

**O CARSTE DA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL  
DE LAGOA SANTA (MG) E SUA INFLUÊNCIA NA  
FORMAÇÃO DOS SOLOS**

**EDGAR SHINZATO**

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE - UENF

CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ  
DEZEMBRO - 1998

**O CARSTE DA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL  
DE LAGOA SANTA (MG) E SUA INFLUÊNCIA NA  
FORMAÇÃO DOS SOLOS**

**EDGAR SHINZATO**

Tese apresentada ao Centro de  
Ciências e Tecnologias Agropecuárias  
da Universidade Estadual do Norte  
Fluminense, como parte das exigências  
para obtenção do título de mestre em  
produção vegetal

Orientador: Prof. Doracy Pessoa Ramos

CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ  
DEZEMBRO - 1998

**O CARSTE DA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL  
DE LAGOA SANTA (MG) E SUA INFLUÊNCIA NA  
FORMAÇÃO DOS SOLOS**

**EDGAR SHINZATO**

Tese apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense, como parte das exigências para obtenção do título de mestre em Produção Vegetal

Aprovada em 17 de dezembro de 1998

Comissão examinadora:

---

Prof.<sup>a</sup> Lúcia Helena Cunha dos Anjos (PhD, Solos) - UFRRJ

---

Dr. Celso Vainer Manzatto (PhD, Solos) CNPS-EMBRAPA

---

Prof. Marco Antônio Martins (PhD, Solos) - UENF

---

Prof. Doracy Pessoa Ramos (PhD, Solos) - UENF  
Orientador

À memória  
de meu Pai,

À minha Mãe,  
À querida Andrea  
dedico.

## AGRADECIMENTOS

Ao professor Dr. Doracy Pessoa Ramos, pelo singular método de ensino e orientação, paciência e grande contribuição à minha formação profissional e, principalmente, pela grande amizade ao longo desses anos.

Ao amigo Celso Vainer Manzatto, pela contribuição à minha formação profissional, ao estímulo constante e à ajuda em todos os momentos.

À professora Dr<sup>a</sup> Lúcia Helena Cunha dos Anjos, pela valiosa contribuição ao final da tese e também pela amizade e dedicação.

Ao amigo José Francisco Lumbreras, pela grande ajuda na fotointerpretação e execução do mapeamento de solos.

Aos professores da UENF, que contribuíram para a minha formação acadêmica e, em especial, ao Dr. Marco Antônio Martins, por estar presente em minha banca examinadora.

À amiga Sueli Cardoso de Araújo, pela valiosa revisão de português, ensinamentos e dedicação de sempre.

Aos amigos Pimentel, Eduardo Mendes, Pablo, Patrícia, Maurício e demais colegas da DIGEOP, pela paciência e grande ajuda nas etapas de digitalização, sensoriamento remoto e do Sistema de Informações Geográficas.

À amiga Conceição Jino e demais colegas da DIEDIG, pela constante ajuda na disponibilização de microcomputadores e dedicação de sempre.

Aos amigos geólogos Ivo Medina e Emiliano, pelos ensinamentos de geomorfologia e geologia, pela amizade e boas horas de convivência diária.

## **BIOGRAFIA**

O autor nasceu no dia 04 de outubro de 1967, na cidade de Campo Grande, estado de Mato Grosso do Sul.

Em 1985, ingressou na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ, localizada no município de Itaguaí – RJ, obtendo o título de Engenheiro Agrônomo em 1990.

Em 1987, foi bolsista de iniciação científica do CNPq pelo Departamento de Solos da UFRRJ, por um período de dois anos.

Em 1991, foi bolsista de aperfeiçoamento pelo CNPq na área de solos, também pelo Departamento de Solos da UFRRJ, por um período de dois anos.

Nessa mesma época, atuando como consultor, na iniciativa privada, iniciou a execução de diversos levantamentos de solos em projetos de irrigação, assentamentos rurais, planejamento agrícola e meio ambiente em diversos estados do país, até o período de 1993.

Em 1994 foi admitido, por concurso público, para o cargo de Engenheiro Agrônomo na Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM, onde coordena e executa estudos na área de solos voltados para o meio ambiente, com utilização de geoprocessamento, até o presente momento.

Em 1996, iniciou o Curso de Mestrado em Produção Vegetal, área de concentração em Ciências do Solo, na Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF.

Ao Dr. Ary Delcio Cavedon, pelo apoio, sugestões, discussões, incentivo e amizade.

À família Manzatto, que me acolheu desde o início dessa etapa e que sempre tem me ajudado até os dias de hoje.

Aos amigos Maurílio, Roberto e Eduardo Fontes, pela importante amizade, principalmente, nos momentos difíceis dessa etapa.

Aos demais colegas da pós-graduação, pela amizade e espírito de cooperação para alcançarmos nossos objetivos.

Ao pessoal de apoio, Martinha, Erika, Fátima, Helena, Silvia e Margot, que tanto se preocuparam comigo nas diversas fases da pós-graduação.

Ao Coordenador, Dr. Messias Gonzaga, pela grande compreensão sobre as dificuldades para a realização deste trabalho.

À Andrea, minha esposa, que sempre compreendeu minha ausência, sempre me estimulou, sempre tentou me ajudar de todas as formas, sempre me carregou para a frente e, principalmente, pelo amor, carinho e dedicação.

À família Tibana, pelo carinho, estímulo e ajuda direta e constante.

Ao Dr. Paulo Tibana, pelos constantes ensinamentos sobre a geologia sedimentar dos calcários e pela literatura sugerida e incentivo.

Às secretárias Angela, Leila e demais colegas da PESAGRO, pelo incentivo e dedicação.

À DHT, DEGET, DIGATE e DERHU, pela oportunidade de realizar o curso de Mestrado e também pela disponibilização dos recursos para o desenvolvimento da tese.

À DIDOTE, pela constante e importante ajuda, boa-vontade, dedicação e estímulo para o desenvolvimento deste e demais trabalhos.

Ao LAMIN, pela realização das análises mineralógicas, em especial ao amigo Nelson, pelos ensinamentos de mineralogia e dedicação de sempre.

À FENORTE, pelo financiamento da bolsa de Mestrado.

À Empresa de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), pela realização das análises de solos.

Aos meus irmãos e aos amigos Edson Ueti, Yoshie, Maurício Farias, Marcos Bacis, pelo incentivo de sempre e ótimo convívio diário.

Aos demais amigos, que de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

## SUMÁRIO

	<b>PÁG.</b>
<b>LISTA DE QUADROS E TABELAS .....</b>	ix
<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	x
<b>RESUMO .....</b>	xii
<b>ABSTRACT .....</b>	xiv
<b>1.0 INTRODUÇÃO .....</b>	01
<b>2.0 REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	03
<b>2.1 Ambiente Cárstico .....</b>	03
<b>2.2 Solos Relacionados com o Ambiente Cárstico .....</b>	05
<b>2.3 Solos na APA Carste de Lagoa Santa .....</b>	09
<b>2.4 Caracterização da Área de Estudo .....</b>	12
<b>2.4.1 Localização .....</b>	12
<b>2.4.2 Geologia .....</b>	13
<b>2.4.2.1 Formação Sete Lagoas .....</b>	14
<b>2.4.2.2 Formação Serra de Santa Helena .....</b>	16
<b>2.4.3 Geomorfologia .....</b>	18



	<b>PÁG.</b>
2.4.3 Vegetação .....	21
2.4.4 Clima .....	22
<b>3.0 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>23</b>
<b>3.1 Levantamento de Solos .....</b>	<b>23</b>
<b>3.2 Descrição e Coleta de Amostras de solos .....</b>	<b>25</b>
<b>3.3 Método de Análises .....</b>	<b>26</b>
<b>3.3.1 Análises Físicas .....</b>	<b>26</b>
<b>3.3.2 Análises Químicas .....</b>	<b>27</b>
<b>3.3.3 Análises Mineralógicas .....</b>	<b>30</b>
<b>3.4 Taxonomia dos solos .....</b>	<b>31</b>
<b>4.0- RESULTADO E DISCUSSÃO .....</b>	<b>32</b>
<b>4.1 Propriedades Morfológicas .....</b>	<b>32</b>
<b>4.2 Propriedades Físicas .....</b>	<b>40</b>
<b>4.2.1 Granulometria .....</b>	<b>40</b>
<b>4.2.2 Argila Dispersa em Água e Grau de Floculação .....</b>	<b>42</b>
<b>4.2.3 Densidade e Porosidade .....</b>	<b>43</b>
<b>4.3 Propriedades Químicas .....</b>	<b>48</b>
<b>4.3.1 Complexo Sortivo, pH e Atividade da Argila .....</b>	<b>48</b>
<b>4.3.2 Complexo de Meteorização .....</b>	<b>55</b>
<b>4.4 Propriedades Mineralógicas .....</b>	<b>56</b>
<b>4.4.1 Mineralogia das Frações Grosseiras .....</b>	<b>56</b>
<b>4.4.2 Mineralogia da Fração Argila .....</b>	<b>57</b>
<b>4.5 Aspectos Relacionados ao Material de Origem e Ambiente</b>	
Pedogenético .....	58
<b>5.0 RESUMO E CONCLUSÕES .....</b>	<b>58</b>

	<b>PÁG.</b>
<b>6.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>63</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>69</b>
A – Descrição morfológica e dados analíticos dos perfis de solos .....	69
B – Difractogramas de raio X dos perfis de solos .....	91
C – Mapa semidetalhado de solos da APA Carste de Lagoa Santa .....	99

## LISTA DE QUADROS E TABELAS

	<b>PÁG.</b>
Quadro 1 - Unidades de mapeamento, classes de solos e distribuição na APA .....	11
Quadro 2 - Litoestratigrafia do Grupo Bambuí na APA Carste de Lagoa Santa (DARDENE, 1978, modificado). .....	13
Quadro 3 - Geologia da APA Carste de Lagoa Santa (Tuller & Ribeiro,1992) .....	14
Quadro 4 - Totais pluviométricos mensais (mm) na região da APA Carste de Lagoa Santa - MG. Médias no período de 1961 -1990 .....	22
Quadro 5 Principais características morfológicas dos perfis descritos.....	34
Tabela 1 - Distribuição granulométrica, argila dispersa, grau de flocculação, relação silte/argila e areia grossa/areia fina, nos perfis analisados .....	38
Tabela 2 - Composição granulométrica (g/kgTFSA), densidade do solo (g/kg), porosidade total (%) e teores de carbono orgânico (%) nos perfis analisados. ....	44
Tabela 3 - Propriedades químicas dos perfis P1, P5, P6 e P10. ....	49
Tabela 4 - Propriedades químicas dos perfis P13, P14 e P18. ....	50
Tabela 5 - Ataque sulfúrico, ki e kr dos perfis analisados .....	56
Tabela 6 - Análise mineralógica semiquantitativa para minerais de argila de alguns horizontes .....	58

## LISTA DE FIGURAS

	<b>PÁG.</b>
Figura 1 - Dolina circundada por vegetação remanescente .....	04
Figura 2 - Afloramento calcário na APA Carste de Lagoa Santa .....	05
Figura 3 - Desenho esquemático do desenvolvimento do relevo cárstico (adaptado de Kholer, 1996).....	06
Figura 4 - Localização da APA Carste de Lagoa Santa (Minas Gerais) .....	12
Figura 5 - Mapa geológico da APA Carste de Lagoa Santa (CPRM, 1994) com os perfis analisados.....	15
Figura 6 - Cortes da geologia da APA Carste de Lagoa Santa segundo CPRM (1994) com os perfis analisados .....	17
Figura 7 - Detalhe do relevo suave ondulado e ondulado com pastagem na APA Carste de Lagoa Santa .....	19
Figura 8 - Síntese do mapeamento geomorfológico da APA Carste de Lagoa Santa .....	20
Figura 9 - Distribuição dos perfis em relação ao relevo da APA Carste de Lagoa Santa. ....	33
Figura 10 - Distribuição dos teores de argila dos perfis analisados em profundidade .....	41

	<b>PÁG.</b>
Figura 11 - Curvas de distribuição da relação areia grossa/areia fina (AG/AF) em profundidade .....	42
Figura 12 - Distribuição dos percentuais de argila dispersível em água em profundidade .....	43
Figura 13 - Curvas de distribuição da densidade, carbono orgânico e porosidade em profundidade nos perfis P1, P5, P6 e P10.	46
Figura 14 - Curvas de distribuição da densidade, carbono orgânico e porosidade em profundidade nos perfis P13, P14 e P18. ...	47
Figura 15 - Curvas de distribuição do carbono orgânico e do cálcio + magnésio em profundidade, nos perfis P1, P5, P6 e P10....	52
Figura 16 - Curvas de distribuição do carbono orgânico e do cálcio + magnésio em profundidade, nos perfis P13, P14 e P18.....	53
Figura 17 - Distribuição da atividade da argila em profundidade nos perfis analisados .....	54
Figura 18 - Difratomia de raio X da fração argila do perfil P1 – horizonte Bw2 .....	93
Figura 19 - Difratomia de raio X da fração argila do perfil P5 – horizonte Bi1 .....	94
Figura 20 - Difratomia de raio X da fração argila do perfil P6 – horizonte Bi2 .....	95
Figura 21 - Difratomia de raio X da fração argila do perfil P10 – horizonte Bw2 .....	96
Figura 22 - Difratomia de raio X da fração argila do perfil P13 – horizonte Bi2 .....	97
Figura 23 - Difratomia de raio X da fração argila do perfil P14 – horizonte Bw2 .....	98
Figura 24 - Difratomia de raio X da fração argila do perfil P6 – horizonte Bt2 .....	99

## RESUMO

SHINZATO, Edgar. MS - Universidade Estadual do Norte Fluminense, dezembro de 1998. **O Carste da Área de Proteção Ambiental de Lagoa Santa (MG) e a sua influência na formação dos solos.** Orientador: Doracy Pessoa Ramos.

Este trabalho tem como objetivo principal alcançar um maior entendimento sobre a influência do embasamento calcário na formação dos solos da Área de Proteção Ambiental (APA) Carste de Lagoa Santa. Para tanto, foram selecionados sete perfis de solos, localizados na APA, para análise em suas características morfológicas, físicas, químicas, mineralógicas e estabelecer suas relações com o embasamento calcário do grupo Bambuí.

Os perfis selecionados ocupam diferentes posições geomorfológicas na região, não só em relação à altitude, mas também na forma de relevo e pendente. De acordo com as suas características, os perfis foram coletados, analisados e classificados no Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos nas classes dos Latossolos, Podzólicos e Cambissolos.

Morfologicamente são solos profundos, de estrutura granular e ultra-fina granular, ou apresentam-se em blocos determinando uma relação de volume entre material sólido e vazios bem diferenciada da de solos desenvolvidos sobre maior influência do calcário. A ausência de estruturas bem desenvolvidas, como blocos de tamanho grande ou prismáticas, comuns aos solos de maior influência de calcário, confirmam essas afirmações.

Ademais, suas características químicas, dominadas pela baixa atividade das argilas,  $\Delta\text{pH}$  negativo mais estreito, baixa relação sílica/sesquióxidos e baixos

valores de bases trocáveis, inclusive de cálcio e magnésio, aliadas à dominância da caulinita e gibbsita na mineralogia da fração argila, dão conta de estarem mais próximas das características dos solos mais intemperizados e, possivelmente, desenvolvidos de sedimentos recentes retrabalhados, do que do material geológico autóctone com domínio de calcário, como expressam os trabalhos litoestratigráficos realizados para a região em questão.

Essas características descritas dos perfis permitiram ordená-las quanto ao grau de pedogênese na seguinte seqüência: P1, P14 e P10 (Latosolos) > P18 (Podzólico) > P13 e P16 (Cambissolo profundo) > P5 (Cambissolo gleico).

São poucas as evidências da maior ação do material calcário da APA Carste de Lagoa Santa na formação dos solos estudados. Em todas as posições do relevo, inclusive na posição mais rebaixada e coincidente com a dolina, as características morfológicas e físicas do sedimento formador de solos são, nitidamente, bem diferenciadas daqueles solos que, em outras regiões, receberam maior influência do material calcário na sua formação.

Os resultados alcançados permitem concluir finalmente pela pequena ou pouca influência dos materiais calcários que compõem os membros Pedro Leopoldo e Lagoa Santa na gênese dos solos. Estes apresentam características morfológicas, físicas, químicas e mineralógicas mais relacionadas aos sedimentos da formação Serra de Santa Helena, composta de siltitos e argilitos, do que ao material carbonático dominante na formação Sete Lagoas, independentemente de suas posições geográficas na APA Carste de Lagoa Santa.

Considerando-se a divergência de escalas de observação entre os estudos de geologia e pedologia nessa região, alguns perfis identificados pela geologia como originários de materiais da formação Sete Lagoas são, na realidade, relacionados à formação Serra de Santa Helena. Esse resultado demonstra a relevante contribuição da pedologia nos estudos de formações superficiais.

## ABSTRACT

SHINZATO, Edgar. MS - Universidade Estadual do Norte Fluminense, dezembro de 1988. **The carste of the Environmental Protection Area of Lagoa Santa (MG) and its influence on soil formation.** Adviser: Doracy Pessoa Ramos.

The main purpose of this work is to establish a better understanding of the influence of calcareous basement on the formation of soils found in the Environmental Protection Area (EPA) Carste Lagoa Santa. Seven soils profiles of EPA were selected and collected for morphological, physical, chemical and mineralogical analysis and also to established their relation with calcareous basement of Bambui Group.

The selected profiles are in different geomorphological position in the region, which had different altitudes, relief type and pendent. These profiles were collected, analyzed and classified according to Brazilian Soil System Classification in Latossolos, Podzolicos and Cambissolos.

Morphologically, the soils are clay, deep, with granular and ultra-fine granular structure or in blocks, that determines a rate of volume between solid material and emptiness with great difference for the soil with major influence of calcareous. The absence of well developed structures, like large blocks or prismatic, common to the soils with big calcareous influence, confirm these statements.

Besides, its chemical characteristics that domain low activity of clay, narrow negative pH, low values of changeable basis including calcic and magnesian ions, and mainly caulinitic and gibbsitic in the fraction clay mineralogy,



are closer of the characteristic of intemperate soils and, possibly, developed from recent sediment re-worked than from autoctonous geological material, mainly limestone, like other lithostratigraphic work carried out in the region in question.

The evidence of the major action of calcareous material of APA Carste Lagoa Santa in soil formation are low. In all positions of relief, including the lower position that coincide with the doline, the morphological and physical characteristics of sediment that forms the soil are very different on the other soils that had influence of calcareous material in its formation.

The results allow to get the following conclusion: there is a little or low influence of calacareous materials, that compound the Pedro Leopoldo and Lagoa Santa members, in the genesis of soils.

These present morphological, physics, chemical and mineralogical characteristics more related to the sediment of Serra de Santa Helena, composed more of siltite and argillite then carbonaceous material dominant in Sete Lagoas, independent of its geographical positions in APA Carste of Lagoa Santa; some profiles identified by geology as originated from Sete Lagoas formation are, in reality, related to Serra de Santa Helena formation. This results show the relevant contribution of pedology in surface formation studies.

## 1.0 - INTRODUÇÃO

Este trabalho de tese está inserido em uma das várias linhas de pesquisa do Setor de Potencialidade de Uso das Terras do Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias (CCTA), da Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF), em conjunto com as atividades do Programa Gestão e Administração Territorial (GATE), desenvolvido pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), que, dentro dos temas relacionados ao meio físico, engloba os estudos de solos com influência do calcário, com destaque para a Área de Proteção Ambiental (APA) Carste de Lagoa Santa (MG).

Os solos desenvolvidos sobre as áreas carbonáticas já se prestavam ao uso e ocupação desde a idade pré-paleolítica, geralmente por sua elevada fertilidade natural e riqueza em mananciais hídricos.

Atualmente, nessas áreas, que somam aproximadamente entre 7% a 10% do território mundial, assentam-se 25% da população global, em especial o agricultor. Em território brasileiro, essas áreas possuem uma distribuição geográfica em torno de 7%, salientando-se, no entanto, que a maior parte dos trabalhos realizados está relacionada aos estudos espeleológicos, carecendo, portanto, de pesquisas sob a ótica de outras ciências, como a de solos.

No Brasil, apesar de se tratar de um carste, algumas dessas áreas são constituídas de solos altamente intemperizados, com baixa fertilidade natural e de vegetação de cerrados.

Dessa forma, muitas dúvidas ainda permanecem quanto à gênese desses solos. A própria complexidade da rocha carbonática associada aos filitos, argilitos, margas, arenitos ou siltitos, entre outros, contribui de maneira significativa para intensificar essas questões.

No intuito de colaborar para a melhor compreensão da formação e classificação dos solos da APA Carste de Lagoa Santa, como subsídio ao seu melhor uso e manejo, desenvolveu-se esta pesquisa, que se baseia no estudo das relações entre as características morfológicas, físicas, químicas e mineralógicas dos solos, tendo como objetivos fundamentais:

- estudar a relação desses solos com o embasamento calcário;
- discutir o espectro dos solos realmente influenciados pelo calcário;
- estabelecer critérios de comparação entre esses solos;
- comparar esses solos com o embasamento regional, isto é, áreas pertencentes ao grupo Bambuí.

## 2.0 - REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 - Ambiente Cárstico

O calcário é uma rocha sedimentar, de origem orgânica, homogênea, composta predominantemente de carbonato de cálcio e oriunda da ação direta ou indireta de organismos ou da acumulação de seus restos. As rochas podem ser zoogênicas ou fitogênicas, conforme o ser vivo participante na sua formação, animal ou vegetal.

Muito variadas, as rochas calcárias são difíceis de se classificar. Os tipos completamente detríticos não existem devido à solubilidade do calcário. As espécies mistas são resultantes da consolidação dos limos detríticos em mistura com mais ou menos calcários, em função da quantidade de carbonato de cálcio precipitado quimicamente.

O calcário dito puro compõe-se de 92% de carbonatos, de dois tipos, que correspondem basicamente a dois minerais, carbonato de cálcio (calcita e suas variedades) e carbonato de magnésio (dolomita). O calcário chamado impuro, no qual o carbonato de cálcio é associado a outros corpos menos solúveis, matéria orgânica, óxido de ferro, argila, sílica livre etc. compõem os 8% restantes.

Com a dissolução do calcário, as partículas estranhas a ele não se dissolvem, restando um resíduo ferruginoso de quartzo e argila. O exame minucioso de sua composição, entretanto, revela teores de materiais que nem sempre coincidem com os resíduos esperados da dissolução dessa rocha. Há de

se supor, portanto, que restos materiais de camadas mais altas foram arrastados pela erosão e depositados sobre os materiais carbonáticos, e que, às vezes, os sedimentos nem sequer eram calcários (Dolabela, 1958).

O relevo cárstico apresenta formas características de fácil identificação. São elas as muralhas abruptas e os rios em vales apertados, longos e profundos, cujas paredes escarpadas são perfuradas por grutas, onde correm ribeiros de água muito límpidas. Nota-se que os cursos d'água subaéreos são raros em virtude da sua penetração através das fendas criadas pela fácil solubilidade da rocha.

O termo “carste” é oriundo da região de Karts, na Iugoslávia, onde pela primeira vez foi estudado esse tipo de relevo. Entretanto, esse mesmo fenômeno é encontrado em Carso (Itália), Causes (França), Altamira (Espanha), Kentucky e Flórida (Estados Unidos) e em muitos outros lugares do mundo. No Brasil, o ambiente cárstico pode ser encontrado principalmente nos estados de Minas Gerais, São Paulo, Mato Grosso do Sul, Bahia, Ceará e outros (Lladó, 1970).

Os processos de dissolução atuando sobre os calcários da formação Sete Lagoas deram origem a um conjunto de geoforma representado por dois domínios característicos: um superficial (exocarste) e outro subterrâneo (endocarste). Entre as feições superficiais, destacam-se os sumidouros, dolinas (Figura 1), uvalas, poljes e vales “cegos”, cujas morfologias são ditas negativas. Entre os de morfologia positiva, estão os afloramentos calcários (Figura 2), as torres cársticas,



Figura 1 – Dolina circundada por vegetação remanescente

escarpas e platôs. O endocarste é representado pelo conjunto de dutos de dissolução, galerias e grutas.



Figura 2 – Afloramento calcário na APA Carste de Lagoa Santa

A Figura 3, adaptada de Kholer (1996), apresenta um desenho esquemático da evolução do relevo cárstico.

## 2.2 - Solos Relacionados com o Ambiente Cárstico

A principal característica de diferenciação dos solos dito calcários é, sem dúvida, o conteúdo de carbonato de cálcio que eles contêm. Segundo Ruellan (1973), é comum a diferenciação dos solos quanto à presença de carbonatos nos horizontes subsuperficiais, que podem assumir os seguintes aspectos:

- ausente de carbonatos;
- fracamente diferenciado – conteúdo de carbonato inferior a 40%;
- moderadamente diferenciado – conteúdo de carbonato inferior a 60%;
- muito bem diferenciado – conteúdo de carbonato superior a 60%.

Os solos de influência calcária podem apresentar tipos de coloração variando desde o amarelo (2,5Y), como os Vertissolos da região do rio Salitre -BA

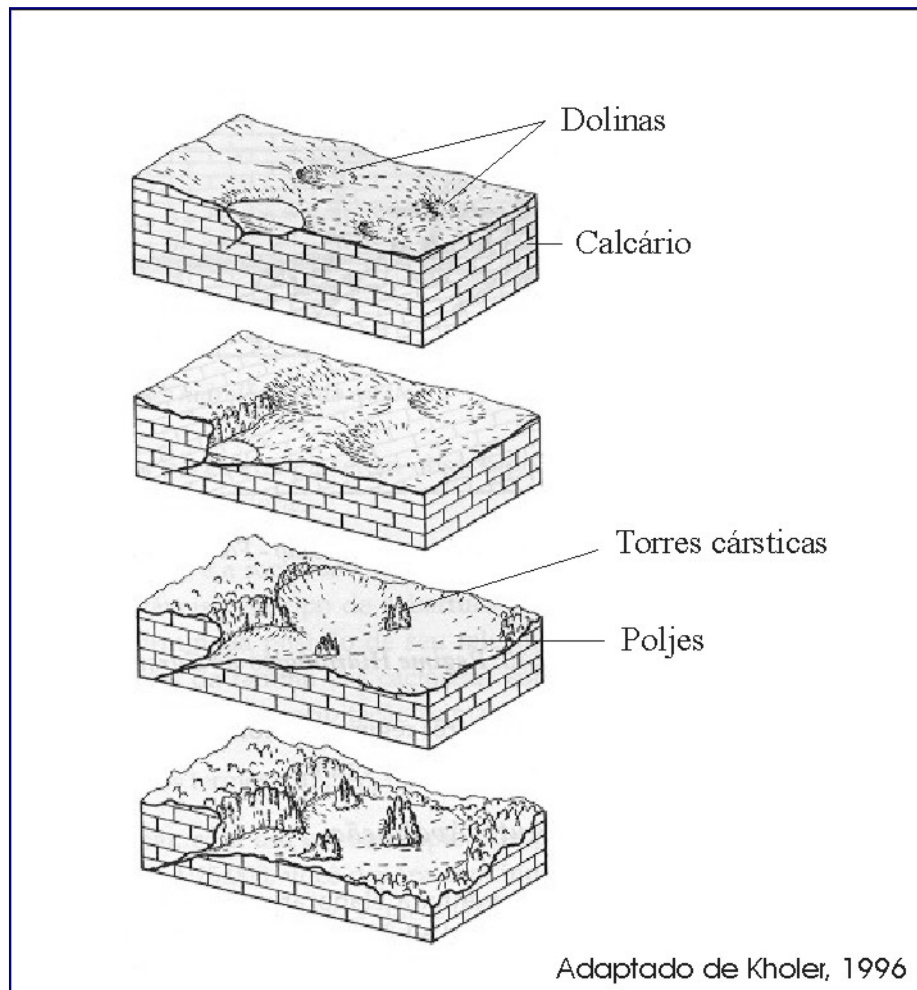


Figura 3 – Desenho esquemático do desenvolvimento do relevo cárstico (adaptado de Kholer, 1996)

(Ramos & Shinzato, 1993), da região de Cabugi (RN) (DNOS, 1986) e de Irecê (Souza et al., 1993), até o vermelho (10R), como os solos da região da serra do Ramalho (Ramos & Manzatto, 1991), ainda que predomine a cor vermelha nos solos calcários (Almeida, 1979). O termo “*terra rossa*” tem sido definido, nos países vizinhos do mar Mediterrâneo, como solos vermelhos associados aos calcários (Robinson, 1960).

Existe um grande número de classe de solos que ocorrem sobre embasamento calcário no Brasil, mas somente algumas classes são realmente influenciadas por esses sedimentos químicos. Em levantamentos de solos realizados no país por instituições públicas e privadas, foram identificadas muitas classes de solos sobre embasamento calcário, sendo as de maior ocorrência: Rendzina, Vertissolo, Cambissolo vértico e/ou carbonático, Solo Litólico, Brunizém e Podzólico eutrófico.

Dentre os solos com influência direta do calcário, segundo os trabalhos realizados pela Embrapa na Bahia (Embrapa,1971), as classes de maior expressão geográfica no estado são: Cambissolos vérticos, Vertissolos, Rendzina e Solos Litólicos. Os solos são eutróficos, de atividade alta a muito alta, com estrutura bem desenvolvida, e rasos e medianamente profundos. Essa distribuição coincide com os solos encontrados por outras instituições públicas e privadas como Codevasf (1990, 1991), Santos (1976), Passos (1988), Souza (1991), Souza et al. (1993), Ramos & Manzatto (1991), Ramos & Shinzato (1993), DNOCS (1985), em ambientes com influência do calcário nesse mesmo estado.

Estudos realizados pelo DNOCS (1985) no estado do Rio Grande do Norte revelaram um domínio dos Cambissolos eutróficos com argila de atividade alta e carbonáticos de textura média e argilosa nas regiões do embasamento calcário, o que foi confirmado pelos estudos desenvolvidos pela Codevasf (1996).

Em 1975, a Embrapa realizou uma série de levantamentos no estado de Sergipe, que resultaram na descrição de várias unidades de solos desenvolvidas a partir do embasamento calcário, destacando-se como dominante a classe dos Cambissolos eutróficos rasos e pouco profundos com argila de atividade alta e textura argilosa, seguida das classes dos Vertissolos e das Rendzinas de textura argilosa.

No estado do Ceará, foram encontrados sobre o embasamento calcário solos como os Cambissolos eutróficos com argila de atividade alta e textura argilosa, os Vertissolos de textura argilosa e Solos Litólicos eutróficos também com textura argilosa (Embrapa, 1973).

Em Minas Gerais, estado onde se encontra inserida a área deste estudo, os solos desenvolvidos sobre embasamento calcário foram descritos por IBDF/Provale (1979), Cetec (1983) e Radambrasil (1977) como Solos Litólicos eutróficos textura argilosa. Outras classes também foram detectadas, o que será assunto de discussão posterior.

Nas viagens de correlação organizadas pela Embrapa (1997) no estado do Rio de Janeiro, foram descritas as seguintes classes de solos sobre embasamento calcário: Rendzina e Vertissolo com A chernozêmico, ambas de atividade alta e textura argilosa.

Sobre o embasamento calcário da região Centro-Oeste, foram encontradas as classes de solos: Rendzina, Brunizém Avermelhado, Solo Litólico



eutrófico, todas com argila de atividade alta, caráter eutrófico e textura argilosa em Mato Grosso do Sul, e Cambissolo eutrófico, Vertissolo A chernozêmico, Podzólico Vermelho-Escuro eutrófico textura média/argilosa (Radambrasil, 1982) em Goiás.

As classes de solos desenvolvidos sob a influência do calcário apresentam em comum as seguintes características:

- em geral, possuem pouca profundidade de *solum* e, raras vezes, apresentam-se muito profundos;
- são eutróficos, isto é, com saturação de bases superior a 50%;
- possuem argila de atividade alta, isto é, CTC superior a  $24 \text{ cmol}(+)\text{kg}^{-1}$  de argila;
- possuem valores elevados de  $k_i$ , geralmente superiores a 2,5;
- apresentam consistência dura a muito dura, quando o material de solo está seco, nos horizontes subsuperficiais.

Outras classes, também descritas como de ocorrência sobre o embasamento calcário, apresentam características bastante distintas das citadas anteriormente, como, por exemplo, Podzólico Vermelho-Amarelo distrófico tb textura argilosa (Embrapa, 1975), Latossolo eutrófico A moderado textura argilosa (Codevasf, 1991), Cambissolo álico tb A moderado textura argilosa (Radambrasil, 1983), Cambissolo Latossólico distrófico A moderado textura argilosa (Cetec, 1994), entre outras. Esses solos apresentam em comum os seguintes principais aspectos:

- medianamente a muito profundos;
- distróficos, isto é, com saturação de bases inferior a 50%;
- argila de atividade baixa, inferior a  $24 \text{ cmol}(+)\text{kg}^{-1}$  de argila;
- valores baixos de  $k_i$ , geralmente inferiores a 2,0;
- estrutura do horizonte B com predomínio de agregados do tipo blocos subangulares e ultra-fina granular;
- consistência macia, quando seco, e friável quando o solo estiver úmido, nos horizontes subsuperficiais.

Essas características encontradas na bibliografia destacam dois grupos distintos de solos desenvolvidos do embasamento calcário. O que mostra, claramente, que muitos solos descritos como sendo de influência direta do calcário podem ser também influenciados por outros materiais de solo.

### 2.3 - Solos na APA Carste de Lagoa Santa

Poucos são os estudos pedológicos desenvolvidos na região da APA Carste de Lagoa Santa, e os realizados são em escalas pequenas de níveis de levantamento esquemático, exploratório e de reconhecimento de baixa intensidade (Freitas & Silveira, 1976; IBDF/Provale, 1979; Cetec, 1981; Cetec, 1983; Cetec, 1994). Nesses levantamentos, as classes de solos mapeadas foram: Latossolo Vermelho-Escuro, Latossolo Vermelho-Amarelo, Terra Roxa Estruturada, Podzólico Vermelho-Escuro, Podzólico Vermelho-Amarelo, Cambissolo, Glei Pouco Húmico, Solos Litólicos e Afloramentos de Rochas.

Em *Estudos Integrados de Recursos Naturais: Bacia do Alto São Francisco e Parte Central da Área Mineira da Sudene* (Cetec, 1983), é apresentado um levantamento de solos no nível de reconhecimento na escala 1:250.000, com mapa de aptidão agrícola na escala 1:500.000.

Dos trabalhos citados em escalas maiores que 1:250.000, merece destaque o desenvolvido pelo Cetec (1994), no qual são identificadas para a região duas feições fisiográficas distintas: a superfície rebaixada de Lagoa Santa-Sete Lagoas e a dos planaltos. Essa última pode ser dividida em cinco compartimentos, com destaque para os planaltos cársticos e os planaltos dissecados de Santa Helena e do rio das Velhas.

De acordo com o levantamento realizado nesta tese (Apêndice C), nos planaltos ocorrem várias classes de solos, predominando Latossolos Vermelho-Escuros seguidos de Cambissolos e, por último, Podzólicos Vermelho-Escuros, todos de textura muito argilosa. Esses solos são bem drenados, geralmente profundos, muito porosos e permeáveis. O relevo dominante é o suave ondulado. Ocorrem também os relevos forte ondulado e ondulado, considerados típicos das áreas cársticas caracterizadas pelas dolinas e uvalas.

As dolinas (Figura 1) distribuem-se esparsamente e, principalmente, nos planaltos cársticos que ocorrem na parte central da APA. Elas possuem pequena extensão e predominam os solos Cambissolos Gleicos eutróficos de textura muito argilosa. Encontram-se geralmente ocupadas com culturas, destacando-se as capineiras destinadas à pecuária leiteira. A ocorrência de pontos de surgência e ressurgência caracteriza essas áreas como de alta fragilidade ambiental, por se

tratar de áreas de recarga de aquífero. Devido também à influência do lençol, tais solos assumem características eutróficas.

As várzeas são formadas por deposições aluvionares do Quaternário, ocorrendo em relevo plano e com vegetação primária predominante de floresta tropical higrófila de várzea, que, por ocasião das chuvas intensas, ficam sujeitas a inundações. São ocupadas em sua maior parte pelos Gleissolos e Solos Aluviais, maldrenados a imperfeitamente drenados. Apesar de serem consideradas como áreas de alta fragilidade natural, possuem baixo risco de erosão por ocorrerem em relevo plano. A influência direta da água “dura” provinda do carste confere a esses solos elevada fertilidade natural, sendo ambos eutróficos.

Apesar de essa área de estudo apresentar um padrão de ambiente predominantemente cárstico, os estudos de solos revelaram a grande influência do metapelito composto por siltitos, argilitos e arenitos subordinados referentes à formação serra de Santa Helena. Esses materiais recobrem grande parte da formação Sete Lagoas, tanto no membro Pedro Leopoldo, quanto no membro Lagoa Santa.

O Quadro 1, a seguir, resume as unidades de mapeamento da APA Carste de Lagoa Santa e respectivas unidades taxonômicas. A distribuição geográfica dos solos foi calculada através do “software” SPANS-SGI, com índice máximo de precisão de acordo com o trabalho de levantamento de solos da APA apresentado no Apêndice C.

Quadro 1 – Unidades de mapeamento, classes de solos e distribuição na APA

UNIDADES DE MAPEAMENTO	CLASSES DE SOLOS	DISTRIBUIÇÃO (km <sup>2</sup> )	PORCENTAGEM (%)
LEa1	Latossolo Vermelho-Escuro álico A moderado textura muito argilosa, relevo plano e suave ondulado	96,39	24,13
LEa2	Fase da unidade LEa1, relevo suave ondulado e ondulado	53,31	13,35
PEe1	Podzólico Vermelho-Escuro eutrófico Tb A moderado textura muito argilosa, relevo plano e suave ondulado	7,62	1,91
PEe2	Podzólico Vermelho-Escuro eutrófico Tb A moderado + Cambissolo profundo álico A moderado, ambos de textura muito argilosa, relevo ondulado e forte ondulado com microrrelevo forte (cárstico)	28,26	7,07
Ca1	Cambissolo álico Tb A moderado + Cambissolo profundo álico A moderado, textura muito argilosa, relevo suave ondulado com microrrelevo moderado (cárstico)	35,75	8,95
Ca2	Cambissolo álico Tb A moderado textura muito argilosa cascalhenta e não cascalhenta + Cambissolo profundo álico A moderado textura muito argilosa, pedregoso e não pedregoso, relevo suave ondulado e ondulado	12,84	3,21
Ca3	Cambissolo Álico Tb A moderado textura muito argilosa cascalhenta e não cascalhenta, pedregoso e não pedregoso, relevo ondulado e forte ondulado	44,09	11,04
Ca4	Cambissolo profundo álico A moderado + Cambissolo álico Tb A moderado, ambos de textura muito argilosa, relevo plano e suave ondulado	17,42	4,36
Ca5	Fase da unidade Ca4, relevo suave ondulado e ondulado	11,64	2,91
Ce	Cambissolo Gleico eutrófico Tb A moderado textura muito argilosa, relevo plano e suave ondulado (dolinhas)	11,86	2,97
GPe	Glei Pouco Húmico eutrófico Tb A moderado textura muito argilosa, relevo plano	19,34	4,84
AR	Afloramentos de Rocha	18,66	4,67
X	Áreas de mineração	8,63	2,16
	Lagoas	4,88	1,22
	Áreas urbanizadas	28,76	7,20
<b>TOTAL</b>		<b>399,45</b>	<b>100</b>

## 2.4 - Caracterização da Área de Estudo

### 2.4.1 - Localização

A área estudada localiza-se na região Sudeste do Brasil, estado de Minas Gerais, entre os meridianos  $44^{\circ}30'$  e  $43^{\circ}30'$  e os paralelos  $19^{\circ}00'$  e  $20^{\circ}00'$  (Figura 4). É cortada pelas rodovias BR-040, MG-424, MG-010, MG-238 e por várias rodovias municipais asfaltadas, que ligam distritos às sedes dos municípios.

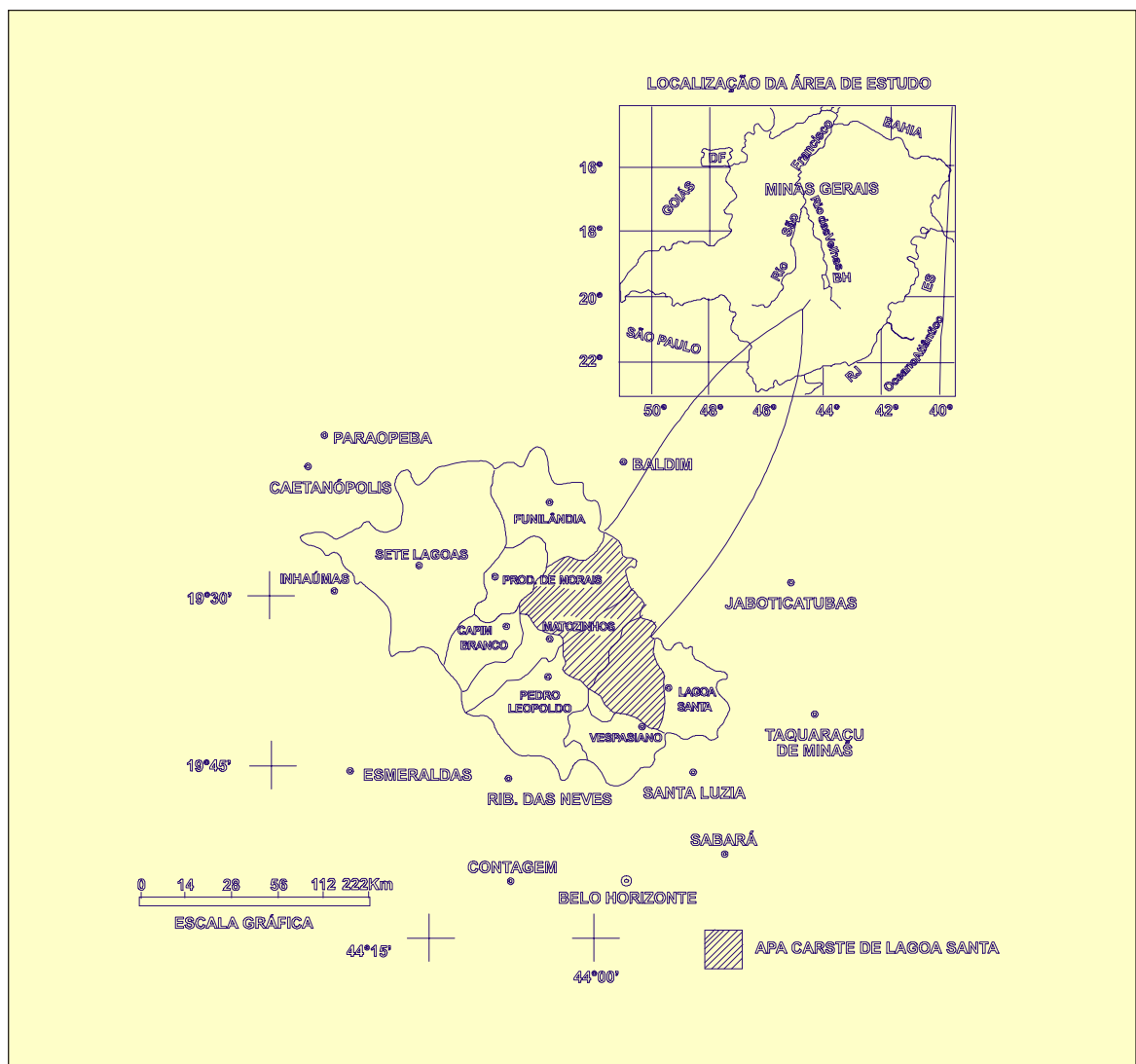


Figura 4 – Localização da APA Carste de Lagoa Santa (Minas Gerais)

## 2.4.2 - Geologia

A região da APA Carste de Lagoa Santa, segundo Almeida (1977), localiza-se no sudoeste da província estrutural pré-cambriana do cráton São Francisco, inserida, conforme Tuller & Ribeiro (1992), na área do grupo Bambuí, no seu bordo oriental, que é subdividido em duas formações: Sete Lagoas e serra de Santa Helena. O rio das Velhas é um dos principais rios da APA (Cetec, 1987).

Em Lagoa Santa, ocorrem afloramentos de calcários, siltitos, folhelhos e calcifilitos alternados (Kholer, 1989).

O grupo Bambuí compreende uma seqüência pelito-carbonática capeada por um pacote de sedimentos com espessura de 600m a 800m (Cetec/CPRM, 1994).

A sedimentação do grupo Bambuí ocorre normalmente sobre uma crosta continental orientada relativamente na direção N-S, por falhas antigas do escudo cristalino. A subdivisão litoestratigráfica mais aceita corresponde à coluna proposta por Dardene (1978), a qual é representada no Quadro 2.

Quadro 2 – Litoestratigrafia do grupo Bambuí, na APA Carste de Lagoa Santa (Dardene, 1978, modificado)

	BRANCO E COSTA (1981)		SCHOLL (1972, 1973)		OLIVEIRA (1967)	DARDENE (1978)	GROSSI E QUADÉ (1985)
	MEMBROS	FORMAÇÕES	FORMAÇÕES	FACIE	FORMAÇÕES	FORMAÇÕES	FORMAÇÕES
SILTITOS E FOLHELHOS	SERRA DE SANTA HELENA	RIO PARAOPÉBA	SERRA DE SANTA HELENA		SERRA DE SANTA HELENA	SERRA DE SANTA HELENA	SERRA DE SANTA HELENA
FOLHELHO CINZA, FILITOS							
CAMADAS E LENTES DE CALCÁRIOS							
SILTITOS SUBORDINADOS							
MÁRMORES C/ QUARTZO-CLORITA FILITO	SETE LAGOAS	SETE LAGOAS	LAGOA SANTA	LAGOAS	LAGOAS	LAGOAS	LAGOAS
CALCÁRIOS FINAMENTE LAMINADOS							
PRETO-ACINZENTADOS							
MÁRMORES C/ QUARTZO E CLORITA							
DOLOMITO E FILITOS			PEDRO LEOPOLDO				VESPASIANO
CONGLOMERADO ARCÓSEOS CÁLCIOFILITO	CARRANCAS		CARRANCAS		JEQUITÁI	JEQUITÁI	
GNAISSES							

No Quadro 3, encontra-se a geologia da APA Carste de Lagoa Santa, segundo Tuller & Ribeiro (1992).

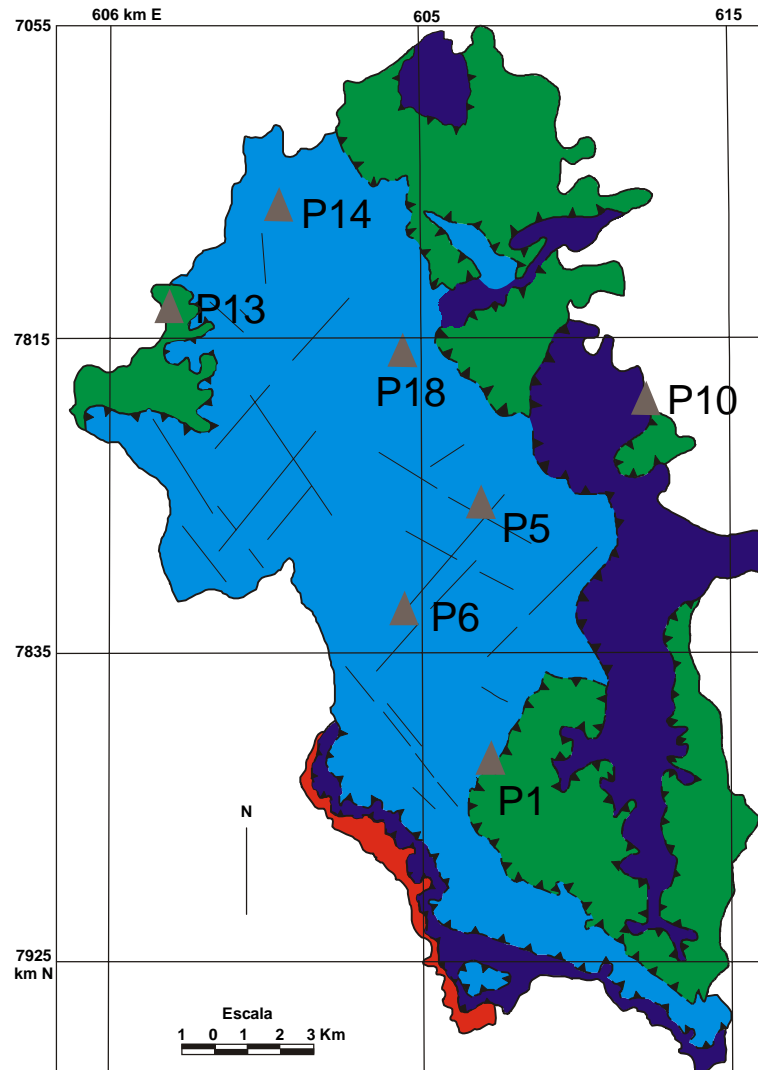
Quadro 3 – Geologia da APA Carste de Lagoa Santa (Tuller &amp; Ribeiro, 1992)

Unidades Cronoestratigráfica	Unidades Litoestratigráfica	Litótipos/Litofácies	Relação de Contato	Deformação/Metamorfismo	Ambiente
FANEROZÓICO	CENOZÓICO	Aluviões e terraços aluvionares	Disc.	—	continental
		Depósitos argilo-silticos de cobertura. Depósitos argilosos em cavidades cársticas.	Disc.	—	continental
		Depósitos argilo-silticos de cobertura.	Disc.	—	continental
PRÉ-CAMBRIANO	Proterozóico Superior Grupo Bambuí-Super grupo São Francisco Fm. Sete Lagoas	FORMAÇÃO SERRA DE SANTA HELENA	Brusca, alguns locais gradacional.	Deformação progressiva e heterogênea, com deslocamento de baixo ângulo. Regime em condições dúctil-rúptil a dúctil.	Marinho (transgressivo)
		MEMBRO LAGOA SANTA	Gradacional, às vezes indefinida.	Deslocamento progressivo e heterogêneo, com deslocamento de baixo ângulo. Regime predominante dúctil-rúptil.	Marinho (regressivo)
		MEMBRO PEDRO LEOPOLDO	Discordante (angular)	Idem Membro Lagoa Santa, com maior efeito de ações tetônicas sobre os calcários impuros.	Marinho (transgressivo)
Arqueano	COMPLEXO GNAÍSSICO-MIGMATÍTICO INDIVISO	As rochas são representadas por gnaisses, granitóides e migmatitos, intensamente recortadas por veios e diques de rocha básica.	—	Deformação polifásica, gnaissificação, migmatização. Metamorfismo grau médio, com alterações hidrotermais.	—

#### 2.4.2.1 Formação Sete Lagoas

Na APA Carste de Lagoa Santa, conforme o mapeamento geológico realizado pela CPRM (1994) (Figura 5), a formação Sete Lagoas é constituída por cerca de 200m de espessura de calcários cinzentos a negros (Grossi & Quade, 1985), compreendendo rochas com mais de 95% de calcita, ao lado de quartzo, feldspato, muscovita, clorita, apatita e fluorita, que Schoell (1973) denominou de fácies Lagoa Santa.

Devido à presença de grafita, o topo dos afloramentos assume coloração mais escura com tonalidade inclusive negra e, na base, cores mais claras devido à maior presença de quartzo e filossilicatos (clorita verde-clara e muscovita), sendo sua granulação usualmente fina e afanítica. Essa formação foi subdividida por Tuller et al. (1991) em dois membros: Pedro Leopoldo e Lagoa Santa.



### Supergrupo São Francisco - Grupo Bambuí Pré-Cambriano - Proterozóico Superior

- Formação Santa Helena.  
Seqüência metapelítica, representada por metassiltitos cinza.
- Formação Sete Lagoas - Membro Lagoa Santa.  
Seqüência carbonática representada por calcários grosseiros (calcarenitos).
- Formação Sete Lagoas - Membro Pedro Leopoldo.  
Seqüência carbonática representada por calcários finos (calcissiltitos).

### Pré-Cambriano - Arqueano

- (Agngr) - Complexo Gnáissico-Migmatítico Indiviso.  
Complexo de rochas gnáissicas e migmatíticas.

Perfis analisados

Figura 5 – Mapa geológico da APA Carste de Lagoa Santa (CPRM, 1994),  
com os perfis analisados



### **Membro Pedro Leopoldo**

Representado pelos litótipos calcissiltitos e, subordinadamente, calcarenitos e margas, é formado no ciclo transgressivo, com a invasão de águas continentais pelo mar. Devido à pequena e restrita circulação das águas em vários pontos da bacia, ocorreu a hipersalinidade dessas águas, com precipitação do calcário mais impuro, fino e claro (Cabral, 1994). Essas rochas adquiriram laminação incipiente com abundante formação de minerais micáceos, em virtude do efeito de ações tectônicas de caráter regional.

### **Membro Lagoa Santa**

Representado pelos litótipos calcarenitos e, subordinadamente, calcissiltitos e calcirruditos, é formado no ciclo regressivo, com o recuo do nível do mar, onde ocorreu a deposição de calcários mais puros, grosseiros e escuros (Cabral, 1994). Trata-se, segundo Tuller et al. (1991), de um metacalcarenito formado principalmente por grãos calcíticos, com variação vertical de tamanho da areia muito fina a fina, disposto em camadas tabulares ou ligeiramente onduladas, com espessura variando de delgada a espessa.

#### **2.4.2.2 - Formação Serra de Santa Helena**

A formação Serra de Santa Helena, segundo Costa & Branco (1961, *in*: Kholer, 1989), recobre os calcários da formação Sete Lagoas na região, com cotas superiores a 850m, apresentando espessuras de até 200m. É constituída essencialmente por folhelho síltico, com contribuição menor de calcário. O folhelho tem sido correntemente denominado de *ardósia*, devido a uma fissilidade que gera placas de espessura uniforme e de uns poucos metros quadrados. Apresenta cores verde, verde-acinzentada ou verde-azulada, quando fresco, e amarela quando decomposto (Grossi & Quade, 1985).

Os arenitos subordinados são de composição variada e apresentam cores claras devido, principalmente, à presença significativa do quartzo. Essas rochas

variam quanto à coloração, possuindo tons avermelhados em função do cimento ferruginoso presente em sua constituição (Branco & Costa, 1961).

Os cortes da geologia, segundo o mapeamento geológico realizado pela CPRM (1994), com os perfis analisados, estão apresentados na Figura 6.

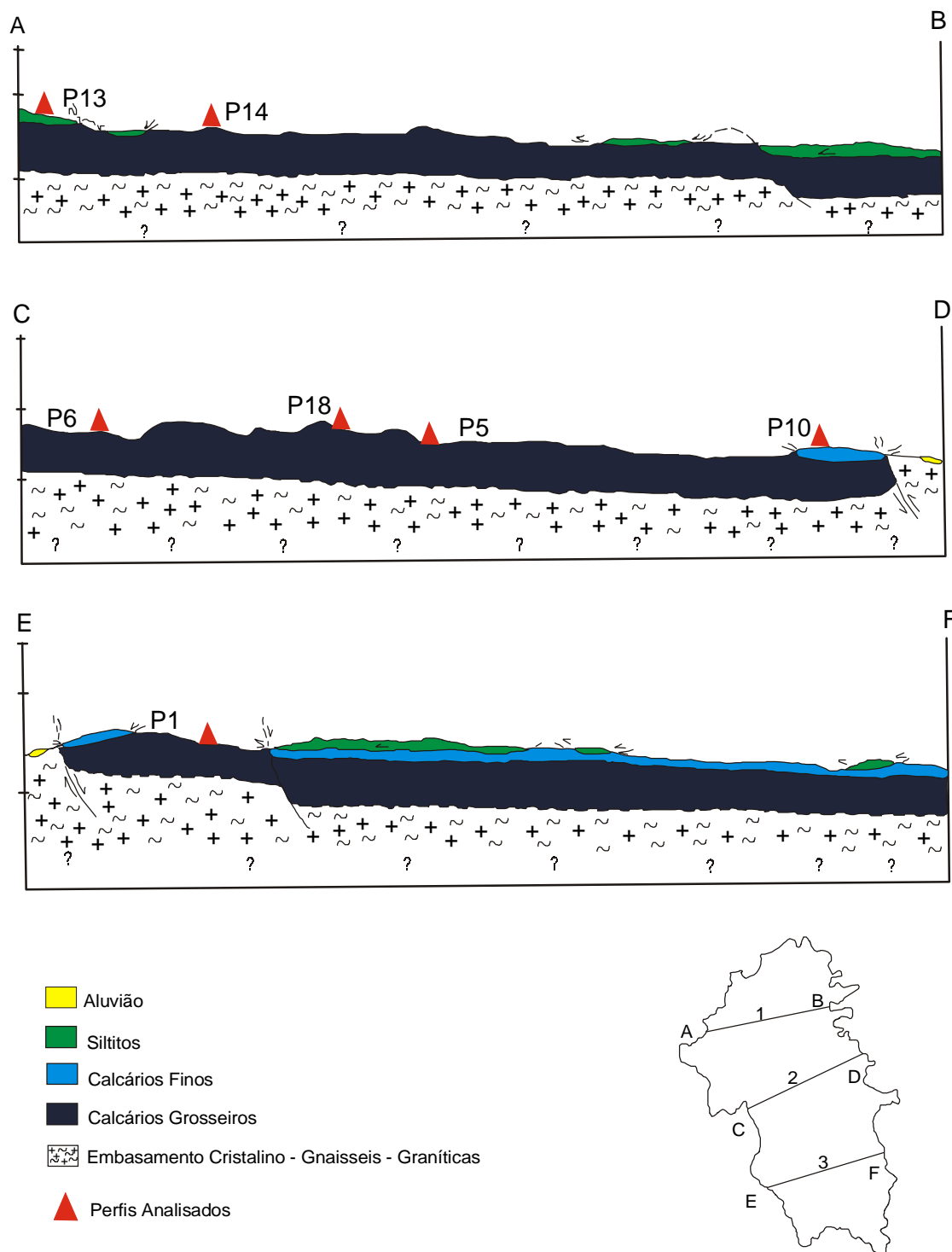


Figura 6 – Cortes da geologia da APA Carste de Lagoa Santa, segundo CPRM (1994), com os perfis analisados

### 2.4.3 Geomorfologia

Na década de 1940, surgiram os primeiros trabalhos de geomorfologia na região, realizados por Azevedo (1944, *in* Cetec/CPRM, 1994) e Valverde (1944, *in* Cetec/CPRM, 1994), que apresentaram a divisão regional do relevo brasileiro e do vale do rio São Francisco. Na região cárstica de Lagoa Santa, o início dos trabalhos geomorfológicos deveu-se a Dolabela (1953, *in* Cetec/CPRM, 1994), seguido imediatamente por King (1956), com os estudos das superfícies de aplainamento, e Tricart (1956), que estudou a evolução do carste. Barbosa (1961) e Journaux (1977) estudaram as correlações entre a geomorfologia e o estudo geológico de superfície.

Em 1983, o Cetec elaborou o diagnóstico ambiental do estado de Minas Gerais em nível exploratório, que resultou no mapa geomorfológico na escala 1:1.000.000. Em 1987, esse mesmo órgão realizou os estudos da dinâmica dos recursos hídricos da região cárstica de Lagoa Santa, Pedro Leopoldo e Matozinhos.

Kohler (1989) desenvolveu, na sua tese de doutoramento, os estudos das formas e dinâmicas da evolução do carste de Lagoa Santa, Pedro Leopoldo e Matozinhos.

A maior parte do presente estudo encontra-se inserida nos domínios das rochas carbonáticas e pelíticas do grupo Bambuí. As rochas carbonáticas ocupam a porção central da área, onde se observa uma morfologia específica dos relevos cársticos. As rochas pelíticas ocupam as demais regiões, com relevo de colinas predominantemente convexas. Pode-se encontrar, ainda na região, alguns diques de rochas básicas recobertas por depósitos coluviais, argilosos, que correspondem às superfícies de aplainamento, de relevo plano e suave ondulado (Figura 7). Nas linhas de drenagem, encontram-se também sedimentos detríticos aluviais, constituindo os terraços fluviais.



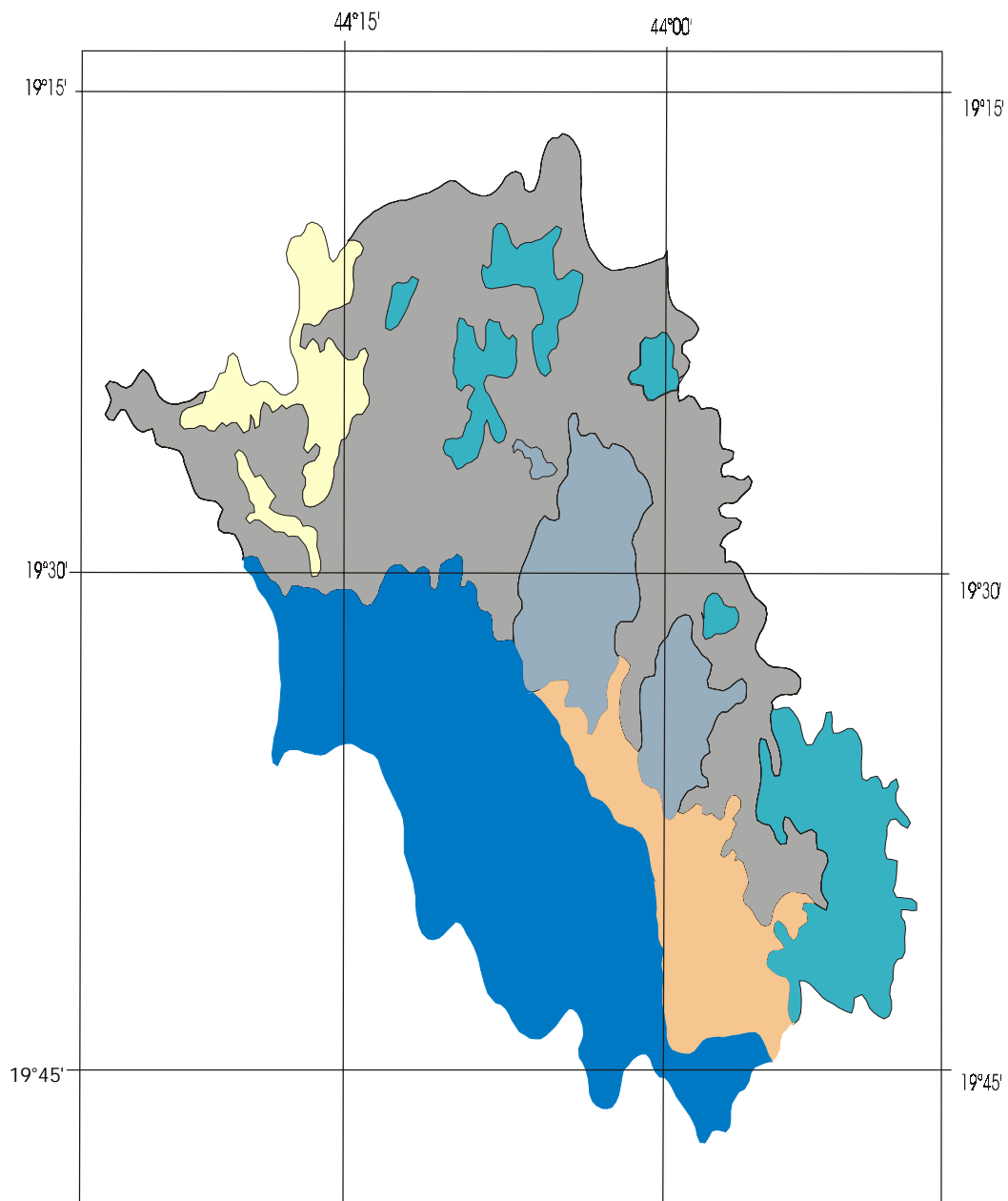
Figura 7 – Detalhe do relevo suave ondulado e ondulado com pastagem na APA Carste de Lagoa Santa

Em 1994, a CPRM realizou o mapeamento geomorfológico da APA Carste de Lagoa Santa, subdividindo-a em seis unidades de mapeamento, apresentadas na Figura 8.

O planalto de Matozinhos–Vespaziano corresponde altimetricamente à superfície de aplainamento, que varia de 800m a 870m, apresentando depósitos argilosos de espessura variável.

A superfície rebaixada de Lagoa Santa–Sete Lagoas é o nível mais rebaixado de aplainamento e ocorre em altitudes próximas a 700m. Constitui-se de pequena depressão dos planaltos envoltos com depósitos argilosos de pequena espessura que não ultrapassam 3m.

Os planaltos cársticos ocupam a porção centro-leste da área e são representados por dois domínios morfológicos: o primeiro, superficial (exocarste), com grandes quantidades de dolinas e vales ruiniformes; o segundo, subterrâneo (endocarste), constituído por grutas e por um sistema de drenagem alimentado por sumidouros. Apresentam altitudes e declividades variadas, podendo-se encontrar topos com altitudes superiores a 800m e fundo de dolinas a 700m (CPRM, 1994).



### Legenda







-  Superfície Rebaixada de Lagoa Santa - Sete Lagoas
-  Planalto Cárstico
-  Planalto de Matozinhos - Vespasiano
-  Planalto Dissecado do Ribeirão da Mata
-  Planalto Dissecado de Santa Helena
-  Planalto Dissecado do Rio das Velhas

Figura 8 – Síntese do mapeamento geomorfológico da APA Carste de Lagoa Santa

#### 2.4.4 Vegetação

A região de estudo sofreu um processo acelerado de ocupação e exploração do solo, devido a atividades econômicas intensivas, como siderurgias, minerações, indústrias de calcário, e ao crescimento urbano, causando impactos negativos sobre o meio ambiente.

O primeiro estudo detalhado da vegetação na área de Lagoa Santa foi feito pelo botânico dinamarquês Eugênio Warming, que publicou sua obra em 1908. Nesta, além da vegetação, foram também descritos os solos, o clima e o uso dos recursos naturais pela população local. O autor define a vegetação corrente nessa área como composta de matas, formações de brejo, plantas aquáticas, campestres e os cerrados.

Segundo Ab'Saber (1977), essa área encontra-se inserida no “Domínio dos Cerrados” que ocorrem nos chapadões centrais brasileiros, apresentando uma flora arcaica, composta de cerradões, cerrados, campestres e campos gerais.

A região da APA Carste de Lagoa Santa está incluída no “cerrado”, que é uma formação sempre semidecídua. No seu domínio, ocorrem várias fisionomias: cerradão, cerrado (*stricto sensu*), campo cerrado, campo sujo de cerrado, campo limpo de cerrado (savana muito rala, tropical, curtigraminosa estacional com escrube xeromorfo latifoliado semidecíduo) (Ferri, 1980; Cetec, 1981; Eiten, 1983; Barbosa, 1984; Fernandes & Bezerra, 1990; Cetec, 1992).

Rizzini (1979) considera a vegetação sobre afloramentos de calcário como sendo semelhante à caatinga, enquanto Cetec (1981) denomina de calcícola esse tipo de vegetação. Observam-se, nessa vegetação, árvores de porte alto, arbustos e cipós, com destaque para a figueira (*Ficus* e *Moraceae*), que cresce encostada aos blocos de rocha emitindo raízes que se moldam e se prendem à rocha de calcário. Em 1992, o próprio Cetec classificou essa vegetação como sendo de mata seca, composta de *Bombaceae* (*Chorisia sp.* – paineira), *Anacardiaceae* (*Astrinium sp.* – gonçalo-alves), *Leguminosae* (*Bauhinia sp.* – unha-de-vaca) e epífitas das famílias *Orchidaceae*, *Bromeliaceae* e *Cactaceae*.

### 2.4.5 Clima

Segundo Barbosa (1984), a precipitação anual da região cárstica central de Minas Gerais não ultrapassa 1.300mm, concentrando-se nos meses de outubro a abril. A temperatura média anual é de 22°C, nunca sendo inferior a 15°C no inverno, estando a região situada entre 300m e 800m de altitude.

De acordo com os dados hidrológicos da CPRM, os parâmetros médios da área da APA Carste de Lagoa Santa são:

- temperatura média anual = 22,8°C;
- pressão atmosférica média anual = 929mb;
- umidade relativa média anual = 67,8%;
- velocidade média anual do vento = 1,5m/s.

Conforme o Quadro 4, o regime pluvial da região é caracterizado pela ocorrência de um período de estiagem que se estende de abril a setembro, com precipitação média anual com variações em torno de 1.300mm.

Quadro 4 – Totais pluviométricos mensais (mm) na região da APA Carste de Lagoa Santa (MG). Médias no período 1961-1990

ESTAÇÃO	PEDRO LEOPOLDO	VESPASIANO	SETE LAGOAS	BELO HORIZONTE	LAGOA SANTA
Janeiro	238.3	257.1	284.8	297.1	278.2
Fevereiro	160.4	153.5	177.1	188.0	174.3
Março	123.2	131.8	136.9	163.0	144.5
Abril	41.9	47.2	52.4	63.6	55.7
Maiο	21.7	26.2	25.9	28.5	15.9
Junho	10.6	9.4	10.2	14.1	9.7
Julho	13.3	15.1	14.6	15.1	4.8
Agosto	12.3	12.7	10.7	15.2	5.7
Setembro	33.4	35.4	34.6	40.1	30.0
Outubro	113.5	105.7	114.6	127.1	121.0
Novembro	227.0	220.4	220.4	241.0	203.4
Dezembro	274.5	258.8	267.5	324.1	312.5
<b>Total</b>	<b>1270.1</b>	<b>1273.2</b>	<b>1349.5</b>	<b>1517.5</b>	<b>1359.1</b>

### 3.0 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 - Levantamento de Solos

O desenvolvimento dos trabalhos de levantamento de solos permitiu o diagnóstico da área no nível de semidetalhe. Com isso, verificou-se uma discordância entre a distribuição das classes de solos e a expectativa de ocorrência de tipos de solos em função de informações geológicas da área.

De início, foram coletados os principais dados referentes à região, levando em consideração todo e qualquer material-base utilizado normalmente para execução de levantamentos de solos, tais como base cartográfica, fotografias aéreas e imagens de satélite, conforme relação a seguir:

- cartas geográficas do IBGE, escala 1:50.000 (IBGE, 1969), folhas SE-23-2-C-VI-1 e SE-23-2-C-V-2;
- cartas geográficas do IBGE, escala 1:100.000 (IBGE, 1969);
- imagem Landsat5-TM, bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7 (Inpe, 1994);
- fotografias aéreas, escala 1:30.000 (Cemig, 1992);
- fotografias aéreas, escala 1:60.000 (Usaf, 1967);
- Mapa de Reconhecimento de Solos do Projeto Vida (Cetec, 1994);
- Mapa Exploratório de Solos, escala 1:1.000.000 (Brasil, 1977);
- Mapa Geomorfológico da APA de Lagoa Santa, escala 1:50.000 (Cetec/CPRM, 1994);



- Mapa Geológico da APA de Lagoa Santa, escala 1:50.000 (CPRM, 1994);
- Mapa de Cartografia Geotécnica de Planejamento, escala 1:50.000 (Cabral, 1994).

Procedeu-se, então, a uma análise minuciosa desses materiais, especialmente aqueles relacionados a geologia, geomorfologia, clima, vegetação, uso da terra e, evidentemente, solos.

Os trabalhos de fotointerpretação, tanto das imagens quanto das fotografias aéreas, tiveram como base a identificação dos padrões fisiográficos da região. No caso das imagens de satélite, utilizou-se o *software* Envi Run-time Versão 2.6, para aplicação de técnicas de sensoriamento, compreendendo: correções geométricas e radiométricas com filtragens e combinações de bandas, com o intuito de ressaltar os contrastes dos padrões fisiográficos. Utilizaram-se as bandas 1, 2, 3, 4, 5, e 7, sendo a melhor combinação para os canais RGB a obtida com as bandas 7, 4 e 2. Por outro lado, as fotografias aéreas foram avaliadas por fotointerpretação, usando-se estereoscópios de espelho e de bolso, de forma convencional.

Esses trabalhos, somados a visitas de reconhecimento de campo para confirmação dos padrões observados, deram origem ao mapa semidetalhado de solos (Apêndice C). Para tanto, seguiram-se as normas em uso pelo CNPS/Embrapa.

No decorrer dessa etapa, também foram feitas reproduções fotográficas, enfocando, principalmente, os perfis descritos, o relevo e a paisagem cárstica (Figuras 1, 2 e 7).

Como previsto, o mapa semidetalhado de solos constituiu o elemento básico para o desenvolvimento dos estudos referentes à relação entre os solos e o substrato calcário presente na região. Além dos perfis já identificados na área (num total de 10) (Brasil, 1984; Cetec, 1994), foram descritos 18 perfis e realizadas 40 tradagens. Considerando que alguns perfis representativos pertencem à mesma unidade taxonômica, apresentando características bem próximas, selecionaram-se apenas sete perfis para comparação dos dados: P1, P5, P6, P10, P13, P14 e P18.

Todos os perfis e tradagens foram georreferenciados através do Sistema de Posicionamento Global (GPS), utilizando-se o aparelho Garmin 12, para posteriormente serem adicionados ao sistema de informações geográficas.

Além destes, também foram utilizados dados de perfis de outras regiões em que a influência direta do calcário é mais marcante.

Com o objetivo de avaliar a influência dos materiais cársticos na formação dos solos da APA Carste de Lagoa Santa, procurou-se selecionar perfis assentes sobre a mesma formação geológica, isto é, pertencentes ao grupo Bambuí e dentro da formação Sete Lagoas. Pode-se observar esses solos também na região da serra do Ramalho e em Irecê (BA).

O mapa final (Apêndice C) foi digitalizado em sistema Maxicad, versão 3.5, e convertido para o padrão SPANS (*Spatial Analysis System*) utilizando-se o *software* Converte, desenvolvido pela CPRM. Feita essa conversão, os vetores foram importados para o SPANS-SGI. O sistema do SPANS-SGI permitiu não somente o cálculo matemático das áreas das classes de solos, mas também a análise de integração de dados dos mapas temáticos desenvolvidos na APA Carste de Lagoa Santa. Para tanto, utilizaram-se os temas referentes a geologia, geomorfologia, geotecnia, vegetação e uso atual, climatologia e pedologia.

### **3.2 - Descrição e Coleta de Amostras de Solos**

Para a escolha dos locais e procedimentos de exame e coleta de amostras de solos, seguiram-se as recomendações contidas no *Manual de Descrição e Coleta de Amostras de Solos* (Lemos, 1996).

As amostras coletadas de cada horizonte foram secadas ao ar, destorroadas e passadas em peneira com 2mm de abertura, obtendo-se a terra fina seca ao ar (TFSA). Para a maioria das análises, utilizou-se um fator de correção, passando de TFSA para TFSE (terra fina seca em estufa) a 105°C, à exceção dos resultados de densidade do solo, porosidade total e da mineralogia.

### 3.3 - Método de Análises

A metodologia das análises físicas e químicas seguiu recomendações e procedimentos do *Manual de Métodos de Análise de Solo* (Embrapa-CNPS, 1997).

#### 3.3.1 - Análises Físicas

As análises físicas efetuadas constaram de determinações de cascalho e calhaus, terra fina seca ao ar (TFSA), composição granulométrica, grau de floculação, argila dispersa, densidade das partículas, densidade do solo, porosidade, relação silte/argila e areia grossa/areia fina.

#### Cascalho e calhaus

Tamisação em peneiras de malhas de 20mm e 2mm, respectivamente. O material foi lavado em água corrente e tratado com hidróxido de amônio para facilitar a separação e eliminar as partículas mais finas. Posteriormente, foi secado ao ar e pesado. A porcentagem de cada fração foi obtida pela expressão:

$$\% \text{ de cascalho} = 100 \cdot \frac{\text{Peso dos cascalhos}}{\text{Peso total da amostra}}$$

#### Terra fina

Separada por tamisação, com o mesmo fracionamento anterior, coletando-se o material que passou na peneira de malha de 2mm. A umidade residual foi determinada pela secagem em estufa a 105°C.

O fator “f” foi obtido pela divisão do peso inicial da amostra pelo seu peso após a secagem a 105°C. Com o auxílio desse fator, são ajustados os resultados das determinações analíticas para terra fina secada em estufa (TFSE).

#### Composição granulométrica

Determinada pelo método do densímetro e classificada segundo o triângulo de classes texturais de solo (*US Department for Agriculture*, adotado pela Sociedade Brasileira de Ciência do Solo).

A TFSA foi tratada com NaOH 1N e agitação mecânica em alta rotação por 15 minutos. As frações areia grossa e areia fina foram separadas por tamisação em peneiras de malhas de 0,2mm e 0,053mm de diâmetro,

respectivamente. A fração argila total foi determinada com o densímetro e o silte foi obtido por diferença.

### **Argila dispersa em água**

Determinada pelo método do densímetro, utilizando-se apenas água destilada para dispersão, sem qualquer dispersante químico.

### **Grau de flocculação**

Calculado em função das porcentagens de argila total e de argila dispersa somente com água, de acordo com a seguinte expressão:

$$\text{Grau de flocculação (\%)} = \frac{\% \text{ de argila total} - \% \text{ de argila dispersa em água}}{\% \text{ de argila total}} \cdot 100$$

### **Densidade das partículas**

Determinada pelo método do picnômetro segundo Blake (1965) e expressa em g/kg.

### **Densidade do solo**

Determinada em amostras coletadas com anel de Kopeck, pelo método do anel volumétrico e expressa em g/kg.

### **Porosidade total**

Calculada pela seguinte expressão:

$$\text{Porosidade total (\%)} = \frac{\text{Densidade real} - \text{Densidade aparente}}{\text{Densidade aparente}} \cdot 100$$

### **Relação silte/argila**

Calculada pela expressão:

$$\text{silte/argila} = \frac{\% \text{ de silte}}{\% \text{ de argila}}$$

### **Relação areia grossa/areia fina**

Calculada pela expressão:

$$AG/AF = \frac{\% \text{ de areia grossa}}{\% \text{ de areia fina}}$$

### 3.3.2 - Análises Químicas

#### pH em água e KCl 1N

Determinados potenciométricamente na suspensão solo-líquido de 1:2.5, com tempo de contato de uma hora e agitação da suspensão antes da leitura.

#### $\Delta$ pH

Obtido pela diferença entre: pH em KCl 1N e pH em água.

#### Carbono orgânico

Determinado através da oxidação da matéria orgânica pelo bicromato de potássio 0,4N e titulação com sulfato ferroso amoniacal 0,1N.

#### Fósforo assimilável

Extraído da solução de HCl, 0,05N e H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,025N (Norte Carolina) e dosado por colorimetria após a redução do complexo fosfomolibdico com ácido ascórbico, em presença de sal de bismuto.

#### Cálcio e magnésio trocáveis

Extraídos com solução de KCl 1N na proporção 1:20. O Ca<sup>++</sup> + Mg<sup>++</sup> foram determinados em presença de “coquetel-tampão” pH 10, sendo ambos titulados com EDTA 0,0125 M. O Ca<sup>++</sup> foi determinado em trietanolamina a 50% e KOH a 10% e titulado com EDTA 0,0125M. O Mg<sup>++</sup> foi obtido por diferença.

#### Potássio e sódio trocáveis

Extraídos com solução de HCl 0.05N, na proporção de 1:10 e determinados por fotometria de chama.

#### Valor S (soma de bases)

Calculado pela soma dos valores obtidos para Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup>, K<sup>+</sup> e Na<sup>+</sup>.

### **Alumínio extraível**

Extraído pela solução de KCl 1N, na proporção de 1:20 e determinado por titulação com NaOH 0,025 N.

### **Acidez extraível (H<sup>+</sup> + Al<sup>+++</sup>)**

Extraída com solução de acetato de cálcio 1N e pH 7.0, na proporção 1:15 e determinada por titulação com NaOH 0.0606 N. O hidrogênio extraível foi obtido pela diferença entre H<sup>+</sup> + Al<sup>+++</sup> e alumínio extraível.

### **Valor T (Capacidade de troca de cátions)**

Obtido pela soma de: Valor S + acidez extraível.

### **Valor V (porcentagem de saturação de bases)**

Calculado pela fórmula:

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

### **Porcentagem de saturação com Al<sup>+++</sup> e Na<sup>+</sup>**

Calculada pela fórmula:

$$Al\% = \frac{Al}{S + Al} \cdot 100$$

$$Na\% = \frac{Na \cdot 100}{T}$$

### **Ataque sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> d= 1,47, 1:1)**

Aplicado como pré-tratamento à TFSA para extração dos componentes minerais. Consiste de tratamento com H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1:1 sob refluxo, com fervura durante meia hora, resfriamento posterior, diluição e filtração. A sílica é determinada no resíduo. Ferro, alumínio, titânio e manganês são determinados no extrato, conforme os métodos descritos a seguir.

- **SiO<sub>2</sub>**: Solubilizada no resíduo do ataque sulfúrico com solução de NaOH a 30%, sob fervura branda e refluxo. A sílica foi determinada colorimetricamente em espectrofotômetro na faixa de leitura de 695mμ, após tratamento com solução ácida de molibdato de amônio, ácido tartárico e ácido ascórbico.

- **Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>**: Determinado em uma alíquota do extrato sulfúrico (ajustada para pH 1,5) por meio de titulação com EDTA 0,01M, em presença do ácido sulfossalicílico como indicador.
- **Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>**: Determinado na mesma alíquota usada para a dosagem de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, após correção do pH com acetato de amônio. A dosagem do Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> é feita titulando-se o excesso de EDTA 0,031 M com sulfato de zinco 0,0156 M, e inclui TiO<sub>2</sub> presente na amostra, cujo valor deve ser descontado.
- **TiO<sub>2</sub>**: Determinado em alíquota do filtrado, após tratamento com H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1:1 e permanganato de potássio. A dosagem é feita por colorimetria em espectrofotômetro na faixa de leitura de 430mμ, antecedida da adição de ácido oxálico, ácido fosfórico 1:1 e perhidrol.
- **MnO**: Determinado em uma alíquota diluída do extrato sulfúrico por meio de espectrofotometria de absorção atômica, usando o *Shimadzu Atomic Absorption/Flame-Spectrophotometer AA 630-12*.

### Relações moleculares Ki e Kr na TFSA

O Ki foi calculado utilizando-se as porcentagens de SiO<sub>2</sub> e Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> obtidas no ataque sulfúrico, divididas pelos seus respectivos pesos moleculares, de acordo com a seguinte expressão simplificada:

$$K_i = \frac{\% SiO_2 \cdot 1,70}{\% Al_2O_3}$$

O Kr foi calculado utilizando-se as porcentagens de SiO<sub>2</sub> e a soma de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, divididas pelos seus pesos moleculares, de acordo com a seguinte expressão simplificada:

$$K_r = \frac{\% SiO_2 \cdot 1,70}{\% Al_2O_3 + (\% Fe_2O_3 \cdot 0,64)}$$

### 3.3.3 - Análises Mineralógicas

#### Frações de cascalho, areia grossa e areia fina

Caracterizadas pela identificação e determinação semiquantitativa dos componentes minerais dessas frações, separadamente.

A identificação dos minerais foi feita por métodos óticos (Winchell & Winchell, 1959), mediante uso de microscópio estereoscópico e a análise dos seguintes aspectos: forma, angulosidade, cor, brilho, dureza, fragilidade, clivagem e propriedades magnéticas.

Foi realizada uma avaliação semiquantitativa visual, através de uma estimativa volumétrica dos diferentes minerais em relação ao volume total da amostra. Os resultados foram expressos em porcentagem. Tiveram destaques os estudos para determinação de carbonatos, uma vez que o material provém de uma área calcária.

Para análise global, a amostra foi desagregada e pulverizada em grau de ágata e passada em raios X no intervalo de  $2\theta$  de  $5^\circ\text{C}$  a  $85^\circ\text{C}$ , utilizando-se tubo de ferro.

### **Fração argila**

As amostras de solos foram desagregadas e colocadas em suspensão em meio aquoso e dispersas através de ultra-som e solução de  $\text{NH}_4\text{OH}$ . Após um repouso de duas horas, retirou-se uma alíquota do sobrenadante, sendo depositada sobre uma lâmina de vidro. Colocou-se a lâmina em estufa a  $50^\circ\text{C}$  para secagem, obtendo-se uma fração orientada da argila. Utilizaram-se duas lâminas para cada amostra, destinando-se uma delas à leitura da amostra glicolada. A fração argila foi analisada por difração de raio X.

Utilizaram-se os seguintes tratamentos:

- Amostra normal com remoção de óxidos de ferro
- Amostra saturada com Mg e solvatada com etileno glicol
- Amostra saturada com K e aquecida em forno mufla durante 4 horas a  $550^\circ\text{C}$ .

### **3.4 - Taxonomia dos Solos**

As propriedades morfológicas e os dados analíticos foram utilizados para a classificação dos solos, segundo os critérios atualmente em uso pelo CNPS/Embrapa, antigo SNLCS (Camargo et al., 1987; SNLCS/Embrapa, 1988) e sétima edição do *Keys to Soil Taxonomy* (Usda, 1996).



## 4.0 RESULTADO E DISCUSSÃO

As posições topográficas onde ocorreram as descrições e coleta dos perfis representativos das classes de solos da APA Carste de Lagoa Santa estão representadas na Figura 9. Os perfis P1 (Latosolo Vermelho-Escuro), P13 (Cambissolo álico) e P14 (Latosolo Vermelho-Amarelo) ocupam as partes mais elevadas da área de estudo com altitude em torno de 820m, enquanto os perfis P6 (Cambissolo Profundo), P10 (Latosolo Vermelho-Amarelo) e P18 (Podzólico Vermelho-Escuro) ocupam a parte intermediária, com valores próximos a 770m. Por último, o perfil P5 (Cambissolo gleico), localizado no fundo de uma dolina, ocupa a área mais baixa do terreno, com 700m de altitude aproximadamente.

É interessante verificar que, embora ocorra nítida diferenciação de altitudes, os perfis P1, P5, P14 e P18 estão localizados em regiões pertencentes geologicamente ao membro Lagoa Santa, enquanto o perfil P10 localiza-se em área de domínio geológico do membro Pedro Leopoldo, e os perfis P6 e P13 pertencem à formação Serra de Santa Helena (CPRM, 1994).

### 4.1 Propriedades Morfológicas

As propriedades morfológicas dos perfis representativos das classes de solos da APA Carste de Lagoa Santa possuem relativa isotropia vertical, isto é, pequena diferenciação entre os horizontes e transições predominantemente graduais

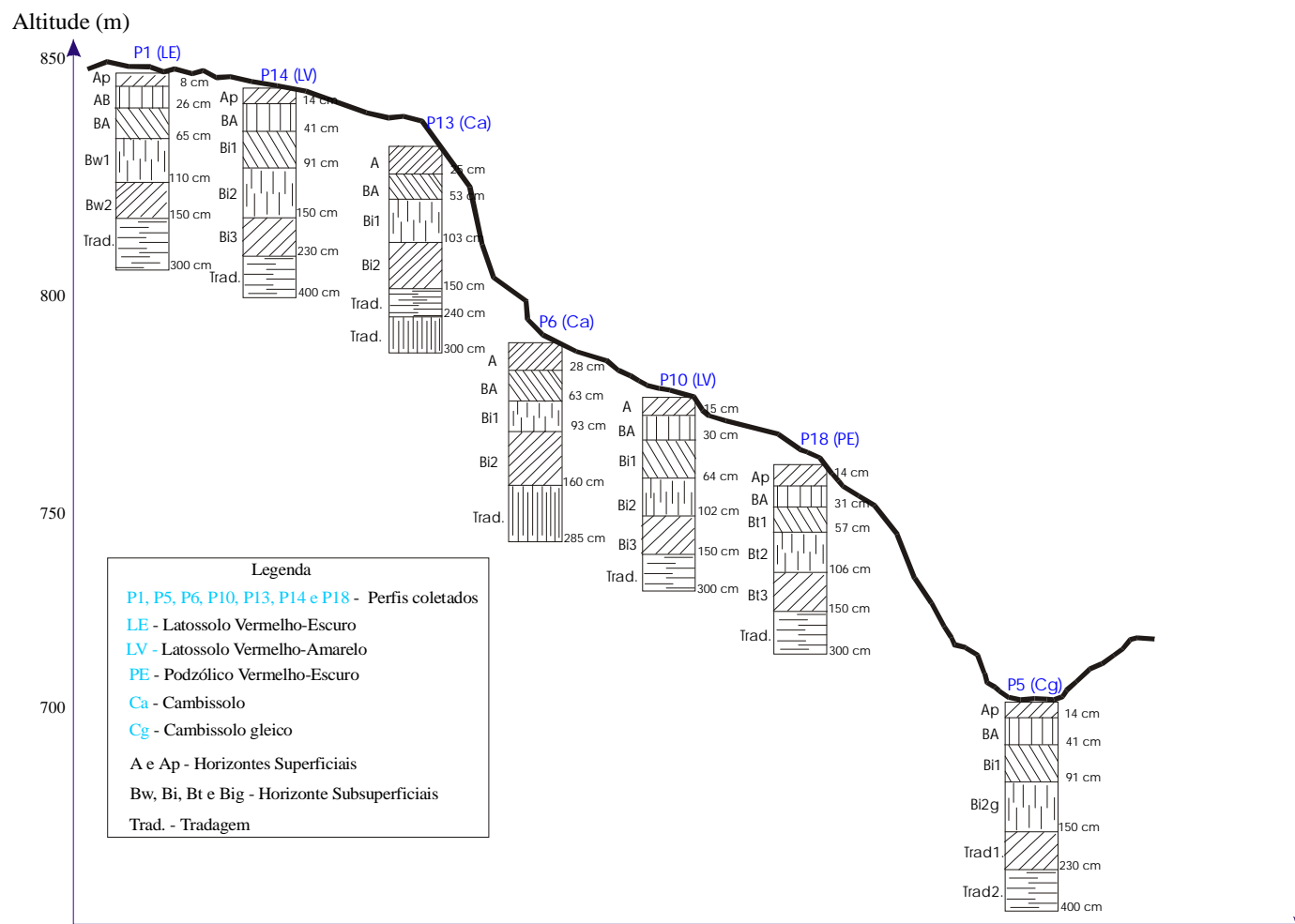


Figura 9 - Distribuição dos perfis em relação ao relevo da APA Carste de Lagoa Santa

chegando a apresentar grande isotropia nos Latossolos representados pelo perfil P1 (Quadro 5).

Os perfis apresentam seqüência ABC, isto é, possuem horizonte subsuperficial suficientemente desenvolvido para ser diagnosticado como B. Na maioria deles, o horizonte C foi identificado apenas com a tradagem realizada na base da trincheira, face a sua ocorrência em profundidade superior à da abertura das trincheiras.

Quadro 5 – Principais características morfológicas dos perfis descritos

Perfil	Classe	Horizonte	Profundidade (cm)	Cor	Transição	Textura	Estrutura
P1	LE	Ap	00 - 08	5YR 4/3	Clara	m. arg.	MO/P,M/GR,BSA
		AB	26	5YR 4/4	Gradual	m. arg.	MO/P,M/BSA
		BA	65	2,5YR 4/6	Gradual	m. arg.	MO/P,M/BSA
		Bw1	110	2,5YR 4/6	Difusa	m. arg.	MO/P,M/GR/BSA
		Bw2	150	5YR 5/6		m. arg.	MO/MP,P/GR/BSA
		Trad.	300	5YR 5/6			
P5	Cg	Ap	00 - 14	2,5YR 3/2	Clara	m. arg.	M/P/GR
		BA	41	2,5YR 3/3	Gradual	m. arg.	MO/P,M/BA,BSA
		Bi1	91	2,5YR 3/3	Clara	m. arg.	MO/P,M/BSA
		Bi2g	150	10YR 5/4		m. arg.	MO/P,M/BA,BSA
		Trad.	230	10YR 5/6			
		Trad.	400	7,5YR 5/8			
P6	Ca	Ap	00 - 28	5YR 3/2	Clara	m. arg.	FO/P,M/GR,BSA
		BA	63	5YR3/4	Gradual	m. arg.	FO/P,M/BSA
		Bi1	93	5YR 4/4	Gradual	m. arg.	MO/P,M/GR,BSA
		Bi2	160	7,5YR 4/6		m. arg.	F/P/GR
		Trad.	285	7,5YR 4/6			
P10	LVa	Ap	00 - 15	7,5YR 4/3	Clara	m. arg.	MO/P/GR,BSA
		BA	30	7,5YR 4/4	Clara	m. arg.	MO/P/GR,BSA
		Bi1	64	7,5YR 4/6	Gradual	m. arg.	MO/P,M/BSA
		Bi2	102	5YR 5/6	Gradual	m. arg.	MO/P,M/BSA
		Bi3	150	5YR 5/6		m. arg.	MO/P,M/BSA
		Trad.	300	5YR 5/8			
P13	Ca	Ap	00 - 25	7,5YR 3/2	Clara	m. arg.	MO/P,M/GR,BSA
		BA	53	7,5YR 4/4	Clara	m. arg.	FR/P,M/BSA
		Bi1	103	5YR 5/6	Gradual	m. arg.	F/P,M/BA,BSA
		Bi2	150	5YR 5/6		m. arg.	F/P,M/BA,BSA
		Trad.	240	5YR 5/6			
		Trad.	300	2,5Y 7/6			
P14	LVa	Ap	00 - 17	5YR 3/2	Clara	m. arg.	MO,FO/P,M/GR,BSA
		BA	34	5YR 3/3	Gradual	m. arg.	MO/P,M/BSA
		Bi1	64	5YR 4/4	Gradual	m. arg.	MO,FO/P,M/BSA
		Bi2	111	5YR 4/6	Gradual	m. arg.	MO/P,M/BSA
		Bi3	150	5YR 5/6		m. arg.	MO/P,M/BSA
		Trad.	500	5YR 5/6			
P18	PE	Ap	00 - 17	2,5YR 3/2	Clara	argilosa	FO/P,M/GR,BSA
		BA	34	2,5YR 3/3	Gradual	m. arg.	FO/P,M/BA/BSA
		Bt1	64	2,5YR3/4	Gradual	m. arg.	FO/P,M/BA,BSA
		Bt2	111	10R 3/6	Gradual	m. arg.	FO/P,M/BA,BSA
		Bt3	150	10R 3/6		m. arg.	FO/P,M/BA,BSA
		Trad.	300	10R 3/6			

Obs.: F – fraca; MO – moderada; FO – forte; P – pequena; M – média; GR – granular; BA – blocos angulares; BSA – blocos subangulares; Trad. – tradagem. m – muito; arg. – argilosa

Os horizontes subsuperficiais, identificados como Bw para os Latossolos, Bi para os Cambissolos e Bt para os Podzólicos, têm espessuras que variam entre 115cm e 137cm, levando-se em conta apenas a profundidade da trincheira. Se considerarmos também as tradagens realizadas, essas medidas chegam a atingir valores superiores a 350cm (Quadro 5). A tradagem no perfil P6 alcançou o valor máximo de 285cm, devido à ocorrência de cascalhos, que impediram a continuidade da prospecção. Portanto, mesmo aqueles identificados como pertencentes à classe dos Cambissolos são profundos. No caso das Rendzinas e Vertissolos, classes de solos somente encontradas fora da APA, a seqüência de horizontes é AC e não se observa neles a presença de horizontes B diagnósticos.

Classificados como profundos, os solos da APA diferem, nessa característica, dos solos descritos por Ramos & Manzatto (1991) na serra do Ramalho (BA), que foram identificados como solos com influência visível de calcário. Esses solos incluem as Rendzinas, os Vertissolos, os Cambissolos vérticos e carbonáticos entre outros. A espessura do *solum* dessas classes é considerada rasa a medianamente profunda (40cm a 90cm) e, raras vezes, profunda (>100cm).

As diversas rochas calcárias – calcita, aragonita, dolomita etc. – contêm valores de carbonatos superiores a 90% do seu volume total, à exceção da margá, na qual ocorre um maior equilíbrio entre a quantidade de carbonatos e argila. Assim, é de se esperar realmente que os solos formados a partir desses materiais apresentem pequena espessura de *solum*. Nos solos da APA, seria necessário ter-se um volume extremamente elevado de rochas calcárias para dar origem a solos muito profundos e com 70% a 90% de argila, o que sugere que esses solos estejam mais relacionados ao metapelito do que ao embasamento calcário.

As principais variações de transição entre os horizontes são devidas às diferenças de cor e ao grau de desenvolvimento da estrutura do solo. As transições são normalmente planas e claras, passando a graduais e/ou difusas com o aumento da profundidade, sendo essas últimas características comumente encontradas em Latossolos.

Por outro lado, os perfis encontrados na Bahia (Souza et al., 1993; Ramos & Manzatto, 1991; Santos, 1976, Passos, 1988; Souza, 1991; Nou, 1978) possuem grande diferenciação entre os horizontes, com transições plana e clara,

e plana e abrupta, devido à própria diferenciação estrutural, que passa normalmente de granular para blocos do horizonte A para o B.

Os solos estudados apresentam pequena variação na sua coloração, o que não é comum em solos com influência de calcário, visto a grande diversidade de cores observada na bibliografia consultada. O perfil P18 apresenta cor do horizonte A mais escura que os demais perfis, concordante com a sua maior acumulação de matéria orgânica (Quadro 5).

A característica morfológica mais marcante no perfil P5 é justamente a sua variação de cor em profundidade, uma vez que os três primeiros horizontes apresentam coloração vermelho-escura, passando em seguida para coloração brunada. Esse fato ocorre por ele estar situado em condições de regime hídrico diferenciado dos demais perfis, sofrendo com isso uma maior influência da flutuação do lençol freático. A presença de pontos de ressurgência de umidade nesses locais é bastante comum, observando-se, sempre, cores de redução (5Y 5/1 e 5Y 5/2) nas camadas mais profundas, o que permite sua identificação como horizontes gleicos. A classe de drenagem para esse solo é moderada a imperfeitamente drenado.

Em todos os horizontes A e em parte do subhorizonte B, o matiz varia de 7,5YR a 2,5YR, com valor entre 3 e 4, e croma variando de 2 a 4.

De modo geral, os horizontes dos perfis localizados na região do membro Lagoa Santa (P1, P5, P14 e P18) são mais avermelhados que os demais. Apresentam matizes 5YR, 2,5YR e 10R, com valor variando de 3 a 5, e croma, de 2 a 6. Já os horizontes dos perfis desenvolvidos nas regiões tanto de influência da formação Serra de Santa Helena (P6 e P13) como do membro Pedro Leopoldo (P10), desenvolvem cores mais amareladas com matizes 7,5YR e 5YR, diferenciando-se, apenas, no croma. O perfil P5, mesmo pertencendo ao membro Lagoa Santa, possui em subsuperfície cores mais claras e mais próximas dos últimos perfis. Esse fato pode estar relacionado à constante influência do fluxo hídrico do carste.

Verifica-se assim que, mesmo desenvolvidos em regiões geologicamente diferenciadas, os solos apresentam cores ora concordantes, ora discordantes entre si, independentemente de sua localização em relação ao domínio geológico.

No que diz respeito à composição granulométrica, todos os solos apresentam textura argilosa ou muito argilosa, independentemente da formação

geológica. Mesmo os perfis P1, P5, P10, P14 e P18, localizados na região de influência da formação Sete Lagoas, que é predominantemente composta de calcarenitos e calcissiltitos (CPRM, 1994), apresentam valores elevados de argila, que variam de 560 a 920g/kg de TFSA (Tabela 1).

Por outro lado, o perfil P10, que se localiza sobre o membro Pedro Leopoldo, predominantemente de calcissiltito e margas, possui não somente os valores mais elevados de areia e silte em relação aos demais, mas, também, os menores valores de argila, ao contrário, portanto, do que era de se esperar.

De todas as características morfológicas, no entanto, a estrutura é a que apresenta maior discordância com a possível influência, na formação dos solos, de material de valores elevados de cálcio e magnésio. Ao invés da estrutura fortemente desenvolvida do tipo prismático e em blocos, como ocorre normalmente nos solos com maior influência de calcário (Souza et al., 1993), os perfis descritos apresentam, em sua maioria, estrutura no horizonte B em blocos subangulares, angulares e granulares, com moderado grau de desenvolvimento e tamanho pequeno e médio (Quadro 5).

Essas estruturas, descritas como blocos angulares e subangulares, também foram encontradas por Radambrasil (1983) e Cetec (1994) em solos por eles classificados como Latossolos, Podzólicos e Cambissolos, localizados sobre o grupo Bambuí em Minas Gerais. Tais resultados, apesar de coincidirem com os apresentados aqui, diferem quanto ao grau de desenvolvimento das estruturas dos obtidos nos Vertissolos e das Rendzinas, consideradas as classes de solos mais tipicamente desenvolvidas a partir do embasamento calcário.

Somente no perfil P18, onde as estruturas são em blocos angulares e subangulares, de tamanho pequeno e médio e com forte grau de desenvolvimento, a agregação do solo parece ser coerente com a morfologia descrita por Souza et al. (1993), o que indicaria a influência mais direta do embasamento calcário no seu desenvolvimento.

Como não poderia deixar de ocorrer, o grau de consistência encontrado nos perfis descritos na APA Carste de Lagoa Santa está de acordo com o desenvolvimento de sua estrutura. Da mesma forma, essa propriedade é também discordante da consistência dos solos desenvolvidos sob influência de calcário descritos por outros autores (Santos, 1976; Ramos & Manzatto, 1991).

Tabela 1 – Distribuição granulométrica, argila dispersa, grau de floculação, relação silte/argila e areia grossa/areia fina, nos perfis analisados.

Perfil	Horizonte	Granulometria (g/kg de TFSA)				Argila Dispersa (g/kg)	Grau de Floculação (%)	Silte/Argila	AG/AF
		Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila				
P1	Ap	70	40	40	850	490	42	0,05	1,8
	AB	50	40	10	900	40	96	0,01	1,3
	BA	50	40	10	900	50	94	0,01	1,3
	Bw1	50	40	60	850	30	96	0,07	1,3
	Bw2	40	40	70	850	30	96	0,08	1,0
P5	Ap	80	70	140	710	440	38	0,20	1,1
	BA	80	70	120	730	420	42	0,16	1,1
	Bi1	50	50	140	760	420	45	0,18	1,0
	Bi2g	90	60	90	760	530	30	0,12	1,5
P6	Ap	90	60	80	770	510	34	0,10	1,5
	BA	90	50	0	860	110	87	0,00	1,8
	Bi1	70	60	0	870	20	98	0,00	1,2
	Bi2	70	50	30	850	20	98	0,04	1,4
P10	A	30	130	200	640	450	30	0,31	0,2
	BA	30	100	240	630	430	32	0,38	0,3
	Bi1	20	80	210	690	20	97	0,30	0,3
	Bi2	20	80	210	690	20	97	0,30	0,3
	Bi3	30	70	170	730	20	97	0,23	0,4
P13	A	40	20	280	660	350	47	0,42	2,0
	BA	30	30	240	700	390	44	0,34	1,0
	Bi1	30	30	250	690	260	62	0,36	1,0
	Bi2	30	30	190	750	240	68	0,25	1,0
P14	A	20	20	230	730	510	30	0,32	1,0
	BA	20	20	150	810	650	20	0,19	1,0
	Bi1	20	20	110	850	650	24	0,13	1,0
	Bi2	20	20	70	890	10	99	0,08	1,0
	Bi3	20	20	40	920	10	99	0,04	1,0
P18	A	80	60	300	560	380	32	0,54	1,3
	BA	60	40	190	710	490	31	0,27	1,5
	Bt1	40	30	110	820	520	37	0,13	1,3
	Bt2	40	50	90	820	140	83	0,11	0,8
	Bt3	50	40	140	770	20	97	0,18	1,3

Os solos da APA, quando secos, apresentam consistência “macio” e “ligeiramente duro”, e, quando úmidos, são “friáveis”. Os perfis P1 e P6, que têm estruturas do tipo granular nos horizontes subsuperficiais, apresentam um maior grau de friabilidade nesses horizontes, isto é, são “muito friáveis”. Tais características são freqüentemente associadas às classes dos solos com horizontes latossólicos (Oliveira et al., 1992).

O perfil P18, uma vez mais, é o único discordante dos restantes, apresentando tipos de consistência mais concordantes com os solos influenciados

por calcário, que é a consistência “duro” e “muito duro”, quando secos, e “firme” e “muito firme”, quando úmidos (Souza et al., 1993).

A distribuição de poros observada nos perfis da APA é consequência do arranjo das partículas do solo, dominando as estruturas granulares e porosidade elevada, em discordância com os solos de influência de calcários descritos por Ramos & Manzatto (1991), nos quais a porosidade é bem menor. Com relação à quantidade e ao tamanho dos poros, domina a classe de poros comuns e de tamanhos pequeno e médio na maioria dos horizontes. A quantidade de poros aumenta com a profundidade, excetuando-se, apenas, os perfis P5 e P18, pelos fatos anteriormente discutidos.

Seguindo as definições de Lemos & Santos (1996), foram observados filmes de argila na superfície dos elementos estruturais, com pequena nitidez e contraste pouco evidente em relação à matriz do solo. A cerosidade foi detectada e qualificada como pouca e fraca nos perfis P13 e P14, o que não é suficiente para caracterizar um horizonte B textural (Embrapa, 1997), uma vez que essa caracterização é admitida no conceito da classe de solos com horizonte B latossólico (Embrapa, 1988, Bennema, 1973).

Por apresentar maior quantidade e grau de desenvolvimento de cerosidade no horizonte B, comum e moderada, o perfil P18 difere-se em relação aos demais, sendo seus horizontes subsuperficiais identificados como B textural (Bt). Apesar de os horizontes superficial e subsuperficial possuírem diferentes classificações quanto à textura, argilosa e muito argilosa, não há gradiente textural no perfil P18.

Nos solos estudados, o sistema radicular não sofre qualquer restrição, uma vez que são excelentes as condições físicas para o seu desenvolvimento, sem a presença de impedimentos como a resistência à penetração das raízes ou riscos de partição, tão comuns nos solos desenvolvidos sob influência de calcário (Souza et al., 1993).



## 4.2 Propriedades Físicas

### 4.2.1 Granulometria

A análise granulométrica revelou a total ausência das frações calhaus e cascalho. A distribuição granulométrica das frações areia grossa e areia fina, silte e argila encontra-se na Tabela 1. Os resultados apresentados são quantitativos e mostram pouca variação entre os perfis analisados.

Os teores de argila no horizonte B são bastante homogêneos e os solos pertencem a uma única classe textural, ou seja, “muito argiloso”. A distribuição dos teores de argila nos perfis analisados em profundidade é apresentada na Figura 10.

Nos perfis P5, P6, P13 e P14, observa-se um aumento gradativo no teor de argila em profundidade, mas não significativo para caracterizar uma diferença textural, sendo a forma de sua curva similar à observada em solos latossólicos. No perfil P1, apesar de ocorrer um aumento inicial de argila, há um pequeno decréscimo próximo à base do perfil, fazendo com que a curva seja também semelhante àquela normalmente observada em solos latossólicos.

O perfil P18 é o único a diferir dos demais nessa condição, por apresentar um incremento maior no percentual de argila em profundidade. Mesmo assim, a relação textural B/A não alcança o índice de 1,5 definido para solos com horizonte B textural nos solos com mais de 40% de argila no horizonte A (Embrapa, 1997). A forma geral da curva de argila do perfil P18 (Figura 10) se aproxima dos solos anteriormente denominados de Podzólicos Latossólicos, hoje incluídos mais corretamente na classe dos Nitossolos.

A classe dos Nitossolos engloba os solos que possuem horizonte diagnóstico B nítico. Esse horizonte deve apresentar textura argilosa ou muito argilosa, argila de baixa atividade, nenhum ou pequeno incremento de argila de A para B, relação textural inferior ao limite necessário para caracterizar o B textural, estrutura em blocos angulares, subangulares ou prismática e cerosidade moderada ou forte nas superfícies dos agregados (Embrapa, 1997).

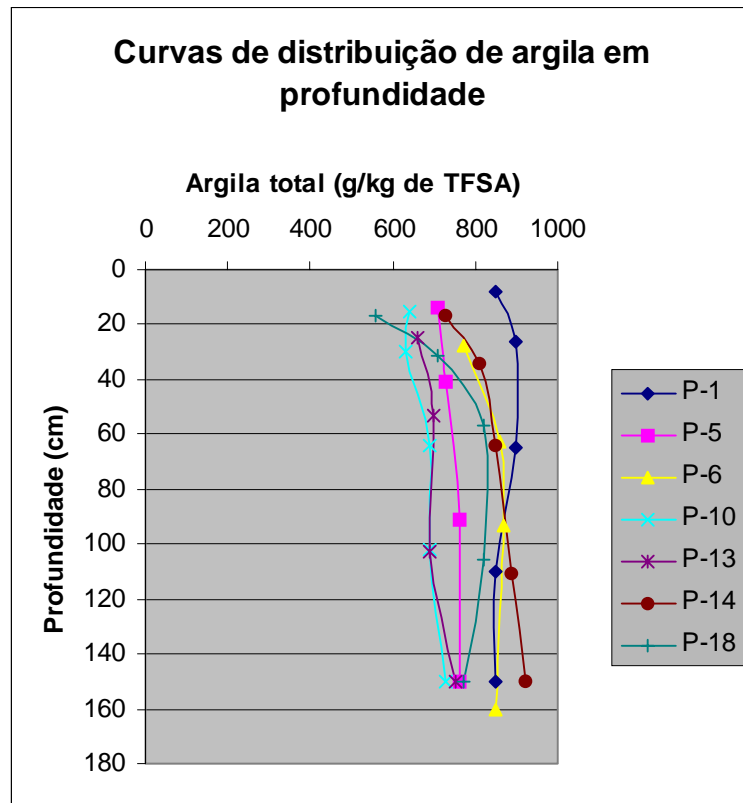


Figura 10 – Distribuição dos teores de argila dos perfis analisados em profundidade

Em todos os perfis, a fração areia decresce gradualmente em profundidade. Entretanto, esses valores são pouco diferentes entre si, se considerada a precisão metodológica, o que não permite se fazer inferências sobre tais diferenças.

As curvas de distribuição da relação areia grossa/areia fina são apresentadas na Figura 11. Na maioria dos solos, a areia grossa se sobressai sobre a areia fina, exceto no material referente ao membro Pedro Leopoldo, representado pelo perfil P10, onde a relação é inversa e, portanto, abaixo de 1.0. Esse fato indica haver, provavelmente para o perfil, uma diferença marcante de material originário em relação aos demais.

De acordo com os dados descritos na Tabela 1, os teores de silte são bem baixos nos perfis P1 e P6. Nos solos formados a partir do material da formação Sete Lagoas, membro Lagoa Santa, representados pelos perfis P5, P14 e P18, o teor de silte reduz gradativamente em relação à profundidade; enquanto os perfis P10 e P13 apresentam os valores mais elevados dessa fração (170 a 280g/kg) nos horizontes subsuperficiais.

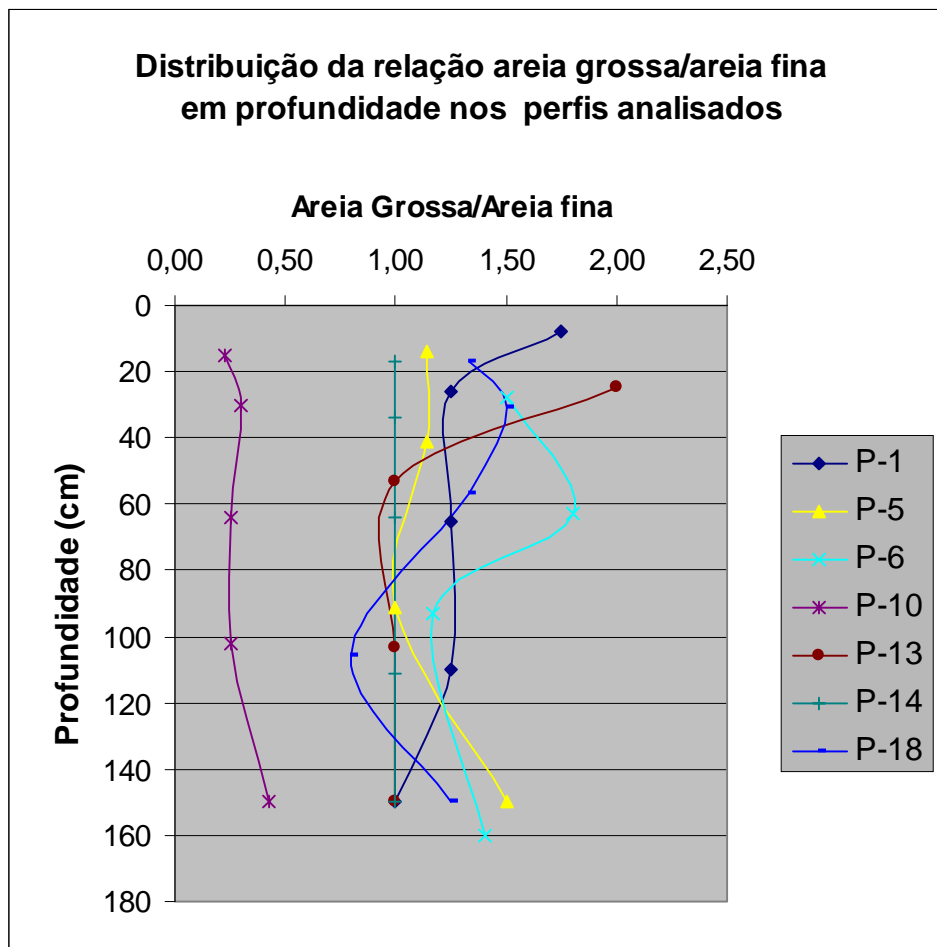


Figura 11 – Curvas de distribuição da relação areia grossa/areia fina (AG/AF) em profundidade

A relação silte/argila, que tem sido usada também como índice de intemperismo em solos de clima tropical por muitos autores (Wambeke, 1966; Bennema & Camargo, 1978; Santos, 1976; Embrapa, 1997, Camargo et al, 1987), é bastante baixa, com valores inferiores a 0,6. Entretanto, essa relação não é aplicável a solos cujos materiais de origem tenham natureza sedimentar, como, por exemplo, o próprio calcário, o arenito ou o siltito.

#### 4.2.2 - Argila Dispersa em Água e Grau de Floculação

Os percentuais de argila dispersível em água diminuem em profundidade na maioria dos perfis, com exceção apenas do perfil P5, onde ocorre um aumento

no último horizonte coletado. Esse perfil é também o único que mantém, até a profundidade coletada, o grau de floculação abaixo de 45%.

Os baixos percentuais de argila dispersível em água, como os observados no horizonte B dos perfis estudados (Figura 12), são, como sabemos, características comumente verificadas em solos com horizonte B latossólico.

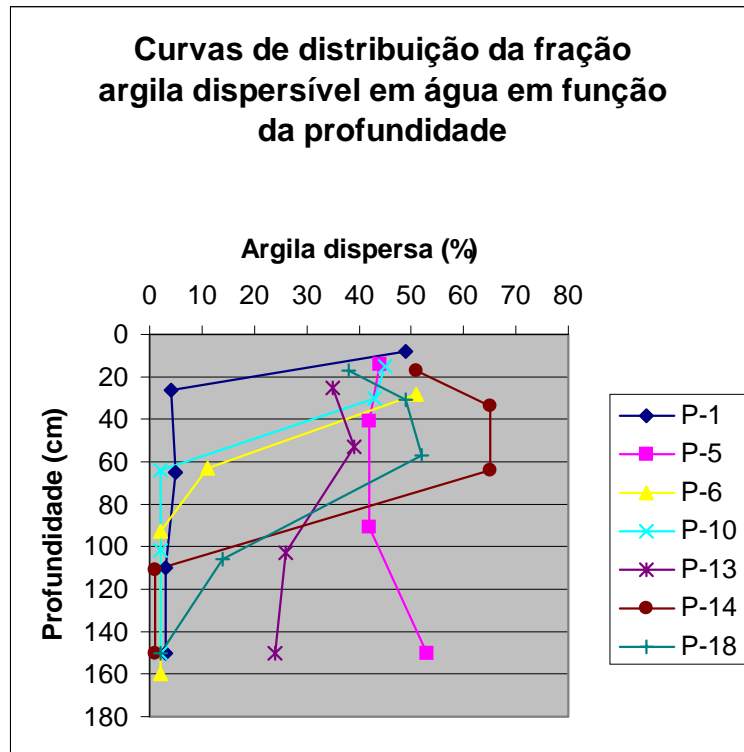


Figura 12 – Distribuição dos percentuais de argila dispersível em água em profundidade

Esse fato confirma, uma vez mais, o domínio das características morfológicas e físicas mais relacionadas aos solos intemperizados e de natureza latossólica, e, portanto, bem distintas daquelas apresentadas pelos solos diretamente influenciados na sua formação por sedimentos químicos como o calcário.

#### 4.2.3 - Densidade e Porosidade

Os dados de densidade do solo e da partícula, a porosidade total e os teores de carbono orgânico estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Composição granulométrica (g/kgTFSA), densidade do solo (g/kg), porosidade total (%) e teores de carbono orgânico (%) nos perfis analisados.

Perfil	Hori zonte	Areia (g/kg)	Silte (g/kg)	Argila (g/kg)	Silte/ Argila	Carbono (%)	Densidade		Porosidade (%)
							Solo (g/kg)	Partícula (g/kg)	
P1	A	110	40	850	0,05	1,89	1,23	2,38	48
	AB	90	10	900	0,01	1,16	1,21	2,44	50
	BA	90	10	900	0,01	0,96	1,07	2,44	56
	Bw1	90	60	850	0,07	0,76	0,96	2,38	60
	Bw2	80	70	850	0,08	0,60	0,93	2,44	62
P5	Ap	150	140	710	0,20	1,70	0,88	2,30	62
	Bi1	150	120	730	0,16	1,43	1,30	2,30	43
	Bi2	100	140	760	0,18	1,65	0,95	2,33	59
	Bi3g	150	90	760	0,12	0,89	1,09	2,38	54
P6	Ap	150	80	770	0,10	1,94	0,93	2,33	60
	Bi1	140	0	860	0,00	0,73	1,11	2,38	53
	Bi2	130	0	870	0,00	0,40	1,02	2,50	59
	Bi3	120	30	850	0,04	0,24	1,10	2,50	56
P10	Ap	160	200	640	0,31	1,33	1,06	2,56	59
	BA	130	240	630	0,38	1,08	1,20	2,50	52
	Bi1	100	210	690	0,30	0,82	1,06	2,44	57
	Bi2	100	210	690	0,30	0,55	0,94	2,44	61
	Bi3	100	170	730	0,23	0,51	1,17	2,50	53
P13	A	60	280	660	0,42	2,59	0,84	2,33	64
	BA	60	240	700	0,34	1,04	1,17	2,44	52
	Bi1	60	250	690	0,36	0,46	1,25	2,44	49
	Bi2	60	190	750	0,25	0,50	1,11	2,44	55
P14	A	40	230	730	0,32	2,17	0,93	2,38	61
	BA	40	150	810	0,19	1,40	0,98	2,44	60
	Bi1	40	110	850	0,13	0,90	0,98	2,44	60
	Bi2	40	70	890	0,08	0,64	0,99	2,47	60
	Bi3	40	40	920	0,04	0,59	0,97	2,44	60
P18	A	140	300	560	0,54	3,00	1,10	2,33	53
	BA	100	190	710	0,27	1,40	1,33	2,70	51
	Bt1	70	110	820	0,13	0,70	1,37	2,44	44
	Bt2	90	90	820	0,11	0,42	1,36	2,50	46
	Bt3	90	140	770	0,18	0,20	1,35	2,44	45

Os perfis analisados, em geral, são bastante semelhantes, apresentando valores de densidade do solo próximos a 1.0g/kg. É observada uma pequena variação no horizonte superficial do perfil P1 e nos perfis P5 e P13 em profundidade. Quanto ao perfil P18, seus valores situam-se em torno de 1,3g/kg na maior parte do *solum*.

A diminuição dos valores de densidade do solo, exceto no perfil P18, está relacionada ao domínio das estruturas granular e ultra-fina granular nos horizontes mais profundos desses solos, discutida anteriormente. O perfil P18

apresenta horizonte B textural e predomínio de blocos angulares associados a blocos subangulares.

A densidade da partícula varia de 2,30 a 2,50g/kg nos perfis analisados, excetuando-se apenas o horizonte transicional do perfil P18, que apresenta um valor ligeiramente superior (2,70g/kg).

As curvas de densidade, carbono orgânico e porosidade total em profundidade são representadas nas Figuras 13 e 14. Os perfis P5, P13 e P18 tiveram comportamentos semelhantes quanto à variação da densidade do solo, matéria orgânica e porosidade em profundidade. Neles, à medida que diminui o teor de matéria orgânica, aumenta a densidade e, conseqüentemente, reduz a porosidade em profundidade. Nos perfis P13 e P18, a densidade do solo acompanha a variação da argila em profundidade.

No restante dos perfis, o decréscimo nos teores de matéria orgânica pouco afeta a densidade, sendo que nos perfis P1 e P10, à medida que diminui o teor de matéria orgânica, diminui também a densidade, o que provavelmente deve-se ao tipo de estrutura desenvolvida nos horizontes mais profundos. Nos perfis P6 e P14, verifica-se que a densidade do solo praticamente se mantém constante ou varia muito pouco, de acordo com o decréscimo da matéria orgânica em profundidade.

Comparando-se os dados de densidade aqui obtidos com os dos Cambissolos eutróficos da região do Salitre (Ramos & Shinzato, 1993) ou da serra do Ramalho (Ramos & Manzatto, 1991), observa-se que os valores obtidos na APA Carste de Lagoa Santa são significativamente menores do que os dos solos com nítida influência da ação do calcário na sua formação, cuja densidade do solo varia de 1.30 a 1.55g/kg de TFSA. Já nos solos da APA, predominam valores de 0,9 a 1,20g/kg de TFSA. Essas diferenças certamente decorrem da distinção de arranjo estrutural das partículas encontradas nos dois ambientes.

A porosidade total dos solos varia de 43% a 64%, indicando que, apesar dos elevados teores de argila encontrados nos solos da APA Carste de Lagoa Santa, não há limitações ao desenvolvimento do sistema radicular, ou indicações de adensamento ou compactação pelo uso agrícola.

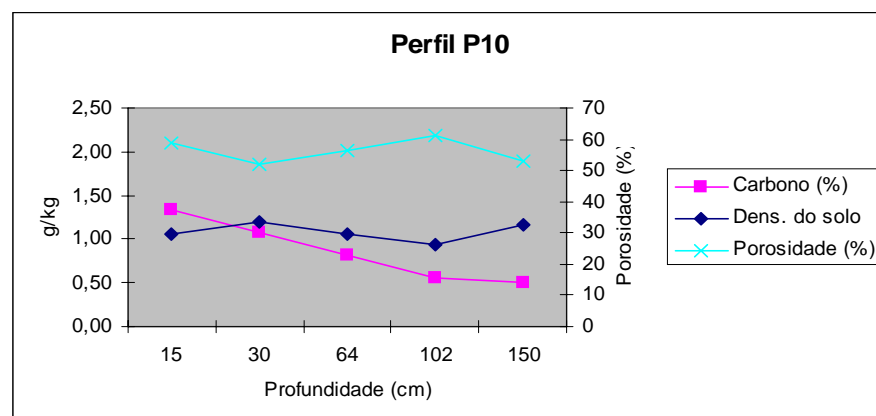
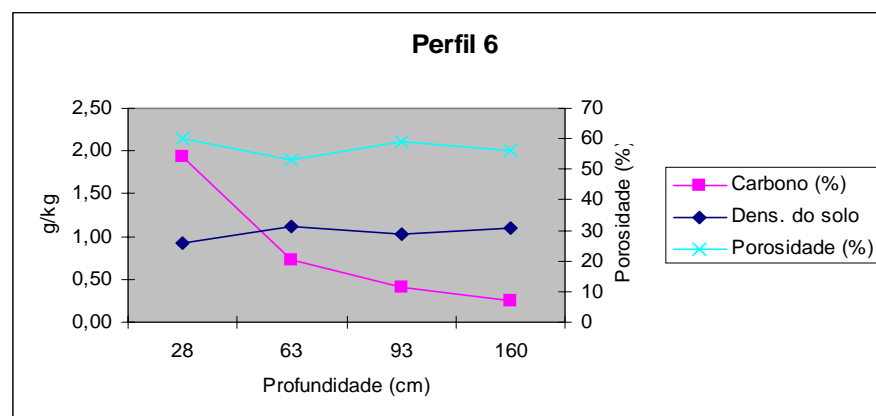
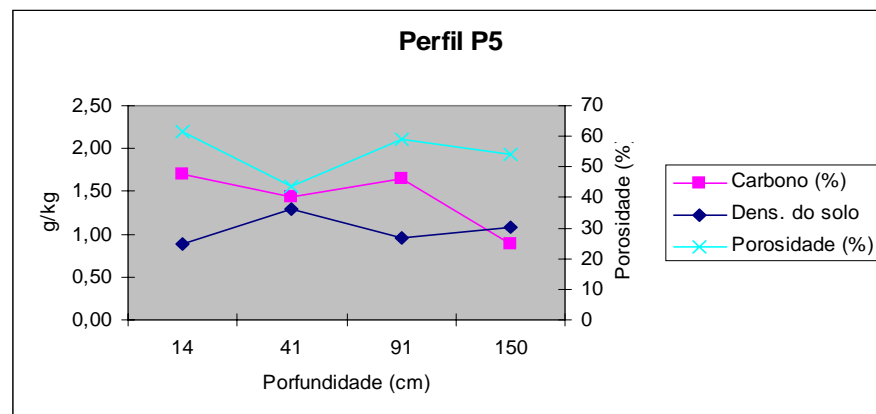
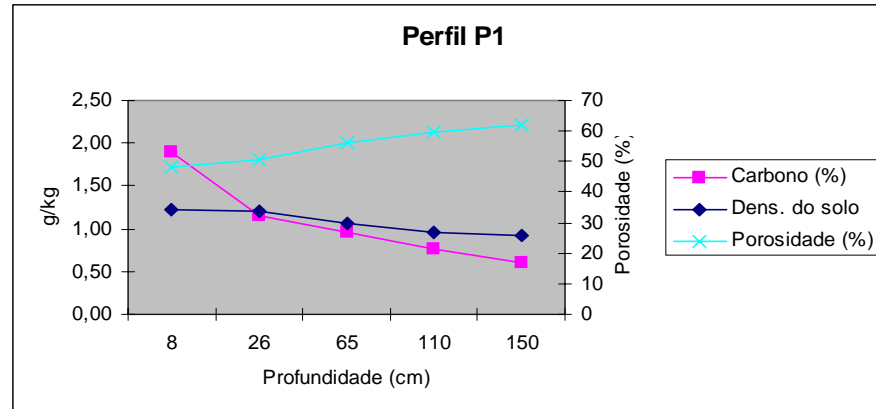


Figura 13 – Curvas de distribuição da densidade, carbono orgânico e porosidade em profundidade nos perfis P1, P 5, P6 e P10.

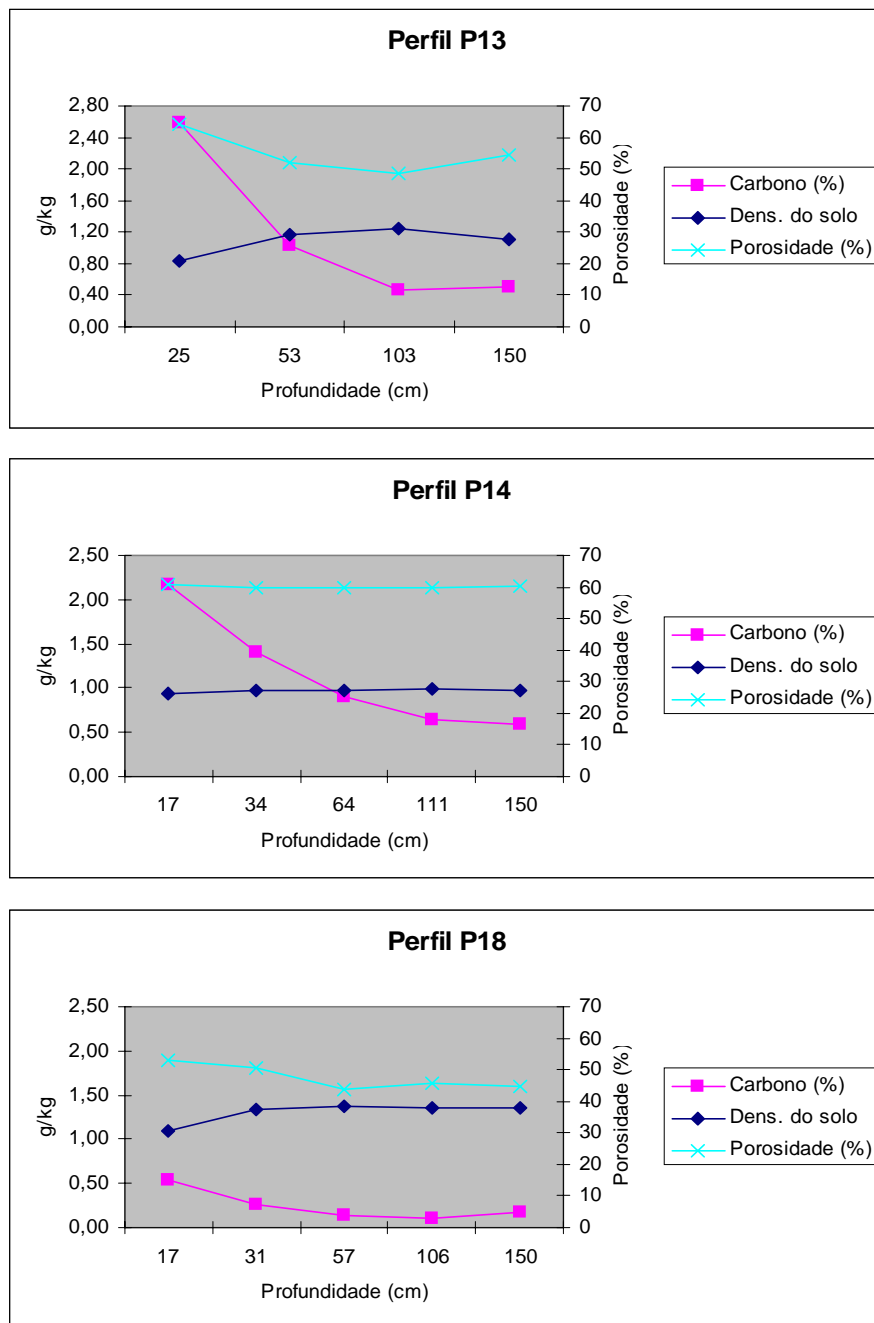


Figura 14 – Curvas de distribuição da densidade, carbono orgânico e porosidade em profundidade nos perfis P13, P14 e P18.



### 4.3 - Propriedades Químicas

Os resultados de algumas determinações analíticas dos perfis encontram-se resumidos nas Tabelas 3 e 4, e os dados completos de cada perfil são apresentados no Apêndice A.

#### 4.3.1 - Complexo Sortivo, pH e Atividade da Argila

De acordo com os dados das Tabelas 3 e 4, observa-se que os perfis analisados estão na faixa de acidez moderada a neutra, variando o valor de pH de 4,7 a 6,9 e, portanto, bem diferenciado dos valores obtidos na Rendzina, nos Cambissolos carbonáticos e nos Vertissolos, que sofrem influência maior do calcário nas suas formações. Os valores de pH encontrados nos trabalhos realizados por (Souza et al., 1993; Codevasf, 1991; Ramos & Manzatto, 1991) estão sempre na faixa superior ao pH 7,0, sendo comum encontrar-se o pH variando nesses solos entre 8,0 a 8,5.

Nos perfis estudados, os valores de pH em água são mais altos do que o pH em KCl, resultando, portanto, em  $\Delta$ pH negativo em todos os horizontes, com o decréscimo da matéria orgânica em profundidade, há um pequeno decréscimo na carga líquida negativa. Esse fato pode estar relacionado à contribuição da carga negativa dos minerais de argila, que, nesse caso, são predominantemente caulíníticos, pela redução das quantidades de  $H^+$ , e também pela própria diminuição no teor da matéria orgânica.

A soma de cátions trocáveis (valor S) é bastante variável nos perfis analisados, que podem ser divididos em dois grupos. O primeiro, compreendendo os perfis P1, P10, P13 e P14, que apresentam valor máximo de  $1,99 \text{ cmol}(+)\text{kg}^{-1}$  TFSA, exceto o horizonte Ap do perfil P1, que alcança  $4,95 \text{ cmol}(+)\text{kg}^{-1}$  TFSA. O segundo grupo corresponde aos perfis P5, P6 e P18, que têm valor S mais elevado, variando de 2,36 a  $12,27 \text{ cmol}(+)\text{kg}^{-1}$  TFSA. O perfil P10, representante dos solos que ocorrem na região de cobertura geológica do membro Pedro Leopoldo, apresenta os menores valores de S, variando de 0,08 a  $0,24 \text{ cmol}(+)\text{kg}^{-1}$  TFSA. Esses dados contrastam inteiramente com os normalmente obtidos para regiões onde os solos têm na sua formação influência maior de minerais ricos em

Tabela 3 – Propriedades químicas dos perfis P1, P5, P6 e P10.

Perfil	Horizonte	pH em		C (%)	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	S	Al <sup>++++</sup>	H <sup>+</sup>	T	V (%)	Sat. Al (%)	CTC da Argila
		H <sub>2</sub> O	ΔpH		cmol(+)kg <sup>-1</sup> de TFSA							cmol (+)kg <sup>-1</sup> de Argila	
P1	A	6,3	-0,9	1,89	4,74	0,1	4,95	0,00	2,71	7,66	65	0	-
	AB	5,0	-0,8	1,16	0,71	0,02	0,77	0,60	4,01	5,38	14	44	0,2
	BA	5,2	-1,0	0,96	0,26	0,02	0,31	0,60	8,33	9,24	3	66	5,5
	Bw1	4,8	-0,5	0,76	0,10	0,01	0,13	0,45	3,55	4,13	3	78	0,8
	Bw2	5,1	-0,7	0,60	0,16	0,01	0,19	0,25	3,17	3,61	5	57	1,1
P5	Ap	6,1	-1,0	1,70	6,52	0,87	8,64	0,00	2,57	11,21	77	0	-
	BA	6,1	-1,3	1,43	5,74	0,6	6,42	0,00	3,42	9,84	65	0	4,7
	Bi1	5,6	-1,2	1,65	4,37	0,42	4,85	0,25	4,52	9,62	50	5	2,9
	Big	5,9	-1,3	0,89	3,33	0,35	3,73	0,00	3,17	6,90	54	0	3,8
P6	Ap	5,6	-1,0	1,94	4,56	0,51	5,15	0,10	4,72	9,97	52	2	-
	BA	5,9	-1,0	0,73	3,22	0,04	3,29	0,00	3,00	6,29	52	0	3,5
	Bi1	6,2	-0,8	0,40	2,67	0,02	2,70	0,00	1,78	4,48	60	0	3,1
	Bi2	6,9	-1,2	0,24	2,34	0,01	2,36	0,00	1,78	3,84	61	0	3,2
P10	Ap	4,8	-0,9	1,33	0,08	0,04	0,24	2,30	9,17	11,71	2	91	-
	BA	4,9	-0,9	1,08	0,03	0,03	0,13	2,10	5,07	7,30	2	94	3,9
	Bi1	5,0	-0,9	0,82	0,03	0,02	0,09	1,70	3,39	5,18	2	95	2,2
	Bi2	5,2	-1,1	0,55	0,05	0,02	0,10	1,30	3,16	4,56	2	93	3,0
	Bi3	5,1	-1,0	0,51	0,04	0,01	0,08	1,30	3,06	4,44	2	94	2,9

Tabela 4 – Propriedades químicas dos perfis P13, P14 e P18.

Perfil	Horizonte	pH em H <sub>2</sub> O	ΔpH	C (%)	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	S	Al <sup>+++</sup>	H <sup>+</sup>	T	V (%)	Sat. Al (%)	CTC Argila
					cmol(+)kg <sup>-1</sup> de TFSA								cmol (+)kg <sup>-1</sup> de Argila
P13	A	5,1	-1,0	2,59	1,70	0,13	1,99	1,05	6,85	9,89	20	35	-
	BA	4,6	-0,7	1,04	0,03	0,02	0,12	1,90	6,26	8,28	1	94	5,1
	Bi1	4,8	-0,9	0,46	0,02	0,01	0,07	1,25	4,44	5,76	1	95	5,3
	Bi2	5,0	-1,1	0,50	0,01	0,01	0,09	1,45	3,64	5,18	2	94	3,9
P14	A	5,0	-1,0	2,17	0,76	2,17	1,09	2,00	6,41	9,50	11	65	-
	BA	5,1	-1,1	1,40	0,31	0,07	0,42	2,10	7,10	9,62	4	83	4,1
	Bi1	5,1	-1,1	0,9	0,11	0,04	0,17	2,10	6,39	8,66	2	93	5,4
	Bi2	4,7	-0,7	0,64	0,06	0,02	0,09	1,95	4,99	7,03	1	96	4,7
	Bi3	4,9	-0,9	0,59	0,05	0,01	0,08	2,10	4,54	6,72	1	96	4,4
P18	A	5,8	-0,9	3,00	9,78	2,30	12,27	0,00	4,77	17,04	72	0	-
	BA	6,0	-1,1	1,40	9,58	1,41	11,07	0,00	3,66	14,73	75	0	11,9
	Bt1	6,4	-1,3	0,70	7,10	1,00	8,16	0,00	2,35	10,51	78	0	9,0
	Bt2	6,5	-1,1	0,42	5,24	0,66	5,94	0,00	1,71	7,65	78	0	7,0
	Bt3	6,6	-0,9	0,20	4,04	0,59	4,65	0,00	1,49	6,14	76	0	6,8

cálcio e magnésio, nos quais observam-se valores do complexo sortivo bem superiores aos dos solos da APA.

Nos Cambissolos e Vertissolos de Irecê (BA), os valores para S variam de 15,0 a 36,0  $\text{cmol}(+)\text{kg}^{-1}\text{TFSA}$  (Souza et al.,1993), sendo o íon cálcio o maior colaborador para esse somatório de bases.

Nas Figuras 15 e 16 estão representadas as curvas de distribuição do carbono orgânico e cálcio + magnésio em profundidade. A análise dessas curvas mostra que os teores de carbono, como é normal, decrescem com a profundidade da mesma forma que os níveis de cálcio e magnésio. Esse fato pressupõe que a presença dos dois elementos no solo tenha uma maior relação com a CTC da TFSA do que com possíveis adições em decorrência da influência do material originário mais enriquecido de bases.

Destaca-se apenas que no perfil P18, embora também ocorra um decréscimo significativo nos teores de matéria orgânica e de cálcio e magnésio em profundidade, os teores desses íons são bem mais elevados, inclusive em relação aos perfis P5 e P6, que, segundo a geologia local, pertencem ao mesmo membro geológico.

Nos perfis P1, P10, P13 e P14, o complexo sortivo é dominado por alumínio e hidrogênio. Nesses perfis, a saturação de alumínio aumenta em profundidade, alcançando valores de até 96%, incompatíveis com materiais originários enriquecidos por cálcio ou de magnésio (Tabelas 3 e 4). Já nos perfis P5, P6 e P18, a acidez é menor por força dos maiores valores de cálcio e magnésio anteriormente discutidos.

Essa variação significativa do complexo de troca dos perfis-padrão coletados mostra a maior ou menor influência sofrida por eles do material originário, sendo certo que, na maioria dos perfis, a influência da rocha calcária na sua formação é pequena. Somente no perfil P5, situado na dolina, os valores elevados de cálcio devem estar relacionados ao fluxo hídrico do carste, portanto, ao material proveniente do embasamento calcário do membro Lagoa Santa.

A CTC calculada para quilo de argila, descontando a contribuição da matéria orgânica (Bennema, 1966), é apresentada na Figura 17 e nas Tabelas 3 e 4. O valor adotado para estimar a CTC relacionada à fração orgânica foi de 4,5  $\text{cmol}(+)/\text{Carbono}(\%)$ . Com relação à CTC da fração mineral, os valores obtidos situam-se entre 0,8 e 11,9  $\text{cmol}(+)/\text{kg}$  de argila, com destaque para o perfil P18,

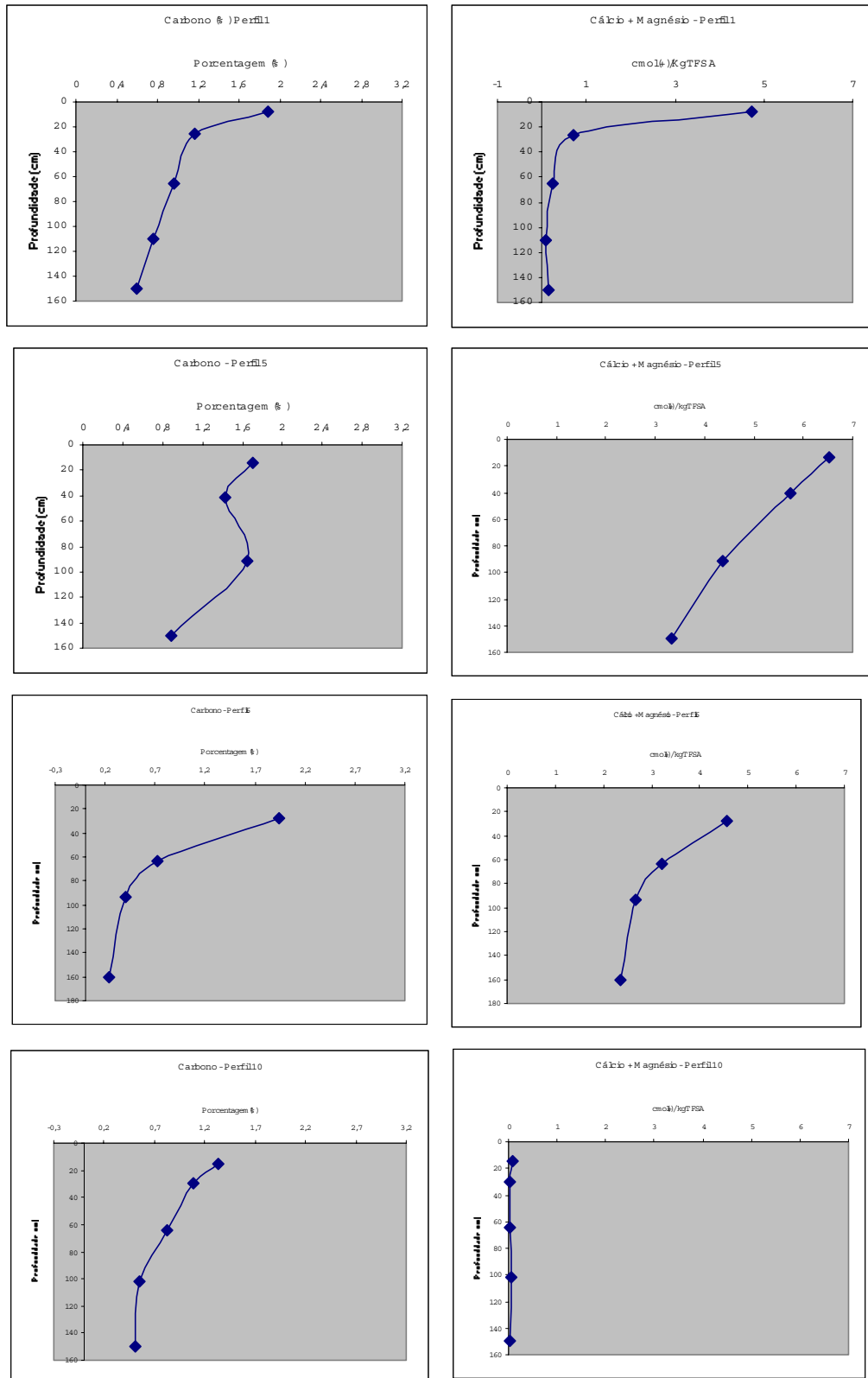


Figura 15 – Curvas de distribuição do carbono orgânico e do cálcio + magnésio em profundidade, nos perfis P1, P5, P6 e P10.

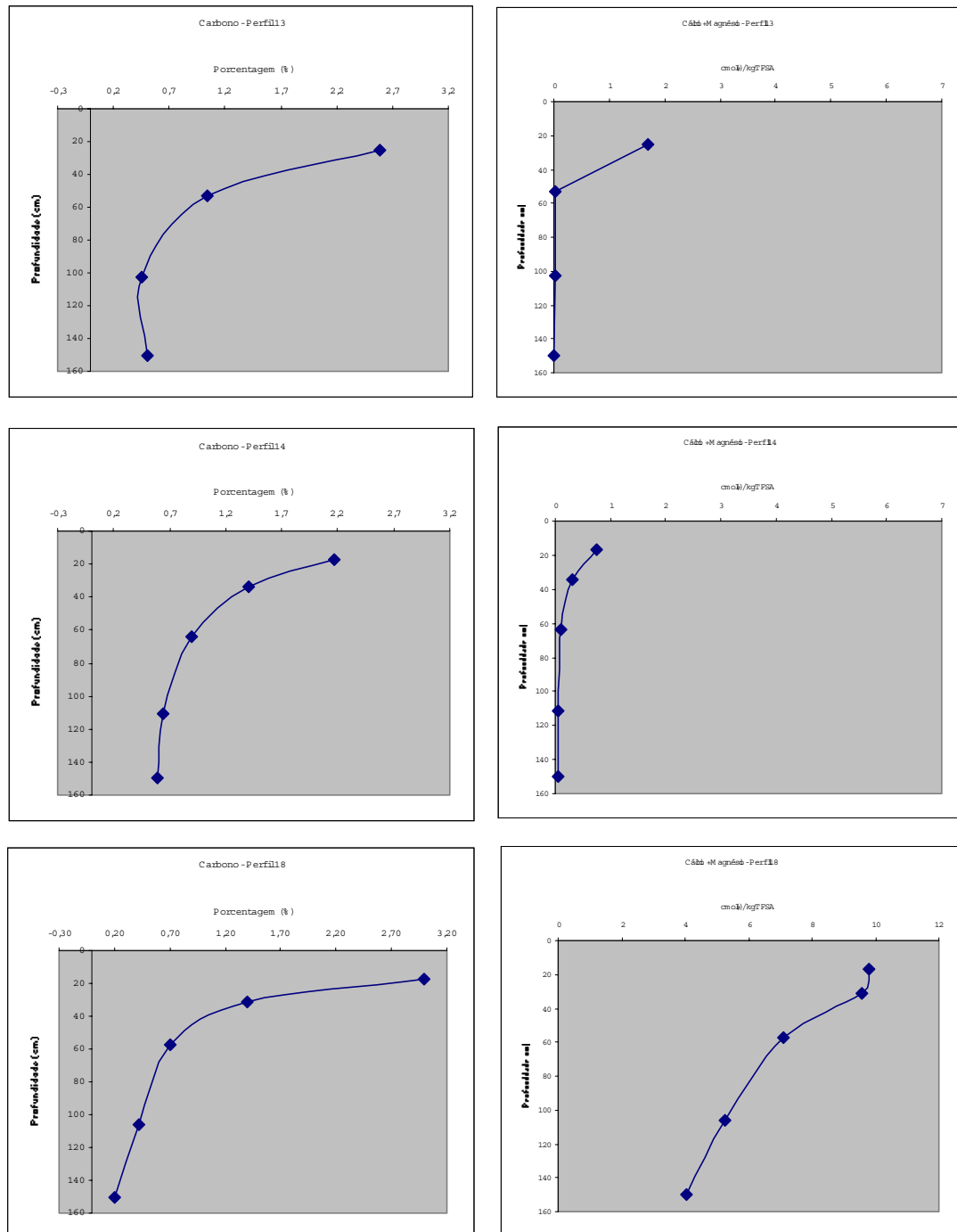


Figura 16 – Curvas de distribuição do carbono orgânico e do cálcio + magnésio em profundidade, nos perfis P13, P14 e P18.

no qual a CTC alcançou valores entre 6,8 e 11,9  $\text{cmol}(+)\text{kg}^{-1}$  de argila, que são ainda atribuídos à presença de argilas de baixa atividade.

Esse resultado é, portanto, bem diferente do esperado em solos desenvolvidos sob influência do calcário.

Os menores valores de CTC da fração argila (0,8 e 1,1  $\text{cmol}(+)\text{kg}^{-1}$  de argila) no horizonte Bw foram observados para o perfil P1 – Latossolo Vermelho-Escuro –, caracterizando o maior grau de alteração química desse solo em relação aos demais da APA Carste de Lagoa Santa.

Estando todos os níveis de CTC da argila abaixo de 24  $\text{cmol}(+)\text{kg}^{-1}$  de argila, podemos classificar todos os perfis como sendo de argila de atividade baixa (Larach, O.I., 1988). Ainda, como o limite para diferenciação entre Latossolos e Cambissolos é de 13  $\text{cmol}(+)\text{kg}^{-1}$  de argila (Embrapa, 1988), esses solos estão dentro da faixa normalmente aceita para Latossolos. Valores semelhantes foram encontrados por Brasil (1983), Cetec (1992) e Cetec (1993).

Para os solos discutidos anteriormente como de influência visível do calcário, os valores de atividade da argila encontram-se sempre superiores ou muito próximos a 24  $\text{cmol}(+)/\text{kg}$  de argila. No caso do Vertissolo e do Cambissolo vértico carbonático, onde dominam a esmectita, esses valores são bem superiores, podendo-se chegar a uma CTC equivalente a 60-70  $\text{cmol}(+)\text{kg}^{-1}$  (Souza et al., 1993).

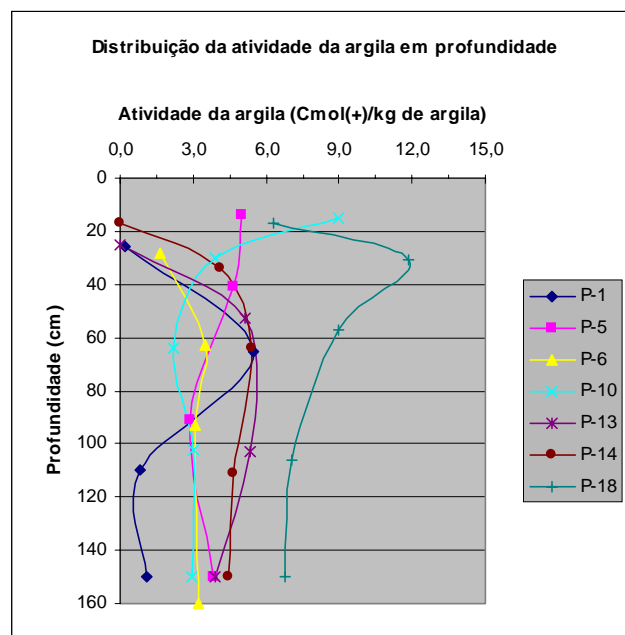


Figura 17 – Distribuição da atividade da argila em profundidade nos perfis analisados.

### **4.3.2 - Complexo de Meteorização**

Os valores dos elementos silício ( $\text{SiO}_2$ ), alumínio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), ferro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) e titânio ( $\text{TiO}_2$ ), expressos na forma de óxidos, são apresentados na Tabela 5.

Os resultados obtidos indicam que a fração mineral dos perfis analisados é, predominantemente, constituída por argilominerais do grupo da caulinita, uma vez que a relação molecular  $k_i$  ( $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ ) apresenta valores próximos de 2,0, variando de 1,5 a 2,27. Esse resultado confirma em parte os itens anteriormente discutidos sobre Valor S e CTC da fração argila, que também indicaram a presença dominante de solos mais intemperizados na região estudada.

Nos solos menos intemperizados, com domínio das argilas do tipo 2:1, como é o caso dos solos mais influenciados pelo calcário, os valores encontrados para  $k_i$  são sempre superiores aos verificados nos solos da APA Carste de Lagoa Santa, variando de 2,3 a 4,2, de acordo com a literatura consultada. Nos Vertissolos originados do embasamento calcário, é comum encontrar-se  $k_i$  equivalente a 4,0 (Embrapa, 1973).

## **4.4 - Propriedades Mineralógicas**

### **4.4.1 - Mineralogia das Frações Grosseiras**

A análise mineralógica revelou a presença dos seguintes minerais: quartzo, goethita, hematita, magnetita e traços de gibbsita, os quais se encontram distribuídos pelos perfis em caráter apenas qualitativo. Referem-se apenas aos horizontes subsuperficiais dos perfis analisados.

Em todos os perfis, o quartzo é o mineral predominante e, quando observado em lupa binocular, mostrou-se como grãos angulosos e subangulosos, ora regulares, ora irregulares; incolores, alaranjados e brilhantes. Em todas as amostras, essas características se mantiveram constantes em profundidade. Tal fato torna remota a chance de haver uma descontinuidade litológica nesses solos.



Tabela 5 – Ataque sulfúrico, ki e kr, dos perfis analisados

Perfil	Horizonte	Ataque Sulfúrico 1:1 (%)				Ki	Kr	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
		SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>			
P1	Ap	21,35	22,78	7,63	0,41	1,59	1,31	2,99
	AB	28,18	29,22	8,81	0,53	1,64	1,37	3,32
	BA	29,22	29,35	9,74	0,58	1,69	1,40	3,01
	Bw1	28,14	28,91	9,82	0,62	1,65	1,36	2,94
	Bw2	28,01	28,76	10,38	0,69	1,66	1,34	2,77
P5	Ap	22,13	19,45	6,02	0,39	1,93	1,61	3,23
	BA	24,98	22,78	7,87	0,43	1,86	1,53	2,89
	Bi1	26,53	23,67	8,76	0,47	1,91	1,54	2,70
	Bi2g	28,47	24,56	9,13	0,51	1,97	1,59	2,69
P6	A	25,47	22,45	6,47	0,22	1,93	1,63	3,47
	BA	32,48	24,35	8,56	0,44	2,27	1,85	2,84
	Bi1	32,27	25,87	10,56	0,45	2,12	1,68	2,45
	Bi2	33,18	26,51	11,48	0,54	2,13	1,67	2,31
P10	Ap	17,46	16,34	5,36	0,15	1,82	1,50	3,05
	BA	19,98	17,56	6,98	0,26	1,93	1,54	2,52
	Bw1	21,34	18,23	7,45	0,29	1,99	1,58	2,45
	Bw2	23,53	18,98	8,56	0,34	2,11	1,64	2,22
	Bw3	24,88	19,12	9,68	0,36	2,21	1,67	1,98
P13	A	21,78	18,89	6,46	0,29	1,96	1,61	2,92
	BA	24,89	20,45	8,12	0,36	2,07	1,65	2,52
	Bi1	26,12	21,12	8,45	0,45	2,10	1,67	2,50
	Bi2	27,50	21,67	8,98	0,48	2,16	1,71	2,41
P14	A	22,46	22,34	5,67	0,39	1,71	1,47	3,94
	BA	25,34	23,01	7,23	0,40	1,87	1,56	3,18
	Bw1	27,47	23,56	7,99	0,46	1,98	1,63	2,95
	Bw2	28,57	24,46	9,76	0,51	1,99	1,58	2,51
	Bw3	30,44	25,23	10,58	0,54	2,05	1,62	2,38
P18	A	25,89	22,14	6,57	0,26	1,99	1,67	3,37
	AB	29,98	23,78	8,69	0,33	2,14	1,74	2,74
	Bt1	31,12	24,67	10,56	0,37	2,14	1,68	2,34
	Bt2	32,06	25,36	11,28	0,41	2,15	1,67	2,25
	Bt3	31,93	25,12	11,89	0,43	2,16	1,66	2,11

A goethita ( $\text{FeO}(\text{OH})$ ) vem em segundo lugar na maioria dos solos e está ausente nos materiais provenientes do membro Pedro Leopoldo e Serra de Santa Helena, representados pelos perfis P10 e P13, respectivamente.

A hematita ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) ocorre em todos os perfis analisados e a magnetita ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) aparece em quase todos os perfis, menos no perfil P6. A gibbsita  $\text{Al}(\text{OH})_3$  aparece como traços apenas no material proveniente do membro Lagoa Santa, representado pelo perfil P14. Não foram observadas diferenças expressivas na mineralogia da fração areia entre os horizontes de um mesmo perfil.

Esses resultados mostram que, embora o material originário seja geologicamente diferente, a fração grosseira é bastante semelhante, sendo, portanto, possível concluir-se que os sedimentos que deram origem aos materiais das formações Santa Helena e Sete Lagoas eram de mesma natureza.

#### **4.4.2 Mineralogia da Fração Argila**

A análise mineralógica da fração argila pelo método do raio X foi realizada em todos os horizontes subsuperficiais dos sete perfis. No Apêndice B, Figuras 18 a 24, estão representados os difratogramas obtidos para os horizontes B2, uma vez que não se constatou nenhuma diferença de composição em relação aos demais. Os resultados da análise semiquantitativa dos minerais identificados por difratometria de raios X, em argilas de horizontes subsuperficiais, são apresentados na Tabela 6.

De acordo com os dados apresentados, a caulinita é predominante em todos os perfis analisados, e não se verificam diferenças nos componentes mineralógicos entre os horizontes de um mesmo perfil. A illita foi identificada em todos os perfis, menos no perfil P1. Entretanto, identificou-se um percentual de illita-esmectita interestratificada nesse perfil. A esmectita foi identificada no material assente sobre materiais de origem do membro Pedro Leopoldo, isto é, perfil P10, mas, em percentuais mínimos. A clorita e a illita-clorita interestratificada foram identificadas nos perfis P5, P10, P14 e P18. No perfil P13, apenas a illita-clorita interestratificada foi identificada. Não foi constatada a presença de quartzo ou óxido de ferro, hematita e goethita, na fração argila.

No Apêndice B são apresentados os difratogramas do perfil P1, cuja única diferença com relação aos demais é a presença da illita-esmectita

interestratificada. Nos difratogramas do perfil P10, obtidos para o horizonte Bi2, verificou-se a ocorrência de picos referentes a illita, esmectita, clorita e também illita-clorita interestratificada após os devidos tratamentos.

Nos solos estudados por Ramos & Manzatto (1991), Souza et al. (1993) e Santos (1976), a mineralogia da fração argila encontrada para os solos com maior influência do calcário tem como domínio as argilas do tipo 2:1, destacando-se a montmorilonita e, no caso dos solos vérticos, as esmectitas.

Tabela 6 – Análise mineralógica semiquantitativa para minerais de argila de alguns horizontes.

Perfil	Horizontes	Caulinita	Illita	Esmectita	Illita-Esmectita	Clorita	Illita-Clorita
		Porcentagem Estimada (%)					
1	Bw1	90	-	-	10	-	-
	Bw2	91	-	-	9	-	-
5	Bi1	86	6	-	-	1	7
	Bi2	88	6	-	-	1	5
6	Bi1	90	10	-	-	-	-
	Bi2	91	9	-	-	-	-
10	Bi1	58	26	1	-	3	12
	Bi2	58	25	1	-	4	12
	Bi3	59	27	1	-	4	9
13	Bi1	84	14	-	-	-	2
	Bi2	86	12	-	-	-	2
14	Bi1	91	4	-	-	1	2
	Bi2	93	4	-	-	1	2
18	Bt1	76	11	-	-	2	11
	Bt2	78	12	-	-	2	8
	Bt3	81	11	-	-	2	6

#### 4.5 Aspectos Relacionados ao Material de Origem e Ambiente Pedogenético

A maior parte da área da APA Carste de Lagoa Santa encontra-se inserida no domínio das rochas carbonáticas do grupo Bambuí, principalmente na sua porção central. Na porção norte, que tem formas predominantemente

convexas, sul e sudeste são dominadas pelas rochas pelíticas, e sua paisagem apresenta uma forma de relevo predominantemente convexa (Cetec/CPRM, 1994).

Considerando a distribuição de materiais de origem indicada pelo levantamento geológico da APA Carste de Lagoa Santa (CPRM, 1994) e se assumirmos que o material inconsolidado seja autóctone, cada um dos solos estudados desenvolveu-se a partir de materiais geologicamente distintos: o primeiro, identificado como rochas pelíticas, é constituído de siltitos, argilitos e arenitos subordinados. O segundo tem sua origem nas rochas carbonáticas constituídas predominantemente por calcissiltitos, margas e, subordinadamente, calcarenitos muito finos, compreendendo o membro Pedro Leopoldo. O terceiro material, que também se origina das rochas carbonáticas, é dominado por calcarenitos com intercalações de calcissiltitos e, subordinadamente, calcarenitos muito finos, constituindo o membro Lagoa Santa.

Sobre as rochas pelíticas e carbonáticas do grupo Bambuí ocorrem, discordantemente, depósitos coluviais argilosos. Trata-se de uma cobertura detrítica correspondente às superfícies de aplainamento, que se apresentam com relevo suave ondulado ou como extensas superfícies rebaixadas de relevo plano e suave ondulado. Em Irecê, essas superfícies tendem a desaparecer, não representando um nível-chave na estratigrafia do grupo Bambuí, a exemplo do que ocorre com a formação Serra de Santa Helena (Dardene, 1978).

A maior dificuldade em relacionar esses solos a seu material originário está no fato de esses materiais apresentarem características muito próximas entre si, apesar de pertencerem a diferentes grupos de formação geológica, segundo o mapeamento realizado pela CPRM (1994). De acordo com esse mapeamento geológico, dos sete solos estudados, os perfis P6 e P13, Cambissolo profundo e Cambissolo álico, estão assentados sobre o metapelito da formação Serra de Santa Helena, e apenas o perfil P10, Cambissolo álico profundo, encontra-se sobre o material da formação Sete Lagoas, membro Pedro Leopoldo. O restante dos solos faz parte do material do membro Lagoa Santa, que é justamente o de maior ocorrência na APA.

## 5.0 - RESUMO E CONCLUSÕES

No intuito de colaborar para a melhor compreensão da formação dos solos que recobrem regiões de influência do calcário, foram selecionados sete perfis de solos, na Área de Proteção Ambiental (APA) Carste de Lagoa Santa – MG, para estudo de suas características morfológicas, físicas, químicas, mineralógicas e suas relações com o embasamento calcário do grupo Bambuí.

Os sete perfis ocupam diferentes posições geomorfológicas na região, não só em relação à altitude, mas também na forma de relevo e pendente. De acordo com as suas características, os perfis foram coletados seguindo-se a metodologia descrita por Lemos & Santos (1996) e classificados no Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (Camargo et al., 1987) nas classes dos Latossolos, Podzólicos e Cambissolos. Os Latossolos, invariavelmente, ocupam as posições de relevo mais suave nas diferentes altitudes de 770m e 850m (Figura 9). Os Cambissolos profundos têm posição definida nas partes superiores e inferiores na transição entre as diferentes altitudes, em relevo ondulado e forte ondulado, enquanto que na posição mais baixa e deprimida, de relevo coincidente com uma dolina, foi descrito o Cambissolo Gleico. O único perfil identificado como Podzólico ocorre no terço superior de encosta no relevo forte ondulado, numa altitude de 770m.

As características apresentadas pelos perfis descritos permitem ordená-los quanto ao grau de pedogênese na seguinte seqüência: P1, P14 e P10 (Latosolos) > P18 (Podzólico) > P13 e P16 (Cambissolo profundo) > P5 (Cambissolo gleico).

Pelos resultados obtidos, conclui-se que são poucas as evidências da maior ação do material calcário da APA Carste de Lagoa Santa na formação dos solos estudados. Em todas as posições do relevo, inclusive na posição mais rebaixada e coincidente com a dolina, as características morfológicas e físicas do sedimento formador de solos são, nitidamente, bem diferenciadas daqueles solos que, em outras regiões, receberam maior influência do material calcário na sua formação

Morfologicamente são solos profundos, de estrutura granular e ultra-fina granular, ou apresentam-se em blocos determinando uma relação de volume entre material sólido e vazios bem diferenciada da de solos desenvolvidos sobre maior influência do calcário. A ausência de estruturas bem desenvolvidas, como blocos de tamanho grande ou prismáticas, comuns aos solos de maior influência de calcário, confirmam essas afirmações.

Ademais, suas características químicas, dominadas pela baixa atividade das argilas,  $\Delta\text{pH}$  negativo mais estreito, baixa relação sílica/sesquióxidos e baixos valores de bases trocáveis, inclusive de cálcio e magnésio, aliadas à dominância da caulinita e gibbsita na mineralogia da fração argila, dão conta de estarem mais próximas das características dos solos mais intemperizados e, possivelmente, desenvolvidos de sedimentos recentes retrabalhados, do que do material geológico autóctone com domínio de calcário, como expressam os trabalhos litoestratigráficos realizados para a região em questão.

Assim, de acordo com os resultados obtidos, as principais conclusões do trabalho realizado são as que se seguem.

Os perfis de solo examinados desenvolveram-se aparentemente de material coluvial de granulometria argilosa com menor influência do substrato calcário. Os perfis têm na morfologia (seqüência de horizontes, cor, estrutura e consistência) propriedades similares às encontradas nos solos latossólicos, à exceção do perfil P18, que apresenta propriedades morfológicas comuns à classe dos solos Podzólicos.

Os aspectos físicos e químicos apontam para solos de elevada permeabilidade, altamente intemperizados e lixiviados. Embora bastante argilosos, os teores de bases trocáveis são baixos, especialmente nos horizontes subsuperficiais.

As relações moleculares obtidas a partir dos valores do complexo de meteorização confirmam a dominância de minerais altamente intemperizados, também observada pela mineralogia da fração grosseira, como das argilas. Apenas o perfil P10 diferencia-se mineralogicamente dos demais, por apresentar altas percentagens de illita e illita-clorita na fração argila.

Os resultados alcançados permitem concluir finalmente pela pequena ou pouca influência dos materiais calcários que compõem os membros Pedro Leopoldo e Lagoa Santa na gênese dos solos. Estes apresentam características morfológicas, físicas, químicas e mineralógicas mais relacionadas aos sedimentos da formação Serra de Santa Helena, composta de siltitos e argilitos, do que ao material carbonático dominante na formação Sete Lagoas, independentemente de suas posições geográficas na APA Carste de Lagoa Santa.

Há uma divergência de escalas de observação entre os estudos de geologia e pedologia nessa região. Assim, alguns perfis identificados pela geologia como originários de materiais da formação Sete Lagoas são, na realidade, relacionados à formação Serra de Santa Helena. Esse resultado demonstra a relevante contribuição da pedologia nos estudos de formações superficiais.

## 6.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ab`Saber, A. N. (1977) Os domínios morfoclimáticos na América do Sul. Boletim do Instituto de Geografia da USP, São Paulo, (52). p. 1-21.
- Almeida, F. F. M. (1977) O Cráton de São Francisco. Revista Brasileira de Geociências, São Paulo. 7(4): 349-346.
- Almeida, J. R. de M. S. (1979) Cronosseqüência de solos originários de rochas pelíticas do grupo Bambuí. Tese de Mestrando. UFV. Viçosa. 150p.
- Barbosa, F. A. R. et al. (1984) Estudos limnológicos na região cárstica central de Minas Gerais: Caracterização preliminar da Lagoa Santa. Anais do 4º Seminário de Ecologia. p 399-437.
- Barbosa, G. V. (1961) Notícias da mata pains. Boletim Mineiro de Geografia. Belo Horizonte, 2.
- Bennema, J. & Camargo, M. N. (1978) Some remarks on Brazilian Latossols in relation to the Oxisols of soil taxonomy. Anais International soil classification workshop. Bangkok. p233-261.
- Bennema, J. (1966) The Calculation of CEC for 100g grams clay with correction for organic carbon. Roma: FAO. p27-30. (FAO, EPTA Report, 2197).
- Bennema, J. (1973) Oxissolos brasileiros. Anais do 14º Cong. Bras. Ci. Solo. Santa Maria. SBCS. p7-35
- Branco, J.J. R. & Costa, M. T. da. (1961) Roteiro da excursão Belo Horizonte - Brasília. Anais do 14º Cong. Bras. Geol., Belo Horizonte. SBG.



- Brasil (1977) Ministério das Minas e Energia. Projeto RADAMBRASIL. Levantamento exploratório-reconhecimento do Estado de Minas Gerais. Vol 1. Brasília - DF. 572p. (não publicado)
- Brasil. (1982) Ministério das Minas e Energia. Projeto RADAMBRASIL. Levantamento de recursos naturais. Folha Goiânia. Rio de Janeiro.
- Brasil. (1983) Ministério das Minas e Energia. Projeto RADAMBRASIL. Levantamento de recursos naturais. Folhas SC.24/25 Aracaju/Recife. Rio de Janeiro. Vol 30.
- Cabral, J. A. L. (1994) Cartografia geotécnica de planejamento da região de Sete Lagoas-Lagoa Santa. In: Projeto VIDA, CPRM, Belo Horizonte. Relatório Técnico.
- Camargo, M. N.; Klamt, E.; Kauffman, J. H. (1987) Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. SBCS. Campinas-SP.
- Cemig (1992) Fotografias aéreas, escala 1:30.000.
- Cetec. (1981) Definição e descrição dos limites da área proposta para preservação do maciço onde se localiza a gruta do Rei do Mato - Município de Sete Lagoas, MG. Belo Horizonte. Relatório Técnico.
- Cetec. (1983) Diagnóstico ambiental de Minas Gerais. Belo Horizonte. Série Publicações Técnicas, 10.
- Cetec. (1987) Estudos da dinâmica dos recursos hídricos da região cárstica dos municípios de Lagoa Santa, Pedro Leopoldo e Matozinhos. Belo Horizonte. Relatório Técnico, Vol. 1. P.1-33
- Cetec. (1992) Estudos ambientais na região cárstica de Lagoa Santa - Sete Lagoas. In: Levantamento do uso da terra e reconhecimento vegetacional. Belo Horizonte. 48p.
- Cetec. (1993) Estudos Integrados de Recursos Naturais: Bacia do Alto São Francisco e parte central da área mineira da Sudene. Belo Horizonte.
- Cetec. (1994) Caracterização pedológica da região Sete Lagoas-Lagoa Santa. Belo Horizonte. Série Cartas Temáticas. Vol 2. 59p
- Cetec/CPRM. (1994) Estudos ambientais da região cárstica de Lagoa Santa - Sete Lagoas, MG. Caracterização geomorfológica.
- Codevasf. (1990) Levantamento semidetalhado de solos e classificação para irrigação das terras do Projeto Salitre – Juazeiro – BA.

- Codevasf. (1991) Levantamento detalhado de solos e classificação para irrigação das terras do Projeto Pontal. Petrolina – PE.
- Codevasf. (1996) Estudos de solos e classificação das terras para irrigação do Projeto Iuiu. Iuiu - BA.
- CPRM. (1994) Mapeamento Geológico da Área de Proteção Ambiental Carste de Lagoa Santa, MG. Escala 1:50.000. Belo Horizonte.
- Dardene, M. A. (1978) Síntese sobre a estratigrafia do Grupo Bambuí e Macaúbas no Brasil central. Anais do 30º Cong. Bras. Geol. Recife, SBG, V2 p. 597-610.
- Dnocs, (1985) Levantamento semidetalhado de solos e de alta intensidade de solos e classificação de terras para irrigação e aptidão agrícola do projeto piloto Jaguaribe - Apodi - RN.
- Dnos, (1986) Levantamento de reconhecimento de solos e classificação para irrigação do Projeto Piranhas - Cabugi - RN. 436p
- Dolabella, E. F.; (1958) Estudo das Regiões Karsticas. Tese de concurso para cargo de catedrático de geografia da Faculdade de Filosofia. Universidade de Minas Gerais. Belo Horizonte. 367p
- Eiten, G. (1983) Classificação da vegetação no Brasil. Brasília: CNPq. p.305
- Embrapa (1988) Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Descrição e notação de horizontes e camadas do solo. 2ª ed. Rio de Janeiro. 54p.
- Embrapa (1997) Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Anais do XXVI Cong. Bras. Ci. Solos. Roteiro da excursão pedológica. Rio de Janeiro. 98p.
- Embrapa (1997) Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solos. 2 ed. ver. Atual. Rio de Janeiro. 212p.
- Embrapa (1997) Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 4ª Aprox. Rio de Janeiro. 163p.
- Embrapa. (1971) Levantamento exploratório - reconhecimento de solos do Estado da Bahia. Salvador - BA.
- Embrapa. (1973) Levantamento exploratório - reconhecimento de solos do Estado do Ceará. Vol. 2. Fortaleza.
- Embrapa. (1975) Levantamento de solos do Estado de Sergipe. Recife-PE.
- Fernandes, A. & Bezerra, P. (1990) Estudo fitogeográfico do Brasil. Fortaleza. p.205

- Ferri, M. G. (1980) Vegetação brasileira. Belo Horizonte. p.157
- Freitas, F. G.; Silveira, S. D. (1976) Principais solos sob vegetação de cerrado e sua aptidão agrícola. Anais do 4º Simpósio sobre Cerrado. Brasília.
- Grossi Sab, J. H. & Quade, H. (1985) Revisão estratigráfica do Grupo Bambuí (bloco oriental), em Minas Gerais, Anais do 3º Simp. Geol. Minas Gerais, Belo Horizonte. ABG, p. 68-83.
- IBDF/Provale. (1979) Levantamento exploratório – reconhecimento dos solos da bacia do rio São Francisco. (Não publicado.)
- IBGE (1969) Cartas topográficas planialtimétricas, Folhas SE-23-2-C-VI-1 e SE-23-2-C-V-2 escala 1:50.000 e 1:100.000.
- Inpe (1994) Imagem Landsat -Thematic Mapper (TM5), bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7.
- Journaux, A. (1977) Geomorphologie et prehistorie. Methodologie pour une cartographie de l'environnement des sites pre-historiques; (exemple de Lagoa Santa - Minas Gerais Bresil) 95: 319-335.
- Kholer, H. C. (1989) Estudo do relevo cárstico de Lagoa Santa. Tese de doutoramento, USP, São Paulo. 113p.
- Kholer, H. C. (1996) In: Dicionário Geológico-Geomorfológico. 7ªed. Instituto de Geografia e Estatística/IBGE 1987.
- King, L. C. (1956) Geomorfologia do Brasil oriental. Rio de Janeiro, Revista Brasileira de Geografia, (18):147-265.
- Larach, O. I.; Camargo, M. N.; Jacomine, P. K. T.; Carvalho, A. P.; Santos, H. G. dos, (1988) Definição e notação de horizontes e camadas do solo. Rio de Janeiro. 34p. Documento 3.
- Lemos, R. C. & Santos, R. D. (1996) Manual de descrição e coleta de solo no campo. 3ª ed. SBCS. Campinas. 84p.
- Lladó, N. L. (1970) Fundamentos de hidrogeologia cárstica. Editora Blume 271p.
- Nou, E. A. V. (1978) A pedogênese sobre calcário Bambuí. Estudo de uma topossequência – Cambisol, Cambisol Vértico, Vertisol. Dinâmica dos Carbonatos. Região de Irecê – BA. Tese de Mestrando. UFBA. Salvador. 138p.
- Oliveira, J. B. de; Jacomine, P. T. K.; Camargo, M. N. (1992) Classes gerais de solos do Brasil: guia auxiliar para seu reconhecimento. Jaboticabal: FUNEP, 201 p.
- Passos, M. B. A. (1988) Caracterização genética dos solos derivados de calcário no Estado da Bahia. Tese de mestrado. Recife - PE.

- Ramos, D. P. & Manzatto, C. V. (1991) Levantamento semidetalhado de solos, aptidão agrícola das terras para culturas de sequeiro e classes de terras para irrigação do projeto especial de colonização da Serra do Ramalho - Bom Jesus da Lapa - BA. Relatório Técnico. Vol 1. 543p
- Ramos, D. P. & Shinzato, E. (1993) Levantamento de reconhecimento de alta intensidade e classificação para irrigação de 2.700 hectares da área aluviões do Projeto Salitre - Juazeiro - BA. Relatório Técnico. 97p
- Rizzini, C. T. (1979) Tratado de fitogeografia do Brasil. São Paulo. EDUSP. Vol.2.
- Robinson, G. W. (1960) Los suelos, su origem; constitucion y clasificación, 3ª ed. Editora Omega S. A. Barcelona.
- Ruellan, A. (1973) Morphology and distribution of calcareous soils in the mediterranean and desert regions. In: Calcareous soils, FAO Soils Bulletin Nº 21. 271p.
- Santos, M. L. dos, (1976) Contribuição à caracterização e classificação de alguns solos desenvolvidos sobre calcário da região de Irecê Xique-Xique - BA. Tese de mestrado. Salvador - BA.
- Schoell, W.U. (1973) Sedimentologia der Bambui - Gruppe in SE teil des São Francisco Beckens, Forsh. Geol. Palaent., 31/32: 71-91.
- Souza, E. A. de, (1991) Caracterização e gênese de solos do Baixo de Irecê Estado da Bahia. Tese de mestrado. Recife - PE.
- Souza, E. A. de; Ribeiro, M. R.; Ferreira, V. X. (1993) Caracterização e gênese de solos do Baixo de Irecê (BA). Rev. Bras. Ci. Solo. 17(1):89:97.
- Tricart, J. (1956) O Karst das vizinhanças setentrionais de Belo Horizonte. Revista Brasileira de Geografia, Rio de Janeiro, 18 (4): 451-470.
- Tuller, M. P. & Ribeiro, J. H. (1992) Geologia da região de Lagoa Santa e Sete Lagoas. Belo Horizonte: CPRM/CETEC.
- Tuller, M. P.; Ribeiro, J. H.; Danderfer F. (1991) a Geologia da região de Lagoa Santa e Sete Lagoas. In: Projeto VIDA, CPRM, Belo Horizonte. Relatório Técnico.
- Usaf (1967) United States Air Force. Fotografias aéreas, escala 1:60.000.
- Usda (1996) Natural Resources Conservation Service. Keys to Soil Taxonomy. Seventh edition. 644p
- Wambeke, A. Van. (1966) Soil bodies and soil classification. Soil and Fertilizers, Oxon, v 29, p 507-510.

Winchell, N.; Winchell, H. (1959) Elements of optical mineralogy. New York : John Willey. 551p.

## **APÊNDICE A**

Descrição morfológica e dados analíticos dos perfis de solos

**PERFIL: P1**

**CLASSIFICAÇÃO:** Latossolo Vermelho-Escuro álico A moderado textura muito argilosa cerrado relevo suave ondulado

**LOCALIZAÇÃO:** Faixa 10 - Foto.0760 Coord. 19° 37' 45''S 43° 59' 54'' W

**SITUAÇÃO E DECLIVE:** Trincheira aberta em terço superior de encosta com 6-10% de declive

**FORMAÇÃO GEOLÓGICA:** Formação Sete Lagoas, Membro Lagoa Santa

**MATERIAL ORIGINÁRIO:** Calcarenitos

**RELEVO LOCAL:** Suave ondulado

**RELEVO REGIONAL:** Suave ondulado

**ALTITUDE:** 820m

**EROSÃO:** Laminar ligeira

**DRENAGEM:** Bem drenado

**PEDREGOSIDADE:** Não pedregoso

**ROCHOSIDADE:** Não rochoso

**VEGETAÇÃO E USO ATUAL:** Cerrado/pastagem (Brachiaria)

- Ap            00 - 08cm    bruno-avermelhado (5YR 4/3, úmido); muito argilosa; moderada, pequena e média, granular e blocos subangulares; ligeiramente duro, friável, muito plástico e pegajoso; poros comuns, pequenos e médios; raízes comuns e finas; transição plana e clara.
- AB            08 - 26cm    bruno-avermelhado (5YR 4/4, seco); muito argilosa; moderada, pequena e média, blocos subangulares; ligeiramente duro, friável, muito plástico e pegajoso; poros comuns, pequenos e médios; raízes poucas e finas; transição plana e gradual.
- BA            26 - 65cm    vermelho (2,5YR 4/6, úmido); muito argilosa; moderada, pequena e média, granular e blocos subangulares; ligeiramente duro, muito friável, muito plástico e pegajoso; muitos poros, pequenos e médios; raízes poucas e finas; transição plana e gradual.
- Bw1           65 - 110cm   vermelho (2,5YR 4/6, úmido); muito argilosa; moderada, pequena e média, granular e blocos subangulares; macio, muito friável, muito plástico e pegajoso; muitos poros pequenos; raízes raras e finas; transição plana e difusa.
- Bw2           110 - 150cm   vermelho-amarelado (5YR 5/6, úmido); muito argilosa; moderada, muito pequena e pequena, granular; macio, muito friável, muito plástico e pegajoso; muitos poros pequenos.
- Tradagem    150 – 300cm   vermelho-amarelado (5YR 5/6, úmido); muito argilosa; muito plástico e pegajoso.

## ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

## PERFIL: P1

HORIZONTE		A	AB	BA	Bw1	Bw2
PROFUNDIDADE (cm)		00 - 08	08 - 26	26 - 65	65 - 110	110 - 150
COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DA TERRA FINA g/kg de TFSA	Areia grossa	70	50	50	50	40
	Areia fina	40	40	40	40	40
	Silte	40	10	10	60	70
	Argila	850	900	900	850	850
CLASSE TEXTURAL		muito argiloso	muito argiloso	muito argiloso	muito argiloso	muito argiloso
ARGILA NATURAL (g/kg de TFSA)		49	4	5	3	3
GRAU DE FLOCULAÇÃO (%)		42	96	94	96	96
RELAÇÃO SILTE/ARGILA		0.05	0.01	0.01	0.07	0.08
DENSIDADE (g/kg de TFSA)	do solo	1.23	1.21	1.07	0.96	0.93
	da partícula	2.38	2.44	2.44	2.38	2.44
POROSIDADE (%)		48	50	56	60	62
pH (1:25)	Água	6.3	5.0	5.2	4.8	5.1
	KCl	5.4	4.2	4.2	4.3	4.4
CÁTIONS TROCÁVEIS (g/kg de TFSA)	Ca <sup>++</sup>	4.74	0.71	0.26	0.1	0.16
	Mg <sup>++</sup>	0.10	0.02	0.02	0.01	0.01
	K <sup>+</sup>	0.10	0.03	0.02	0.01	0.01
	Na <sup>+</sup>	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Valor S (g/kg de TFSA)		4.95	0.77	0.31	0.13	0.19
ACIDEZ EXTRAÍVEL (cmol(+)/kg TFSA)	Al <sup>+++</sup>	0.00	0.60	0.60	0.45	0.25
	H <sup>+</sup>	2.71	4.01	8.33	3.55	3.17
VALOR T (g/kg de TFSA)		7.66	5.38	9.24	4.13	3.61
VALOR V (%)		65	14	3	3	5
SATURAÇÃO COM Al <sup>+++</sup> (%)		0	44	66	78	57
FÓSFORO ASSIMILÁVEL (ppm)		3	1	1	1	
CARBONO ORGÂNICO (%)		1.89	1.16	0.96	0.76	0.6
MATÉRIA ORGÂNICA (%)		3.26	2.00	1.66	1.31	1.03



SATURAÇÃO COM Na <sup>+</sup> (%)		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ATIVIDADE DA ARGILA (g/kg de argila)				5.5	0.8	1.1
ATAQUE SULFÚRICO (%)	SiO <sub>2</sub>	21,35	28,18	28,62	28,14	28,01
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	22,78	29,22	29,35	28,91	28,76
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7,63	8,81	9,74	9,82	10,18
	TiO <sub>2</sub>	0,41	0,53	9,82	0,62	0,69

**PERFIL: P5**

**CLASSIFICAÇÃO:** Cambissolo Gleico Eutrófico tb A moderado textura muito argilosa mata/cerrado relevo plano

**LOCALIZAÇÃO:** Faixa 7A - Foto 0677 Coord.19° 32'37"S 43° 69'39" W

**SITUAÇÃO E DECLIVE:** Trincheira aberta em área plana com microrrelevos suaves (cárstico)

**FORMAÇÃO GEOLÓGICA:** Formação Sete Lagoas, Membro Lagoa Santa

**MATERIAL ORIGINÁRIO:** Calcarenitos

**RELEVO REGIONAL:** Suave ondulado

**RELEVO LOCAL:** Plano

**ALTITUDE:** 695m

**EROSÃO:** Não aparente

**DRENAGEM:** Moderadamente/imperfeitamente drenado

**PEDREGOSIDADE:** Não pedregoso

**ROCHOSIDADE:** Não rochoso

**VEGETAÇÃO E USO ATUAL:** Transição floresta caducifólia/cerrado/Capineira

- Ap 00 - 14cm vermelho-escuro-acinzentado (2.5YR 3/2, úmido); muito argilosa; moderada, pequena, granular; macio, muito friável, muito plástico e muito pegajoso; muitos poros, pequenos e médios; raízes comuns e finas; transição plana e clara.
- BA 14 - 41cm vermelho-escuro-acinzentado (2.5YR 3/3, úmido); mosqueado comum, pequeno, difuso, preto-avermelhado (2.5YR 2.5/1); muito argilosa; moderada, pequena e média, blocos angulares e sub-angulares; duro, friável, muito plástico e muito pegajoso; muitos poros, pequenos e médios; raízes poucas e finas; transição plana e gradual.
- Bi1 41 - 91cm vermelho-escuro-acinzentado (2.5YR 3/3, úmido); mosqueado comum, pequeno, distinto, preto-avermelhado (2.5YR 2.5/1) ; muito argilosa; moderada, pequena e média, blocos sub-angulares; duro, friável, muito plástico e muito pegajoso; poros comuns, pequenos e médios; raízes poucas e finas; transição plana e clara.
- Bi2g 91 - 150cm bruno-amarelado (10YR 5/4, úmido); mosqueado comum, médio, distinto, vermelho-muito-escuro-acinzentado (2.5YR 2.5/2); muito argilosa; moderada, pequena e média, blocos angulares e sub-angulares; duro, friável, muito plástico e muito pegajoso; poros comuns, pequenos e médios; raízes raras e finas.
- Tradagem 150 - 230cm bruno-amarelado (10YR 5/6, úmido); mosqueado comum e proeminente, cinzento 5Y 5/1; muito argilosa; muito plástico e muito pegajoso.
- Tradagem 230 - 400cm bruno-forte (7.5YR 5/8, úmido); mosqueado abundante e proeminente, cinzento 5Y 5/2 e bruno-escuro (7.5YR 3/2); muito argilosa; muito plástico e muito pegajoso.

## ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

### PERFIL: P5

HORIZONTE		Ap	BA	Bi1	Bi2g	
PROFUNDIDADE (cm)		00 - 14	14 - 41	41 - 91	91 - 150	
COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DA TERRA FINA g/kg de TFSA	Areia grossa	80	80	50	90	
	Areia fina	70	70	50	60	
	Silte	140	120	140	90	
	Argila	710	730	760	760	
CLASSE TEXTURAL		muito argiloso	muito argiloso	muito argiloso	muito argiloso	
ARGILA NATURAL (g/kg de TFSA)		44	42	42	53	
GRAU DE FLOCULAÇÃO (%)		38	42	45	30	
RELAÇÃO SILTE/ARGILA		0.20	0.16	0.18	0.12	
DENSIDADE (g/kg de TFSA)	do solo	0.88	1.30	0.95	1.09	
	da partícula	2.30	2.30	2.33	2.38	
POROSIDADE (%)		62	43	59	54	
pH (1:25)	Água	6.1	6.1	5.6	5.9	
	KCl	5.1	4.8	4.4	4.6	
CÁTIONS TROCÁVEIS (g/kg de TFSA)	Ca <sup>++</sup>	6.52	5.74	4.37	3.33	
	Mg <sup>++</sup>	0.87	0.6	0.42	0.35	
	K <sup>+</sup>	0.97	0.07	0.05	0.04	
	Na <sup>+</sup>	0.28	0.01	0.01	0.01	
Valor S (g/kg de TFSA)		8.64	6.42	4.85	3.73	
ACIDEZ EXTRAÍVEL (cmol(+)/kg TFSA)	Al <sup>+++</sup>	0.00	0.00	0.25	0.00	
	H <sup>+</sup>	2.57	3.42	4.52	3.17	
VALOR T (g/kg de TFSA)		11.21	9.84	9.62	6.9	
VALOR V (%)		77	65	50	54	
SATURAÇÃO COM Al <sup>+++</sup> (%)		0	0	5	0	
FÓSFORO ASSIMILÁVEL (ppm)		65	61	66	54	
CARBONO ORGÂNICO (%)		1.7	1.43	1.65	0.89	
MATÉRIA ORGÂNICA (%)		2.93	2.47	2.84	1.53	
SATURAÇÃO COM Na <sup>+</sup> (%)		0.0	0.0	0.0	0.0	

ATIVIDADE DA ARGILA (g/kg de argila)			4.7	2.9	3.8	
ATAQUE SULFÚRICO (%)	SiO <sub>2</sub>	22,13	24,98	26,53	28,47	
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	19,45	22,78	23,67	24,56	
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6,02	7,87	8,76	9,13	
	TiO <sub>2</sub>	0,39	0,43	0,47	0,51	

**PERFIL: P6**

**CLASSIFICAÇÃO:** Cambissolo Latossólico Eutrófico tb A moderado textura muito argilosa floresta caducifolia relevo ondulado

**LOCALIZAÇÃO:** Faixa 8 - Foto 0750

**SITUAÇÃO E DECLIVE:** Trincheira aberta em terço médio com 12-20% de declive

**FORMAÇÃO GEOLÓGICA:** Formação Serra Santa Helena

**MATERIAL ORIGINÁRIO:** Metapelitos

**RELEVO REGIONAL:** Ondulado

**RELEVO LOCAL:** Ondulado

**ALTITUDE:** 770 m

**EROSÃO:** Laminar ligeira

**DRENAGEM:** Bem drenado

**PEDREGOSIDADE:** Não pedregoso

**ROCHOSIDADE:** Não rochoso

**VEGETAÇÃO E USO ATUAL:** Floresta caducifólia/sem uso

- A 00 - 28cm bruno-avermelhado-escuro (5YR 3/2, úmido); muito argilosa; forte, pequena e média, granular e blocos subangulares; duro, friável, muito plástico e muito pegajoso; poros comuns, pequenos e médios; raízes comuns e finas; transição plana e clara.
- BA 28 - 63cm vermelho-escuro-acinzentado (5YR 3/4, úmido); muito argilosa; forte, pequena e média, blocos subangulares; duro, friável, muito plástico e muito pegajoso; poros comuns, pequenos e médios; raízes poucas e finas; transição plana e gradual.
- Bi1 63 - 93cm bruno-avermelhado (5YR 4/4, úmido); muito argilosa; moderada, pequena e média, granular e blocos subangulares; ligeiramente duro, friável, muito plástico e muito pegajoso; muitos poros, pequenos e médios; raízes poucas e finas; transição plana e gradual.
- Bi2 93 - 160cm bruno-forte (7.5YR 4/6, úmido); muito argilosa; fraca, pequena, granular; macio, muito friável, muito plástico e muito pegajoso; muitos poros, pequenos e médios; raízes poucas e finas.
- Tradagem 160 - 285cm bruno-forte (7.5YR 5/6, úmido); muito argilosa; muito plástico e muito pegajoso.

## ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

### PERFIL: P6

HORIZONTE		A	BA	Bi1	Bi2	
PROFUNDIDADE (cm)		00 - 28	28 - 63	63 - 93	93 - 160	
COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DA TERRA FINA (g/kg de TFSA)	Areia grossa	90	90	70	70	
	Areia fina	60	50	60	50	
	Silte	80	0	0	30	
	Argila	770	860	870	850	
CLASSE TEXTURAL		muito argiloso	muito argiloso	muito argiloso	muito argiloso	
ARGILA NATURAL (g/kg de TFSA)		51	11	2	2	
GRAU DE FLOCULAÇÃO (%)		34	87	98	98	
RELAÇÃO SILTE/ARGILA		0.10	0.00	0.00	0.04	
DENSIDADE (g/kg de TFSA)	do solo	0.93	1.11	1.02	1.10	
	da partícula	2.33	2.38	2.50	2.50	
POROSIDADE (%)		60	53	59	56	
pH (1:25)	Água	5.6	5.9	6.2	6.9	
	KCl	4.6	4.9	5.4	5.7	
CÁTIONS TROCÁVEIS (g/kg de TFSA)	Ca <sup>++</sup>	4.56	3.22	2.67	2.34	
	Mg <sup>++</sup>	0.51	0.04	0.02	0.01	
	K <sup>+</sup>	0.07	0.02	0.01	0.01	
	Na <sup>+</sup>	0.01	0.01	0.00	0.00	
Valor S (g/kg de TFSA)		5.15	3.29	2.7	2.36	
ACIDEZ EXTRAÍVEL (cmol(+)/kg TFSA)	Al <sup>+++</sup>	0.10	0.00	0.00	0.00	
	H <sup>+</sup>	4.72	3.00	1.78	1.48	
VALOR T (g/kg de TFSA)		9.97	6.29	4.48	3.84	
VALOR V (%)		52	52	60	61	
SATURAÇÃO COM Al <sup>+++</sup> (%)		2	0	0	0	
FÓSFORO ASSIMILÁVEL (ppm)		28	31	26	32	
CARBONO ORGÂNICO (%)		1.94	0.73	0.40	0.24	
MATÉRIA ORGÂNICA (%)		3.34	1.26	0.69	0.41	

SATURAÇÃO COM Na <sup>+</sup> (%)		0.0	0.0	0.0	0.0	
ATIVIDADE DA ARGILA (g/kg de argila)			3.5	3.1	3.2	
ATAQUE SULFÚRICO (%)	SiO <sub>2</sub>	25.47	32.48	32.27	33.18	
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	22.45	24.35	25.87	26.51	
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6.47	8.56	10.56	11.48	
	TiO <sub>2</sub>	0.22	0.44	0.45	0.54	

**PERFIL: P10**

**CLASSIFICAÇÃO:** Cambissolo álico latossólico tb A moderado textura muito argilosa relevo ondulado cerrado

**LOCALIZAÇÃO:** Faixa 7 Foto 0679 Coord. 19° 31' 02" S 43° 56' 53" W

**SITUAÇÃO E DECLIVE:** Trincheira aberta em terço médio com 15-20% de declive

**FORMAÇÃO GEOLÓGICA:** Formação Sete lagoas, Membro Pedro Leopoldo

**MATERIAL ORIGINÁRIO:** Calcissiltito

**RELEVO REGIONAL:** Ondulado

**RELEVO LOCAL:** Ondulado

**ALTITUDE:** 765m

**EROSÃO:** Não aparente

**DRENAGEM:** Bem drenado

**PEDREGOSIDADE:** Não pedregoso

**ROCHOSIDADE:** Não rochoso

**VEGETAÇÃO E USO ATUAL:** Cerrado/pastagem

- |          |  |
|----------|--|
| Ap       | 00 - 15cm   bruno (7.5YR 4/3, úmido); muito argilosa; moderada, pequena, granular e blocos subangulares; ligeiramente duro, friável, muito plástico e pegajoso; poros comuns, pequenos e médios; raízes muitas, finas e médias; transição plana e clara.           |
| BA       | 15 - 30cm   bruno (7.5YR 4/4, úmido); muito argilosa; moderada, pequena, blocos subangulares; ligeiramente duro, friável, muito plástico e pegajoso; poros comuns, pequenos e médios; raízes comuns, finas e médias; transição plana e clara.                      |
| Bi1      | 30 - 64cm   bruno-forte (7.5YR 4/6, úmido); muito argilosa; moderada, pequena e média, blocos subangulares; ligeiramente duro, friável, muito plástico e pegajoso; poros comuns, pequenos e médios; raízes comuns, finas e médias; transição plana e gradual.      |
| Bi2      | 64 - 102cm   vermelho-amarelado (5YR 5/6, úmido); muito argilosa; moderada, pequena e média, blocos subangulares; ligeiramente duro, friável, muito plástico e pegajoso; muitos poros pequenos e médios; raízes comuns, finas e médias; transição plana e gradual. |
| Bi3      | 102 - 150cm   vermelho-amarelado (5YR 5/6, úmido); muito argilosa; moderada, pequena e média, blocos subangulares; ligeiramente duro, friável, muito plástico e pegajoso; poros pequenos e médios; raízes comuns, finas e médias.                                  |
| Tradagem | 150 - 300cm   vermelho-amarelado (5YR 5/8, úmido); muito argilosa; muito plástico e muito pegajoso.  |



## ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

## PERFIL: P10

HORIZONTE		Ap	BA	Bi1	Bi2	Bi3
PROFUNDIDADE (cm)		00 - 15	15 - 30	30 - 64	64 - 102	102 - 150
COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DA TERRA FINA (g/kg de TFSA)	Areia grossa	30	30	20	20	30
	Areia fina	130	100	80	80	70
	Silte	200	240	210	210	170
	Argila	640	630	690	690	730
CLASSE TEXTURAL		muito argiloso	muito argiloso	muito argiloso	muito argiloso	muito argiloso
ARGILA NATURAL (g/kg de TFSA)		45	43	2	2	2
GRAU DE FLOCULAÇÃO (%)		30	32	97	97	97
RELAÇÃO SILTE/ARGILA		0.31	0.38	0.30	0.30	0.23
DENSIDADE (g/kg de TFSA)	do solo	1.06	1.20	1.06	0.94	1.17
	da partícula	2.56	2.50	2.44	2.44	2.50
POROSIDADE (%)		59	52	57	61	53
pH (1:25)	Água	4.8	4.9	5.0	5.2	5.1
	KCl	3.9	4.0	4.1	4.1	4.1
CÁTIONS TROCÁVEIS (g/kg de TFSA)	Ca <sup>++</sup>	0.08	0.03	0.03	0.05	0.04
	Mg <sup>++</sup>	0.04	0.03	0.02	0.02	0.01
	K <sup>+</sup>	0.12	0.07	0.04	0.03	0.03
	Na <sup>+</sup>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Valor S (g/kg de TFSA)		0.24	0.13	0.09	0.1	0.08
ACIDEZ EXTRAÍVEL (cmol(+)/kg TFSA)	Al <sup>+++</sup>	2.30	2.10	1.70	1.30	1.30
	H <sup>+</sup>	9.17	5.07	3.39	3.16	3.06
VALOR T (g/kg de TFSA)		11.71	7.3	5.18	4.56	4.44
VALOR V (%)		2	2	2	2	2
SATURAÇÃO COM Al <sup>+++</sup> (%)		91	94	95	93	94
FÓSFORO ASSIMILÁVEL (ppm)		2	1	1	1	0
CARBONO ORGÂNICO (%)		1.33	1.08	0.82	0.55	0.51
MATÉRIA ORGÂNICA (%)		2.29	1.86	1.41	0.95	0.88

SATURAÇÃO COM Na <sup>+</sup> (%)		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ATIVIDADE DA ARGILA (g/kg de argila)			3.9	2.2	3.0	2.9
ATAQUE SULFÚRICO (%)	SiO <sub>2</sub>	17.46	19.98	21.34	23.53	24.88
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.34	17.56	18.23	18.98	19.12
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.36	6.98	7.45	8.56	9.68
	TiO <sub>2</sub>	0.15	0.26	0.29	0.34	0.36

**PERFIL: P13**

**CLASSIFICAÇÃO:** Cambissolo álico tb A moderado textura muito argilosa mata/cerrado argilosa relevo forte ondulado

**LOCALIZAÇÃO:** Faixa 6 Foto 0635 Coord.

**SITUAÇÃO E DECLIVE:** Trincheira aberta em terço médio de encosta com 30-40% de declive

**FORMAÇÃO GEOLÓGICA:** Formação Serra Santa Helena

**MATERIAL ORIGINÁRIO:** Metapelitos

**RELEVO REGIONAL:** Ondulado

**RELEVO LOCAL:** Forte ondulado

**ALTITUDE:** 820m

**EROSÃO:** Laminar ligeira

**DRENAGEM:** Bem drenado

**PEDREGOSIDADE:** Não pedregoso

**ROCHOSIDADE:** Não rochoso

**VEGETAÇÃO E USO ATUAL:** Mata seca/cerrado/sem uso

- A 00 - 25cm bruno-escuro (7.5YR 3/2, úmido); muito argilosa; moderada, pequena e média, granular e blocos subangulares; ligeiramente duro, friável, muito plástico e pegajoso; poros comuns, pequenos e médios; raízes muitas, finas e médias; transição plana e clara.
- BA 25 - 53cm bruno-escuro (7.5YR 4/4, úmido); muito argilosa; fraca, pequena e média, blocos subangulares; ligeiramente duro, friável, muito plástico e pegajoso; poros comuns, pequenos e médios; raízes muitas, finas e médias; transição plana e clara.
- Bi1 53 - 103cm vermelho-amarelado (5YR 5/6, úmido); mosqueado comum, médio, distinto, amarelo (2.5Y 7/6); muito argilosa; fraca, pequena e média, blocos angulares e subangulares; ligeiramente duro, friável, muito plástico e muito pegajoso; cerosidade pouca e fraca; poros comuns, pequenos e médios; raízes comuns, finas e médias; transição plana e gradual.
- Bi2 103 - 150cm vermelho-amarelado (5YR 5/6, úmido); muito argilosa; mosqueado pouco, pequeno, distinto, amarelo (2.5Y 7/6); muito argilosa; fraca, pequena e média, blocos angulares e subangulares; ligeiramente duro, friável, muito plástico e pegajoso; cerosidade pouca e fraca, muitos poros, pequenos e médios; raízes comuns, finas e médias.
- Tradagem 150 - 240cm vermelho-amarelado (5YR 5/6, úmido); muito argilosa; muito plástico e pegajoso.
- Tradagem 240-300cm amarelo (2.5Y 7/6, úmido); bruno-forte (7.5YR 5/6, úmido); muito argilosa cascalhenta; muito plástico e muito pegajoso.

## ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

## PERFIL: P13

HORIZONTE		A	BA	Bi1	Bi2	
PROFUNDIDADE (cm)		00 - 25	25 - 53	53 - 103	103 - 150	
COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DA TERRA FINA g/kg de TFSA	Areia grossa	40	30	30	30	
	Areia fina	20	30	30	30	
	Silte	280	240	250	190	
	Argila	660	700	690	750	
CLASSE TEXTURAL		muito argiloso	muito argiloso	muito argiloso	muito argiloso	
ARGILA NATURAL (g/kg de TFSA)		35	39	26	24	
GRAU DE FLOCULAÇÃO (%)		47	44	62	68	
RELAÇÃO SILTE/ARGILA		0.42	0.34	0.36	0.25	
DENSIDADE (g/kg de TFSA)	do solo	0.84	1.17	1.25	1.11	
	da partícula	2.33	2.44	2.44	2.44	
POROSIDADE (%)		64	52	49	55	
pH (1:25)	Água	5.1	4.6	4.8	5.0	
	KCl	4.1	3.9	3.9	3.9	
CÁTIONS TROCÁVEIS (g/kg de TFSA)	Ca <sup>++</sup>	1.7	0.03	0.02	0.01	
	Mg <sup>++</sup>	0.13	0.02	0.01	0.01	
	K <sup>+</sup>	0.16	0.07	0.04	0.07	
	Na <sup>+</sup>	0.0	0.0	0.0	0.0	
Valor S (g/kg de TFSA)		1.99	0.12	0.07	0.09	
ACIDEZ EXTRAÍVEL (cmol(+)/kg TFSA)	Al <sup>+++</sup>	1.05	1.90	1.25	1.45	
	H <sup>+</sup>	6.85	6.26	4.44	3.64	
VALOR T (g/kg de TFSA)		9.89	8.28	5.76	5.18	
VALOR V (%)		20	1	1	2	
SATURAÇÃO COM Al <sup>+++</sup> (%)		35	94	95	94	
FÓSFORO ASSIMILÁVEL (ppm)		6	2	1	2	
CARBONO ORGÂNICO (%)		2.59	1.04	0.46	0.5	
MATÉRIA ORGÂNICA (%)		4.47	1.79	0.79	0.86	

SATURAÇÃO COM Na <sup>+</sup> (%)		0.0	0.0	0.0	0.0	
ATIVIDADE DA ARGILA (g/kg de argila)			5.1	5.3	3.9	
ATAQUE SULFÚRICO (%)	SiO <sub>2</sub>	21.78	24.98	26.12	27.50	
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18.89	20.45	21.12	21.67	
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6.46	8.12	8.45	8.98	
	TiO <sub>2</sub>	0.29	0.36	0.45	0.48	

**PERFIL: P14**

**CLASSIFICAÇÃO:** Cambissolo álico latossólico tb A moderado textura muito argilosa relevo suave ondulado floresta caducifolia

**LOCALIZAÇÃO:** Faixa 6-Foto 0637 Coord. 19°28'04"S 44°03'27"W

**SITUAÇÃO E DECLIVE:** Trincheira aberta em terço superior de encosta com 5-8% de declive

**FORMAÇÃO GEOLÓGICA:** Formação Sete Lagoas, Membro Lagoa Santa

**MATERIAL ORIGINÁRIO:** Calcarenitos

**RELEVO REGIONAL:** Ondulado

**RELEVO LOCAL:** Suave ondulado

**ALTITUDE:** 820m

**EROSÃO:** Não aparente

**DRENAGEM:** Bem drenado

**PEDREGOSIDADE:** Não pedregoso

**ROCHOSIDADE:** Não rochoso

**VEGETAÇÃO E USO ATUAL:** Mata seca - floresta subcaducifólia/sem uso

- A 00 - 17cm bruno-avermelhado-escuro (5YR 3/2, úmido); muito argilosa; moderada a forte, pequena e média, granular e blocos subangulares; ligeiramente duro, friável, muito plástico e pegajoso; muitos poros, pequenos e médios; raízes muitas e finas; transição plana e clara.
- BA 17 - 34cm bruno-avermelhado-escuro (5YR 3/3, úmido); muito argilosa; moderada, pequena e média, blocos subangulares; ligeiramente duro, friável, muito plástico e muito pegajoso; poros comuns, pequenos e médios; raízes comuns e finas; transição plana e gradual.
- Bi1 34 - 64cm bruno-avermelhado (5YR 4/4, úmido); muito argilosa; moderada a forte, pequena e média, blocos subangulares; ligeiramente duro, friável, muito plástico e muito pegajoso; poros comuns, pequenos e médios; raízes comuns e finas; transição plana e gradual.
- Bi2 64 - 111cm vermelho-amarelado (5YR 4/6, úmido); muito argilosa; moderada, pequena e média, blocos subangulares; ligeiramente duro, friável, muito plástico e muito pegajoso; cerosidade pouca e fraca; muitos poros, pequenos e médios; raízes comuns e finas; transição plana e gradual.
- Bi3 111 - 150cm vermelho-amarelado (5YR 5/6, úmido); muito argilosa; moderada, pequena e média, blocos subangulares; macio, friável, muito plástico e muito pegajoso; cerosidade pouca e fraca; muitos poros, pequenos e médios; raízes comuns e finas.
- Tradagem 150 - 500cm vermelho-amarelado (5YR 5/6, úmido); mosqueado amarelo (2.5Y 7/6); muito argilosa; muito plástico e muito pegajoso.

## ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

## PERFIL: P14

HORIZONTE		A	BA	Bi1	Bi2	Bi3
PROFUNDIDADE (cm)		00 - 17	17 - 34	34 - 64	64 - 111	111 - 150
COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DA TERRA FINA g/kg de TFSA	Areia grossa	20	20	20	20	20
	Areia fina	20	20	20	20	20
	Silte	230	150	110	70	40
	Argila	730	810	850	890	920
CLASSE TEXTURAL		muito argiloso	muito argiloso	muito argiloso	muito argiloso	muito argiloso
ARGILA NATURAL (g/kg de TFSA)		51	65	65	1	1
GRAU DE FLOCULAÇÃO (%)		30	20	24	99	99
RELAÇÃO SILTE/ARGILA		0.32	0.19	0.13	0.08	0.04
DENSIDADE (g/kg de TFSA)	do solo	0.93	0.98	0.98	0.99	0.97
	da partícula	2.38	2.44	2.44	2.47	2.44
POROSIDADE (%)		61	60	60	60	60
pH (1:25)	Água	5.0	5.1	5.1	4.7	4.9
	KCl	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
CÁTIONS TROCÁVEIS (g/kg de TFSA)	Ca <sup>++</sup>	0.76	0.31	0.11	0.06	0.05
	Mg <sup>++</sup>	0.24	0.07	0.04	0.02	0.01
	K <sup>+</sup>	0.08	0.03	0.02	0.01	0.01
	Na <sup>+</sup>	0.01	0.01			0.01
Valor S (g/kg de TFSA)		1.09	0.42	0.17	0.09	0.08
ACIDEZ EXTRAÍVEL (cmol(+)/kg TFSA)	Al <sup>+++</sup>	2.00	2.10	2.10	1.95	2.10
	H <sup>+</sup>	6.41	7.10	6.39	4.99	4.54
VALOR T (g/kg de TFSA)		9.5	9.62	8.66	7.03	6.72
VALOR V (%)		11	4	2	1	1
SATURAÇÃO COM Al <sup>+++</sup> (%)		65	83	93	96	96
FÓSFORO ASSIMILÁVEL (ppm)		2	1	1	1	1
CARBONO ORGÂNICO (%)		2.17	1.4	0.9	0.64	0.59
MATÉRIA ORGÂNICA (%)		3.74	2.41	1.55	1.10	1.02
SATURAÇÃO COM Na <sup>+</sup> (%)		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

ATIVIDADE DA ARGILA (g/kg de argila)				5.4	4.7	4.4
ATAQUE SULFÚRICO (%)	SiO <sub>2</sub>	22.46	25.34	27.47	28.57	30.44
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	22.34	23.01	23.56	24.46	25.23
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.67	7.23	7.99	9.76	10.58
	TiO <sub>2</sub>	0.39	0.40	0.46	0.51	0.54



**PERFIL: P18**

**CLASSIFICAÇÃO:** Podzólico Vermelho Escuro Eutrófico tb A moderado textura argilosa/muito argilosa relevo forte ondulado floresta caducifolia

**LOCALIZAÇÃO:** Faixa 6 - Foto 0637 Coord.19° 29' 41"S 44° 01' 51" W

**SITUAÇÃO E DECLIVE:** Trincheira aberta em terço superior de encosta com 20-30% de declive

**FORMAÇÃO GEOLÓGICA:** Formação Sete Lagoas, Membro Lagoa Santa

**MATERIAL ORIGINÁRIO:** Calcarenitos

**RELEVO REGIONAL:** Ondulado

**RELEVO LOCAL:** Forte ondulado

**ALTITUDE:** 770m

**EROSÃO:** Laminar ligeira

**DRENAGEM:** Bem /moderadamente drenado

**PEDREGOSIDADE:** Não pedregoso

**ROCHOSIDADE:** Não rochoso

**VEGETAÇÃO E USO ATUAL:** Mata seca - floresta caducifolia/pastagem

- Ap 00 - 17cm vermelho-escuro-acinzentado (2.5YR 3/2, úmido); argilosa; forte, pequena e média, granular e blocos subangulares; duro, friável, plástico e pegajoso; muitos poros, pequenos e médios; raízes muitas e finas; transição plana e clara.
- BA 17 - 31cm vermelho-escuro-acinzentado (2.5YR 3/3, úmido); muito argilosa; forte, pequena e média, blocos angulares e subangulares; muito duro, firme, plástico e muito pegajoso; poros comuns, pequenos e médios; raízes muitas e médias; transição plana e gradual.
- Bt1 31 - 57cm vermelho-escuro-acinzentado (2.5YR 3/4, úmido); muito argilosa; forte, pequena e média, blocos angulares e subangulares; muito duro, firme, plástico e muito pegajoso; cerosidade pouca e fraca; poros comuns, pequenos e médios; raízes poucas e finas; transição plana e difusa.
- Bt2 57 - 106cm vermelho-escuro (10R 3/6, úmido); muito argilosa; forte, pequena e média, blocos angulares e subangulares; muito duro, firme, plástico e muito pegajoso; cerosidade pouca e comum e moderada; poros comuns, pequenos e médios; raízes raras e finas; transição plana e difusa.
- Bt3 106 - 150cm vermelho-escuro (10R 3/6, úmido); muito argilosa; forte, pequena e média, blocos angulares e subangulares; muito duro, firme, plástico e muito pegajoso; cerosidade comum e moderada; poros comuns, pequenos e médios.
- Tradagem 150–300cm vermelho-escuro (10R 3/6, úmido); muito argilosa; plástico e muito pegajoso.

## ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

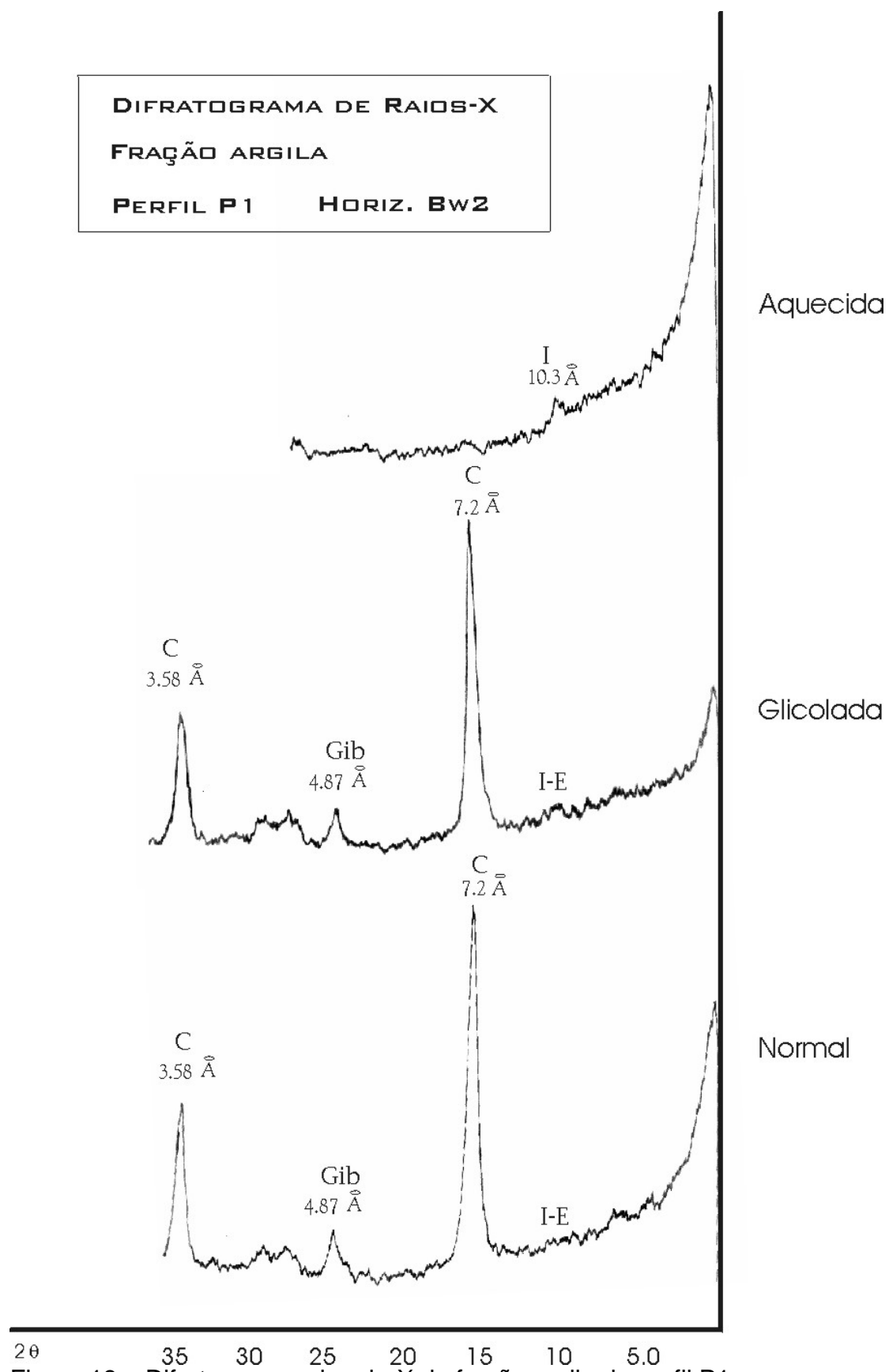
## PERFIL: P18

HORIZONTE		A	BA	Bt1	Bt2	Bt3
PROFUNDIDADE (cm)		00 - 17	17 - 31	31 - 57	57 - 106	106 - 140
COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DA TERRA FINA g/kg de TFSA	Areia grossa	80	60	40	40	50
	Areia fina	60	40	30	50	40
	Silte	300	190	110	90	140
	Argila	560	710	820	820	770
CLASSE TEXTURAL		argila	muito argiloso	muito argiloso	muito argiloso	muito argiloso
ARGILA NATURAL (g/kg de TFSA)		38	49	52	14	2
GRAU DE FLOCULAÇÃO (%)		32	31	37	83	97
RELAÇÃO SILTE/ARGILA		0.54	0.27	0.13	0.11	0.18
DENSIDADE (g/kg de TFSA)	do solo	1.10	1.33	1.37	1.36	1.35
	da partícula	2.33	2.70	2.44	2.50	2.44
POROSIDADE (%)		53	51	44	46	45
pH (1:25)	Água	5.8	6.0	6.4	6.5	6.6
	KCl	4.9	4.9	5.1	5.4	5.7
CÁTIONS TROCÁVEIS (g/kg de TFSA)	Ca <sup>++</sup>	9.78	9.58	7.1	5.24	4.04
	Mg <sup>++</sup>	2.3	1.41	1	0.66	0.59
	K <sup>+</sup>	0.17	0.06	0.04	0.03	0.02
	Na <sup>+</sup>	0.02	0.02	0.02	0.01	0
Valor S (g/kg de TFSA)		12.27	11.07	8.16	5.94	4.65
ACIDEZ EXTRAÍVEL (cmol(+)/kg TFSA)	Al <sup>+++</sup>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	H <sup>+</sup>	4.77	3.66	2.35	1.71	1.49
VALOR T (g/kg de TFSA)		17.04	14.73	10.51	7.65	6.14
VALOR V (%)		72	75	78	78	76
SATURAÇÃO COM Al <sup>+++</sup> (%)		0	0	0	0	0
FÓSFORO ASSIMILÁVEL (ppm)		15	3	9	15	14
CARBONO ORGÂNICO (%)		3.00	1.40	0.70	0.42	0.20
MATÉRIA ORGÂNICA (%)		5.17	2.41	1.21	0.72	0.34
SATURAÇÃO COM Na <sup>+</sup> (%)		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

ATIVIDADE DA ARGILA (g/kg de argila)			11.9	9.0	7.0	6.8
ATAQUE SULFÚRICO (%)	SiO <sub>2</sub>	25.89	29.98	31.12	32.06	31.93
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	22.14	23.78	24.67	25.36	25.12
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6.57	8.69	10.56	11.28	11.89
	TiO <sub>2</sub>	0.26	0.33	0.37	0.41	0.43

## **APÊNDICE B**

Difratogramas de raio X dos perfis de solos



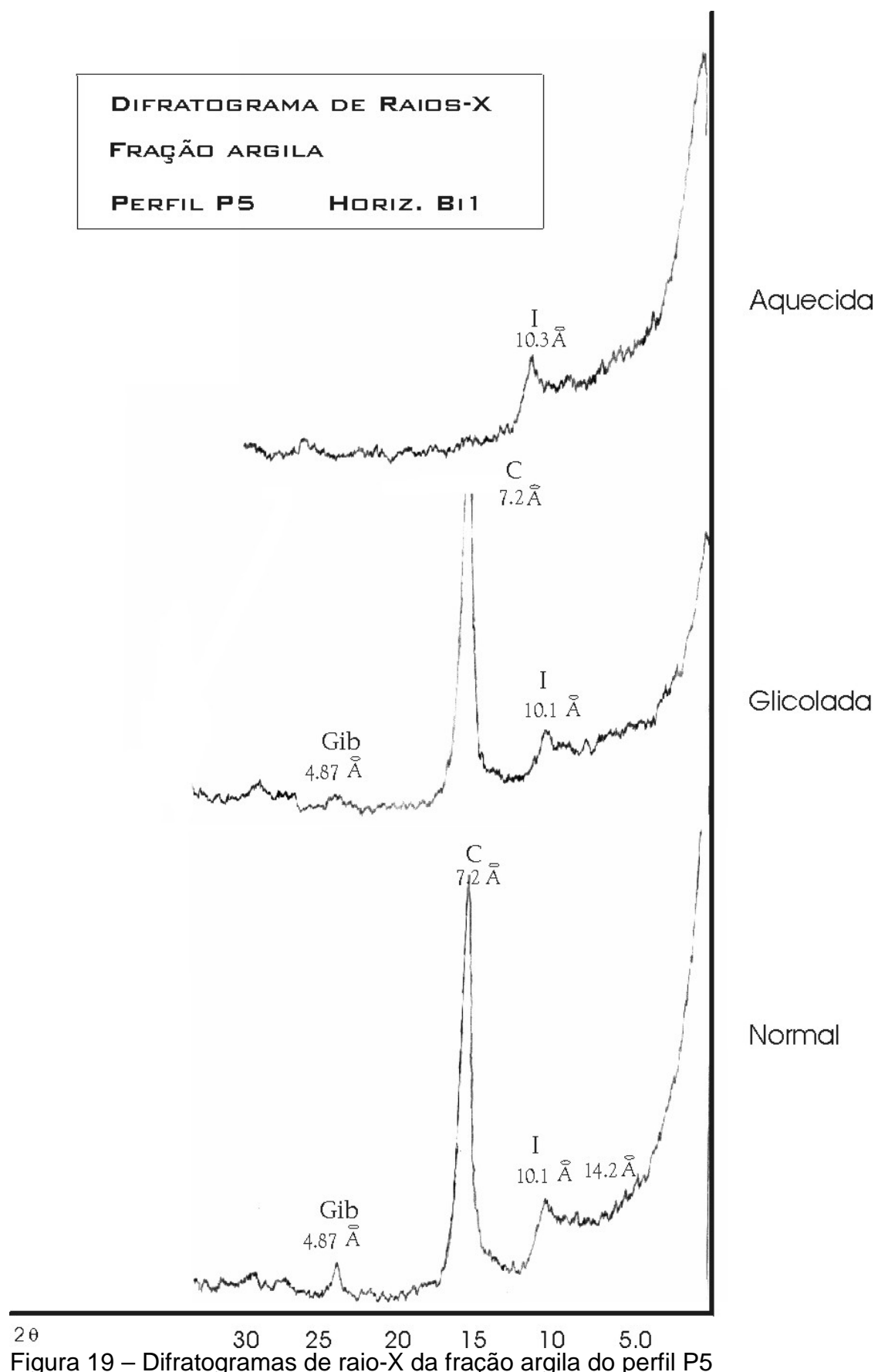
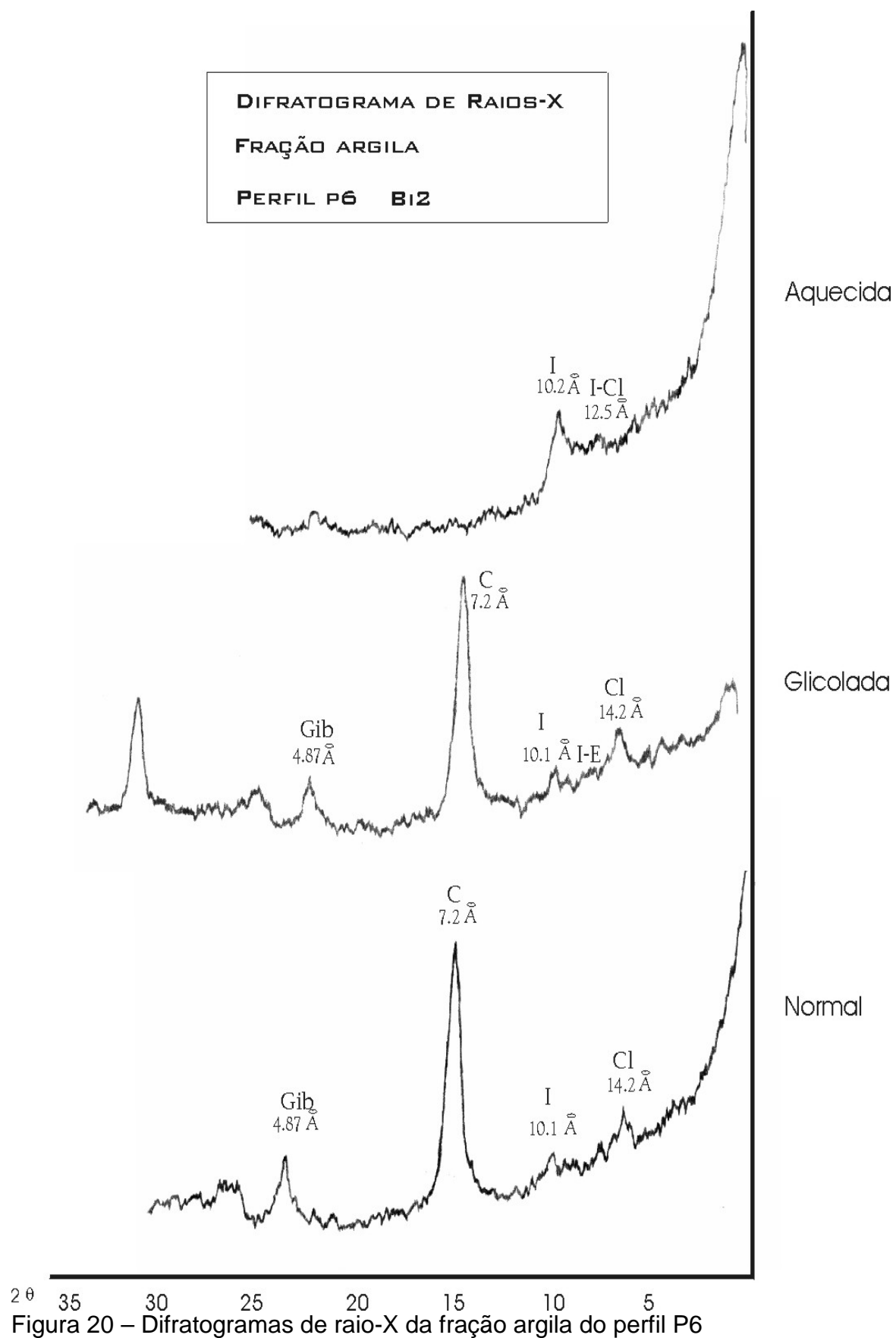


Figura 19 – Difratoformas de raio-X da fração argila do perfil P5



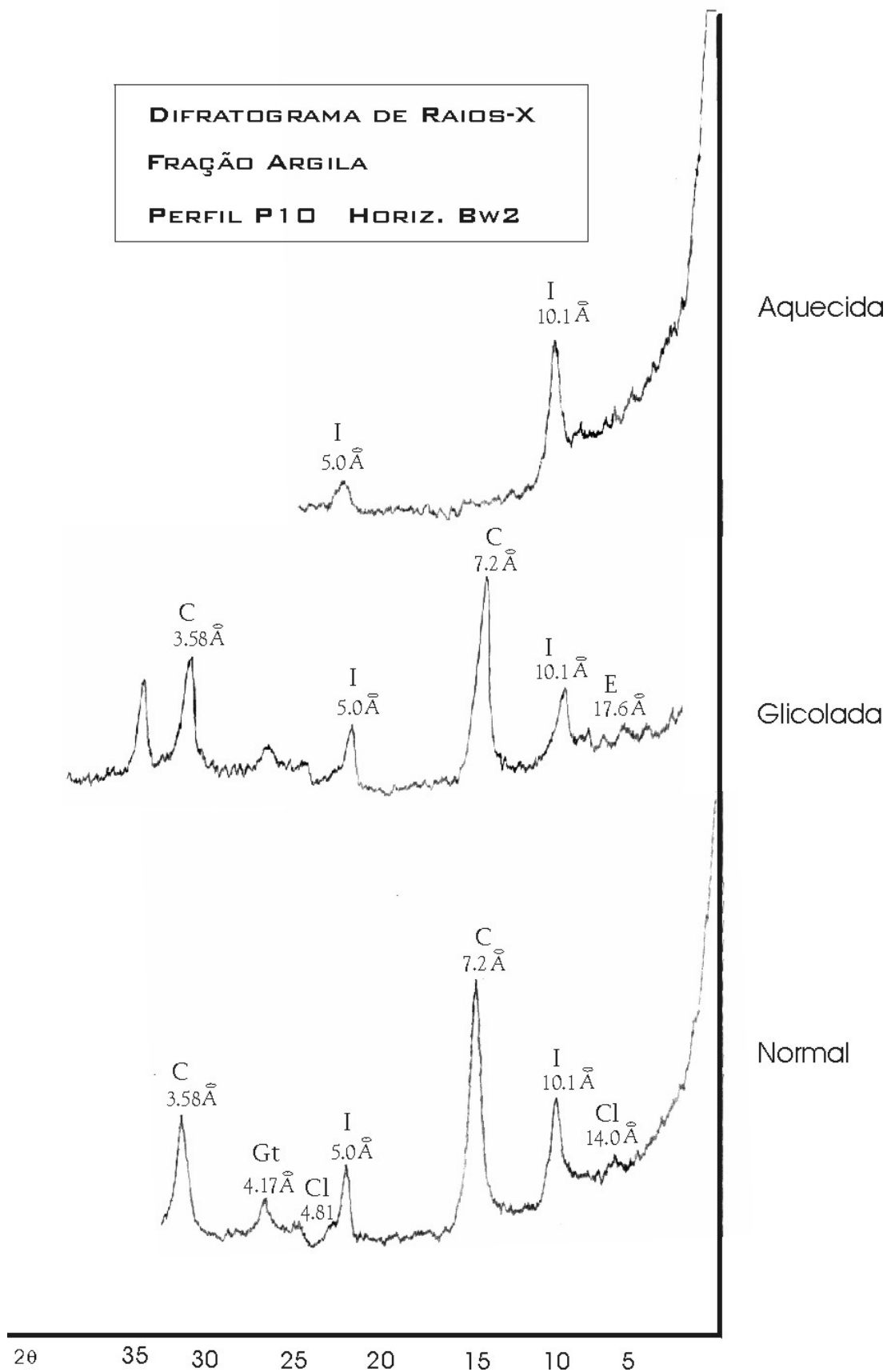


Figura 21 – Difratoformas de raio-X da fração argila do perfil P10



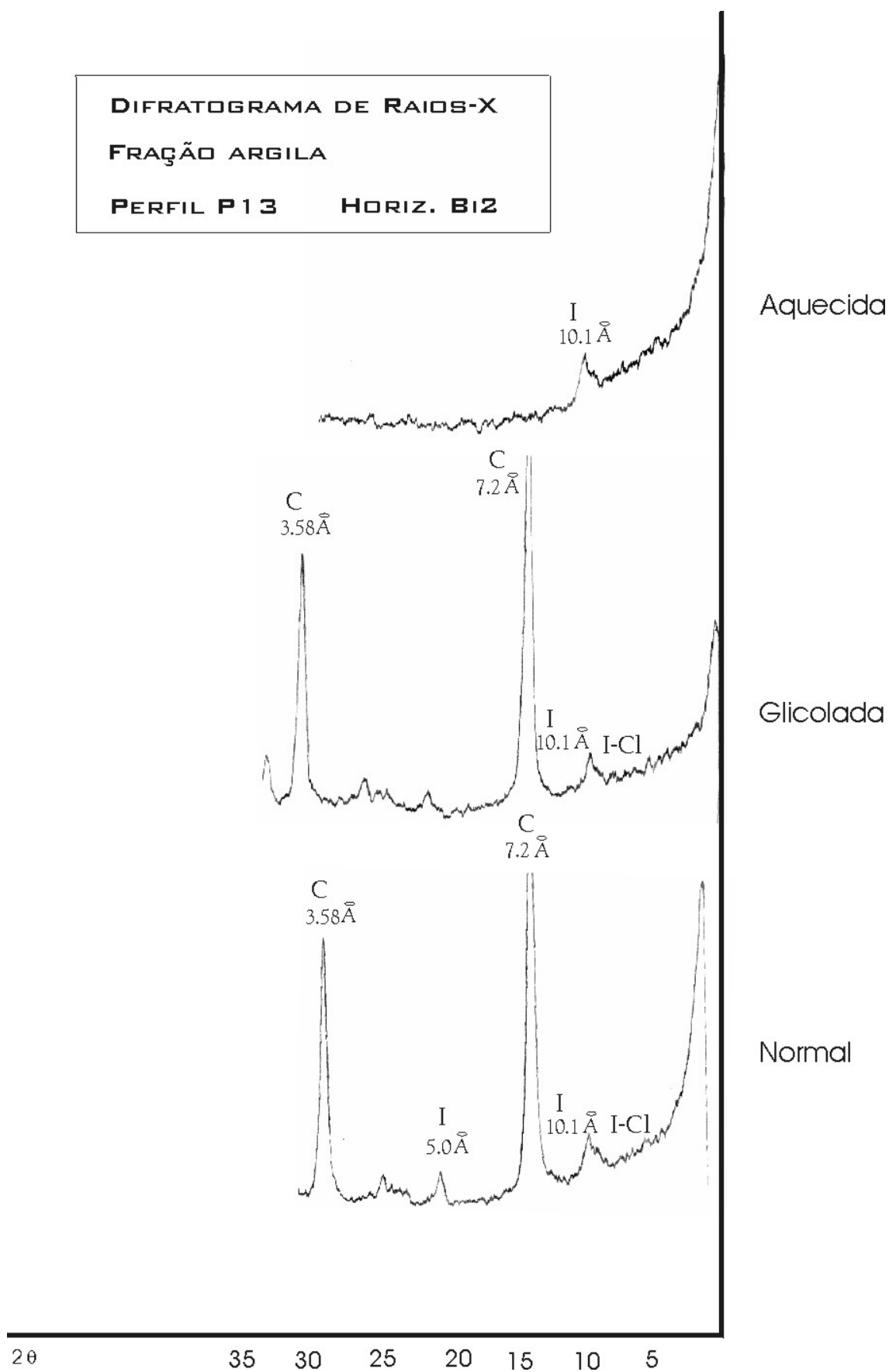


Figura 22 – Difratoogramas de raio-X da fração argila do perfil P13

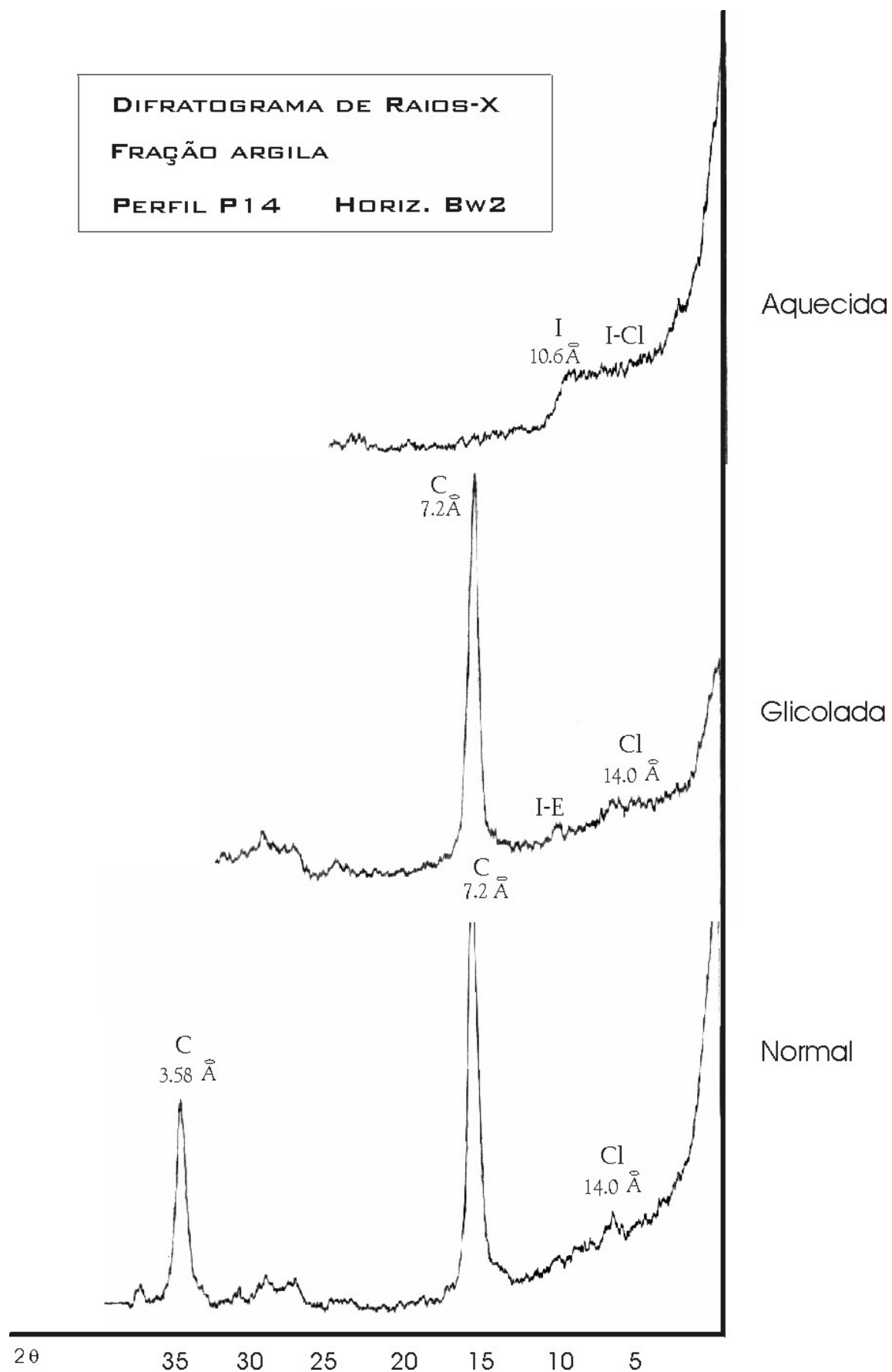


Figura 23 – Difratoformas de raio-X da fração argila do perfil P14

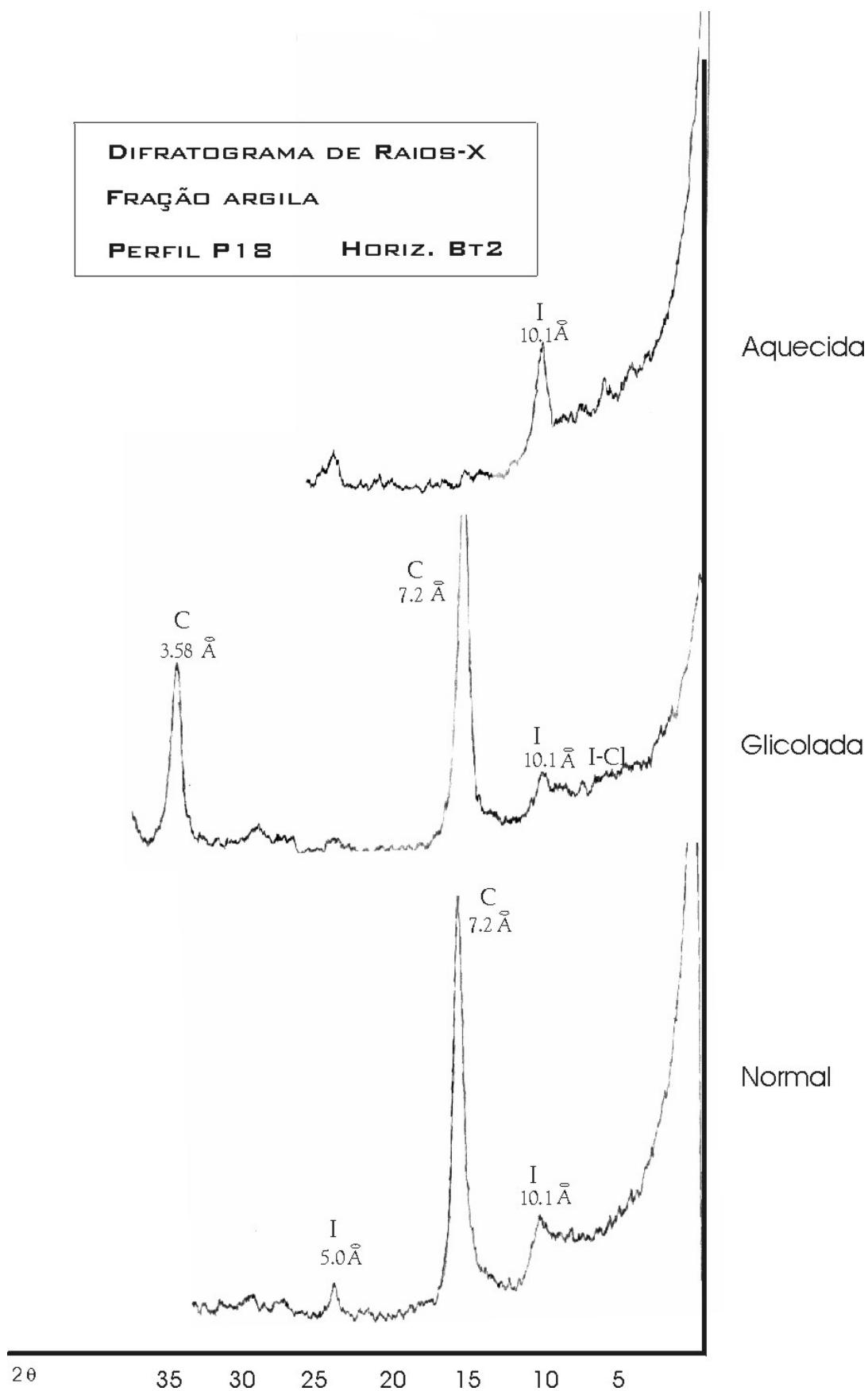


Figura 24 – Difratoformas de raio-X da fração argila do perfil P18

## **APÊNDICE C**

Mapa semidetalhado de solos  
da APA Carste de Lagoa Santa

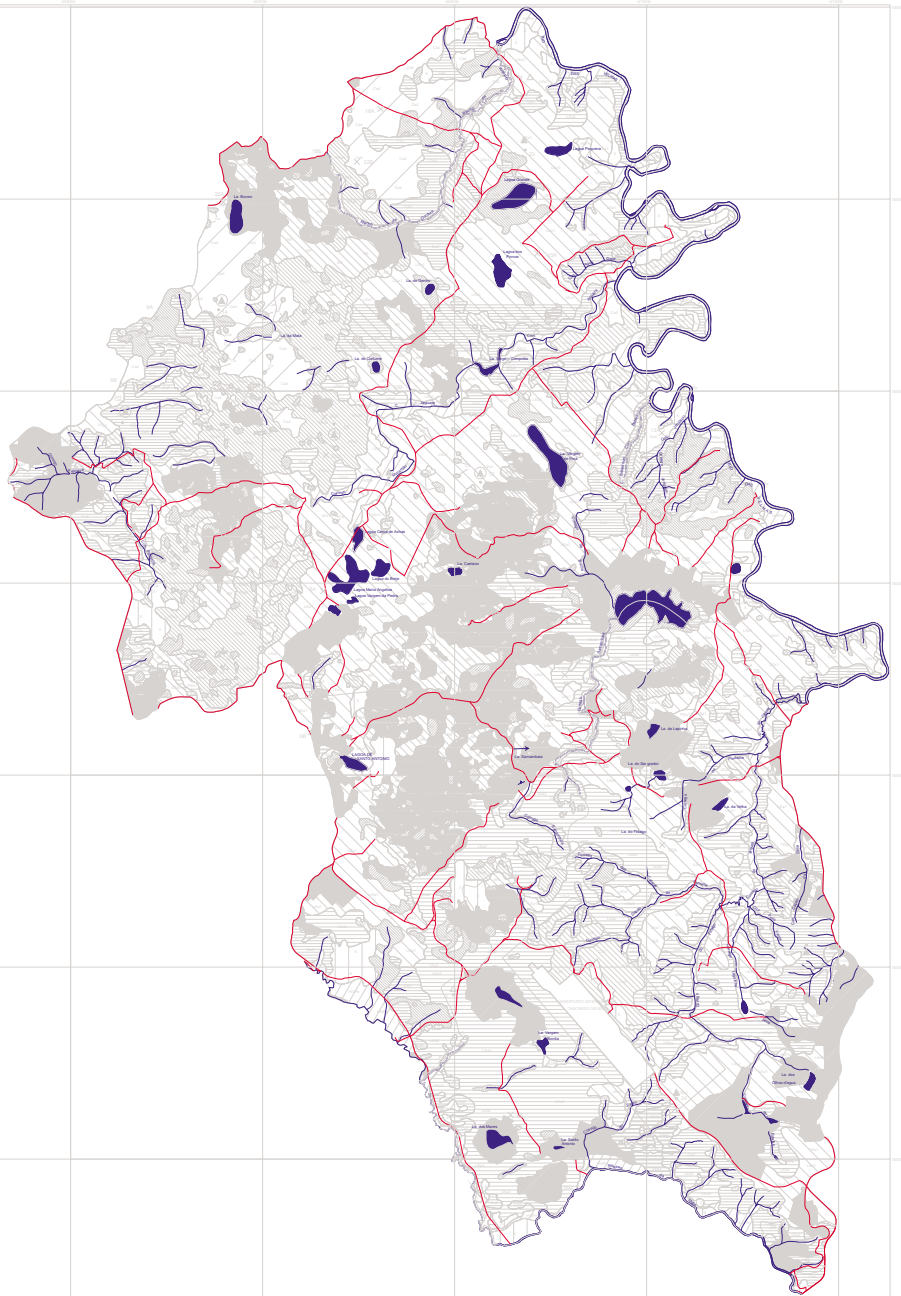
MAPA SEMIDETALHADO DE SOLOS

DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA AMBIENTAL / CAMPUS LAGOA SANTA - MG

TESE DE MESTRADO EM CIÊNCIA DO SOLO

UENF - UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE / CPRM - COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS

ESCALA 1:50.000



LEGENDA DE SOLOS

Descrição	Área (ha)	Porcentagem (%)
CUd - Cambissolo (Cultivo Escuro) - Solo A moderado textura média argilosa, relevo plano a suave ondulado.	24,62	20,12
CUd - Fases de entulho (CUd) - relevo suave ondulado.	42,27	33,98
PLd - Podzólio (Cultivo Escuro) - Solo A moderado textura média argilosa, relevo plano a suave ondulado.	7,42	5,96
PLd - Podzólio (Cultivo Escuro) - Solo A moderado - Cambissolo Profundo - Solo A moderado textura média argilosa, relevo ondulado a forte ondulado com intercalação de terra de várzea.	24,49	19,69
CUd - Cambissolo - Solo Tc A moderado - Cambissolo Profundo - Solo A moderado textura média argilosa, relevo ondulado a ondulado com intercalação de relevo de várzea.	22,50	17,93
CUd - Cambissolo - Solo Tc A moderado textura média argilosa, relevo ondulado a forte ondulado com intercalação de relevo de várzea.	32,34	25,84
CUd - Cambissolo - Solo Tc A moderado - Cambissolo Profundo - Solo A moderado relevo ondulado a forte ondulado com intercalação de relevo de várzea.	40,45	32,06
CUd - Cambissolo Profundo - Solo A moderado - Cambissolo - Solo Tc A moderado relevo ondulado a forte ondulado com intercalação de relevo de várzea.	18,12	14,43
CUd - Fases de entulho (CUd) - relevo suave ondulado a ondulado.	11,28	8,97
CUd - Cambissolo (Cultivo Escuro) - Solo A moderado relevo médio argiloso, relevo plano a suave ondulado.	11,28	8,97
ALgH - Solo Flúvio (Húmus escuro) - Solo A moderado relevo médio argiloso, relevo plano.	19,40	15,44
Ud - Alúvionares de Planície.	16,80	13,34
Total de Entulho		
A - áreas de entulho (Ud)	6,19	4,94
Lagoas	7,48	5,92
Áreas Urbanizadas	26,10	20,70
<b>Total</b>	<b>122,02</b>	<b>100</b>

CONVENÇÃO

- ~ Linhas dos contornos de relevo
- ⊙ Referência Localidade de Posto
- ⊕ Referência ao Rio e Saco
- ⊕ Referência ao Rio e Barragem
- ⊕ Referência ao Rio e Barragem
- ⊕ Referência Localidade de Trópico

Autores: Eng. Agrônomo: Edgar Shinzato (CPRM)  
 Prof. PhD Doracy Pessoa Ramos (UENF)  
 Colaborador: Eng. Jos. Francisco Lumberas (CPRM)

Digitalização e Edição: DEINF / DIGEOP  
 Pablo Rodrigo Ferreira Romeiro (CPRM)

