rochoso.

RELEVO LOCAL – Forte Ondulado.

RELEVO REGIONAL – Forte ondulado.

EROSÃO – Laminar bem pronunciada.

DRENAGEM – Bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Mata Atlântica.

USO ATUAL – Mata Secundária.

CLIMA – Cwa da Classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO POR – Anderson Almeida Pacheco e Thiago Torres Costa Pereira.

B. DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A 0-7 cm, bruno-avermelhado (5YR 4/3, úmido) e bruno-avermelhado (5YR 5/4, seco); franco argilo arenosa; moderada pequena média blocos subangulares à granular; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição clara e ondulada.
- BA 7-21 cm, bruno-avermelhado (5YR 4/4, úmido) e vermelho-amarelado (5YR 5/6, seco); franco argilo arenosa; moderada pequena média blocos subangulares; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição clara e ondulada.
- Bi 21-71 cm, vermelho-amarelado (5YR 4/6, úmido) e vermelho-amarelado (5YR 5/6, seco); franco arenosa; moderada pequena média blocos subangulares; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição gradual e ondulada.
- BC 71-103 cm, vermelho-amarelado (5YR 4/6, úmido) e vermelho-amarelado (5YR 5/6, seco); franco argilo arenosa; fraca pequena média blocos subangulares; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa.

RAÍZES - Pequenas e médias nos horizontes A e BA.

OBSERVAÇÕES: A erosão parece bem pronunciada pela pequena espessura do horizonte A e do afloramento de raízes.

PERFIL 12 – P12



A. DESCRIÇÃO GERAL

DATA – 27.04.2010

CLASSIFICAÇÃO – CAMBISSOLO Húmico Distrófico, franco argilo arenosa, A húmico, mesoférico, profundo, ácido, fase floresta subcaducifólia, relevo ondulado.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS – Município de Alegre – ES. Estrada vicinal Café – Celina depois da fazenda Córrego do Marimbondo. UTM 229917.481E; 7691654.460N.

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL – Coletado no topo da encosta.

ALTITUDE – 788 metros.

LITOLOGIA E FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Ortognaisse Serra das Cangalhas, Neógeno e Neoproterozóico – CPRM 2007.

MATERIAL ORIGINÁRIO – Ortognaisse granítico a granodiorítico.

PEDREGOSIDADE – Não pedregoso.

ROCHOSIDADE – Não rochoso.

RELEVO LOCAL – Ondulado.

RELEVO REGIONAL – Forte ondulado.

EROSÃO – Não observada.

DRENAGEM – Bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Mata Atlântica.

USO ATUAL – Pastagem.

CLIMA – Cwa da Classificação de Köppen.

B. DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A1 0-20 cm, bruno muito escuro (7,5YR 2,5/2, úmido) e bruno escuro (7,5YR 3/3, seco); franco argilo arenosa; moderada pequena média granular à pequena média blocos subangulares; plástica e pegajosa; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e clara.
- A2 20-41 cm, preto (7,5YR 2,5/1, úmido) e bruno escuro (7,5YR 3/2, seco); franco arenosa; moderada pequena média granular; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e clara.
- A3 41-61 cm, preto (7,5YR 2,5/1, úmido) e bruno escuro (7,5YR 3/3, seco); franco arenosa; moderada pequena média granular; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e clara.
- A4 61-82 cm, preto (7,5YR 2,5/1, úmido) e bruno escuro ((7,5YR 3/3, seco); franco argilo arenosa; moderada pequena média granular; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e clara.
- 2A5 82-101 cm, preto (7,5YR 2,5/1, úmido) e bruno escuro (7,5YR 3/3, seco); franco argilo arenosa; moderada pequena média granular; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e clara.
- 2A6 101-115 cm, preto (7,5YR 2,5/1, úmido) e bruno escuro (7,5YR 3/3, seco); franco argilo arenosa; moderada pequena média granular; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e clara.
- AB 115-127 cm, bruno escuro (7,5YR 3/2, úmido) e bruno (7,5YR 4/3, seco); franco arenosa; moderada pequena média blocos subangulares; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e clara.
- BA 127-140 cm, bruno escuro (7,5YR 3/3, úmido) e bruno (7,5YR 5/3, seco); franco arenosa; fraca pequena média granular; não plástico e não pegajoso; transição plana e clara.
- B1 140-152 cm, bruno (7,5YR 4/4, úmido) e bruno (7,5YR 5/4, seco); areia franca; fraca pequena média granular; não plástico e não pegajoso; transição plana e clara.
- B2 152-168 cm, bruno (10YR 5/4, úmido) e bruno claro (10YR 6/4, seco); areia franca; fraca pequena média granular; não plástico e não pegajoso; transição plana e clara.
- B3 168-184 cm, bruno (10YR 5/4, úmido) e bruno claro (10YR 6/4, seco); areia franca; fraca pequena média granular; não plástico e não pegajoso; transição plana e clara.
- B4 184-230 cm, bruno (10YR 5/4, úmido) e bruno claro (10YR 6/4, seco); areia; fraca pequena média granular; não plástico e não pegajoso; transição plana e clara.

RAÍZES - Muito finas em todo horizonte A e poucas no horizonte B1 e B2.

OBSERVAÇÕES: Perfil coletado em barranco aberto a beira da estrada.

PERFIL 13 – P13



A. DESCRIÇÃO GERAL

DATA – 28.04.2010

CLASSIFICAÇÃO – ARGISSOLO VERMELHO Eutroférico, muito argilosa, A moderado, férrico, profundo, ligeiramente ácido, fase floresta subcaducifólia, relevo forte ondulado.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS – Município de Alegre – ES. Estrada entre Alegre – Celina descendo a Serra próxima a SAMARCO MINERAÇÃO S.A. UTM 233920.769E; 7699461.786N.

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL – Coletado na descida da Serra.

ALTITUDE – 383 metros.

LITOLOGIA E FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Complexo Paraíba do Sul, Proterozoico Superior – CPRM 2007.

MATERIAL ORIGINÁRIO – Proveniente de rochas gnáissicas derivadas do granito.

PEDREGOSIDADE – Não pedregoso.

ROCHOSIDADE – Não rochoso.

RELEVO LOCAL – Forte Ondulado.

RELEVO REGIONAL – Forte ondulado.

EROSÃO – Laminar.

DRENAGEM – Bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Mata Atlântica.

USO ATUAL – Pastagem.

CLIMA – Cwa da Classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO POR – Anderson Almeida Pacheco, Thiago Torres
Costa Pereira e Luiz Felipe Mesquita.

B. DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A 0-13 cm, bruno-avermelhado (2,5YR 4/4, úmido) e bruno-avermelhado (2,5YR 5/4, seco); argila; moderada pequena média blocos subangulares; plástica e pegajosa; transição plana e gradual.

Bn1 34-72 cm, vermelho (2,5YR 4/6, úmido) e vermelho (2,5YR 5/6, seco); muito argilosa; forte pequena média blocos subangulares; plástica e pegajosa; transição plana e gradual.

Bn2 91-128 cm, vermelho (2,5YR 4/8, úmido) e vermelho (2,5YR 5/8, seco); argila; forte pequena média blocos subangulares; plástica e pegajosa; transição plana e gradual.

RAÍZES - Pequenas e poucas no horizonte A.

OBSERVAÇÕES: Cerosidade moderada e comum abundante em todos os horizontes.

PERFIL 14 – P14



A. DESCRIÇÃO GERAL

DATA – 28.04.2010

CLASSIFICAÇÃO – NEOSSOLO FLÚVICO Ta Eutrófico, franco arenosa, A moderado, hipoférrico, profundo, ligeiramente ácido, fase floresta subcaducifólia, relevo suave ondulado.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS – Município de Alegre – ES. Estrada entre Alegre – Rive na área de baixada junto ao curso do rio Alegre. UTM 240934.294E; 7702953.730N.

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL – Coletado na base da encosta.

ALTITUDE – 115 metros.

LITOLOGIA E FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Complexo Paraíba do Sul, Proterozoico Superior – CPRM 2007.

MATERIAL ORIGINÁRIO – Proveniente de rochas gnáissicas derivadas do granito.

PEDREGOSIDADE – Não pedregoso.

ROCHOSIDADE – Não rochoso.

RELEVO LOCAL – Plano.

RELEVO REGIONAL – Ondulado.

EROSÃO – Não observada.

DRENAGEM – Bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Mata Atlântica.

USO ATUAL – cana-de-açúcar.

CLIMA – Aw da Classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO POR – Anderson Almeida Pacheco, Thiago Torres Costa Pereira e Luiz Felipe Mesquita.

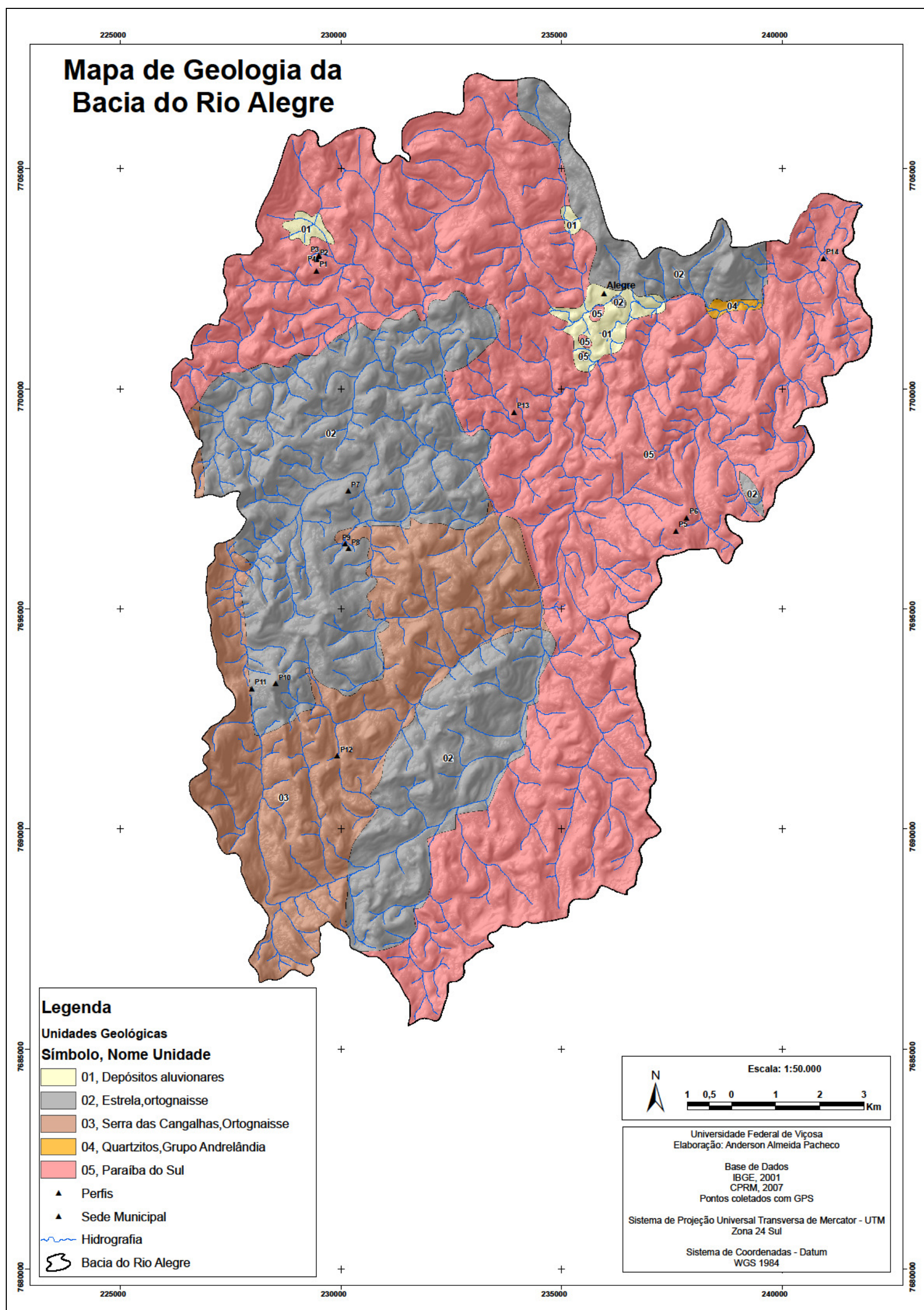
B. DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A 0-5 cm, bruno-forte (7,5YR 4/6, úmido) e bruno-forte (7,5YR 5/6, seco); franco argilo arenosa; fraca pequena média blocos subangulares; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e clara.
- C1 5-15 cm, bruno-forte (7,5YR 4/6, úmido) e bruno-forte (7,5YR 5/8, seco); franco arenosa; fraca pequena média blocos subangulares com aspecto maciço; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e clara.
- C2 15-25 cm, bruno-forte (7,5YR 4/6, úmido) e bruno-forte (7,5YR 5/8, seco); franco arenosa; fraca pequena média blocos subangulares com aspecto maciço; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e clara.
- C3 25-40 cm, bruno-forte (7,5YR 4/6, úmido) e bruno-forte (7,5YR 5/8, seco); franco argilo arenosa; fraca pequena média blocos subangulares com aspecto maciço; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e clara.
- C4 40-104 cm, bruno-forte (7,5YR 4/6, úmido) e bruno-forte (7,5YR 5/8, seco) franca; fraca pequena média blocos subangulares com aspecto maciço; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e clara
- C5 104-131+ cm, bruno-forte (7,5YR 4/6, úmido) e amarelo-avermelhado (7,5YR 6/6, seco) franco argilo arenosa; fraca pequena média blocos subangulares com aspecto maciço; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa.

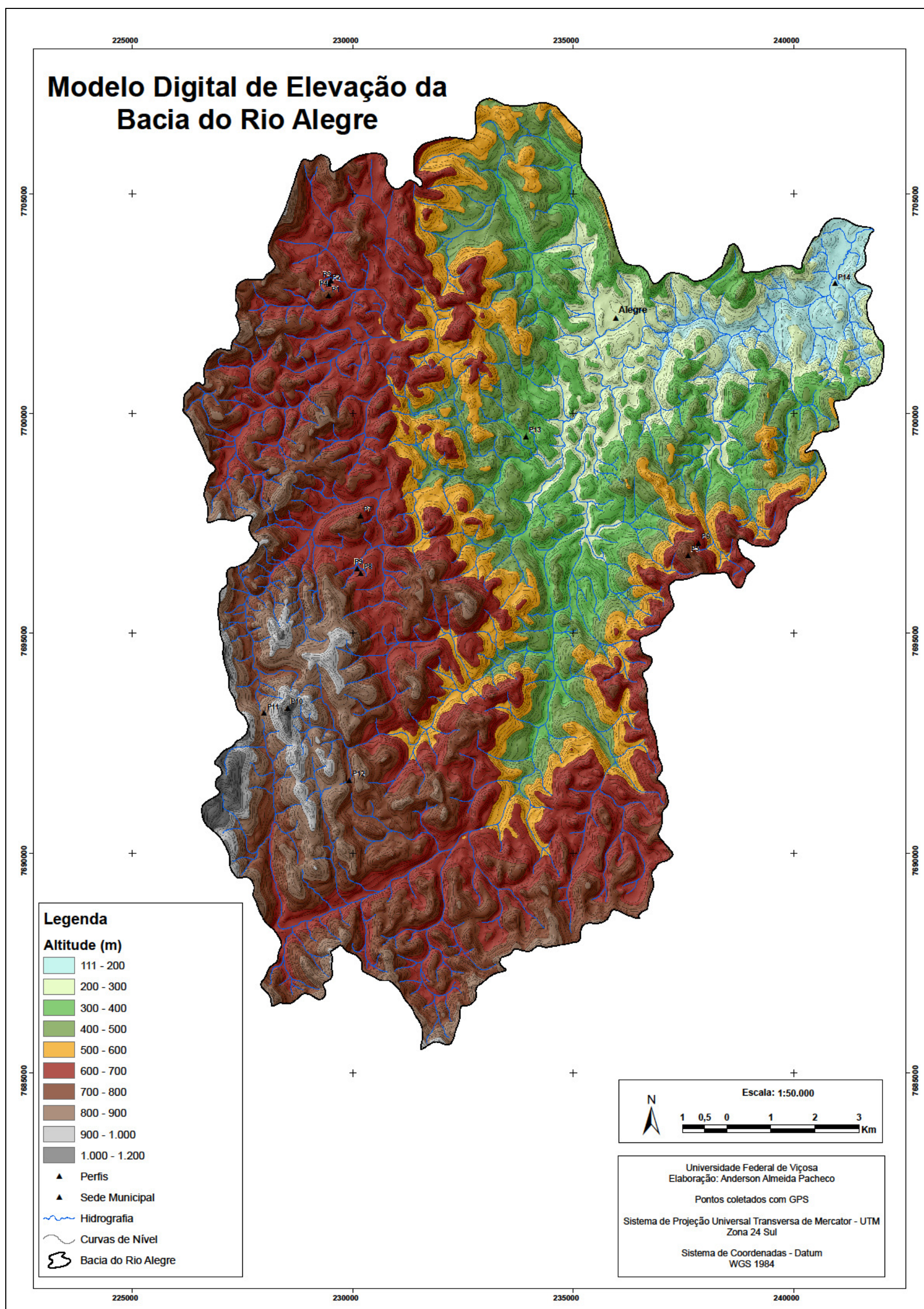
RAÍZES - Pequenas e médias poucas nos horizontes A, C1, C2 e C3.

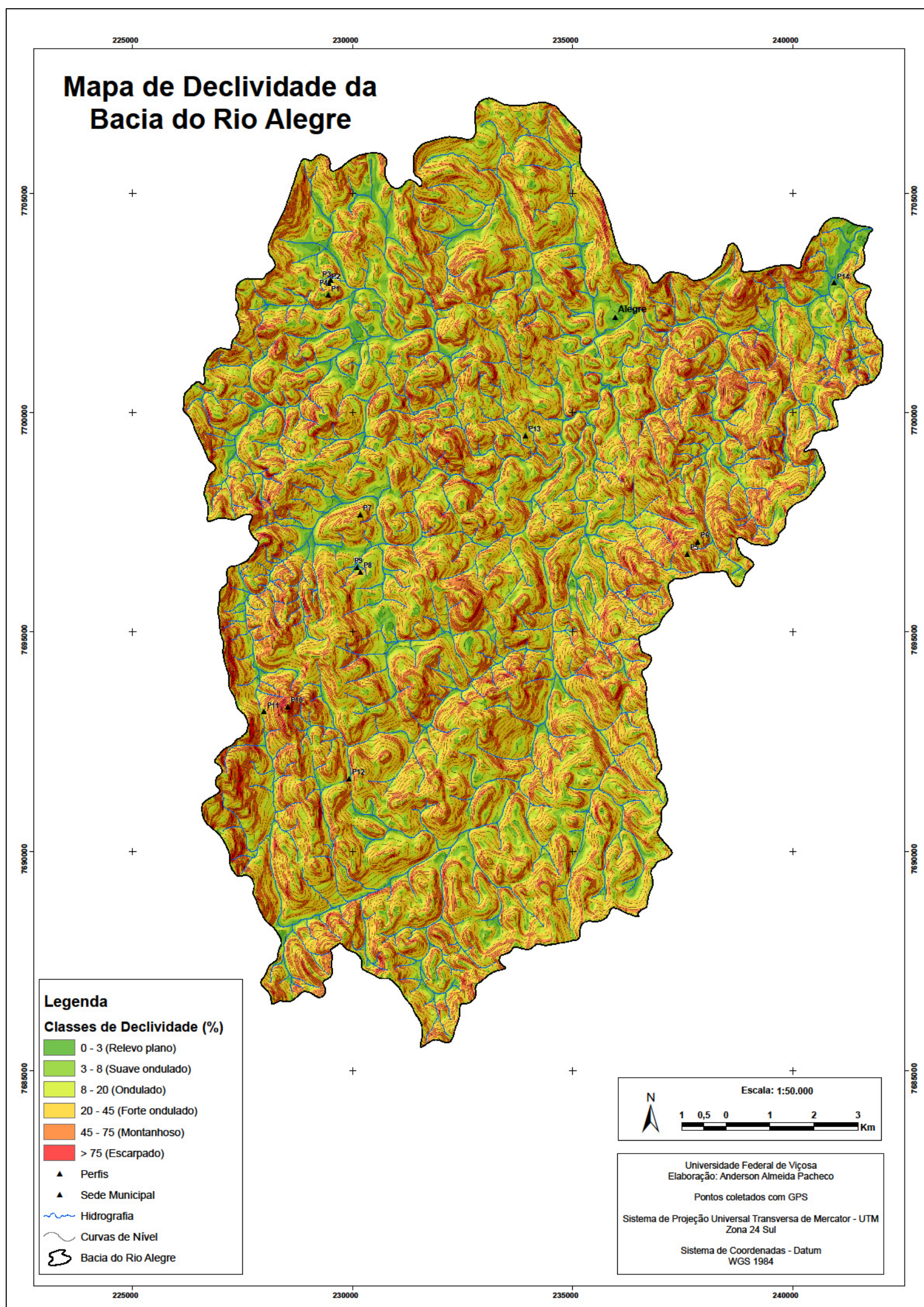
OBSERVAÇÕES: A profundidade abaixo de 60 cm foi coletado com trado.

APÊNDICE A



APÊNDICE B





APÊNDICE D

Mapa de Solos da Bacia do Rio Alegre - Espírito Santo

