

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS
CAMPUS DE RIO CLARO

**ANÁLISE PEDOESTRATIGRÁFICA DAS
FORMAÇÕES RIO CLARO E PIRAÇUNUNGA, NO
CENTRO-LESTE DO ESTADO DE SÃO PAULO**

Sandra Regina Ferreira

Orientador(a): Profa. Dra. Maria Rita Caetano Chang

Co-orientador(a): Prof. Dr Chang Hung Kiang

Tese de doutorado elaborada junto ao Curso de Pós-Graduação em Geociências - Área de Concentração em Geociências e Meio Ambiente, para obtenção do Título de Doutor em Geociências.

Rio Claro - SP
2005

COMISSÃO EXAMINADORA

Profª Draª Maria Rita Caetano Chang
(Orientadora)

Prof. Dr. Paulo Milton Barbosa Landim

Prof. Dr. Jairo Roberto Jiménez Rueda

PhD Wanderley Antonio Tremocoldi

Prof. Dr. Reinaldo Lorandi

Sandra Regina Ferreira

Rio Claro, 06 de outubro de 2005.

Resultado: Aprovada

“Não podemos ser autênticos

se não formos corajosos.

Não podemos ser originais

se não lançarmos mão do destemor.

Não podemos amar

se não correremos riscos.

Não podemos pesquisar ou perceber a realidade

se não fizermos uso da ousadia”.

Hammed

“Os prazeres da Alma”

A meus pais Maria Zelia Pizzolato e Dilmar Ferreira que não apenas deram-me a vida, mas mostraram-me que sem trabalho duro e persistente não há talento nem gênio.

Aos amigos Maria de Lourdes Seneme e Afonso Ocanhas que ensinaram-me que dar sentido à vida é fazer as mínimas coisas com o máximo de amor.

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho não teria sido possível sem a colaboração direta e indireta de pessoas e instituições. Manifesto minha gratidão a todos e em particular,

à Prof. Dra. Maria Rita Caetano Chang, pela orientação, confiança e constante incentivo;

ao Prof. Dr. Chang Hung Kiang, pela co-orientação, sugestões e críticas sempre pertinentes;

ao Prof. Dr. Jairo Roberto Jiménez Rueda, pelo auxílio em trabalhos de campo e incansáveis discussões;

aos técnicos dos Departamentos de Petrologia e Metalogenia, Geologia Aplicada e Planejamento Territorial e Geoprocessamento do IGCE-UNESP;

aos técnicos do Departamento de Solos e Nutrição de Plantas da ESALQ - USP, pelo auxílio na realização de análises;

aos Geólogos e amigos Marco Aurélio Zequim Pede e Clauzionor Lima da Silva e à Geógrafa e amiga Simone Falconi, pelo auxílio nos trabalhos de campo e incentivo nas horas difíceis;

ao Eng. Agrônomo Dr. C. Takeda, que distintamente auxiliou-me nas amostragens e registro fotográfico;

à FUNDUNESP e ao CNPq, pelo suporte financeiro;

aos professores, pela competência com que transmitiram novos conhecimentos e aos alunos e funcionários do programa de Pós-Graduação em Geociências, pelo auxílio e amizade ao longo desses anos;

à Luciane Regina Piccolo e Andresa Oliva;

à minha querida irmã Rosana e ao caro Prof. Dimas M. Peixinho, pelo carinho e paciência.

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	V
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
ÍNDICE DE FOTOS	X
ÍNDICE DE TABELAS	XI
RESUMO	XII
ABSTRACT	XIII
INTRODUÇÃO	14
JUSTIFICATIVA E OBJETIVOS	14
ÁREA DE ESTUDO	17
MATERIAIS E MÉTODOS	20
ANÁLISE BIBLIOGRÁFICA	20
MAPEAMENTO	20
Mapas temáticos	21
TRABALHOS DE CAMPO	21
AMOSTRAGEM	24
ANÁLISES LABORATORIAIS	26
ANÁLISES GRANULOMÉTRICAS	26
ESPECTROMETRIA DE FLUORESCÊNCIA DE RAIOS X	27
ESPECTROMETRIA DE DIFRAÇÃO DE RAIOS X	27
ATAQUE SULFÚRICO DA FRAÇÃO FINA	28
MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA	29
DATAÇÃO ABSOLUTA POR TERMOLUMINESCÊNCIA	29
GEOLOGIA	32
GEOLOGIA REGIONAL	32
GRUPO TUBARÃO	32
Subgrupo Itararé e Formação Aquidauana	32
Formação Tatuí	33
GRUPO PASSA DOIS	33
Formação Irati	33
Formação Corumbataí	34
GRUPO SÃO BENTO	34

Formação Pirambóia _____	34
Formação Botucatu _____	35
Formação Serra Geral _____	35
GEOLOGIA LOCAL _____	35
GEOMORFOLOGIA _____	42
RELEVO _____	42
PEDOLOGIA _____	46
SOLOS _____	46
RESULTADOS _____	51
FORMAÇÃO RIO CLARO _____	51
FORMAÇÃO PIRAÇUNUNGA _____	55
MAPAS TEMÁTICOS _____	57
MAPA DE DRENAGEM _____	58
MAPA HIPSOMÉTRICO _____	61
MAPA DE DECLIVIDADE _____	61
MORFOESTRUTURA DA ÁREA DE ESTUDO _____	68
DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA DOS PERFIS DE SOLO _____	70
PERFIL 03 _____	70
PERFIL 04 _____	72
PERFIL 05 _____	73
PERFIL 07 _____	75
PERFIL 10 _____	76
PERFIL 13 _____	77
PERFIL 14 _____	78
ANÁLISES LABORATORIAIS _____	79
ANÁLISES GRANULOMÉTRICAS _____	79
RELAÇÃO SILTE/ARGILA _____	83
FLUORESCÊNCIA DE RAIOS X _____	84
RELAÇÕES MOLECULARES KI E KR _____	87
DIFRAÇÃO DE RAIOS X _____	89
.MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA _____	92
DATAÇÃO POR TERMOLUMINESCÊNCIA _____	94
ANÁLISE DOS RESULTADOS _____	98
ANÁLISE DOS PERFIS DE SOLO _____	98
ANÁLISE PEDOESTRATIGRÁFICA _____	102

ANÁLISE PALEOAMBIENTAL _____	103
CONCLUSÕES _____	108
REFERÊNCIAS _____	110
ANEXO 1 _____	118
Anexo 1. Difractogramas de amostra total dos perfis de solos analisados _____	118
ANEXO 2 _____	123
Anexo 2. Difractogramas da fração argila dos horizontes dos solos analisados _____	123
ANEXO 3 _____	146
Anexo 3. Imagens de Microscopia Eletrônica de Varredura e EDS dos horizontes dos perfis de solos analisados _____	146

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. Mapa de localização da área de estudo. _____	18
FIGURA 2. Principais rios que drenam a área de estudo. _____	19
FIGURA 3. Localização dos perfis de solos e pontos descritos. _____	23
FIGURA 4. Diagrama simplificado de classes de textura.. _____	25
FIGURA 5. Principais níveis topográficos capeados por sedimentos neocenozóicos. _____	37
FIGURA 6. Mapa dos depósitos cenozóicos compilados na escala 1:250.000. _____	40
FIGURA 7. Significado das rupturas negativas (inserções) do relevo, e suas relações com as superfícies aplainadas e níveis planálticos. _____	43
FIGURA 8. Mapa pedológico da área estudada.. _____	50
FIGURA 9. Perfil da Formação Rio Claro, Cava Mineração Mandu (Ajapi). _____	52
FIGURA 10. Mapa de drenagem da área de estudo. _____	59
FIGURA 11. Mapa hipsométrico da área de estudo. _____	63
FIGURA 12. Mapa Hipsométrico da área de Rio Claro. _____	64
FIGURA 13. Mapa Hipsométrico da área de Piraçununga. _____	65
FIGURA 14. Mapa de Declividade da área de Rio Claro. _____	66
FIGURA 15. Mapa de declividade da área de Piraçununga. _____	67
FIGURA 16. Mapa do relevo de Rio Claro _____	69
FIGURA 17. Mapa do relevo de Piraçununga _____	69
FIGURA 18. Percentagens granulométricas do perfil 03. _____	81
FIGURA 19. Percentagens granulométricas do perfil 04. _____	81
FIGURA 20. Percentagens granulométricas do perfil 05. _____	81
FIGURA 21. Percentagens granulométricas do perfil 07. _____	82
FIGURA 22. Percentagens granulométricas do perfil 10. _____	82
FIGURA 23. Percentagens granulométricas do perfil 13. _____	82
FIGURA 24. Percentagens granulométricas do perfil 14. _____	83
FIGURA 25. Gráficos das datações por Termoluminescência: amostra, dose anual, dose acumulada e idade. _____	96
FIGURA 26. Modelo topográfico da área de estudo e perfil topográfico ligando os perfis amostrados para datação por Termoluminescência. _____	97

ÍNDICE DE FOTOS

FOTO 1. Amostragem para TL, utilizando tubo de PVC. _____	25
FOTO 2. Espessura da Formação Rio Claro. _____	51
FOTO 3. Fácies da Formação Rio Claro, base do Perfil 5.. _____	53
FOTO 4. Crostas e nódulos ferruginosos associados a seixos, sobreposta à fácies lamítica. _____	53
FOTO 5. Contato erosivo entre as formações corumbataí e Rio Claro. _____	54
FOTO 6. Cascalheira basal com fragmentos de laterita, Formação Rio Claro. _____	54
FOTO 7. Base da Formação Piraçununga, contato com a Formação Pirambóia. _____	56
FOTO 8. Contato das formações Corumbataí e Piraçununga. _____	56
FOTO 9. Bloco de laterita. _____	56
FOTO 10. Lagoa e dale (Rod. Rio Claro - Ajapi). _____	60
FOTO 11. Visão geral do perfil 03. _____	71
FOTO 12. Perfil 3 e horizontes identificados. Detalhes: seixos de quartzo esparsos no horizonte AB e clastos de argilito e fragmentos de laterita no horizonte C/Fm. ____	72
FOTO 13. Perfil 4 e horizontes identificados (seta indicando escala). _____	73
FOTO 14. Perfil 5 (indicado), parcialmente encoberto por vegetação. _____	74
FOTO 15. Perfil 7e horizontes identificados. _____	75
FOTO 16. Perfil 10 e horizontes identificados. _____	76
FOTO 17. Perfil 13 e horizontes identificados. _____	77

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1. Escala de Wentworth (1922 in SUGUIO 1973).	24
TABELA 2. Teor de argila e classificações (PRADO, 2000)	26
TABELA 3. Resultados das análises granulométricas.	80
TABELA 4. Classes de textura dos perfis de solo analisados	83
TABELA 5. Relação silte/argila para os perfis analisados.	84
TABELA 6. Resultados das análises de fluorescência de raios X.	86
TABELA 7. Resultados das relações moleculares k_i e k_r por Ataque Sulfúrico.	88
TABELA 8 . Valores de k_i calculado para cada horizonte dos solos analisados.	90
TABELA 9. Resultados das datações por Termoluminescência: amostra, profundidade, dose anual, dose acumulada e idade.	95
TABELA 10. Valores de k_i calculado para cada horizonte e divisão em camadas dos solos analisados.	104

RESUMO

Neste trabalho são analisados perfis de solo das formações Rio Claro e Piraçununga, na região dos municípios homônimos, com relação às características morfológicas, granulométricas e mineralógicas, com vistas ao entendimento de sua evolução.

A partir destas informações e aplicando a técnica de pedoestratigrafia, foi possível estabelecer a ocorrência de uma Unidade Pedoestratigráfica, soterrada por arenitos fluviais das formações estudadas.

Os principais minerais encontrados nos perfis de solo são quartzo e caulinita, secundariamente gibsita, clorita, óxidos e hidróxidos de ferro e traços de feldspatos. Ocorrem, ainda, argilominerais interestratificados: nos solos da Formação Rio Claro, encontrou-se caulinita/esmectita e montmorilonita/sepiolita; nos solos da Formação Piraçununga, montmorilonita/vermiculita e caulinita/haloisita.

A presença de argilominerais estáveis e instáveis conjuntamente, bem como os índices k_i e k_r , evidenciam que estes solos ainda não atingiram o grau máximo de pedogênese, constituindo perfis relativamente jovens como os pertencentes às classes dos Cambissolos, Nitossolos e Neossolos; que recobrem antigos solos da Unidade Pedoestratigráfica identificada na base dos perfis.

Sedimentos das formações Rio Claro e Piraçununga, amostrados nos perfis estudados, foram datados por termoluminescência, apresentando idades do Pleistoceno e do limite Pleistoceno/Holoceno. A mais antiga foi determinada em perfil da Formação Rio Claro, datando de 745000 AP, e a mais recente, em perfil da Formação Piraçununga, com 15000 AP, esta última em depósitos coluvionares sobrepostos. Os materiais que constituem os perfis modais foram datados entre 400000 AP e 145000 AP, em ambas unidades.

Palavras-chave: Perfis de solos; Pedoestratigrafia; Argilominerais; Datação por Termoluminescência.

ABSTRACT

Soil profiles of Rio Claro and Piraçununga formations are analyzed, in the vicinity of the cities of the same names, with respect to their morphologic, textural and mineralogical characteristics, looking for their pedological evolution.

By applying the concepts of Pedostratigraphy, it was established one Pedostratigraphic Unit, buried by fluvial sandstones of both units.

The main minerals found in soil profiles are quartz and kaolinite; secondary gibbsite, chlorite, iron oxides and hydroxides; and trace feldspar. There were also found interstratified clay minerals: kaolinite/smectite and montmorillonite/sepiolite in soil profiles of Rio Claro Formation; montmorillonite/vermiculite and kaolinite/halloysite in soil profiles of Piraçununga Formation.

The occurrence of stable and unstable clay minerals together and the values of k_i and k_r , indicate that the studied soils have not achieved the maximum grade of pedogenetic development and may be compared to young soils like Inceptisols, Alfisols and Entisols, that overly an old soil of the Pedostratigraphic Unit at the base of the soil profiles.

The sandstones of Rio Claro and Piraçununga formations were dated by the method of thermoluminescence, revealing ages of the Pleistocene and of the Pleistocene/Holocene boundary. The oldest age was determined for Rio Claro Formation (745000 AP) and the youngest for the Piraçununga Formation (15000 AP). The sediments of modal soil profiles of both formations range from 400000 AP to 145000 AP ages.

Keywords: Soil profiles; Pedostratigraphy; Clay minerals; Thermoluminescence dating

INTRODUÇÃO

Este estudo visa o aprofundamento dos conhecimentos sobre os solos das formações Rio Claro e Piraçununga, com a finalidade de melhor compreender sua pedoestratigrafia e as relações entre as unidades. Para tanto, faz-se necessária à caracterização da sedimentação e da morfogênese ocorridas na área, para avaliação do comportamento do substrato geológico diante da evolução natural dos solos e dos processos internos e externos que interagem à superfície.

A área de estudo compreende as regiões de definição das formações Rio Claro e Piraçununga, unidades litoestratigráficas admitidas como neocenozóicas, localizadas no centro-leste do estado de São Paulo.

O conhecimento sobre esses depósitos foi adquirido primordialmente nas décadas de 1960 e 1970, em trabalhos de cunho geológico e geomorfológico. Constituindo-se no registro mais significativo do Cenozóico dentro da Depressão Periférica Paulista, apresentam fraca litificação, espessura máxima da ordem de 40 m e profunda alteração pedogenética, com espessos solos arenosos.

Estudos recentes evidenciam a complexidade e, especialmente, a dificuldade de se estabelecer uma cronologia dos eventos deposicionais e erosivos destas unidades.

JUSTIFICATIVA E OBJETIVOS

Os solos correspondem aos materiais residuais resultantes dos processos intempéricos, constituindo um manto de alteração autóctone sobre a rocha sã ou em princípio de alteração. Este material pode ter sido originalmente autóctone ou alóctone, mas, com a instalação da pedogênese, passa a constituir um corpo autóctone.

Jenny (1941), com base em conceitos preconizados por Dockuchaiev considerou relevo, clima, material de origem, organismos e tempo como fatores formadores do solo. Todavia, Jenny (1941) considera, ainda, que apenas alguns

dentre os fatores pedogenéticos exercem influência visível sobre o produto final, ficando reduzida a ação dos demais, idéia esta, corroborada por Daniels *et al.*, (1971), que afirmam não ser eqüitativa a influência exercida pelos fatores pedogenéticos sobre as características futuras do solo em formação.

Segundo Wang e Arnold (1973 *apud* JIMÉNEZ-RUEDA 1980), duas são as considerações fundamentais para a evolução da pedogênese: a uniformidade dos materiais que constituem o sistema solo e seu estado inicial.

A Pedologia considera o solo como resultado do efeito de fatores bioclimáticos, que intervêm sobre o material intemperizado, promovendo redistribuição, reestruturação e organização em horizontes (OLLIVER, 1995). Essas transformações correspondem ao aparecimento de novas seqüências de organizações elementares (BOULET *et al.*, 1984 *apud* MONIZ 1996).

O desenvolvimento dos solos demanda elevado tempo de estabilidade geomorfológica, podendo fornecer informações sobre a evolução da paisagem, constituindo-se em bons indicadores de ciclos de erosão e deposição (OLIVER e PAIN, 1996).

Quando usados para correlação, são chamados de Unidades Pedoestratigráficas, definidas como um corpo tridimensional de rocha soterrada, mapeável, que consiste de um ou mais horizontes pedológicos diferenciados (NACSN 1983). Sua importância provém do fato de que, embora as propriedades pedológicas variem muito, as relações estratigráficas são constantes

Para distinguir as propriedades das unidades, procura-se diferenciar os horizontes, que são produto da pedogênese. Em geral, utiliza-se a base do horizonte diagnóstico como limite inferior do **geosol** ou unidade tridimensional e mapeável, pois consiste em horizonte iluvial ou de concentração residual e possui propriedades características como cor, estrutura, acumulação de matéria orgânica, argilominerais, mosqueados e/ou concreções.

Assim, os solos, como objeto de estudo, envolvem a Geomorfologia, Estratigrafia, Geocronologia, Sensoriamento Remoto, Geoquímica e Mineralogia de Argilas. Esse caráter multidisciplinar requer, portanto, a utilização de técnicas de investigação dessas áreas de conhecimento.

Com vistas a um estudo integrado para o entendimento da evolução dos solos das formações Rio Claro e Piraçununga e suas relações em termos pedoestratigráficos, foi escolhida a região das cidades homônimas onde existem boas exposições destas unidades, além de diversos trabalhos de cunhos geológico e geomorfológico.

No entanto, apesar da significativa contribuição e avanço resultantes de tais estudos, existem dúvidas e controvérsias sobre questões não completamente elucidadas, como por exemplo: a história evolutiva cenozóica.

Ainda, os estudos realizados até o momento não contemplam a gênese dos solos da referida área, deixando outras questões sem resposta:

- Quais as características morfológicas, químicas e mineralógicas destes solos? Estas indicam tratar-se de material pedológico *sensu strictu*?
- Como é a macroestrutura dos solos?

A importância destes estudos reside não só no avanço científico, mas também no aproveitamento e exploração dos recursos naturais, no planejamento ambiental e no controle de riscos ao meio ambiente e à sociedade, instalada sobre as unidades aqui estudadas.

Desta sorte, dentre os principais aspectos que constituem o escopo do presente trabalho, destacam-se:

- a análise morfoestrutural da área;
- a diagnose dos processos pedogenéticos responsáveis pela formação dos solos;
- a caracterização das unidades pedológicas;
- a datação dos sedimentos das formações Rio Claro e Piraçununga.

Esses estudos visam contribuir para a compreensão da evolução pedológica dos sedimentos das formações Rio Claro e Piraçununga, servindo de base para estudos futuros referentes à exploração hidrogeológica, estudos ambientais envolvendo contaminação de aquíferos e águas superficiais e de uso do solo.

ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo localiza-se no centro-leste do estado de São Paulo, mais especificamente nas folhas topográficas Rio Claro e Piraçununga (IBGE, 1972, 1:50.000), onde afloram sedimentos da Formação Rio Claro (Cenozóico), entre os rios Piracicaba e Pardo, englobando os municípios de Rio Claro e parte dos municípios de Santa Gertrudes, Ipeúna, Charqueada, Corumbataí e Itirapina, e da Formação Piraçununga, na região do Rio Mogi Guaçu, próximo às cidades de Piraçununga e Porto Ferreira (Figura 1).

Localizada na porção nordeste da Bacia Sedimentar do Paraná, ocorrem na área rochas sedimentares e vulcânicas das eras Paleozóica (Subgrupo Itararé e formações Tatuí, Irati e Corumbataí), Mesozóica (formações Pirambóia, Botucatu e Serra Geral) e Cenozóica, esta representada pelas formações Rio Claro, Piraçununga e depósitos correlatos.

Inserida na Depressão Periférica Paulista, a área de estudo é caracterizada, sobretudo, por uma compartimentação em níveis aplainados, resultantes de ciclos erosivos, no sentido do ciclo de erosão de Davis (1899 *apud* KING, 1956), conforme atestado em diversos estudos (BJÖRNBERG e LANDIM, 1966; SOARES e LANDIM, 1976; PENTEADO, 1976). Tem sido subdividida em setores morfologicamente diferenciados, com predominância de relevo mais acidentado em decorrência de intrusões de rochas básicas do magmatismo Serra Geral, encaixadas nas unidades paleozóicas e mesozóicas da Bacia do Paraná, e de estruturas de falhas ativas principalmente no Mesozóico.

O clima da região em que está inserida a área de estudo é tropical, alternadamente seco e úmido, controlado por massas tropicais e equatoriais (MONTEIRO, 1973), e influenciado por avanços e recuos de massas polares. Segundo Troppmair (1992), ocorrem duas estações bem definidas: uma chuvosa, que corresponde ao verão, com temperatura média de 22°C e precipitação de 1200 mm, e uma seca, que corresponde ao inverno, com temperatura média de 17°C e precipitação de 180 a 200 mm.



Figura 1. Mapa de localização da área de estudo.

A área é drenada pela bacia do Rio Corumbataí, afluente da margem direita do Rio Piracicaba, considerado como recente-subseqüente (AB'SABER 1969) e subseqüente (SOARES E LANDIM 1976), com traçado fortemente orientado pela tectônica de falhamentos pós-cretácicos (PENTEADO 1976). Com extensão aproximada de 120 km, tem suas nascentes na Serra de Santana, ao norte, com altitude média de 800 m; o alto curso é encachoeirado e corre em vale encaixado e profundo; em sua porção média tem seu declive atenuado, desenvolvendo vales abertos, curvas e meandros; em sua porção inferior atinge a cota de 470 m. Seus principais afluentes são os rios Passa Cinco, Cabeça e Ribeirão Claro (Figura 2).

O Rio Mogi Guaçu obedece a um controle estrutural, mostrando alinhamento principal NW-SE e secundário aproximadamente E-W, concordando com o traçado do Rio Jaguari Mirim, afluente da margem direita. Os demais afluentes, tanto da margem esquerda quanto direita, apresentam direção NE-SW,

notadamente nos seus médio e baixo cursos, provavelmente relacionada a controle estrutural (Figura 2).

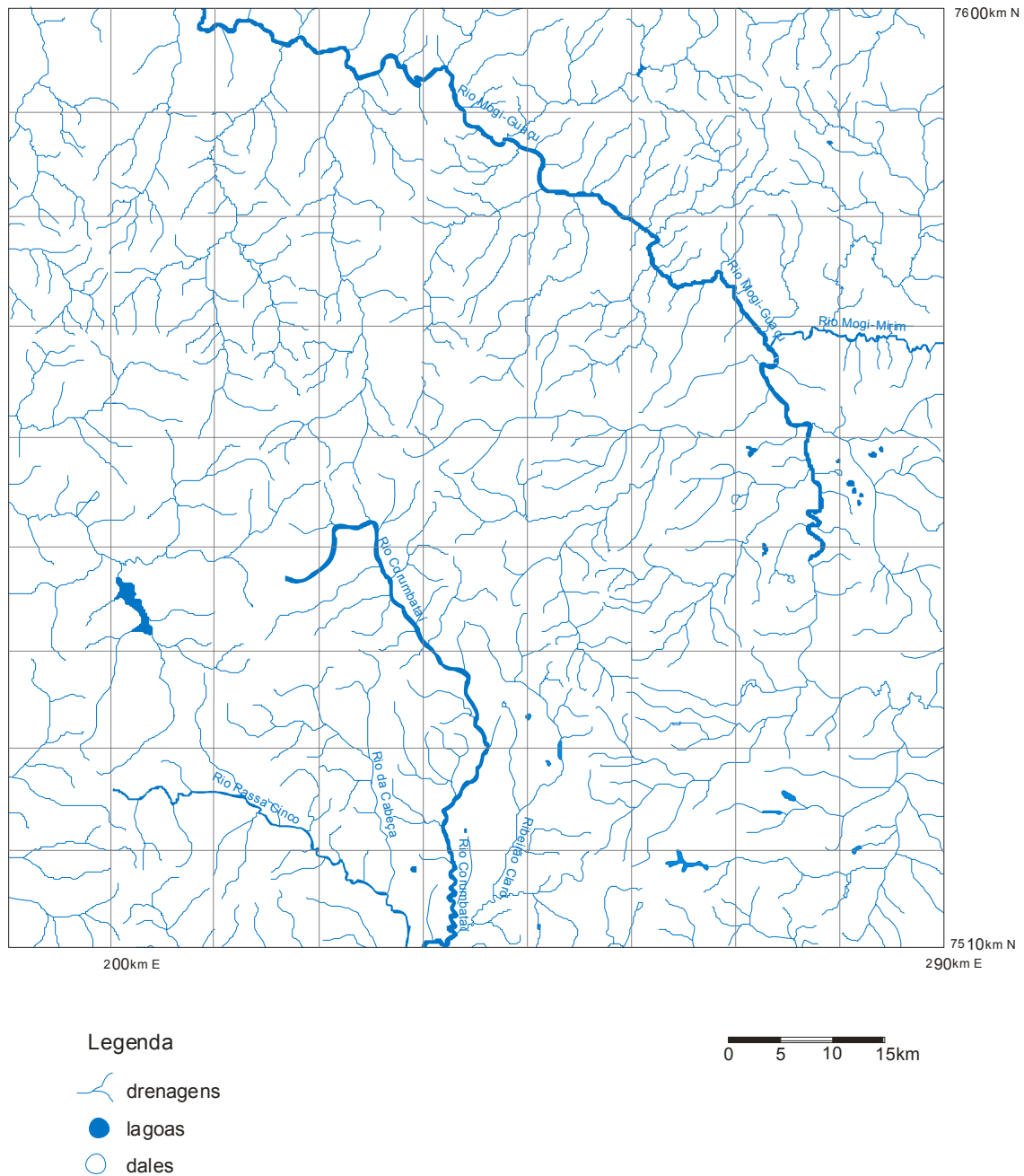


Figura 2. Principais rios que drenam a área de estudo.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais e métodos envolvidos no estudo dos depósitos das formações Rio Claro e Piraçununga consistiram nos seguintes procedimentos:

- análise bibliográfica;
- levantamentos e amostragem em campo (perfis geológicos, pedológicos);
- análises laboratoriais (granulometria, fluorescência e difração de raios X, microscopia eletrônica de varredura, ataque sulfúrico e datação por termoluminescência).

ANÁLISE BIBLIOGRÁFICA

Compreendeu a compilação e a análise de documentos cartográficos mapas geológicos, geomorfológicos e pedológicos; levantamento bibliográfico sobre temas de interesse relacionados às formações Rio Claro e Piraçununga e depósitos correlatos; ao paleoclima; à geologia, à geomorfologia e à pedologia da área em estudo; e aos métodos laboratoriais.

MAPEAMENTO

A escolha de área de estudo, relativamente extensa, implicou na necessidade de adotar-se uma escala de trabalho de 1:250.000, com a vantagem de englobar diversas unidades tidas como correlatas à Formação Rio Claro. Por outro lado, esta escala mostrou-se reduzida para permitir detalhamentos indispensáveis ao estudo dos solos. Assim, para a individualização das principais áreas de ocorrência das formações Rio Claro e Piraçununga, adotou-se escala 1:50.000, principalmente porque as unidades não apresentam continuidade espacial.

A partir de fotografias aéreas, imagens de satélite e folhas topográficas foram extraídos os elementos de drenagem e feições geomorfológicas,

corroborados por dados de trabalhos de campo, permitindo assim a interpretação dos elementos presentes na área.

Foi feita a compilação e a integração dos seguintes documentos cartográficos, para composição do mapa base:

- Mapa Geológico do Estado de São Paulo (IPT 1981a, escala.1:500.000);
- Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo (IPT 1981b, escala 1:500.000);
- Mapa Geológico da Folha Rio Claro (ZAINÉ 1994, escala1:50.000);
- Mapa Pedológico do Estado de São Paulo (OLIVEIRA, *et al.* 1999, escala 1:500.000)

Como bases cartográficas, foram utilizadas as folhas topográficas de Rio Claro e Piraçununga, escalas 1:50.000 (IBGE 1972a; b), e as folhas topográficas de Campinas e Ribeirão Preto, escalas 1:250.000 (IBGE 1980a; b).

Mapas temáticos

A partir da base topográfica na escala 1:50.000 digitalizada, foram gerados, utilizando-se o *software* Spring, o Modelo Digital do Terreno, o mapa hipsométrico e o mapa de declividade para as áreas de ocorrência das formações Rio Claro e Piraçununga. Com a base em escala 1:250.000, foram gerados o mapa hipsométrico e de drenagem, abrangendo toda área de trabalho. Foram utilizados ainda, modelos topográficos da missão SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission - Nasa, 2000). Esses modelos, disponibilizados na *Internet*, com resolução equivalente a escala 1:100.000, serviram à elaboração de perfis topográficos utilizando-se o *software Global Mapper*.

TRABALHOS DE CAMPO

Os trabalhos de campo compreenderam o levantamento e a identificação de unidades pedoestratigráficas, tendo sido cadastrados 40 pontos. Para determinação de coordenadas e altitudes foi utilizado o GPS diferencial marca *Trimble*, modelo PRO-XR12.

Foram descritos 20 perfis, sendo 10 na área de ocorrência da Formação Rio Claro, 6 na área da Formação Piraçununga e 4 em depósitos cenozóicos correlatos. O maior número de perfis localizados sobre a Formação Rio Claro é justificada por sua extensão, que ocupa maior parcela da área de estudo. Os pontos cadastrados e perfis descritos são apresentados na figura 3.

Nos perfis foram examinados espessura e arranjo dos horizontes de solo, bem como suas características morfológicas conforme Lemos e Santos (1996) e Soil Survey Staff (1992), abaixo elencadas.

- Cor - Obtida por comparação com os padrões de cores da escala *Munsell* (Munsell Soil Color Chart, 1994), em que constam o matiz (ou pigmento), referente à combinação dos pigmentos vermelho e amarelo, variando de 5R (100% de vermelho e 0% de amarelo) a 5Y (0% de vermelho e 100% de amarelo); o valor (ou tonalidade), que varia de 0 a 10, indicando as proporções de branco e preto cinza (branco=10 e preto=0), e o croma, que indica o grau de saturação do matiz e varia de 0 a 8.
- Textura - Relacionada à composição granulométrica, mede as porcentagens de argila, silte e areia. Para determinação das porcentagens utilizou-se a Escala Wentworth (1922 *in* SUGUIO 1973) (Tabela 1). De acordo com os conteúdos de argila, silte e areia, são caracterizadas as seguintes classes de textura: muito argilosa, argilosa, média, siltosa e arenosa (Figura 4 e Tabela 2).
- Estrutura - Fundamenta-se em características relacionadas à forma, que define o tipo de estrutura, e tamanho, que define a classe e o grau de desenvolvimento das unidades estruturais no solo (agregados). De acordo com a forma e o arranjo dos agregados, têm-se as classes laminar, prismática, blocos e granular; segundo o tamanho, muito pequena, pequena, média, grande e muito grande; segundo o grau de desenvolvimento das unidades estruturais, grãos simples ou maciça. Foram observadas, ainda, superfícies foscas, de fricção (*slikensides*), de compressão e coesão.

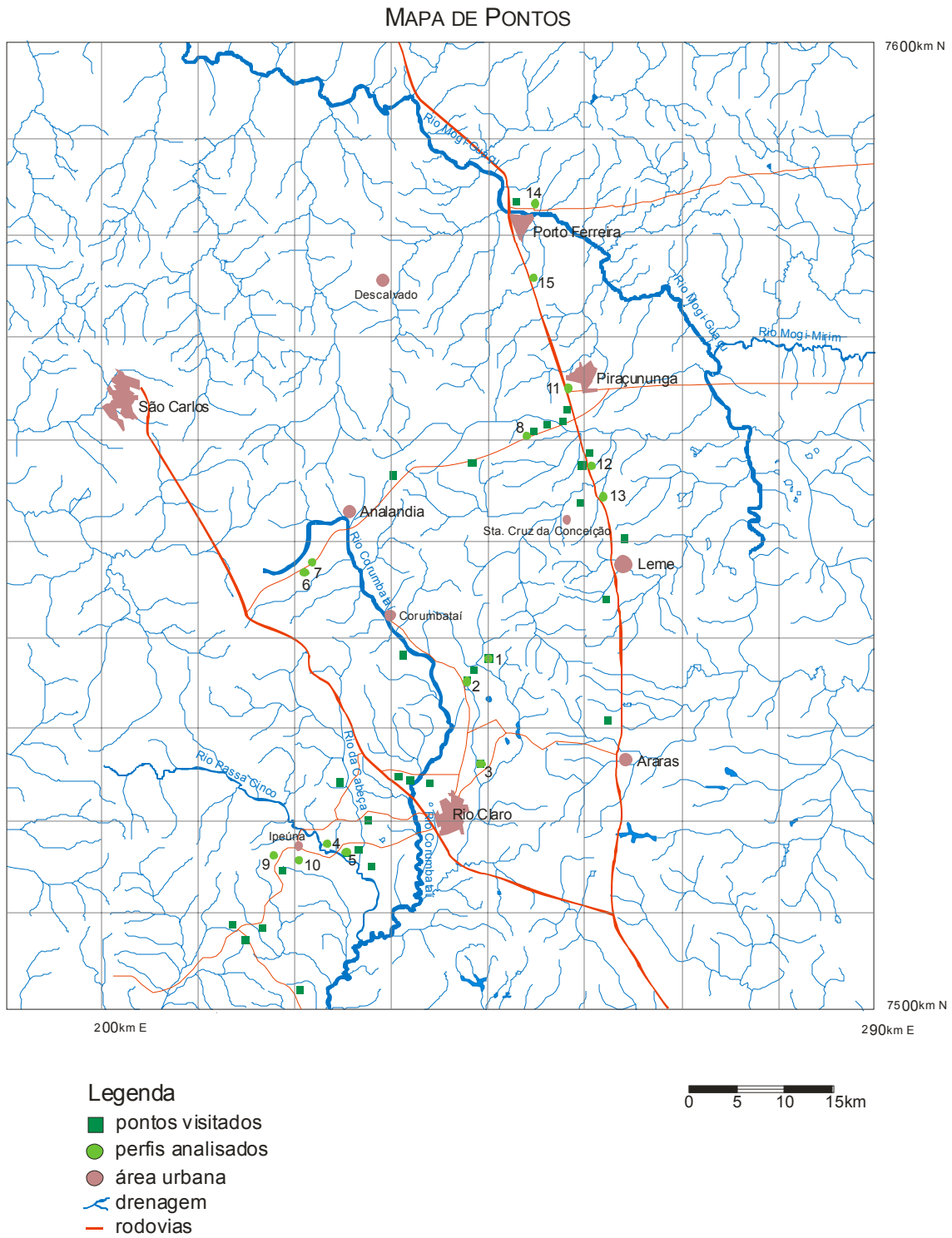


Figura 3. Localização dos perfis de solos e pontos descritos.

- Mosqueamento - Descrição referente à quantidade, tamanho e contraste.
- Consistência - Usada para designar as forças físicas de coesão dos agregados em três estados: seco, úmido e molhado. Para material seco e úmido, a consistência é avaliada em material não desagregado e, quando molhado, define-se plasticidade e pegajosidade.
- Transição - Nitidez ou contraste de separação entre os horizontes, definindo-se o grau de transição, que pode ser abrupta (<2,5cm), clara (2,5 a 7,5cm), gradual (7,5 a 12,5cm) e difusa (>12,5cm); e sua topografia que pode ser plana, ondulada, irregular ou descontínua e quebrada.

AMOSTRAGEM

Durante a descrição dos perfis foram coletadas amostras de material não desagregado, com aproximadamente 1kg, de cada horizonte. Estas amostras foram posteriormente secas ao ar.

Em fase posterior, foram coletadas amostras para datações por Termoluminescência, totalizando 32 amostras de solos e sedimentos. Para esta amostragem foram empregados tubos de PVC pretos (75 cm de comprimento e 2" de diâmetro), cravados no solo com auxílio de uma marreta (Foto 1), evitando-se o recebimento de radiação solar. Posteriormente, o material foi retirado dos tubos em câmara escura.

areia					silte	argila
muito grossa	grossa	média	fina	muito fina		
2	1	0,5	0,25	0,125	0,0625	0,0039(mm)

Tabela 1. Escala de Wentworth (1922 *in* SUGUIO 1973).



Foto 1. Amostragem para TL, utilizando tubo de PVC.

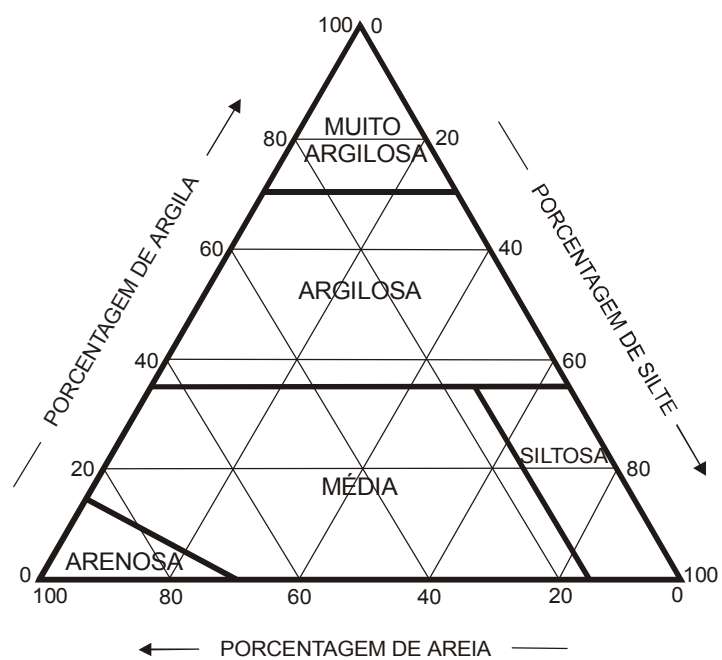


Figura 4. Diagrama simplificado de classes de textura (EMBRAPA, 1997).

Teor de argila	Classificação
≤15%	textura arenosa
15 - 35%	textura média
35 - 60%	textura argilosa
>60%	textura muito argilosa

Tabela 2. Teor de argila e classificações (PRADO, 2000)

ANÁLISES LABORATORIAIS

ANÁLISES GRANULOMÉTRICAS

Foram analisadas amostras de cada horizonte dos perfis descritos seguindo a técnica de análise da EMBRAPA (EMBRAPA 1997). Após a desagregação e quarteamento, amostras de 20g de material seco ao ar foram colocadas em *becker* com 100ml de água destilada e 10ml de dispersante (NaOH 1N). Esta mistura foi agitada com bastão de vidro e colocada para repousar por 12 horas. Procedeu-se então à homogeneização por meio de agitador elétrico *Stirrer*, por 15 minutos.

O conteúdo foi então coletado em proveta de 1000ml, passando-se através de peneira com malha de 0,0625mm. O volume, completado até o aferimento, agitado por 20 segundos e calculado o tempo de sedimentação da fração argila, com base na lei de *Stokes*. Transcorrido o tempo calculado, foi coletado 50ml da suspensão a 5cm de profundidade. Esta solução foi transferida para *becker* de peso conhecido, levado a estufa, por uma noite e pesado para determinação da fração argila.

O material grosso retido em peneira 0,0625mm foi transferido para *Becker* e levado à estufa. Após secagem e resfriamento foi pesado, obtendo-se peso total da areia e peneirado por agitação em conjunto de peneiras que obedecem à Escala de Wentworth (1922 *in* SUGUIO 1973) (Tabela 1).

A fração silte foi obtida por diferença das outras frações correspondendo ao complemento dos percentuais em relação à amostra original.

ESPECTROMETRIA DE FLUORESCÊNCIA DE RAIOS X

As amostras foram inicialmente moídas, transformadas em pó e acondicionadas em pastilhas preparadas por fusão de 1,20g de amostra, pré-calcinada a 1000°C, com 1,20g de tetraborato de lítio (Spectromelt A10, Merck) e 4,80g de metaborato de lítio (Spectromelt A20, Merck), previamente aquecidos a 110°C, resultando em um fator de diluição 1:5. A fusão e a modelagem dos discos foram feitas em preparador automático, obtendo-se discos de 350mm de diâmetro e 3 mm de espessura. Este material foi submetido à análise em Espectrômetro Seqüencial Philips PW2400, com tubo de ródio e potência máxima de 3.000 W, do IGCE/UNESP.

Esta técnica de análise não destrutível foi empregada para determinação da composição química de solos, identificando-se os elementos maiores (SiO_2 , Al_2O_3 , MgO , CaO , Na_2O e K_2O) e menores (TiO_2 , MnO e P_2O_5), em 43 amostras de perfis modais (NARDY *et al.*, 1997).

ESPECTROMETRIA DE DIFRAÇÃO DE RAIOS X

Foi efetuada análise de difração em amostra total, para caracterizar os minerais predominantes nos solos em 43 amostras de perfis modais. As amostras foram preparadas e analisadas no Laboratório de Espectrometria de Difração de Raios X (*Difratômetro Siemens D5000*), do IGCE/UNESP, com ânodo de cobalto, velocidade de varredura 0,05 θ /s de 3 a 70°.

Para análise da fração argila, as amostras foram submetidas a tratamento para remoção de matéria orgânica e deferrificação (remoção de óxidos de ferro). Posteriormente foram separadas as frações areia, em peneira 0,053mm; silte e argila, em centrífuga por 3 minutos a 700 rpm (CAMARGO *et al.* 1986), no Laboratório de Solos da ESALQ/USP (Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - Universidade de São Paulo - Piracicaba). Empregou-se, então, técnica da EMBRAPA (1997): alíquotas das amostras da fração argila tratadas com KCl 1M ou MgCl_2 1M, foram colocadas em lâmina de vidro, sob a forma de uma fina película, para que as lamelas dos minerais planares ficassem paralelas umas às outras. Após secas ao ar, foram levadas ao difratômetro. Posteriormente, as

lâminas K-saturadas foram aquecidas a 110°, 350° e 550°C, em forno mufla, por 2 horas, sendo levadas ao difratômetro após cada aquecimento. As lâminas Mg-saturadas foram colocadas sobre a porcelana perfurada de dissecador e submetidas à atmosfera de etileno glicol por 48 horas, sendo posteriormente levadas ao difratômetro (ALVEZ, 1987).

Os difratogramas de raios X mostram picos que correspondem aos espaçamentos dos minerais em Å (ângstrons), permitindo sua identificação através das mudanças de comportamento do mineral ao ser submetido a tratamentos químicos e térmicos distintos (MILLOT, 1970; MONIZ, 1972; BESOAIN, 1985).

As análises da fração argila foram realizadas no NUPEGEL (Núcleo de Pesquisa em Geoquímica) da ESALQ/USP, utilizando-se Difratômetro Philips, Linha *Expert* PW, com ânodo de cobre, velocidade de varredura 0,020 θ/s de 3 a 65°.

ATAQUE SULFÚRICO DA FRAÇÃO FINA

Neste tipo de análise é produzida solubilização de amostras da fração fina de solo com H₂SO₄ 1:1, visando à determinação de relações moleculares (ki e kr), que permite a avaliação de estágios de intemperização dos mesmos.

Pressupõe-se que somente minerais secundários (argilominerais) são dissolvidos no extrato sulfúrico produzido e, assim, os percentuais de Fe, Al, Si, e Ti são próximos aos da fração coloidal do solo. Após solubilização, realiza-se filtragem, sendo o filtrado utilizado para determinação de Fe, Al, Ti, Mn e P e o resíduo para determinação de sílica (EMBRAPA, 1997).

O ki é obtido em função dos valores expressos em % de SiO₂ e Al₂O₃, divididos por seus pesos moleculares; o kr é calculado em função dos valores expressos em percentagem de SiO₂ e soma do Al₂O₃ + Fe₂O₃, divididos pelos respectivos pesos moleculares.

MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA

A Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) constitui técnica adequada para o exame de textura de argilas, solos e sedimentos.

Foram realizadas análises em 43 amostras dos horizontes de solos no Laboratório de Microscopia Eletrônica de Varredura do IGCE/UNESP, utilizando-se MEV ambiental modelo ESEM 2020 e Espectrômetro de Energia Dispersiva (EDS), fabricados respectivamente pela ELECTROSCAN/PHILIPS e EDAX.

O MEV ambiental opera com câmara de amostra em baixo vácuo (entre 1 e 10 *torr*), permitindo utilizar amostras *in natura*, sem necessidade de metalização, eliminando-se, portanto, os inconvenientes resultantes do preparo das mesmas, como a destruição de feições estruturais delicadas, condição apresentada pelos agregados de solos. Possibilita a obtenção de imagens digitalizadas com três resoluções diferentes: 512 x 512, 1024 x 1024 e 2048 x 2048 *pixels*. O espectrômetro de energia dispersiva permite a identificação e análise química semiquantitativa. Estas análises mostraram predominância de quartzo, alumínio e ferro, em todas as amostras (WELTON, 1984).

As análises consistiram na obtenção de imagens da forma e do arranjo dos constituintes dos solos e sua estrutura interna. A partir desses elementos, tornou-se possível deduzir a natureza dos elementos e apoiar interpretações sobre condições ambientais vigentes durante sua evolução.

DATAÇÃO ABSOLUTA POR TERMOLUMINESCÊNCIA

A técnica de Termoluminescência (TL) foi empregada para datação dos sedimentos das formações Rio Claro e Piraçununga. Esta técnica tem sido aplicada com sucesso em sedimentos quaternários, principalmente aqueles submetidos a climas tropicais, com altas temperatura e umidade, o que promove a destruição de matéria carbonada (BORDAS *et al.* 1992), impedindo a utilização do método de ^{14}C .

A Termoluminescência baseia-se no princípio de que os cristais de quartzo, contidos em materiais arqueológicos e geológicos, aprisionam elétrons

em armadilhas, criadas pela exposição dos mesmos à radiação cósmica e de elementos radioativos (como o Urânio, Tório e Potássio), do ambiente em que foram depositados, sendo que a TL é a luz emitida quando estes cristais são aquecidos por uma fonte de calor (AITKEN, 1985; WATANABE e MIYAMOTO, 1975).

Enviadas ao Laboratório de Vidros e Cerâmicas da UNESP - Ilha Solteira, foram peneiradas, separando-se grãos menores que 75 μ m, e submetidos a tratamento químico com ácido fluorídrico (HF) por 15 min, ácido nítrico (HNO₃) por 2 h e 30 min, ácido sulfúrico (H₂SO₄) por 1h, utilizando-se acetona para secagem.

Após o tratamento foram separadas em duas alíquotas, uma natural e outra irradiada com doses adicionais de 2Gy, 5Gy, 10Gy, 20Gy, 50Gy e 70Gy. As medidas de TL foram feitas em equipamento *Harshaw* TLD 3500 no intervalo de 50° a 450°C, com fluxo de N₂ no compartimento de aquecimento da amostra, seguindo-se o Método de Doses Adicionais.

O Método de Doses Adicionais consiste em irradiar as amostras com doses pré-estabelecidas, obtendo-se, assim, uma curva de crescimento da intensidade do pico de 375°C do quartzo. O ponto de interseção da curva com a seta da intensidade da TL residual fornece a dose equivalente acumulada na amostra, desde sua última exposição à luz solar. Dividindo-se este valor com o da taxa anual de radiação ambiental, obtém-se a idade da amostra (BRITO [2004?]).

Posteriormente foram coletadas 6 amostras, seguindo-se a mesma técnica de amostragem, e enviadas ao Laboratório de Vidros e Datação/FATEC (Faculdade de Tecnologia de São Paulo). Por meio de peneiramento, foram separados os grãos entre 88 e 180 μ m; estas amostras foram submetidas a tratamento químico com HF 20% por 1 hora, HCl 20% por 2 horas, para seleção dos grãos de quartzo pelo método de Separação por Densidade, através do líquido *Sodium Polytungstate* (3Na₂WO₄•WMNO₃•H₂O) (YEE *et al.* [2004?]).

Para determinação das doses acumuladas, foi utilizado o método de Regeneração Total, no qual a amostra é inicialmente exposta à luz solar durante 16 horas, posteriormente dividida em diferentes porções e irradiadas com radiação γ de ⁶⁰Co, realizada no IPEN-CNEN/SP. Após as irradiações, as amostras foram submetidas a tratamento térmico de 200°C, durante 20 min, para

eliminação da parte instável do sinal de TL que ocorre em baixas temperaturas. O ponto de interseção da curva de Intensidade TL, em função das doses com a reta da Intensidade TL natural, fornece a Paleodose; este valor dividido por T indica a idade da amostra.

As curvas de TL foram obtidas com o aparelho TL/OSL *Automated Systems*, Modelo 1100 série *Daybreak Nuclear Instruments* InC, com taxa de aquecimento de 10°C/s, filtro ótico *Schott-BG-39* e atmosfera N₂ gasoso.

Os valores das doses anuais foram calculados utilizando concentrações de ⁴⁰K, ²³²Th, ²³⁸U e ²³⁵U, medidas com detector de NAI, e contribuição da radiação cósmica de 182 µGy/ano.

GEOLOGIA

GEOLOGIA REGIONAL

A área de estudo situa-se no setor nordeste da Bacia Sedimentar do Paraná, onde afloram rochas sedimentares e vulcânicas das eras paleozóica, mesozóica e cenozóica.

Afloram na área camadas permo-carboníferas constituídas por arenitos imaturos e siltitos do Subgrupo Itararé e arenitos da Formação Aquidauana; siltitos argilosos e argilitos marinhos permianos da Formação Tatuí (Grupo Tubarão); argilitos e folhelhos cinza, marinhos rasos da Formação Irati e siltitos e argilitos de cor cinza, marinhos rasos, da Formação Corumbataí (Grupo Passa Dois - Permiano Superior).

Os depósitos do Mesozóico são constituídos por arenitos com estratificação de pequeno a grande porte, fluviais e principalmente eólicos da Formação Pirambóia; por arenitos eólicos com estratificação cruzada de médio a grande porte, da Formação Botucatu; e por rochas vulcânicas e corpos intrusivos pertencentes ao Grupo São Bento.

O Cenozóico está representado pelas formações Rio Claro, Piraçununga e sedimentos quaternários de deposição colúvio-aluvial.

GRUPO TUBARÃO

Subgrupo Itararé e Formação Aquidauana

O Subgrupo Itararé constitui unidade basal da seqüência permo-carbonífera da Bacia do Paraná. Segundo Landim *et al.* (1980), sua origem está associada a ambientes flúvio-glacial, fluvial, marinho raso e leques aluviais. Compreende arenitos de granulação variada, imaturos, passando para arcóseos, conglomerados, diamictitos, tilitos, siltitos e ritmitos. Os sedimentos finos ocorrem predominantemente nas porções média e superior, as estruturas sedimentares são

representadas por marcas onduladas, laminações cruzadas e estratificações plano-paralelas (WU, 1981, 1989).

A Formação Aquidauana, descrita por Lisboa (1909 *apud* BAPTISTA *et al.*, 1984), é constituída por depósitos continentais, predominantemente arenitos vermelho-arroxeados, médios a grossos, feldspáticos e subordinadamente arenitos finos, conglomerados, siltitos, folhelhos rítmicos e diamictitos.

O Subgrupo Itararé e a Formação Aquidauana afloram em toda faixa leste da Bacia do Paraná na área estudada, jazendo sobre o embasamento pré-cambriano. Admite-se interdigitação lateral entre as duas unidades, predominando os depósitos avermelhados da Formação Aquidauana a norte o rio Mogi-Guaçu.

Formação Tatuí

Representa a primeira unidade pós-glacial no Estado de São Paulo (SOARES e LANDIM, 1976). É constituída por depósitos marinhos costeiros com estratificação plano-paralela, predominando siltitos, arenitos finos, calcários e sílex, com coloração avermelhada na parte inferior e esverdeada na parte superior da unidade.

Freitas *et al.*, (1979) descreveram a ocorrência dessa formação a nordeste de Leme.

GRUPO PASSA DOIS

Formação Irati

A Formação Irati foi recentemente redefinida como subgrupo por Hachiro *et al.*, (1993). Tal classificação tem encontrado muitas restrições quanto à sua caracterização no campo e quanto à sua mapeabilidade, de forma que se optou aqui pelo uso consagrado de Formação Irati, incluindo o Membro Taquaral (basal), constituído de folhelhos sílticos a siltitos com níveis conglomeráticos na base, e o Membro Assistência, constituído de folhelhos argilosos betuminosos, calcários dolomíticos e alternâncias destes dois termos, com calcários dolomíticos silicificados, para o topo. À Formação Irati é atribuída sedimentação em mares

rasos, com ciclos transgressivo-regressivos de menor ordem subordinados à transgressão pós-glacial na Bacia do Paraná (HACHIRO, 1991).

Na região estudada, suas principais exposições ocorrem próximo ao distrito de Assistência, município de Rio Claro.

Formação Corumbataí

Unidade superior do Grupo Passa Dois, constituída por arenitos muito finos, siltitos, lamitos e folhelhos com coloração variegada de cinza, creme, verde claro ou lilás, apresenta ainda níveis de calcário oolítico e leitos de calcário silicificado (COTTAS, 1983).

As estruturas predominantes são representadas por estratificação plano-paralela, cruzada de baixo ângulo, estratificação rítmica, marcas onduladas e fraturas de ressecamento (IPT, 1981). Nos sedimentos arenosos ocorrem estratificação cruzada de pequeno porte e laminação ondulada descontínua, formada em condições de planície de maré (COTTAS, 1983).

Com área de ocorrência bastante extensa no vale do Rio Corumbataí, sofre adelgaçamento nas regiões de Leme e Piraçununga.

GRUPO SÃO BENTO

Formação Pirambóia

Constituída por espessos pacotes de arenitos finos a médios, rosados a avermelhados, apresenta estratificações cruzadas de pequeno a grande porte, com intercalações de níveis de siltitos e arenitos sílticos, e ocorrência de arenitos conglomeráticos no topo (CAETANO-CHANG *et al.*, 1991; CAETANO-CHANG e WU, 1992).

Sua deposição é predominantemente eólica, englobando sistema fluvial marginal e leques aluviais no topo (CAETANO CHANG, 1997).

Formação Botucatu

A Formação Botucatu é constituída por sucessão de arenitos eólicos avermelhados de granulação média, bem selecionados, foscos, com estratificações cruzadas de médio a grande porte.

A unidade foi depositada em condições de elevada aridez, em ambiente desértico que se estendeu por toda Bacia do Paraná, deixando registros predominantemente de campos de dunas e lençóis de areia eólicos.

Formação Serra Geral

Na área estudada, destacam-se soleiras e diques de diabásio associadas ao magmatismo Serra Geral, intercaladas principalmente às formações Irati e Tatuí; ocorrem ainda intercaladas às formações Corumbataí e Pirambóia. Derrames basálticos capeiam as Serras que bordejam a Depressão Periférica.

GEOLOGIA LOCAL

Trabalhos pioneiros sobre os depósitos cenozóicos do Estado de São Paulo foram elaborados no início do século XX, contemplando principalmente estudos sobre idade, gênese, ambiente de sedimentação e correlações entre elas. A partir da década de 50, várias publicações referem-se a bacias de sedimentação modernas, (por exemplo FREITAS, 1951, AB'SABER, 1954, 1969; FREITAS *et al.*, 1979), com enfoque sobre geomorfologia e sedimentação quaternária. Outros trabalhos referem-se à geologia e à geomorfologia, entre os quais se destacam Almeida (1964), Almeida e Barbosa (1953), Björnberg *et al.* (1964), Björnberg (1965) e Björnberg e Landim (1966).

Almeida e Barbosa (1953), descrevendo a geologia das quadrículas de Piracicaba e Rio Claro, referiram-se a terraços antigos com areias e cascalhos, elevados até 80 metros acima do leito atual dos rios, atestando seu traçado pretérito. Admitiram idade pleistocênica para tais terraços, mas não os indicaram nos mapas, por considerá-los de extensão insignificante.

Mezzalira (1961), relatando ocorrências de vegetais fósseis em depósitos cenozóicos no Estado de São Paulo, descreveu restos de vegetais de prováveis monocotiledôneas em delgadas lentes argilosas incluídas em areias, situadas na rodovia Washington Luiz próximo a Rio Claro. A espessura dos depósitos cenozóicos observados atingia 10 metros, assentados sobre a Formação Corumbataí.

Björnberg *et al.* (1964) descreveram os depósitos modernos da área do platô de Rio Claro, com 20 e 30 metros de espessura máxima, constituídos de alternância de camadas argilosas e arenosas, com estratificações cruzadas e níveis de seixos, interpretados como resultantes de sedimentação fluvial.

Björnberg (1965) apresentou extenso trabalho sobre os sedimentos modernos de grande parte da região leste do Estado de São Paulo. A classificação estratigráfica adotada refere-se unicamente a depósitos de terraços e depósitos de rios, ambos amplamente distribuídos por toda região estudada. Na área da Depressão Periférica, as análises sedimentológicas realizadas indicaram herança de atributos do Arenito Botucatu¹ e aporte de sedimentos mais imaturos pelos principais rios atuais. Concluindo por imposições climáticas para a geração dos sedimentos encontrados, admitiu a possibilidade de que teria predominado clima semi-árido.

Björnberg e Landim (1966) identificaram três níveis topográficos principais recobertos por sedimentos neocenozóicos, na área da Depressão Periférica Paulista. Propuseram a designação estratigráfica de Formação Rio Claro para os sedimentos situados sobre o nível topográfico inferior (altitude de 600 a 800 m), com espessura média de 30 m (Figura 5).

Com base em parâmetros estatísticos, destacaram a semelhança destes com os arenitos da Formação Botucatu¹ e concluíram que a unidade se formou a partir de depósitos torrenciais, associados a fenômenos paleoclimáticos, formando-se os sedimentos maciços durante épocas semi-áridas, concomitantes à elaboração de pediplano, e os sedimentos estratificados, em épocas mais

¹ O Arenito Botucatu, nesta acepção, inclui as formações Pirambóia e Botucatu.

úmidas, responsáveis também pelo aprofundamento da drenagem de idade pleistocênica.

Fúlfaro e Suguio (1968) associaram os sedimentos da Formação Rio Claro como sendo de origem fluvial e descartaram a influência climática na gênese dos depósitos; consideraram ter sido a superfície aplainada por assoreamento e restringiram a ocorrência da formação à área da cidade de Rio Claro.

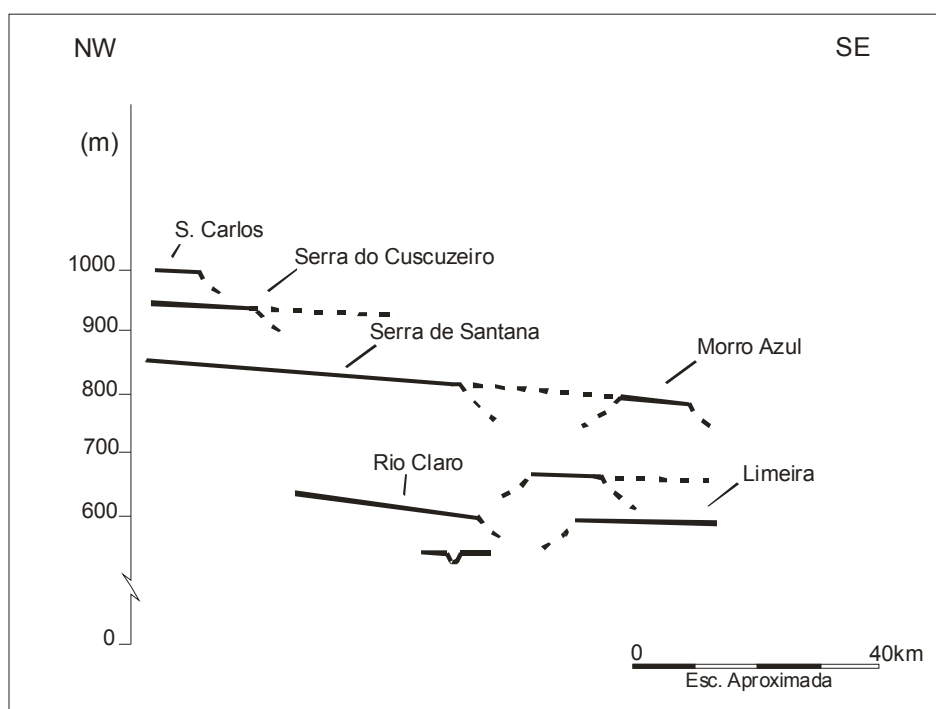


Figura 5. Principais níveis topográficos capeados por sedimentos neocenoicos (modif. de BJÖRNBERG e LANDIM, 1966).

Penteado (1969, 1976) estudou a evolução do relevo da região destacando condicionantes estruturais e litológicos. Em 1969, admitiu o estabelecimento de superfície de aplainamento; em 1976, considerou a reativação de antigas falhas, gerando condições para a deposição aluvial, aliadas a fatores climáticos, onde a sedimentação teria ocorrido sob condições áridas e semi-áridas, alternadas com fases mais úmidas em que ocorreriam fluxos torrenciais.

Soares e Landim (1976) consideraram que a sedimentação se deu em bacias não-coalescentes de rios meandrantos, durante fase de redução da taxa de basculamento regional para oeste; posicionaram a Formação Rio Claro no limite Plio-Pleistoceno, com base em alguns fósseis encontrados.

Freitas *et al.* (1979) descreveram as formações superficiais da Depressão Periférica Paulista e admitiram que a mesma tivesse sido formada por grabens e ampliada por erosão diferencial; as formações Rio Claro e Piraçununga constituiriam o entulhamento de fossas tectônicas; propuseram idade terciária para estas formações, com base em relações de contato. A Formação Piraçununga é descrita como de origem flúvio-lacustre, constituída por sedimentos arenosos inconsolidados, não-estratificados, com seixos e cascalheiras de pequeno porte na base, e espessura não ultrapassando 20 metros.

Outros estudos sobre as formações superficiais da Depressão Periférica referem-se a extensos e delgados capeamentos de espigões, arenosos a areno-argilosos, não estruturados (MASSOLI, 1983; AZEVEDO e MASSOLI, 1984). Tais estudos destacaram aspectos relacionados com potencialidade mineral e suscetibilidade à erosão dos depósitos, e seguiram as idéias de Freitas *et al.* (1979) referentes à idade terciária, origem e correlação com a Formação Rio Claro.

Massoli (1981) definiu a Formação Santa Rita do Passa Quatro, descrevendo depósitos relativamente menos argilosos e topograficamente mais elevados que aqueles da Formação Piraçununga; as duas formações foram consideradas terciárias.

Freitas *et al.* (1990) definiram a Fácies Vargem Grande do Sul da Formação Piraçununga, compreendendo ocorrência de sedimentos argilosos, de planície de inundação ou lagos, fossilíferos, de suposta idade Oligo-miocênica. Referiram-se ao restante da unidade constituída de sedimentos mais grossos, arenosos, como Fácies Leme.

Zaine (1994), estudando a Formação Rio Claro, considerou a deposição da unidade como fecho deposicional do ciclo que elaborou a superfície Neogênica, admitindo que sua idade remontaria ao Mioceno.

Melo (1995) enfocou a Formação Rio Claro e depósitos associados com o intuito de caracterizá-los e determinar sua gênese; atribuiu-lhes origem em sistema fluvial meandrante, com depósitos formados sob vigência de clima úmido; indicou que o fator preponderante na sedimentação teria sido a reativação de falhas com movimento vertical. Atribuindo idade terciária à Formação Rio Claro com base em fragmentos de carvão datados por C^{14} , identificou, ainda, vários outros depósitos mais jovens, aos quais atribuiu idade neocenozóica.

Silva (1997) estudou a sedimentação cenozóica do médio vale do Rio Mogi Guaçu, região de Piraçununga, mostrando que é constituída por sedimentos conglomeráticos e areno-argilosos, mal selecionados, depositados por processo de fluxo de detritos, controlados por falhas transcorrentes dextrais E-W, NE-SW e N-S. Para o autor, a bacia receptora destes depósitos é resultado de neotectonismo quaternário transtensivo do tipo graben, que teria gerado bacia assimétrica, pouco profunda, desenvolvida no Quaternário.

Desde alguns estudos pioneiros, os depósitos atribuídos à Formação Rio Claro englobam tanto sedimentos estratificados, fluviais, quanto coberturas incoesas maciças. Esta heterogeneidade, com materiais de diversas origens (sedimentos fluviais, colúvios, solos), foi apontada por Fúlfaro e Suguio (1968) que restringiram a denominação de Formação Rio Claro aos depósitos da região da cidade homônima, de origem fluvial (Figura 6).

Por outro lado, extensas coberturas inconsolidadas foram definidas e mapeadas como unidades cronológica e geneticamente correlatas à Formação Rio Claro, por outros autores (FREITAS *et al.*, 1979; MASSOLI, 1981; FREITAS *et al.*, 1990, entre outros).

Para Melo (1995), a gênese e a idade dos depósitos fluviais da Formação Rio Claro, conforme se apresentam no platô de Rio Claro (área tipo), naturalmente diferem da gênese e idade das extensas coberturas incoesas comuns em vastas porções da Depressão Periférica.

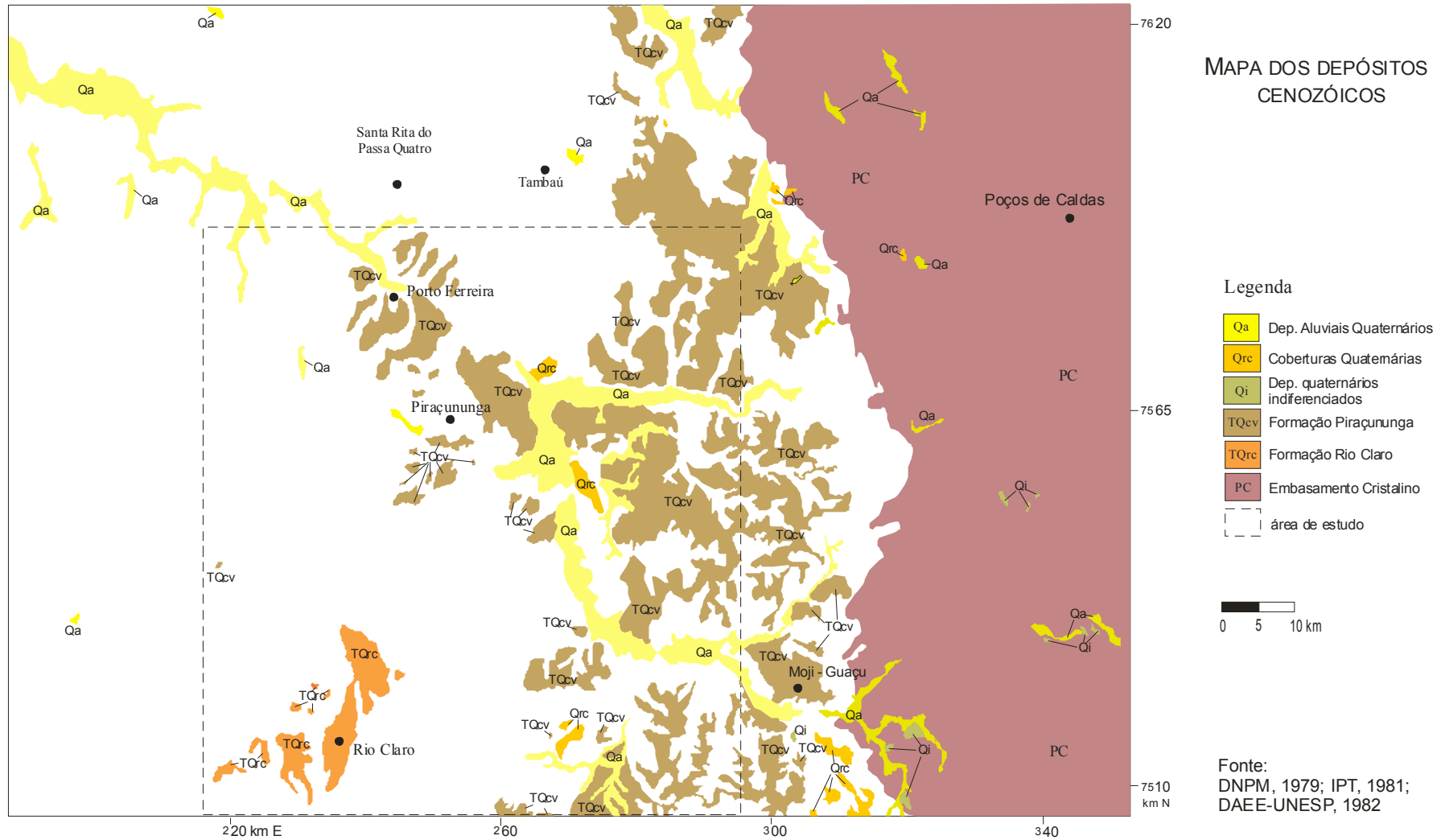


Figura 6. Mapa dos depósitos cenozóicos compilados na escala 1:250.000 (mod. de Silva, 1997).

Segundo Cottas (1983), a estrutura regional da área é do tipo homoclinal, com mergulho de 1° para oeste. Localmente, esta estrutura encontra-se modificada por intrusões, falhamentos e domos. Em geral, esses falhamentos dispõem-se nas direções preferenciais N30-50E e N20-40W.

GEOMORFOLOGIA

RELEVO

A área estudada abrange a porção centro-leste da Depressão Periférica Paulista. Denominação empregada pela primeira vez por Moraes Rego (1932), esta depressão tem sido subdividida em setores morfológicamente diferenciados, de origem tectônico-erosiva (VIEIRA, 1982).

Segundo Freitas (1951), a depressão constitui faixa deprimida entre as escarpas de diabásio e Arenito Botucatu, que delimitam sua borda ocidental, e o Planalto Cristalino Atlântico, que delimita sua borda oriental. Ao norte, limita-se pelo alinhamento Araxá-Rio Grande (ASMUS e FERRARI, 1978), e ao sul pelo Rio Paranapanema (FÚLFARO e SUGUIO, 1974). Restringe-se ao compartimento norte da Bacia do Paraná que, segundo Vieira (1982), tem apresentado um comportamento menos ascendente que o Arco de Ponta Grossa, ao sul, desde o Permo-Carbonífero.

Durante o Terciário, ocorreu reativação de falhas ao longo de antigas linhas de fraqueza; este processo, ativo até hoje, apresenta pulsações com diferentes ciclos de sedimentação e erosão (FÚLFARO e SUGUIO, 1968).

Björnberg *et al.* (1968) falam de pequenos blocos basculados e grandes superfícies cenozóicas adernadas em várias direções. Admitem serem recentes as manifestações tectônicas responsáveis pelas alterações geológicas e afirmam que *“A Depressão Periférica se originou por atuação conjunta de fenômenos de tectônica rígida (grande número de pequenas fraturas cisalhantes, formando extensas zonas brechadas) e ação erosiva de uma drenagem subsequente”*.

Segundo IPT (1981 a, b), os trabalhos de cartografia realizados na área da Depressão Periférica evidenciam o escalonamento do relevo em diferentes níveis planálticos. Na área de estudo, os autores reconheceram quatro diferentes níveis:

- Planaltos nivelados pela superfície cimeira (A), correspondente à superfície Paleogênica (DE MARTONNE, 1943), Japi (ALMEIDA, 1964) ou pediplano Pd₃ (BIGARELLA *et al.*, 1965);
- Planaltos subnivelados por superfície intermediária (I), correspondente à superfície intermediária (DE MARTONNE, 1943) ou ao pediplano Pd₂ (BIGARELLA *et al.*, 1965);
- Primeiro nível de planaltos rebaixados (B);
- Segundo nível de planaltos rebaixados (Bd) que juntamente com o nível B, situa-se na posição da superfície Neogênica de De Martonne (1943) ou pediplano Pd₁ de Bigarella *et al.*, (1965).

Estes níveis e suas relações com as superfícies aplainadas são apresentados na figura 7.

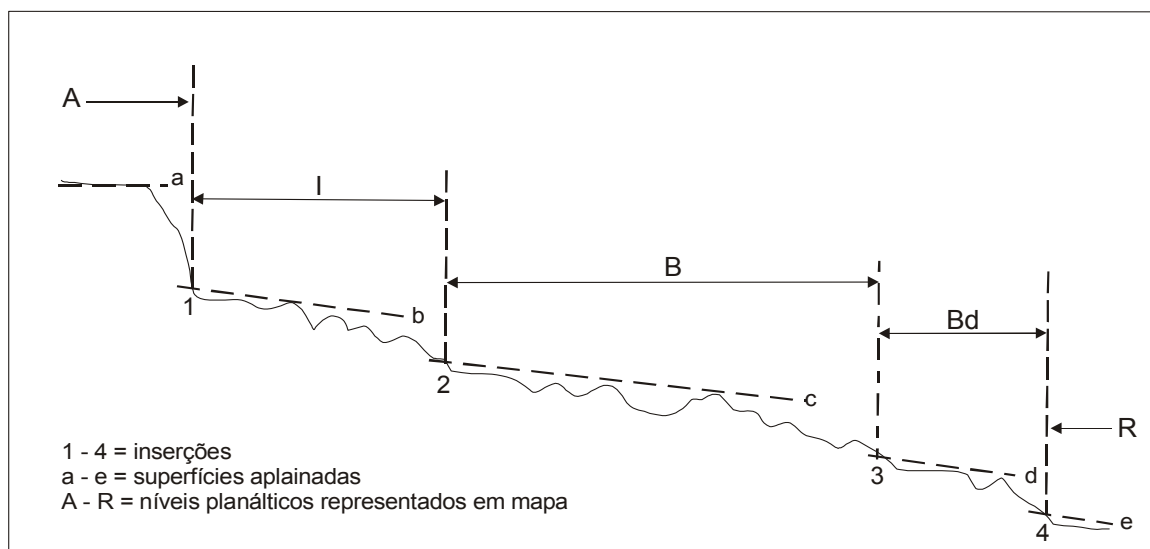


Figura 7. Significado das rupturas negativas (inserções) do relevo, e suas relações com as superfícies aplainadas e níveis planálticos (modif. de MELO, 1995).

A presença de soleiras de rochas básicas e estruturas, constituindo barramentos da drenagem, e o relevo mais deprimido, determinaram à acumulação e a preservação de coberturas sedimentares neocenozóicas relativamente expressivas na área.

Almeida (1964) subdividiu a Depressão Periférica em três zonas: do Paranapanema, do Médio Tiête e do Mogi-Guaçu, delimitadas pelos divisores de água destes rios. A área enfocada no presente estudo abrange parte da zona do Médio Tiête e a maior parte da zona do Mogi-Guaçu. Tal região caracteriza-se pela maior expressão das intrusivas básicas do magmatismo Serra Geral (encaixadas nas unidades paleozóicas e mesozóicas da Bacia do Paraná), e de estruturas ativas principalmente no Mesozóico.

A Depressão Periférica apresenta relevo suave, colinoso, sustentado pelas rochas sedimentares da Bacia do Paraná. Relevo mais acidentado, de morrotes, morros e mesmo algumas serras isoladas, aparece nas regiões de intrusão de rochas básicas do magmatismo Serra Geral, sobretudo na faixa Rio Claro - Araras - Piraçununga.

Os principais rios que drenam a Depressão Periférica são o Pardo, Mogi-Guaçu, Piracicaba e Tiête. São rios com caráter conseqüente em relação às camadas da Bacia do Paraná, com sentido médio de fluxo de SE para NW. Os desvios deste sentido médio obedecem a controle litoestrutural, como é o caso do Rio Mogi-Guaçu, que se desvia de WNW-ESE para NNW-SSE, acompanhando alinhamento estrutural (BJÖRNBERG, 1969), e acumula extensos aluviões a montante da faixa de soleiras de diabásio associadas às unidades Tatuí e Irati, ressaltando que a tectônica moderna tem posição igual ao clima no controle das formas do terreno.

O Rio Corumbataí, afluente da margem direita do Piracicaba, com sentido médio de fluxo de norte para sul, é considerado um rio subseqüente por Soares e Landim (1976). Seu traçado apresenta forte controle litoestrutural, pois se desenvolve em área à jusante da principal faixa de ocorrência de soleiras de diabásio, onde se definem marcantes estruturas geológicas. As altitudes da Depressão Periférica na área estudada variam de um mínimo de 530 m nos leitos dos rios Pardo e Mogi-Guaçu e 450m nos leitos dos rios Piracicaba e Tiête, até cerca de 790 m no divisor entre as bacias do Piracicaba e Mogi-Guaçu e nas proximidades do limite com o Planalto Cristalino, a leste.

O subnívelamento de topos na área da Depressão Periférica é feição marcante, tendo sido denominado superfície Neogênica, embora vários autores

reconheçam, na verdade, vários subniveamentos de topo (ALMEIDA, 1964; AB'SABER, 1969 e PENTEADO, 1976).

AB'Saber (1969) considerou a gênese da Depressão Periférica e escarpas das cuestras basálticas como consequência unicamente da erosão associada à evolução morfoclimática, discordando das hipóteses de origem tectônica para as cuestras. Vários autores têm feito referência à atividade de falhas normais para a origem da escarpa da Serra Geral (FÚLFARO *et al.*, 1982; BRANDT NETO, 1984; FREITAS *et al.*, 1979; FÚLFARO e SUGUIO, 1968). Penteado (1976), abordou a questão da propriedade do emprego do termo *cuesta*, que se refere a escarpas de erosão em relevo de estrutura monoclinial, concluindo que, embora a escarpa da Serra Geral na Depressão Periférica possa apresentar condicionamento estrutural local, a tendência é de se reconhecer que a feição resulte de processos predominantemente erosivos, sendo, portanto adequada a denominação *cuesta*.

Na área das cuestras basálticas, a escarpa é sustentada em grande parte por rochas do magmatismo Serra Geral, interpretadas como derrames e às vezes como soleiras, com arenitos mesozóicos intercalados. As altitudes máximas atingem 1068m na Serra de Itaqueri (a norte de Charqueada), 1058m na Serra do Cuscuzeiro (a norte de Analândia), e 989m na serra do Córrego Fundo (a nordeste de Santa Rita do Passa Quatro), verificando-se desníveis escarpados com até 350m.

PEDOLOGIA

SOLOS

Na área estudada, predominam rochas arenosas com permeabilidade média a alta, o que favorece a infiltração e a lixiviação, promovendo o desenvolvimento de perfis pedológicos profundos. Estudos realizados demonstraram que os valores de condutividade hidráulica na Formação Rio Claro variam de 10^{-2} a 10^{-3} cm/s (OLIVA, 2002) e na Formação Piraçununga de 10^{-3} a 10^{-4} cm/s (GALIANO, 2004).

Oliveira *et al.* (1999) publicaram, a partir da compilação de documentos cartográficos e informações resultantes dos vários levantamentos de solos executados, novo mapa pedológico do Estado de São Paulo, segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999), tendo sido necessários procedimentos especiais para correlação entre as legendas constantes nos documentos utilizados e as classes deste sistema (Figura 8).

Assim sendo, foram cadastradas 3 classes de 1º nível taxonômico (ordem) e 5 classes de 2º nível (subordem), para a área em estudo, e feita a correlação com as antigas classificações das unidades pedológicas (CAMARGO *et al.*, 1987).

Segundo Oliveira *et al.* (1999), ocorrem os seguintes tipos de solos na área estudada:

ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS (PVA)

Podzólicos Vermelho-amarelos.

- Distróficos, A moderado, textura arenosa/média, argilosa e média/argilosa, relevo suave ondulado (PVA 16)
- Distróficos abruptos, A moderado textura arenosa/média, relevo ondulado (PVA 27)

- Distróficos abruptos ou não, A moderado, textura média/argilosa e argilosa, relevo ondulado (PVA 31)
- Distróficos abruptos ou não, A moderado, textura argilosa e média/argilosa, relevo ondulado (PVA 32)
- Grupamento indiscriminado de ARGISSOLOS VERMELHOS-AMARELOS arênicos, A moderado, textura arenosa/argilosa e média/argilosa, relevo suave ondulado e ondulado + NEOSSOLOS LITÓLICOS Eutróficos, A moderado e chernozêmico, relevo ondulado + NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS Órticos eutróficos, A moderado, relevo suave-ondulado (PVA 98)

LATOSSOLOS VERMELHOS (LV)

Latossolos Roxos + Latossolos Vermelho-escuros

- Eutroféricos e Distroféricos + LATOSSOLOS VERMELHOS Distróficos, ambos A moderado, textura argilosa, relevo suave ondulado (LV 4)
- Eutroféricos e distroféricos, textura argilosa + LATOSSOLOS VERMELHOS Distróficos, textura média, ambos A moderado, relevo suave ondulado + ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS Distróficos arênicos, A moderado, textura arenosa/média, relevo ondulado (LV 7)
- Eutroféricos e Distroféricos, relevo suave ondulado + NITOSSOLOS VERMELHOS Eutroféricos, relevo ondulado, todos A moderado + NEOSSOLOS LITÓLICOS Eutróficos, A moderado e chernozêmico, relevo ondulado, todos textura argilosa (LV 9)
- Distroféricos, textura argilosa, e Distróficos, textura argilosa, relevo suave ondulado (LV 18)
- Distróficos + LATOSSOLOS VERMELHOS Distroféricos, textura argilosa, ambos A moderado e proeminente, relevo suave ondulado e plano (LV 51)
- Distróficos + LATOSSOLOS VERMELHOS Distroféricos e Eutroféricos, todos textura argilosa, relevo suave ondulado + NITOSSOLOS VERMELHOS Eutroféricos, textura argilosa, relevo suave ondulado e ondulado, todos A moderado (LV 69)

LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS (LVA)

Latossolos Vermelho-amarelos

- Distróficos, textura média + LATOSSOLOS VERMELHOS Distróficos, textura argilosa, ambos A moderado, relevo suave ondulado (LVA 6)
- Distróficos, textura média, relevo suave ondulado + LATOSSOLOS VERMELHOS Distroféricos textura argilosa, relevo ondulado e suave ondulado, ambos A moderado (LVA 24)
- Distróficos, A moderado e proeminente, textura média + LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS Distróficos, A moderado, textura argilosa, ambos relevo suave ondulado (LVA 25)
- Distróficos, textura média + LATOSSOLOS VERMELHOS Distróficos, textura argilosa, ambos A moderado, relevo suave ondulado (LVA 28)
- Distrófico, A moderado, textura argilosa e média, relevo suave ondulado e plano + GLEISSOLOS Háplicos e Melânicos, ambos relevo de várzea (LVA 44)
- Distróficos, A húmico, textura média e argilosa + LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS Distróficos, A proeminente, textura argilosa cascalhenta fase pedregosa III, A moderado, ambos relevo suave ondulado e ondulado + NEOSSOLOS LITÓLICOS Eutróficos, A moderado, relevo ondulado (LVA 50)
- Distróficos, A proeminente, textura argilosa + LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS, textura média + PLINTOSSOLOS Pétricos Concrecionários, A moderado ou proeminente + LATOSSOLOS VERMELHOS Distróficos, A moderado, ambos textura argilosa, todos Distróficos, relevo suave ondulado e ondulado (LVA 58)

NEOSSOLOS LITÓLICOS (RL)

Solos Litólicos

- Eutróficos, A moderado e chernozêmico, relevo forte ondulado + NITOSSOLOS VERMELHOS Eutroféricos e Distroféricos latossólicos + LATOSSOLOS VERMELHOS Distroféricos, ambos A moderado, relevo suave ondulado, todos textura argilosa (RL 5)

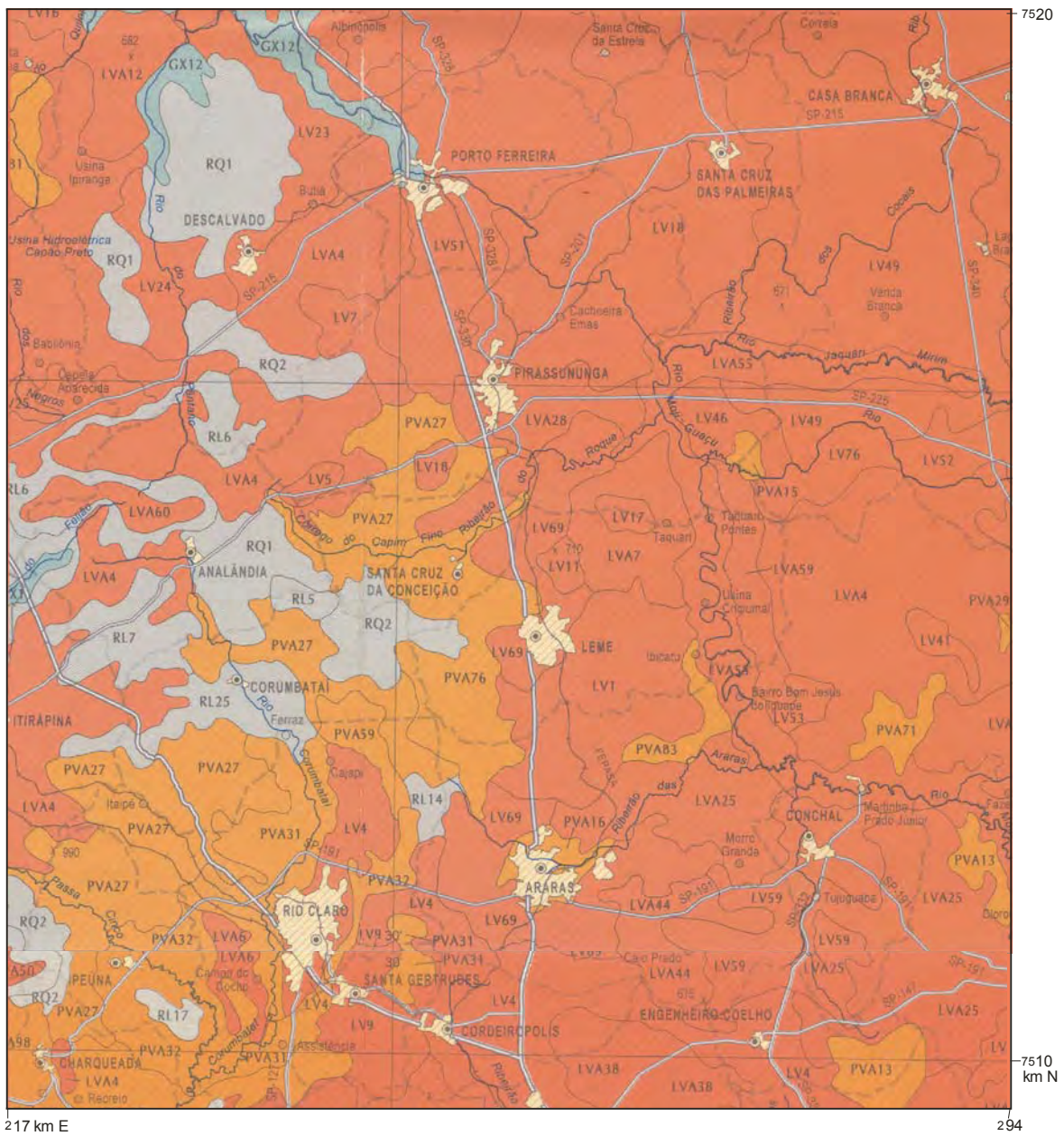
- Eutróficos, A moderado ou chernozêmico, relevo ondulado + LATOSSOLOS VERMELHOS Distroféricos, A moderado, relevo suave ondulado, ambos textura argilosa + ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS Distróficos abruptos, textura arenosa/média, relevo suave ondulado e ondulado + NITOSSOLOS VERMELHOS Distroféricos e Eutroféricos, textura argilosa, relevo ondulado, ambos A moderado (RL 7)
- Associação de NEOSSOLOS LITÓLICOS Tb Distróficos, textura média + CAMBISSOLOS HÁPLICOS Tb Distróficos, textura média ou argilosa, ambos A moderado + afloramentos de rochas, todos relevo montanhoso (RL 14).
- Eutróficos A moderado ou chernozêmico, textura argilosa + Distróficos A moderado, textura indiscriminada, relevo escarpado (RL 16)
- Eutróficos e Distróficos, textura indiscriminada, relevo ondulado e forte ondulado + ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS Distróficos abruptos, relevo ondulado, ambos A moderado + GLEISSOLOS Háplicos e Melânicos ambos Distróficos, relevo de várzea (RL 25)

NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS (RQ)

Areias Quartzosas, Areias Quartzosas Hidromórficas

- Órticos Distróficos, A moderado, relevo suave ondulado e plano (RL 1).
- Órticos + LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS, textura média, ambos Distróficos, A moderado, relevo suave ondulado (RL 2)

MAPA PEDOLÓGICO DO ESTADO DE SÃO PAULO



LEGENDA*

- ARGISSOLOS
PVA - Argissolos Vermelho-Amarelos
- LATOSSOLOS
LV - Latossolos Vermelhos
LVA - Latossolos Vermelho-Amarelos
- NEOSSOLOS
RL - Neossolos Litólicos
RQ - Neossolos Quartzarênicos



* A legenda, foi simplificada, constando apenas as classes de solos que ocorrem na área.

Figura 8. Mapa pedológico da área estudada (compilado de OLIVEIRA *et al.*, 1999).

RESULTADOS

FORMAÇÃO RIO CLARO

A Formação Rio Claro ocorre capeando os principais interflúvios dos rios Corumbataí, Passa Cinco, Cabeça e Ribeirão Vermelho. Suas principais ocorrências estão nas cidades de Rio Claro e Ipeúna. Apresenta espessura em afloramentos entre 2 e 7 metros, podendo alcançar até 30 metros, como na localidade de Jacutinga.

Compreende depósitos mapeáveis na escala 1:50.000, dentro dos limites da Depressão Periférica, onde ocupa o topo em relevos colinosos. Os depósitos da Formação Rio Claro caracterizam-se por sedimentos imaturos areno-argilosos, de coloração marrom-avermelhada, com espessura de 20 a 40m (Foto 2). São constituídos por diferentes fácies: arenitos finos a médios, com estratificações plano-paralelas e cruzadas, com delgadas intercalações de lamito e deformações por sobrecarga; depósitos de cascalhos, constituídos por clastos arredondados de quartzo e quartzito associados a areias finas; lamitos com laminações distintas e indistintas (Figura 9 e Foto 3).



Foto 2. Espessura da Formação Rio Claro.

Em geral, os sedimentos da Formação Rio Claro mostram-se organizados, com variação de conglomerados na base, sobrepostos por pacotes de arenitos e arenitos conglomeráticos, subordinadamente lamitos e argilitos de espessuras variadas entre 0,5 e 1,0 metro, e recobertos por arenitos maciços, mal selecionados, com concreções ferruginosas, clastos de argila e grânulos de quartzo esparsos na matriz.

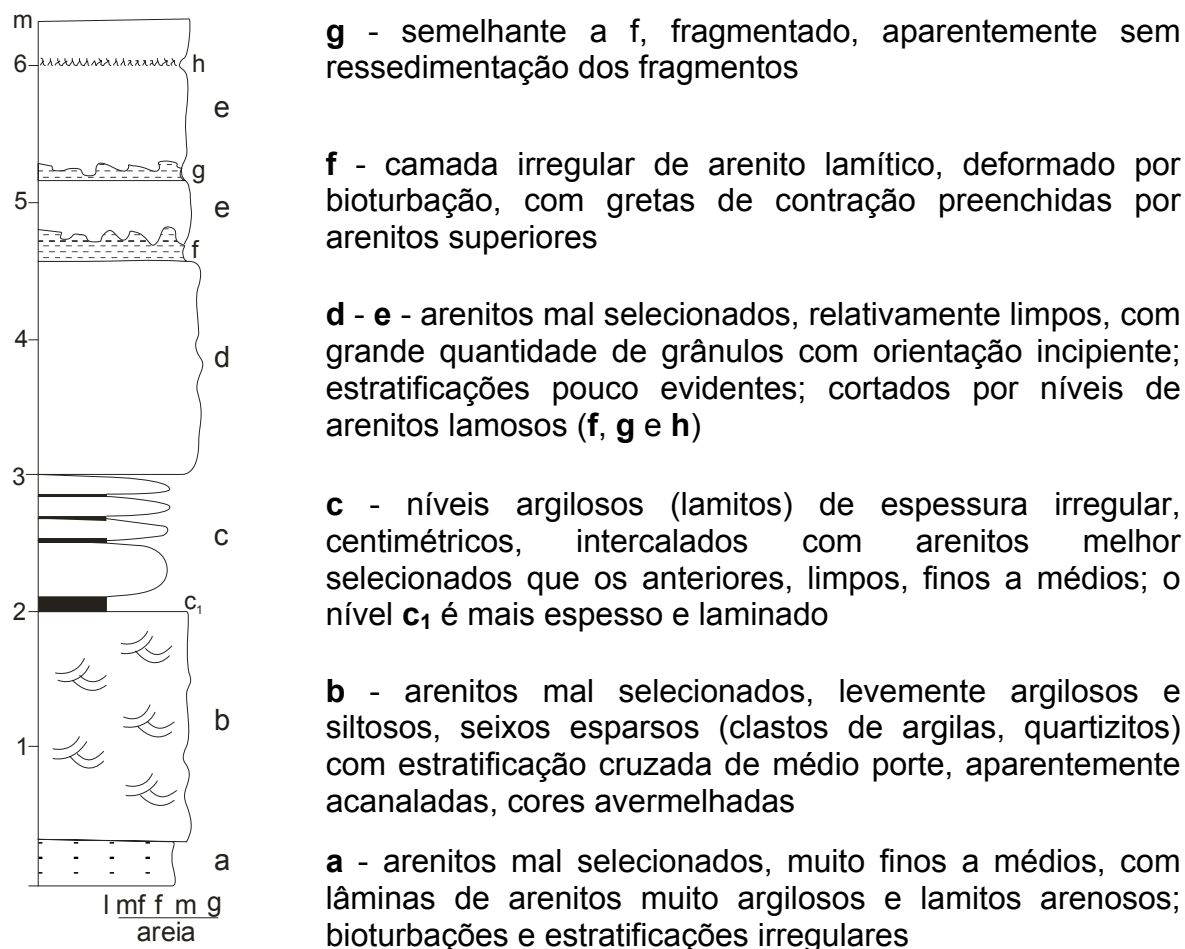


Figura 9. Perfil da Formação Rio Claro, Cava Mineração Mandu (Ajapi).

Corpos lamíticos, típicos de planície de inundação, são francamente subordinados. Conglomerados e arenitos conglomeráticos constituem depósitos de águas correntes, de fundo de canal ou barras fluviais, sem qualquer evidência de sedimentação por gravidade.

Da mesma forma, os arenitos levemente a lamíticos devem sua constituição ao baixo poder seletivo do meio fluvial, bem como à infiltração

pencontemporânea ou telodiagenética de argilas. Muitos desses arenitos exibem estratificações cruzadas acanaladas incipientes, não podendo ser considerados fluxos de detritos.

A intensa bioturbação, a que foram submetidas estas rochas desde sua deposição e principalmente após a esta, contribuiu significativamente para sua homogeneização, eliminando grande parte das estruturas sedimentares primárias e conferindo aspecto maciço aos depósitos.

Crostras e nódulos ferruginosos ocorrem associados aos níveis conglomeráticos, indicando processos de laterização (Foto 4). Nos arenitos ocorrem concentrações de óxidos de ferro, evidenciados pela coloração amarelada e avermelhada e, também, pela cimentação ferruginosa dos seixos.



Foto 3. Fácies da Formação Rio Claro, base do Perfil 5 (SP 191).



Foto 4. Crostas e nódulos ferruginosos associados a seixos, sobreposta à fácies lamítica (SP 191).

O contato discordante com a Formação Corumbataí (Foto 5) é marcado por nível conglomerático formado por seixos de quartzo e quartzito, fragmentos de siltito, argilito, sílex e lateritas (Foto 6).



Foto 5. Contato erosivo entre as formações Corumbataí e Rio Claro.



Foto 6. Cascalheira basal com fragmentos de laterita, Formação Rio Claro.

A sedimentação Rio Claro esta associada à reativação de falhas do embasamento que atingiram toda seção sedimentar da Bacia do Paraná. O controle tectônico na sedimentação desta cobertura é evidenciado por falhas, capturas de drenagens e anomalias nos canais fluviais, constatadas no alto curso do Rio Corumbataí e em seus principais afluentes. Associados ao controle tectônico, flutuações climáticas regularam a descarga de fluxo e, conseqüentemente, as taxas de sedimentação e erosão.

FORMAÇÃO PIRAÇUNUNGA

A Formação Piraçununga é composta por depósitos arenosos que recobrem indistintamente as unidades geológicas da Bacia do Paraná, na região de Piraçununga e Porto Ferreira, ocupando principalmente o vale do Rio Mogi-Guaçu. Caracteriza-se por sedimentos areno-argilosos inconsolidados, de coloração vermelho-amarelada, estrutura de aspecto maciço com raras estratificações cruzadas tabulares, pobremente selecionados, exibem nível conglomerático basal e espessura máxima de 20m. Apresenta duas fácies principais: uma conglomerática, constituída por seixos de quartzo, quartzito e fragmentos de siltitos, e uma areno-argilosa, caracterizada por sedimentos mal selecionados e grãos de quartzo dispersos na matriz (Foto 7).

Sobrepõe-se às formações mais antigas (formações Corumbataí, Tatuí e Pirambóia) (Fotos 7 e 8), em discordância erosiva, cujo contato ocorre geralmente por cascalheira de pouca espessura, composta por seixos de quartzo, fragmentos de siltitos e de arenitos, imbricados, indicando fluxo para N-NE. Próximo a Santa Rita do Passa Quatro, encontram-se também seixos de quartzo estriado, do Subgrupo Itararé. São comuns concreções lateríticas *in situ* e também fragmentos retrabalhados na forma de seixos e blocos arredondados (Foto 9).

Esta formação alcança maior extensão à leste de Piraçununga, onde segundo Vieira (1982), a sedimentação ocorreu devido ao barramento por soleiras de basaltos, estabelecendo níveis de base locais que permitiram a agradação e colúviação da área.



Foto 7. Base da Formação Piraçununga, contato com a Formação Pirambóia (cava da Mineração CRS- SP 225).



Foto 8. Contato das formações Corumbataí e Piraçununga (SP 300).



Foto 9. Bloco de laterita.

MAPAS TEMÁTICOS

A partir da base cartográfica foram elaborados os mapas de drenagem, hipsométrico de declividade e de relevo da área estudada. Com base nas informações abstraídas destes mapas, obteve-se a análise morfoestrutural da área.

Mercherikov (1968) conceituou morfoestrutura como unidades de relevo geradas por uma combinação de atividade tectônica e clima. Para Gold (1980), morfoestrutura consiste em uma unidade morfológica cujas principais características indicam nítido controle exercido passivamente pelo arcabouço litoestrutural, ficando a elaboração da paisagem submetida exclusivamente ao agente erosivo.

A rede de drenagem constitui uma das feições morfológicas mais sensíveis à movimentação tectônica, fornecendo informações essenciais sobre a estrutura geológica e as variações do estilo estrutural. Segundo Soares e Fiori (1976) as feições mais relevantes são: densidade de textura, sinuosidade, angulosidade, tropia, assimetria e formas anômalas. Para compreensão das formas anômalas, isto é, das formas que diferem do arranjo geral dos elementos, destacam-se os meandros abandonados, retinilidade do canal, cotovelos, facetas triangulares e trapezoidais, e capturas de drenagem.

As movimentações tectônicas proporcionam, ainda, modificações na morfologia das vertentes, produzindo terraços escalonados e escarpas devido aos basculamentos de blocos que, por sua vez, proporcionam modificações na sedimentação e na morfologia, com destaque para migração progressiva do eixo do rio, migração lateral gradativa e migrações rápidas de trechos do rio principal.

As capturas de drenagens acontecem por interceptação, quando uma drenagem erode mais agressivamente que outra adjacente; processos tectônicos e erosivos são os principais fatores que influem na captura de cabeceiras e na linha de drenagem.

MAPA DE DRENAGEM

O escoamento d'água dá-se em superfícies a partir de 1° de inclinação, permitindo a implantação da rede de drenagem, que constitui, assim, o elemento mais susceptível da paisagem. Os cursos d'água orientam-se segundo a estrutura geológica da área e são afetados por movimentos tectônicos.

A análise da rede de drenagem incluiu investigação dos padrões de drenagem e padrões de canal importantes para a caracterização de elementos estruturais, além de anomalias como capturas, inflexões, meandros abandonados e assimetria dos canais.

O sistema de drenagem é dominado regionalmente pelo padrão subdendrítico, com modificações locais para subretangular, nos afluentes do Rio Corumbataí, treliça, nos pequenos afluentes da margem direita do Rio Mogi-Guaçu, e retangular, na porção leste da área (Figura 10).

A drenagem do tipo dendrítica ocorre em áreas de baixa declividade, sofrendo modificações para subdendrítica, subparalela, com o aumento do grau de inclinação das vertentes. O padrão treliça está associado a escarpas de falhas e o retangular é controlado por pelo menos dois conjuntos de falhas formando ângulos de grau elevado entre si.

O Rio Corumbataí e seus principais afluentes, os Rios Passa Cinco e Cabeça e o Ribeirão Claro apresentam orientação geral N-S, enquanto seus segmentos retilíneos acompanham linhas de falhas com direção principal NW-SE e secundariamente NE-SW (SOARES 1974; FACINCANI 2000). Com padrão de canal meandrante à jusante e longos segmentos retilíneos à montante, sofre estreitamento e inflexões pronunciadas próximo à confluência com o Rio Passa Cinco. Apresenta vale assimétrico e seus afluentes da margem esquerda são pouco extensos, com exceção do Ribeirão Claro, e os da margem direita são longos, também apresentando anomalias como capturas e confluências retangulares.

Mudanças bruscas de direção e capturas são verificadas no alto curso dos rios Corumbataí, Passa Cinco e Cabeça, como a captura do Ribeirão

Cachoeira, de direção N-S, pelo Rio Passa Cinco com direção NW-SE (RICCOMINI et al., 1991).

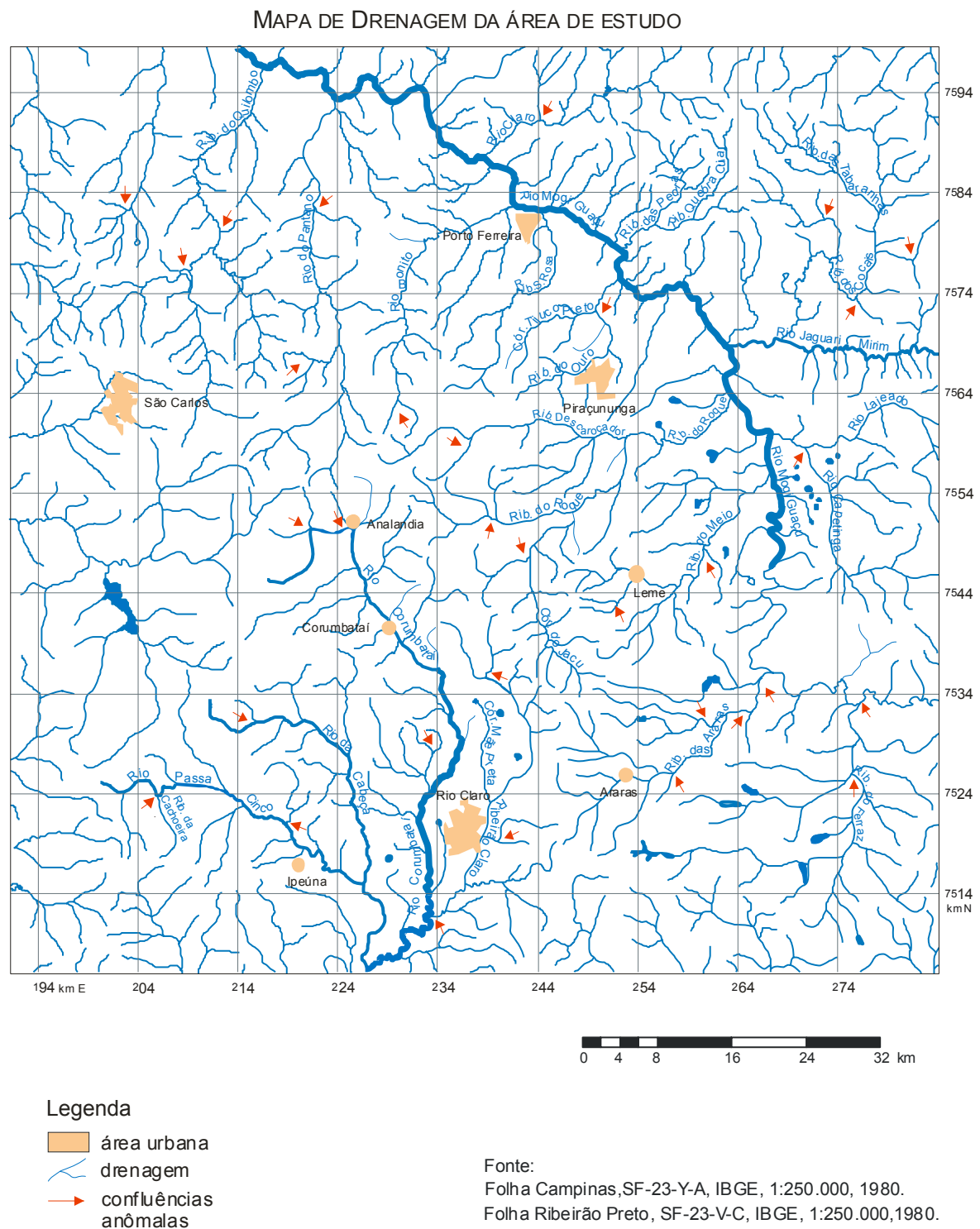


Figura 10. Mapa de drenagem da área de estudo (Fonte: Folha Campinas SF-23-Y-A, IBGE, 1:250.000, 1980 e Folha Ribeirão Preto, SF-23-V-C, IBGE, 1:250.000, 1980).

O Ribeirão Claro, cuja bacia delimita a área da seção tipo da Formação Rio Claro, apresenta-se meandrante e em sua planície aluvial são verificadas inúmeras dales e lagoas (Foto 10), que foram interpretadas por Penteadó (1968) como meandros abandonados. Estes acompanham lineamentos Rio Claro-Araras (NE-SW) e Analândia-Corumbataí (NW-SE).

O Rio Mogi-Guaçu, principal rio da área de ocorrência da Formação Piraçununga, possui padrão meandrante com orientação N-S até proximidades da cidade de Piraçununga, passando para retilíneo com orientação NW-SE quando recebe as águas do Rio Jaguari-Mirim.

A planície aluvial apresenta-se assimétrica, com os tributários da margem direita pouco extensos e com muitos trechos paralelos, configurando uma drenagem em treliça. Os afluentes da margem esquerda, como os Rios do Roque e Bonito, e os Ribeirões do Meio, Santa Rosa e Areia Branca, são extensos e sofrem encurvamento em vários pontos, principalmente próximo às suas nascentes, com orientação geral NE-SW.



Foto 10. Lagoa e dale (Rod. Rio Claro - Ajapi).

O Rio Jaguari-Mirim, principal afluente na área, apresenta padrão de canal meandrante, com e segue orientação E-W; é cortado por lineamentos N-S que condicionam capturas e confluências retangulares, como as que ocorrem com os ribeirões dos Cocais, das Tabarunhas e das Cachoeiras configurando uma drenagem do tipo retangular, enquanto seus tributários da margem esquerda são pouco extensos e correm paralelamente uns aos outros.

MAPA HIPSOMÉTRICO

Os mapas hipsométricos elaborados a partir da composição de cartas topográficas, fotografias aéreas e imagens de satélite em escala 1:250.000, abrangendo toda área de estudo (Figura 11), e 1:50.000, individualizando as áreas das unidades Rio Claro e Piraçununga, apresentados nas figuras 12 e 13 respectivamente, destacam três zonas morfológicas.

A primeira corresponde ao nível planáltico, localizado na porção oeste-sudoeste da área, com cotas que se elevam acima de 950 m, constituído de escarpas festonadas, vales encaixados e vertentes retilíneas com inclinação superior a 20°. Corresponde à Superfície Intermediária-Serra de Santana de Penteado (1976), e à Superfície dos Altos Interflúvios, de Soares e Landim (1976).

A zona intermediária constitui uma superfície rebaixada, com vales abertos, vertentes côncavas, topos subhorizontais, dissecação fluvial média a baixa. Corresponde ao mais elevado subnivelamento das colinas da Depressão Periférica, especialmente nos interflúvios entre as bacias hidrográficas dos rios Mogi-Guaçu e Mogi-Guaçu-Piracicaba e ao longo do vale do rio Mogi-Guaçu, próximo à província das cuestas basálticas, com cotas entre 600 e 700 m.

Uma segunda zona rebaixada, principal subnivelamento do topo das colinas da Depressão Periférica, corresponde à superfície do Médio Tietê de ALMEIDA (1964), à Superfície de Rio Claro de PENTEADO (1976) e à Superfície dos Médios Interflúvios de SOARES e LANDIM (1976), ocorrendo ao longo dos vales dos rios Mogi-Guaçu e Corumbataí. São vales muito dissecados com vertentes convexas.

MAPA DE DECLIVIDADE

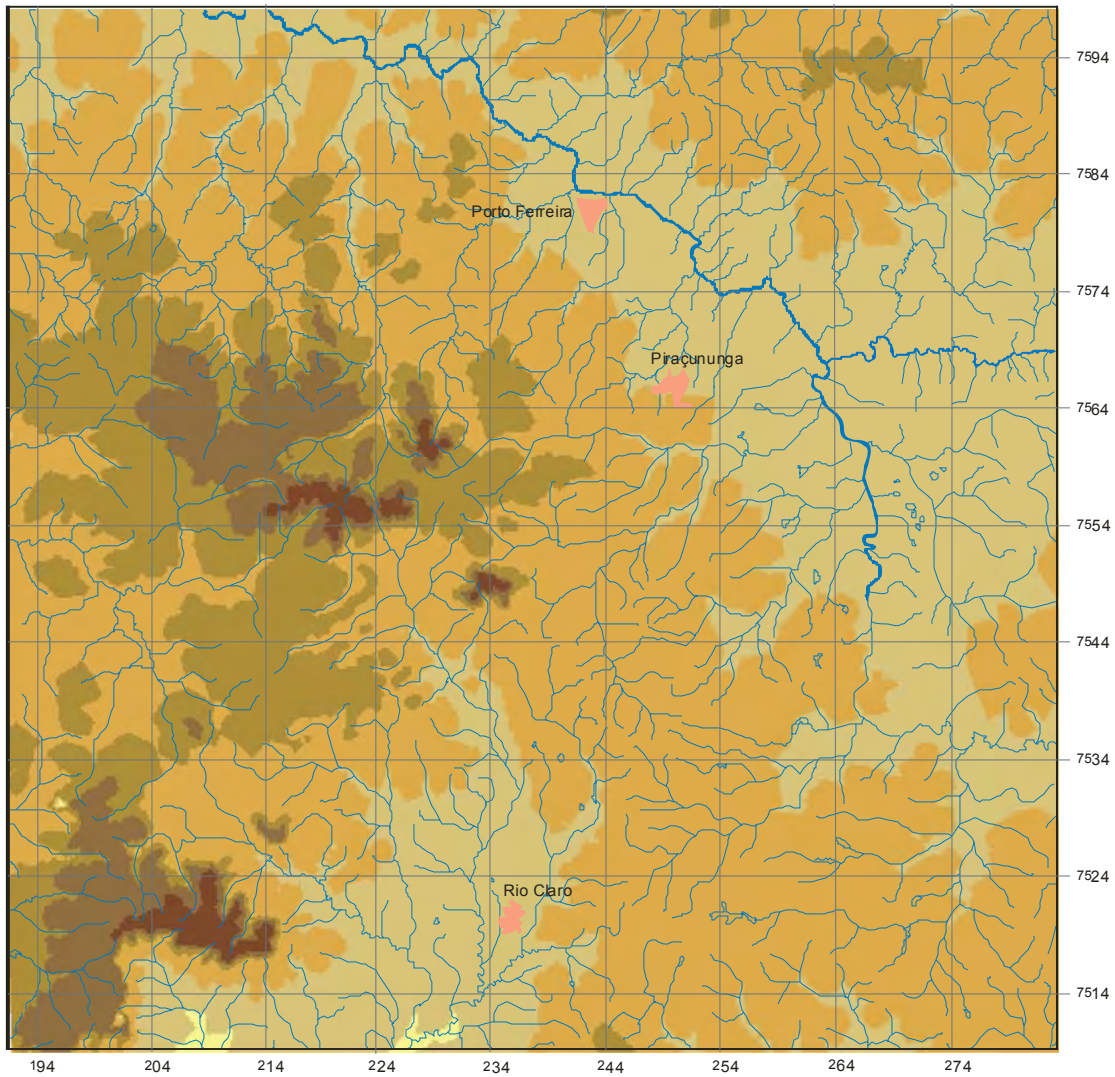
Elaborados a partir da base cartográfica em escala 1:50.000, os mapas mostram que regiões com declividades de 0 a 6° ocupam a maior parte da área, associadas às maiores espessuras das formações em estudo, e ainda a depósitos colúvio-eluviais nos vales dos principais rios.

Os mapas de declividade das áreas de Rio Claro e Piraçununga são apresentados nas figuras 14 e 15.

No platô de Rio Claro e em áreas circunvizinhas como a bacia do Rio Corumbataí, predominam vertentes mais longas e com declividade menor que 6° , com topos tabuliformes, pouco dissecadas. Nos quadrantes noroeste, oeste e sudoeste ocorrem as maiores declividades, com valores entre 20° e 30° , áreas estas dominadas pelos escarpamentos das serras do Cuscuzeiro (W e NW), e Itaqueri (SW), bastante dissecadas.

A região de Piraçununga é amplamente dominada por declives inferiores a 6° , correspondendo à porção média da bacia de drenagem do Rio Mogi-Guaçu. Nos extremos norte e nordeste ocorrem pequenas áreas com declividade média de 12° e elevado grau de dissecação.

MAPA HIPSOMÉTRICO DA ÁREA DE ESTUDO



Legenda

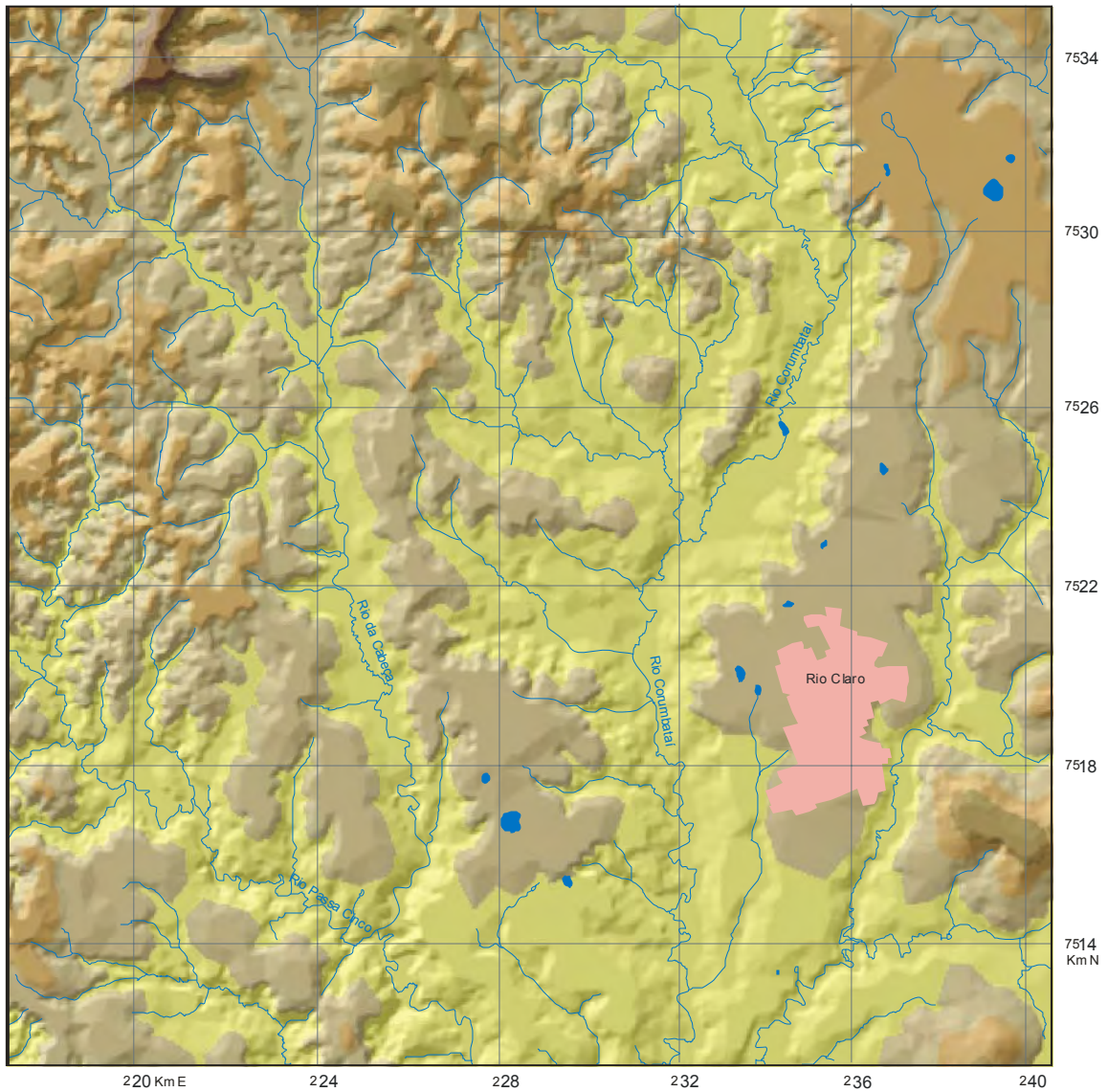
- > 950 (m)
- 851 - 950
- 751 - 850
- 601 - 750
- 501 - 600
- < 600
- área urbana

0 4 8 16 24 32 Km

Fonte:
 Folha Campinas, SF-23-Y-A, IBGE, 1:250.000, 1980.
 Folha Ribeirão Preto, SF-23-V-C, IBGE, 1:250.000, 1980.

Figura 11. Mapa hipsométrico da área de estudo.

MAPA HIPSOMÉTRICO DA ÁREA DE RIO CLARO



Legenda

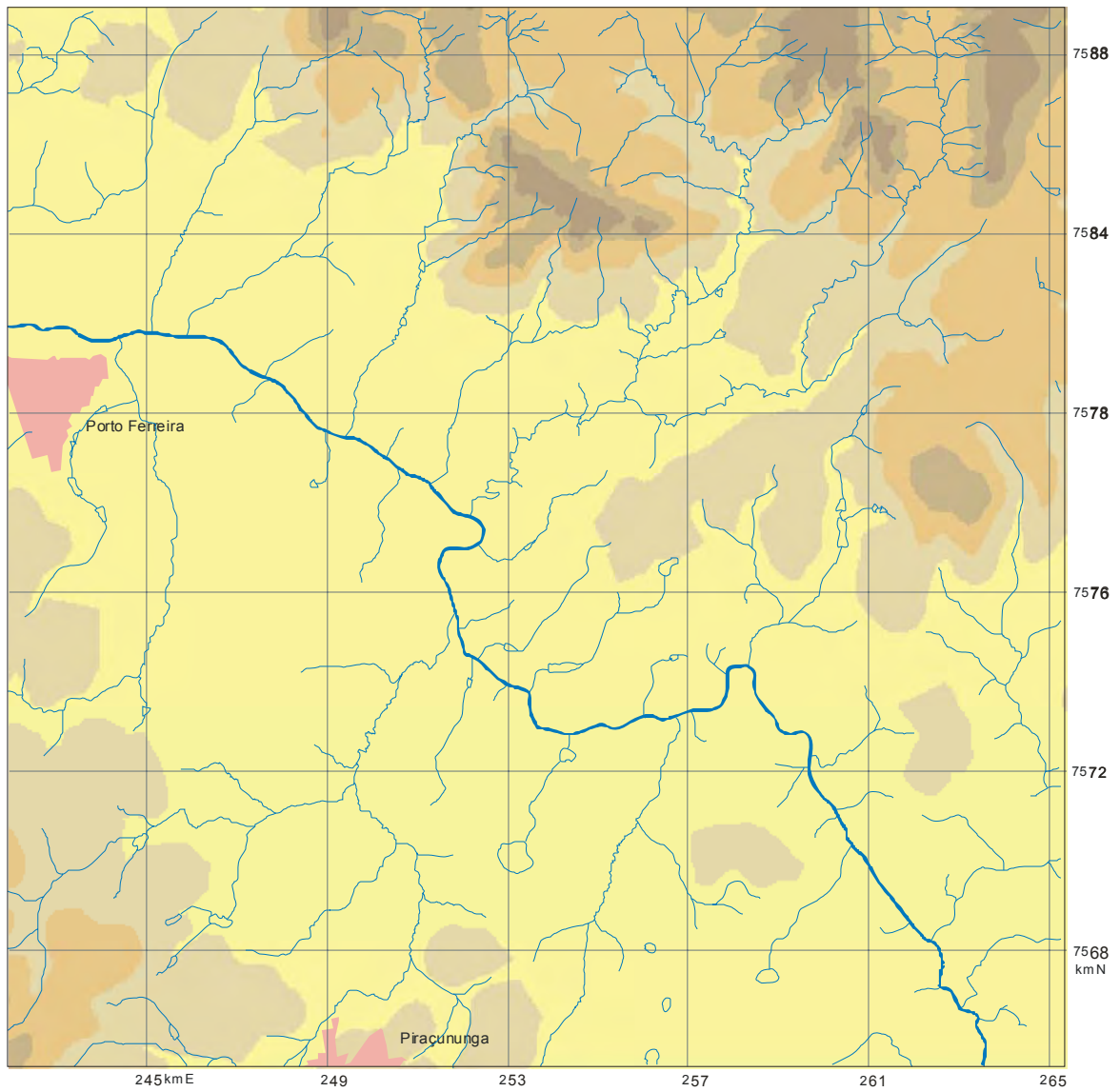
- > 800 (m)
- 750 - 800
- 700 - 750
- 650 - 700
- 600 - 650
- < 600
- área urbana



Fonte:
Folha Rio Claro, SF-23-Y-A-I-4, IBGE, 1972, 1:50.000

Figura 12. Mapa Hipsométrico da área de Rio Claro.

MAPA HIPSOMÉTRICO DA ÁREA DE PIRAÇUNUNGA



Legenda

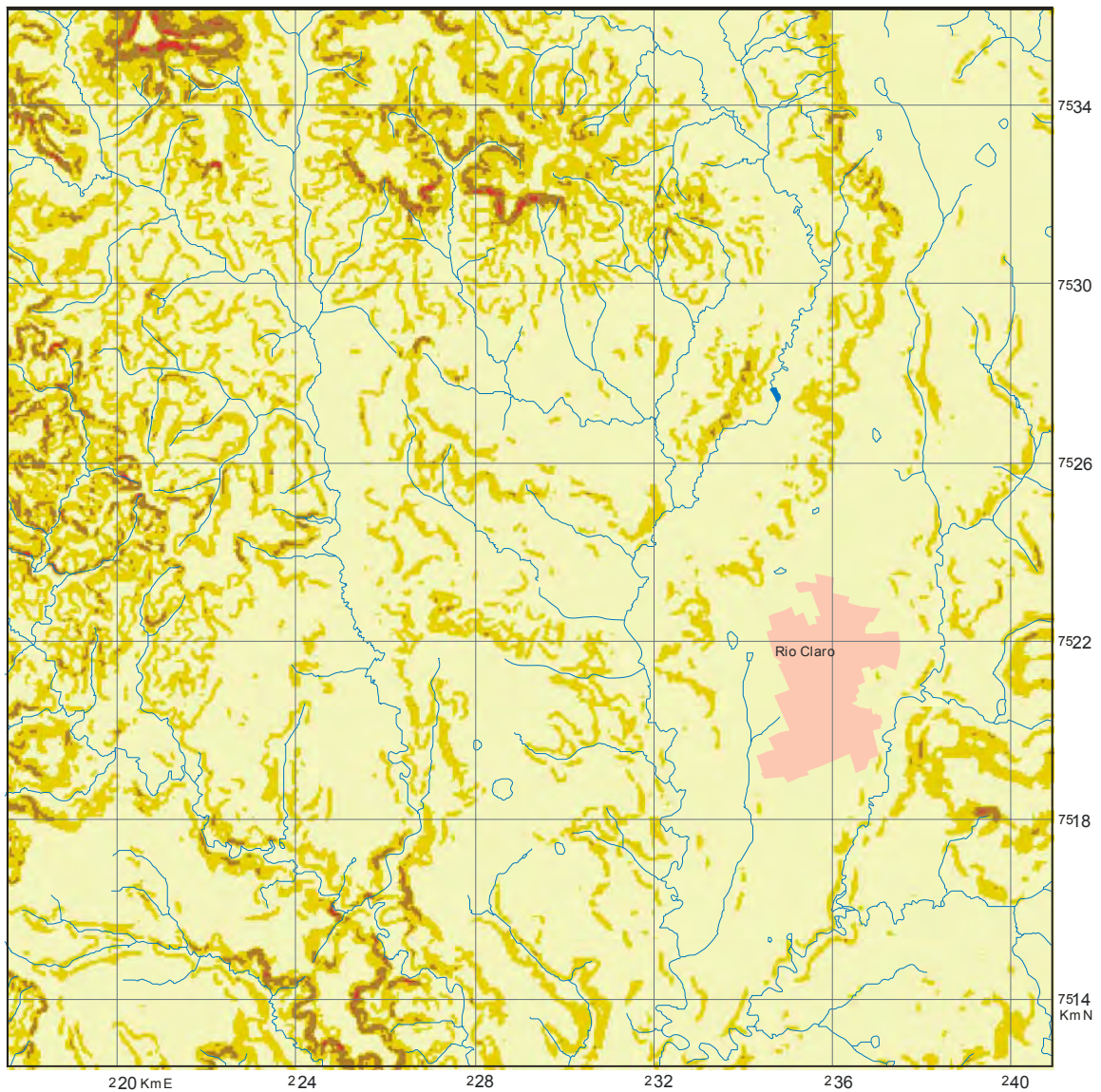
- > 800 (m)
- 751 - 800
- 701 - 750
- 651 - 700
- 601 - 650
- < 600
- área urbana



Fonte:
Folha Piraçununga, SF-23-V-C-V-3, IBGE, 1:50.000, 1972

Figura 13. Mapa Hipsométrico da área de Piraçununga.

MAPA DE DECLIVIDADE DA ÁREA DE RIO CLARO



Legenda

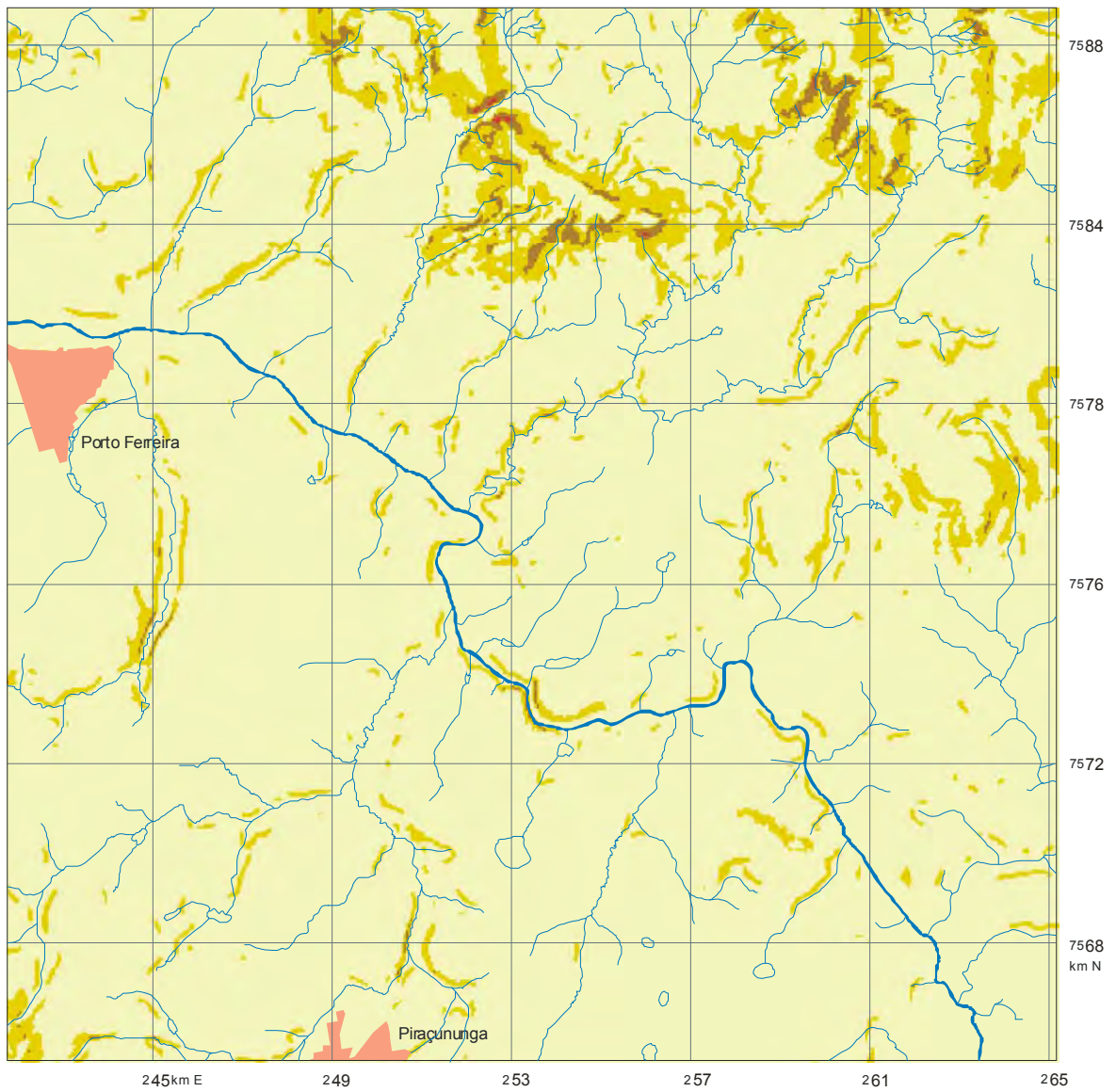
- 20° - 30°
- 12° - 20°
- 6° - 12°
- < 6°
- área urbana



Fonte:
Folha Rio Claro, SF-23-Y-A-I-4, IBGE, 1972, 1:50.000

Figura 14. Mapa de Declividade da área de Rio Claro.

MAPA DE DECLIVIDADE DA ÁREA DE PIRAÇUNUNGA



Legenda

- 20° - 30°
- 12° - 20°
- 6° - 12°
- 0° - 6°
- área urbana



Fonte:
Folha Piraçununga, SF-23-V-C-V-3, IBGE, 1:50.000, 1972

Figura 15. Mapa de declividade da área de Piraçununga.

MORFOESTRUTURA DA ÁREA DE ESTUDO

A análise morfoestrutural da área de estudo foi obtida por meio de avaliação das feições estruturais, salientando as anomalias de drenagem e zonas homólogas de relevo. Para tanto, foram confeccionados modelos digitais das folhas de Rio Claro e Piraçununga, com a integração digital dos mapas temáticos, utilizando-se o *software Spring* (Figuras 16 e 17).

O relevo da área é dominado por superfície com altitude de 600 m e topos convexos, onde se localizam os interflúvios e as nascentes dos afluentes de 1º ordem das bacias dos rios Corumbataí e Mogi-Guaçu. As duas bacias desenvolvem-se em superfícies de 500 m, marcadas por quebra positiva, horizontalizada, permitindo o desenvolvimento de padrão meandrante dos canais principais.

Na figura 16, verifica-se, ao leste o planalto de Rio Claro, área tipo da formação homônima, bem como planaltos residuais na margem direita do Rio Corumbataí. Observa-se, ainda, na área drenada pelo Rio Corumbataí, concentração de lagoas, sendo que no planalto estão alinhadas com direção NE-SW. Nas porções oeste e noroeste encontram-se relevos escarpados, evidenciando estágio mais avançado de dissecação.

A figura 17 apresenta o relevo da área de ocorrência da Formação Piraçununga. Verifica-se, à nordeste, relevo escarpado próximo ao Rio Mogi-Guaçu, com orientação W-E, que corresponde às maiores altitudes e elevada densidade de drenagem. Na porção central verifica-se acentuada anomalia no curso do rio, condicionado por lineamentos NE-SW e NW-SE.

A reativação cenozóica de falhamentos (em geral falhas normais de direção NE-SW) modificou o relevo dos depósitos Rio Claro e Piraçununga, situando-os em diferentes degraus na topografia. Estas falhas deixaram impressas formas específicas de relevo, que configuram blocos abatidos e soerguidos.

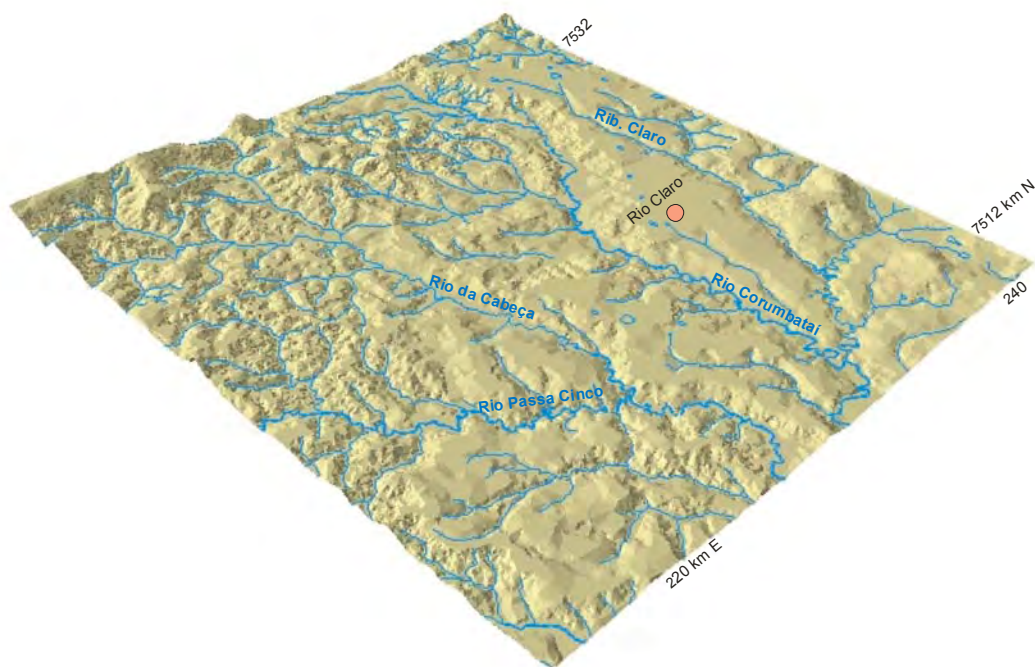


Figura 16. Mapa do relevo de Rio Claro.

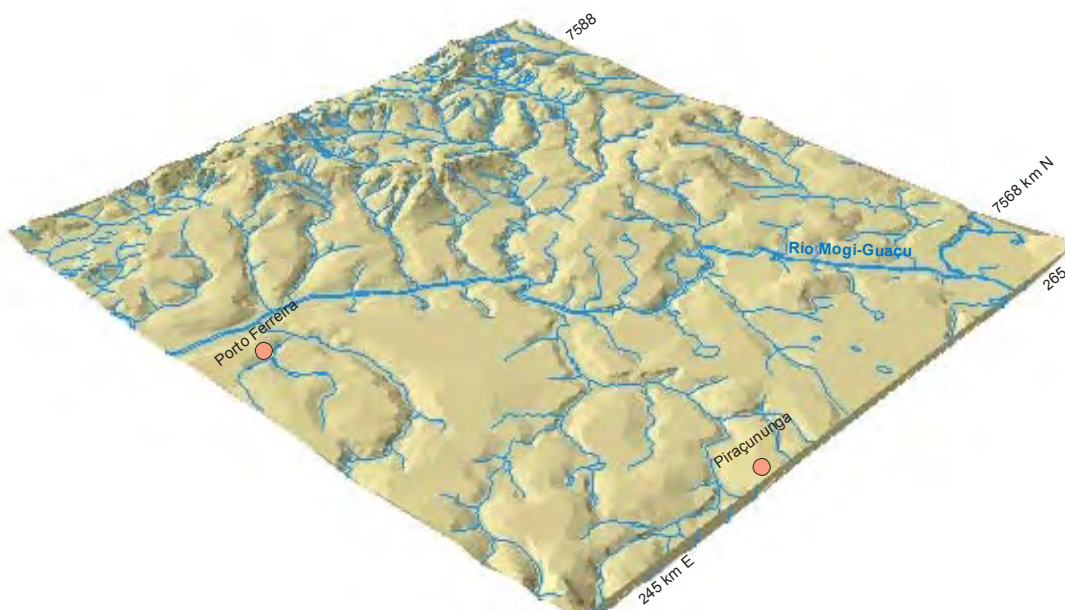


Figura 17. Mapa do relevo de Piraçununga.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA DOS PERFIS DE SOLO

O estudo dos perfis obedeceu às definições de horizontes e camadas, de acordo com EMBRAPA (1999), e os conhecimentos básicos de características morfológicas contidas no manual de descrição e coleta de solos no campo (LEMOS e SANTOS, 1996; SSS, 1992).

Dentre os perfis descritos, foram selecionados os mais representativos (Perfis 03, 04, 05 e 10 - Fm. Rio Claro e Perfis 07,13 e 14 - Fm. Piraçununga), cujas descrições são apresentadas a seguir. A localização dos perfis pode ser encontrada na Figura 3.

PERFIL 03 (FOTOS 11 e 12)

Localização - 239.136, 7525.169, 621,498 m. - Rodovia SP 191 - próximo ao Residencial Florença.

Horizonte A/C - 0 a 23 cm, horizonte com desenvolvimento incipiente, elevada atividade biológica, textura arenosa, estrutura granular a blocos subangulares, transição ondulada e gradual, amplitude sigmoide e intensa melanização. Em alguns pontos da vertente aparece horizonte C

Horizonte Ab - 23 a 40 cm, vermelho-amarelo (7,5YR 5/4), textura arenosa, estrutura prismática, grau fraco, ligeiramente duro, muito friável, não plástico e não pegajoso, limite irregular e gradual

Horizonte AB - 40 a 90 cm, vermelho-amarelo (5YR 4/6), textura arenosa, estrutura granular a blocos subarredondados, presença de *organs* em 30 a 40% com cor 7,5 YR 4,5/2, apresenta grãos de quartzo angulares de 0,5 mm e subangulares hialinos de 2 a 3 mm, transição irregular e difusa, eluviação de matéria orgânica e argila

Horizonte Bi - 90 a 130 cm, vermelho-amarelo (5YR 5/6 e *organoargilans* 5YR4/3,5), - textura média, estrutura prismática, forte, ligeiramente dura, friável, pouco plástico e não pegajoso, porosidade oblíqua e horizontal, raízes muito

finas, densidade baixa, B câmbico, limite irregular e claro; presença de concreções de 0,5 a 1 cm mamilares

Horizonte 3Bt - 130 a 190 cm, vermelho-amarelo (5YR 5/6 matriz e 5YR 5/4 *clay skin* - 15%); maciço com evidências do *clay skin*, com compressão da massa e translocação de ácidos húmicos (elementos deformacionais), B nítico

Horizonte Bt₂ - 190 a 340 cm, vermelho-amarelo (5YR 5/6), maciço; apresenta maior evidência de esforços (*clay skin*) direcionais de compressão; abundante variabilidade de concreções, grãos de quartzo heterogêneos, mal selecionados, estrutura prismática, muito duro, transição irregular a quebrada e clara

Horizonte C/Fm - 340 a 365 cm, vermelho-amarelo (5YR 4 a 5/8); caracteriza-se pela presença de clastos de argilito silicificado de diversos tamanhos, desde milimétricos a centimétricos, sobre cascalheira mal selecionada contendo grãos de quartzo e fragmentos de laterita de tamanhos variáveis de 1 cm até seixos e calhaus; transição irregular e clara, com processos de laterização mais recente

Horizonte 4Bt₃ - 365 a 380 cm, (10R 4/4 matriz e 10R 5/4 *clay skin*), textura argilosa, estrutura prismática, forte, dura, friável, não plástico e não pegajoso; apresenta grãos de quartzo centimétricos e concreções subarredondadas a planares, pretas e brilhantes; cerosidade

Horizonte 5Rrf - 380 cm +, vermelho (10R 4/4,) com fraturas preenchidas por argilominerais 2:1, indicando fraturamento aberto

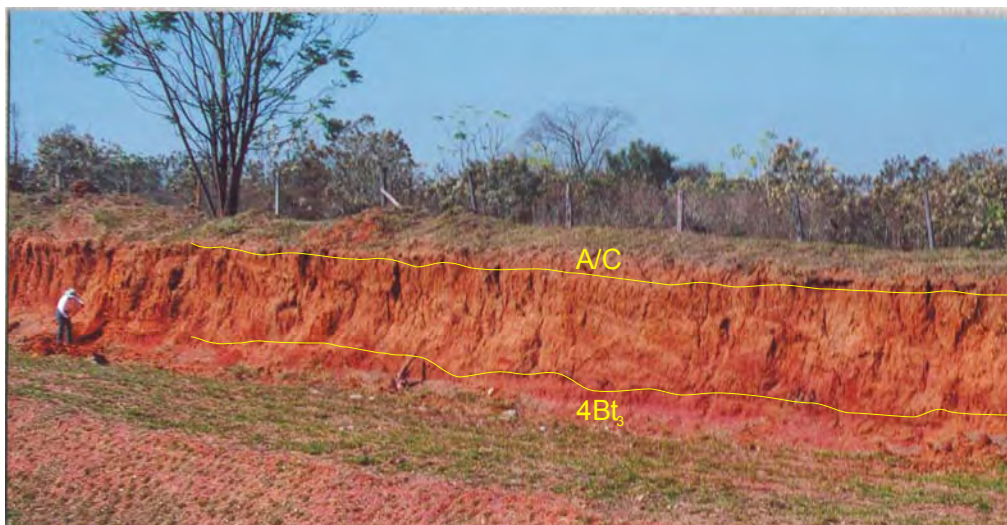


Foto 11. Visão geral do perfil 03.

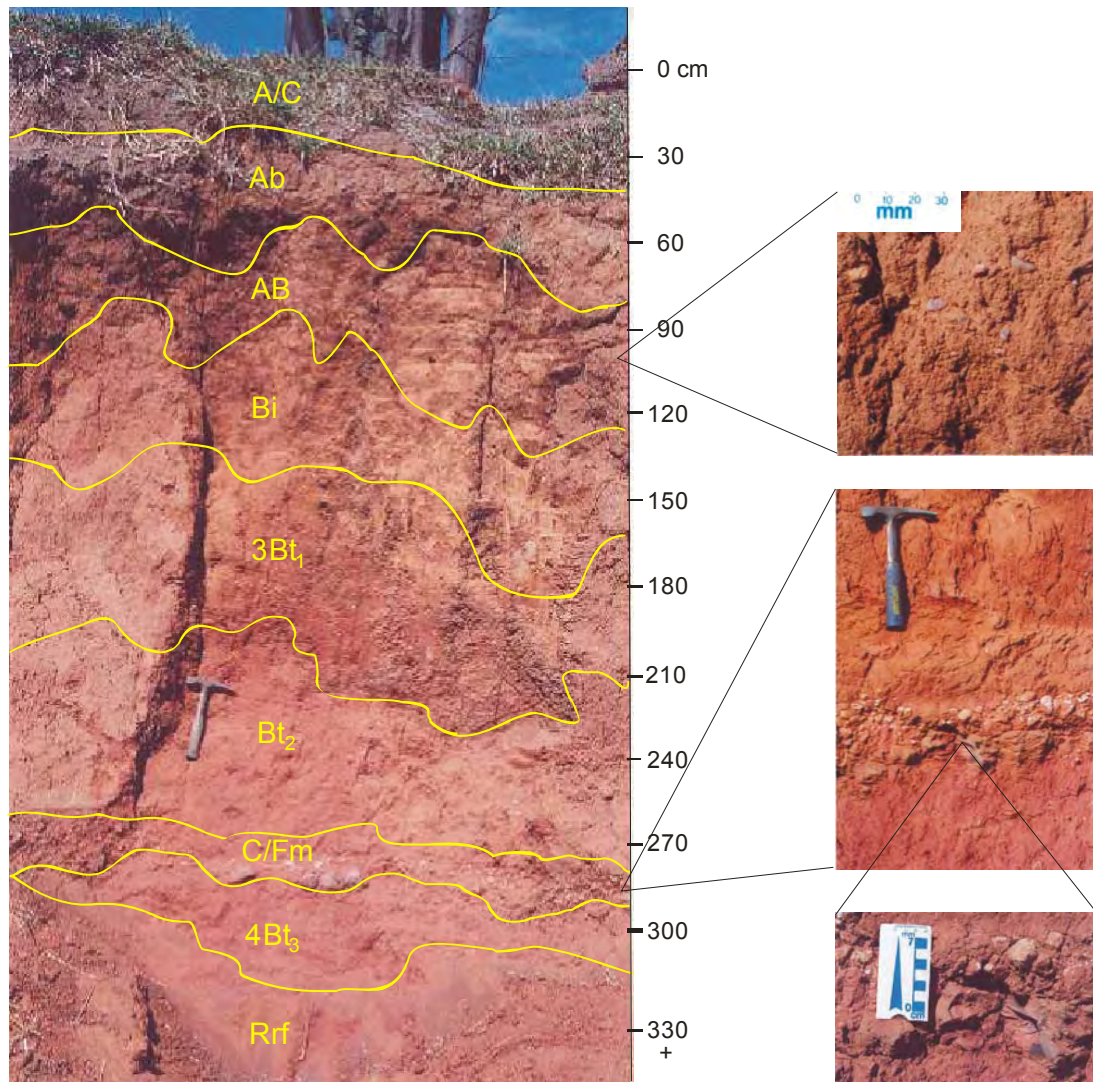


Foto 12. Perfil 3 e horizontes identificados. Detalhes: seixos de quartzo esparsos no horizonte AB e clastos de argilito e fragmentos de laterita no horizonte C/Fm.

PERFIL 04 (FOTO 13)

Localização - 222.992, 7517.695, 601.127 m. Rodovia SP 191, próximo ao Rio Passa Cinco.

Horizonte A - 0 a 40/60 cm, vermelho-amarelo (10YR 3/2); arenoso, estrutura em blocos, grau fraco, friável

Horizonte Bi - 40/60 a 50/60 cm, vermelho-amarelo (7,5YR 4/6 a 4/8); apresenta fragmentos de lateritas em dissolução que dão coloração amarela em contato descontínuo com o horizonte abaixo; estrutura em blocos subangulares, textura média, limite abrupto e ondulado

Horizonte 2Btf - 60 a 104 cm, textura argilosa, elevada quantidade de silte, matriz cinza com mosqueados rosa e branco, estrutura em blocos subangulares pequenos, elevado teor de matéria orgânica

Horizonte BCf₂ - 104 a 130 cm, textura média, matriz cinza com mosqueados rosa e branco, estrutura granular, grau fraco, muito friável

Horizonte Cf₃ - 130 a 293 cm, horizonte plíntico endurecido, arenoso, mosqueado; na base ocorre aumento da granulometria com maior contribuição de areias médias; estrutura em blocos subangulares, ligeiramente duro; aproximadamente a 270cm de profundidade ocorre neoformação de lateritas planares com rehidratação (coloração amarelada)

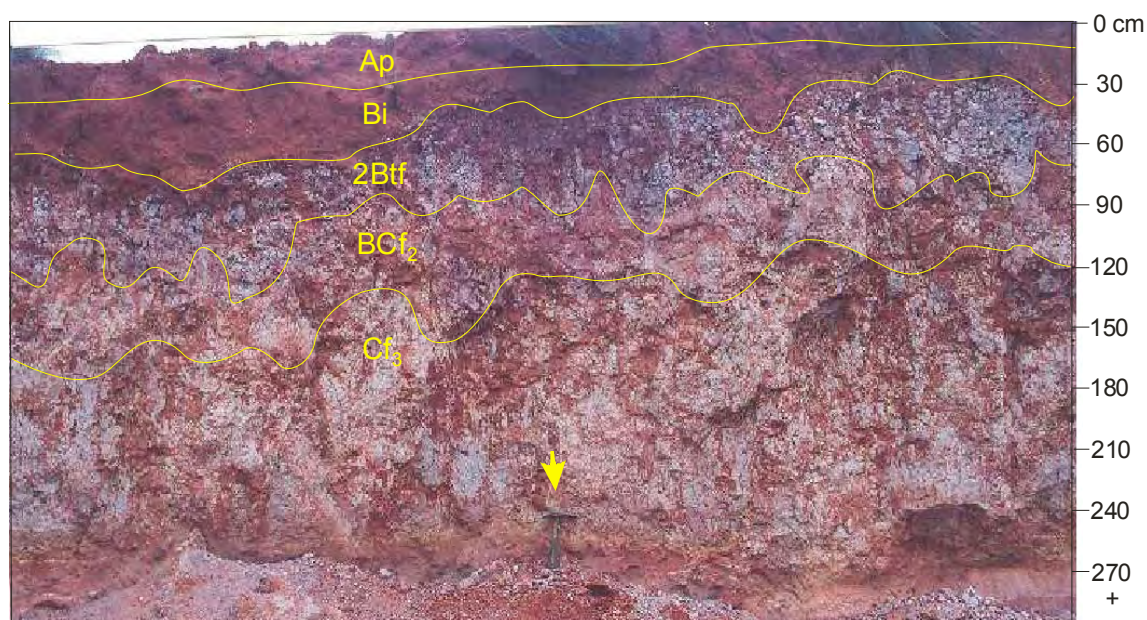


Foto 13. Perfil 4 e horizontes identificados (seta indicando escala).

PERFIL 05 (FOTO 14)

Localização 222.970, 7517.638, 596.502 m - Rodovia SP 191, próximo ao Rio Passa Cinco.

Horizonte A - 0 a 30 cm, vermelho-amarelo (5YR 4/6 a 4/8); maciço que se rompe em blocos angulares e em prismas grandes, muito forte, duro; apresenta grãos de quartzo e concreções muito pequenas e bem arredondadas, limite ondulado e gradual

Horizonte AB - 30 a 60 cm, maciço que se rompe em prismas grandes, duro a muito duro, muito forte, canais de atividade biológica, concentração de grãos de quartzo ferruginizados, concreções angulares e arredondadas de 0,5 a 1,0 cm, transição irregular e gradual

Horizonte Bi - 60 a 110 cm, vermelho-amarelo câmbico; apresenta em toda massa quartzo hialino e alguns ferruginizados; concreções botoidrais ou mamilares freqüentes; prismas que se rompe em bloco subangulares,

Horizonte B/C - 110 a 180 cm, maciço; esboroa-se em blocos grandes subangulares e grânulos; apresenta também concreções arredondadas e subarredondadas e seixos de quartzo ferruginizados

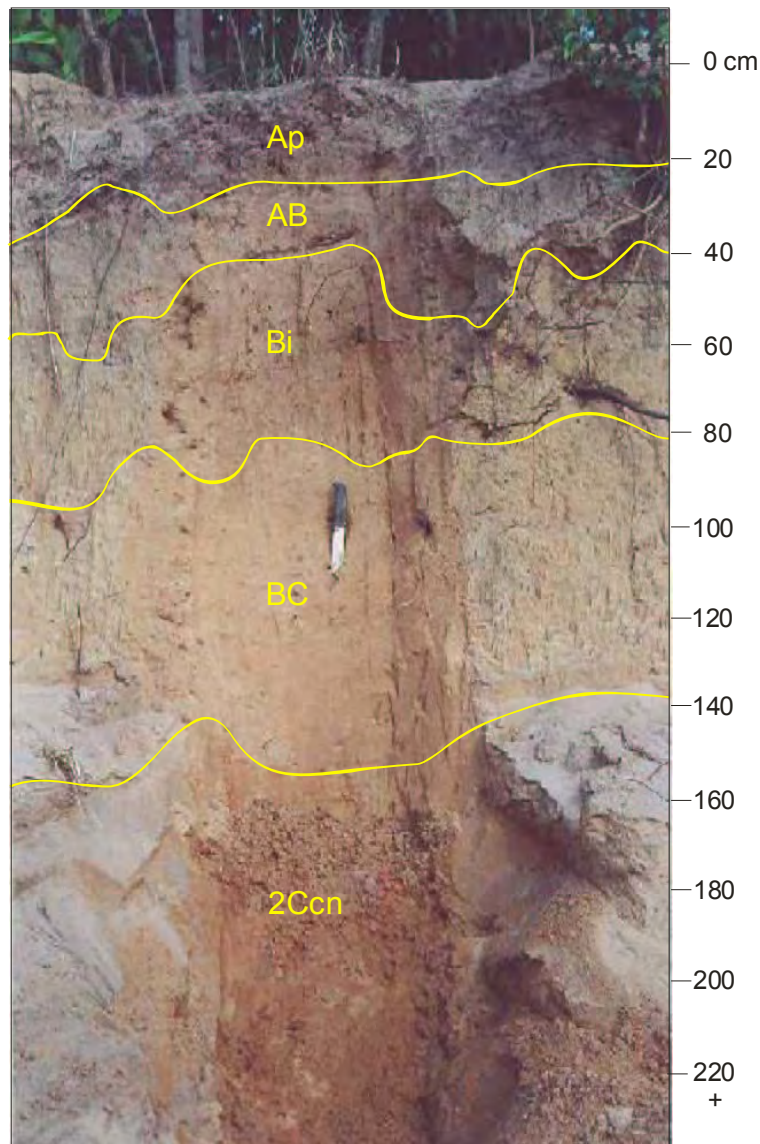
Horizonte C₁ - 180 a 310 cm, arenoso, aumento da quantidade de quartzo de diferentes tamanhos, mal selecionados, alguns seixos de quartzo leitoso angulosos e subangulosos, de 3 a 5 cm.e concreções arredondadas a angulares; limite abrupto e ondulado

Horizonte 2Cf - 310 a 490 cm, maciço, esboroa-se em blocos subangulares; apresenta fragmentos de sílex angulares de 0,5 a 1,0 cm; na base, com aproximadamente 60 cm de espessura aparece um nível de areias ferruginizadas assentadas sobre fragmentos de lateritas

Horizonte Cf₂ - 490 cm + , horizonte petroplíntico, veios de laterização, arenoso, grau fraco, friável



Foto 14. Perfil 5 (indicado), parcialmente encoberto por vegetação.



PERFIL 07 (FOTO 15)

Localização - 246.567, 7560.148, 653.400 m. Rodovia SP225, próximo a Mineradora CRS.

Horizonte Ap - 0 a 23 cm, textura arenosa, muito friável, pardo-acinzentado, grande quantidade de matéria orgânica, com muitas raízes, limite ondulado e gradual

Horizonte AB - 23 a 43 cm, textura arenosa, estrutura maciça e secundariamente granular, muito friável, não plástico e não pegajoso; presença de pequenos seixos e grãos de quartzo hialino; transição irregular e difusa.

Horizonte Bi - 43 a 80 cm, textura arenosa, estrutura maciça que se esboroa em blocos subangulares, muito friável, não plástico, não pegajoso, limite irregular e claro

Horizonte B/C - 80 a 136 cm, textura arenosa, estrutura maciça que se esboroa em grânulos, muito friável, não plástico, não pegajoso, limite irregular e difuso

Horizonte 2Ccn - 136 a 220 + cm, fragmentos de lateritas arredondadas e angulares, constituídas de areias, argilas e grãos de quartzo mal selecionados, associados a areias médias ferruginizadas e finas

Foto 15. Perfil 7e horizontes identificados.

PERFIL 10 (FOTO 16)

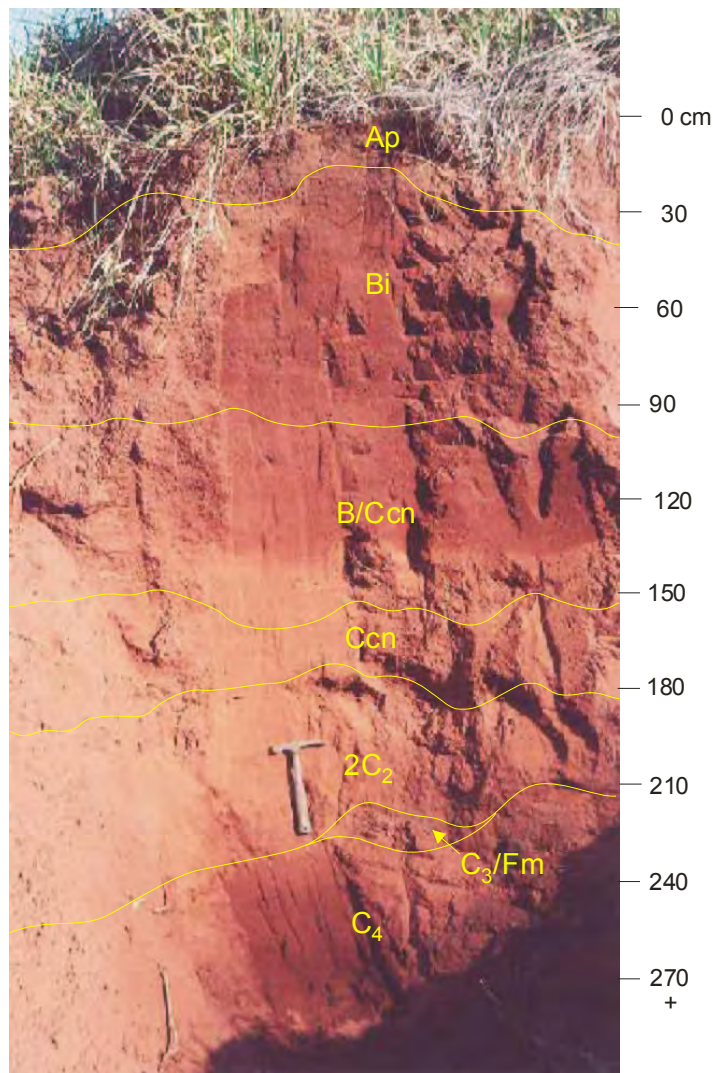


Foto 16. Perfil 10 e horizontes identificados.

Localização - 223.702, 7515.467, 600.24 m. Estrada vicinal Ipeúna-Assistência, Próximo a EDRA.

Horizonte Ap - 0 a 34 cm, pardo, textura arenosa, estrutura granular mantida pelas raízes, muito friável, com seixos de quartzo, transição clara

Horizonte Bi - 34 a 87cm, vermelho-amarelo (7,5YR 4/8), textura média, estrutura em blocos subangulares, moderado, ligeiramente duro, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso, muitas raízes, limite irregular e difuso

Horizonte B/Ccr - 87 a 130 cm, textura média; menor quantidade de argila que o anterior; estrutura em blocos subangulares, ligeiramente duro, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso, limite irregular e difuso

Horizonte Ccr - 130 a 182 cm, textura arenosa (areias finas) com presença de seixos, estrutura em blocos subangulares, pequenos, fraco, macio, muito friável, não plástico e não pegajoso, fragmentos de laterita, limite ondulado e claro

Horizonte 2C₂ - 182 a 230 cm, textura arenosa, seixos de quartzo arredondados a subangulares de 2,5 a 5 cm, canalículos preenchidos por argila, não plástico e não pegajoso, estrutura em blocos subangulares, pequenos, grau fraco, limite irregular e difuso

Horizonte C₃/Fm - 230 a 235 cm; características semelhantes ao anterior, com presença de nível de laterita planar de 1,5 a 2,5 cm de espessura, em degradação por ferrólise; limite irregular e claro.

Horizonte C₄ - 235 + cm, textura média, seixos de quartzo arredondados a subangulares de 2,5 a 5 cm, iluviação de argila preenchendo canalículos, não plástico não pegajoso.

PERFIL 13 (FOTO 17)

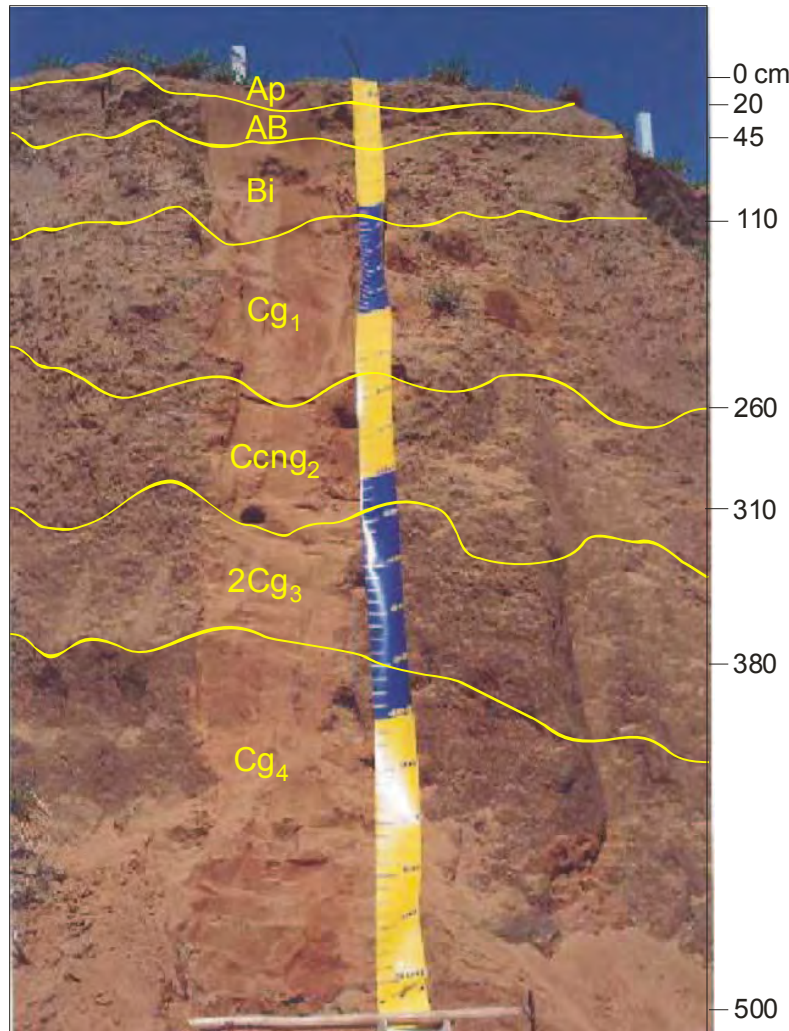


Foto 17. Perfil 13 e horizontes identificados.

Localização – 250.857, 7575.734, 593.327. Rodovia Anhanguera (SP300), saída para Santa Cruz da Conceição.

Horizonte Ap - 0 a 20 cm, vermelho-amarelo (10YR 3/4), arenoso, maciço que se esboroa em blocos, muito friável, contato ondulado e gradual

Horizonte AB - 20 a 45 cm, vermelho-amarelo (10YR 5/8), textura arenosa, maciço, desmancha-se em blocos e grânulos pequenos, muito friável, contato ondulado e gradual

Horizonte Bi - 45 a 110 cm, vermelho-amarelo (10YR 6/8), câmbico, maciço, desmancha-se em grânulos pequenos, muito friável, ligeiramente plástico a ligeiramente pegajoso, areno-lamoso, contato difuso e irregular

Horizonte Cg₁ - 110 a 260 cm, amarelo (5Y 5/8 a 6/8), arenoso, estrutura granular, muito friável; apresenta mosqueados, não plástico e não pegajoso, contato irregular e difuso

Horizonte Ccng₂ - 260 a 310 cm, vermelho-amarelo (7,5YR 5/6), apresenta mosqueamento de 5 a 10%, (2,5YR 4/3); granodecrescente, na base encontram-se grãos de quartzo até seixos, mal selecionados, com cutículas de ferro hidratado e abundantes concreções, contato irregular e difuso

Horizonte 2Cg₃ - 310 a 380 cm, vermelho-amarelo (7,5YR 5/8); apresenta bandas horizontais e obliquas em 20% da massa com cores de 2,5Y (oliva) a 5Y (amarelo)

Horizonte Cg₄ - 380 a 700 cm+, vermelho-amarelo (5YR 4/8 a 5/8); com seixos de quartzo leitoso de 3 a 3,5 cm, esparsos na matriz arenosa

PERFIL 14

Localização - 244.389, 7582.734, 581.390 m. Rodovia Porto Ferreira - Santa Cruz das Palmeiras

Horizonte Ap - 0 a 15/25 cm, vermelho-amarelo (5YR 3/4), estrutura em blocos subangulares médio a grande, grau fraco, muito friável, limite gradual e ondulado, abundantes raízes finas e caóticas

Horizonte Bi - 25 a 40/60 cm, vermelho-amarelo (7,5 YR 4/8), câmbico, blocos grandes subangulares a granulares pequenos, muito friável, grau fraco, irregular e difuso, raízes grossas a muito grossas que se orientam horizontalmente acompanhando o mergulho para NW 30°

Horizonte BCf - 40/65 a 115cm, maciço que se esboroa em blocos subarredondados a subangulares, grandes, grau muito fraco, muito friável; limite irregular e difuso

Horizonte C₁ - 115 a 210 cm, vermelho-amarelo (7,5YR 5/8); presença de grãos de quartzo leitoso e hialino mal selecionados, concreções centimétricas; maciço, esboroa-se em blocos grandes e grânulos pequenos, muito fraco, limite abrupto com a cascalheira. Alguns seixos de quartzito subarredondados a arredondados, esparsos na matriz, são facetados sugerindo herança da Formação Aquidauana ou ainda do Subgrupo Itararé

Horizonte 2Cf₂ - 210 a 285 cm, presença de seixos mal selecionados de 5 a 10 cm de diâmetro e seixos de quartzito caulinizados; não apresenta ferruginização

Horizonte 3C₃ - 285 a 325 cm, maciço, avermelhado, da Formação Tatuí

Horizonte 4Crf₃ - 325 cm +, material plintificado da Formação Tatuí, em contato com material de retrabalhamento

ANÁLISES LABORATORIAIS

ANÁLISES GRANULOMÉTRICAS

Foram analisadas amostras dos horizontes de solos pertencentes aos perfis 03, 04, 05 e 10, relativos aos sedimentos da Formação Rio Claro, e aos perfis 07, 13 e 14, referentes à Formação Piraçununga. Os resultados são apresentados na tabela 3 e figuras 18 a 24.

Para todos os perfis adotou-se a separação das frações argila, silte, areia muito fina, areia fina e areia média. À areia média foram acrescentadas as pequenas percentagens de areia grossa que perfizeram o máximo de 2%.

Observou-se que a classe textural predominante é a areia fina; entretanto, os perfis 03 e 14 possuem quantidades de lama e areias equivalentes e aumento gradual da fração fina do horizonte diagnóstico para a base. O perfil 05 apresentou acréscimo de argila até o horizonte C1.

Os perfis 07 e 13 (Fm. Piraçununga) são arenosos, possuindo baixo teor de silte, o que contrasta com os demais, sendo que o perfil 14 possui elevado teor de silte. Os perfis da Formação Rio Claro, por sua vez, possuem elevados teores de silte, o que contrasta com a maioria dos solos brasileiros.

O perfil 04 apresenta anomalia no horizonte diagnóstico (2Btf), com aumento significativo nos teores de argila e silte e diminuição nos teores de areia, evidenciando descontinuidade litológica.

Nos perfis foram observados seixos de quartzo de 2,5 a 5 cm, esparsos na matriz arenosa, e ainda fragmentos de laterita e sílex também na mesma granulometria.

Com base nas análises granulométricas e Diagrama de Classes generalizadas de textura (EMBRAPA, 1979), os solos foram agrupados em classes de textura argilosa, média e arenosa, cujos resultados são apresentados na tabela 4.

Perfis	Horizontes	Areia %			Silte %	Argila %
		Média %	Fina %	M. Fina %		
P 03	A/C	17,84	28,97	15,46	10,59	27,14
	Ab	14,06	31,58	16,58	13,49	24,29
	Bi	15,23	28,52	17,50	11,62	27,13
	3Bt	11,54	20,72	14,03	7,71	46,01
	Bt ₂	9,66	18,24	15,98	9,68	45,69
	C/Fm	8,59	19,54	17,17	10,23	44,47
	4Bt ₃	6,22	19,31	18,28	6,25	49,94
	5Rrf	6,31	14,96	14,08	16,02	48,63
P 04	A	12,63	32,38	13,82	9,41	31,76
	Bi	14,24	25,07	15,47	14,56	31,14
	2Btf	10,34	19,18	9,90	21,62	38,97
	BCf ₂	18,83	31,26	14,93	9,99	24,99
	Cf ₃	28,83	47,36	15,66	1,27	6,87
P 05	A	14,90	37,51	19,20	7,52	20,88
	AB	8,74	33,17	23,02	8,97	26,10
	Bi	8,29	31,88	24,02	8,43	27,40
	B/C	12,14	33,28	20,27	7,71	26,60
	C ₁	12,12	29,07	16,65	9,40	32,77
	3Cf	16,24	37,25	17,21	5,86	23,34
	Cf ₂	17,09	48,31	18,58	4,72	11,30
P 07	Ap	29,13	47,31	17,12	3,61	3,02
	AB	30,24	47,86	16,19	1,21	4,50
	Bi	27,91	44,57	19,63	1,64	6,25
	B/C	26,99	46,89	18,53	1,04	6,56
	2Ccr	39,89	37,62	13,85	2,11	6,47
P 10	Ap	18,16	36,69	21,24	5,58	18,34
	Bi	16,57	32,68	19,59	7,23	23,93
	B/Ccr	12,08	31,33	24,26	7,61	24,72
	Ccr	13,70	30,93	23,04	10,01	22,33
	2C ₂	13,62	33,12	22,99	3,41	26,86
	C ₃ /Fm	14,51	32,09	22,92	5,62	24,87
	C ₄	16,65	30,59	21,84	5,82	25,10
P 13	Ap	25,52	43,87	16,58	3,77	10,26
	AB	27,05	40,49	17,51	1,07	13,80
	Bi	24,32	38,17	18,39	3,44	15,68
	Cg ₁	23,65	40,05	17,23	4,53	14,54
	Ccrg ₂	20,67	41,42	18,53	2,93	16,46
	2Cg ₃	24,07	37,81	17,84	3,61	16,67
	Cg ₄	26,89	37,59	16,40	2,93	16,21
P 14	Ap	10,16	32,68	22,03	12,70	22,45
	Bi	9,32	30,13	23,53	13,00	24,02
	BCf	7,03	29,27	20,29	13,35	30,07
	C1	6,89	24,14	23,14	13,88	31,95
	2Cf ₂	10,06	18,72	16,92	27,35	26,95
	3C ₃	10,07	24,69	18,51	21,02	25,71
	4Crf ₃	6,77	18,08	13,08	28,89	33,18

Tabela 3. Resultados das análises granulométricas.

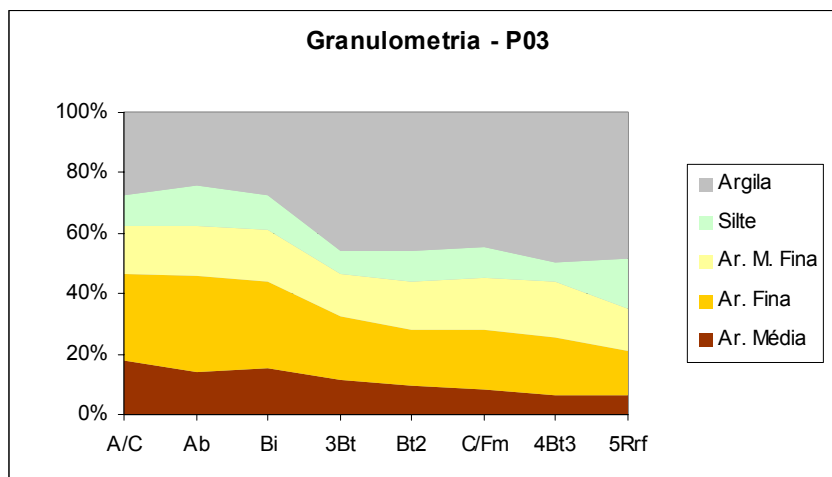


Figura 18. Percentagens granulométricas do perfil 03.

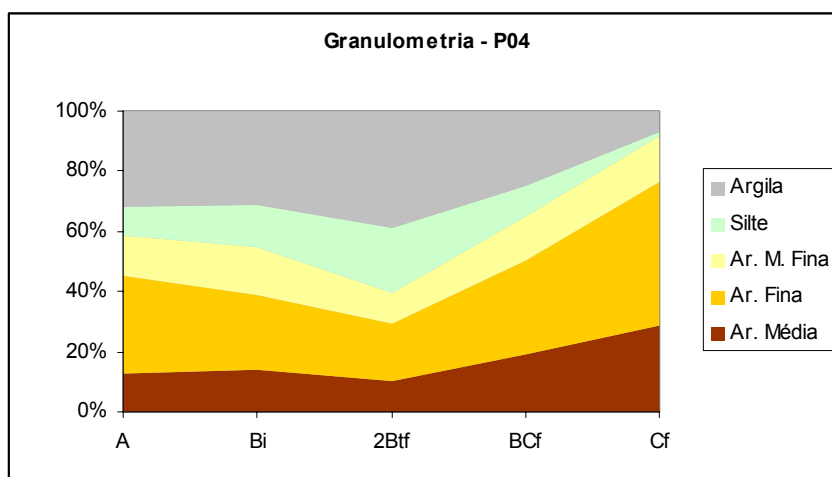


Figura 19. Percentagens granulométricas do perfil 04.

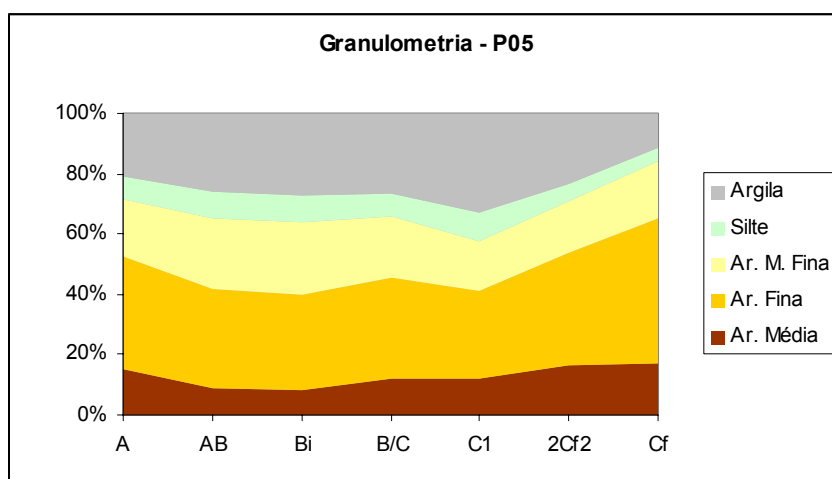


Figura 20. Percentagens granulométricas do perfil 05.

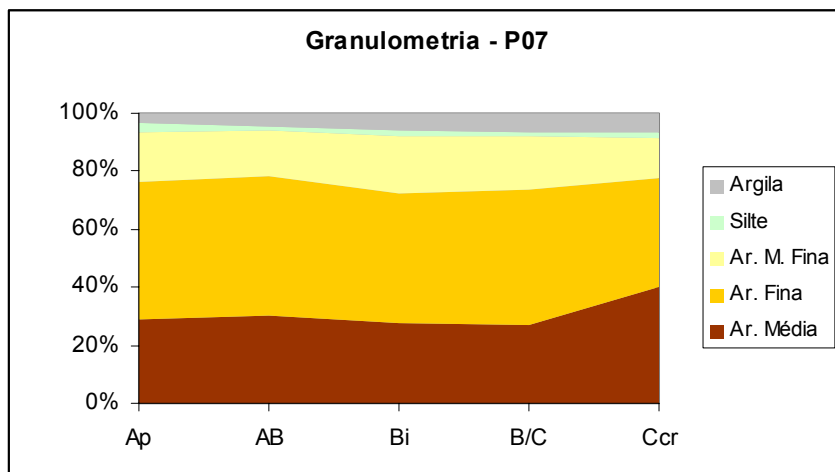


Figura 21. Percentagens granulométricas do perfil 07.

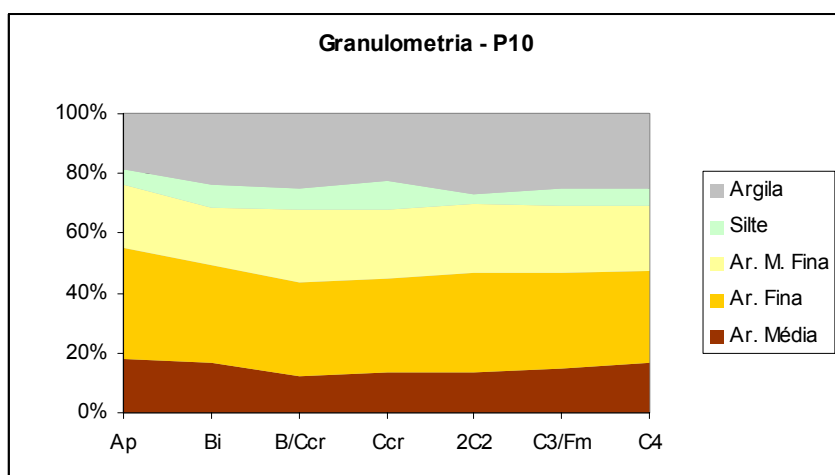


Figura 22. Percentagens granulométricas do perfil 10.

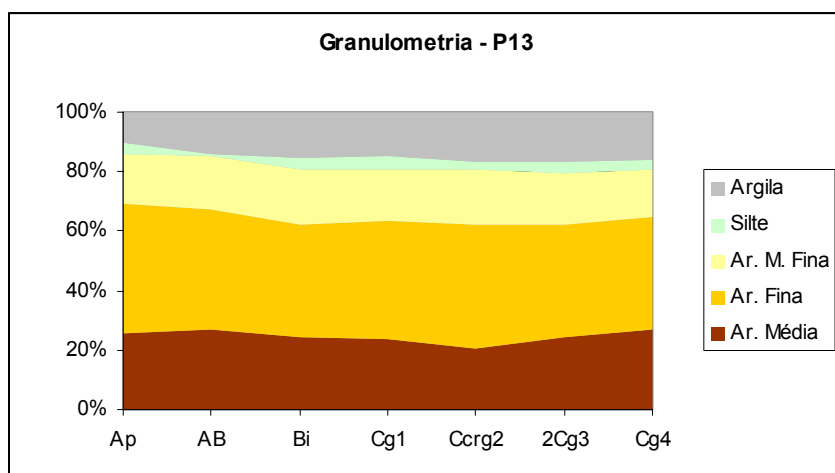


Figura 23. Percentagens granulométricas do perfil 13.

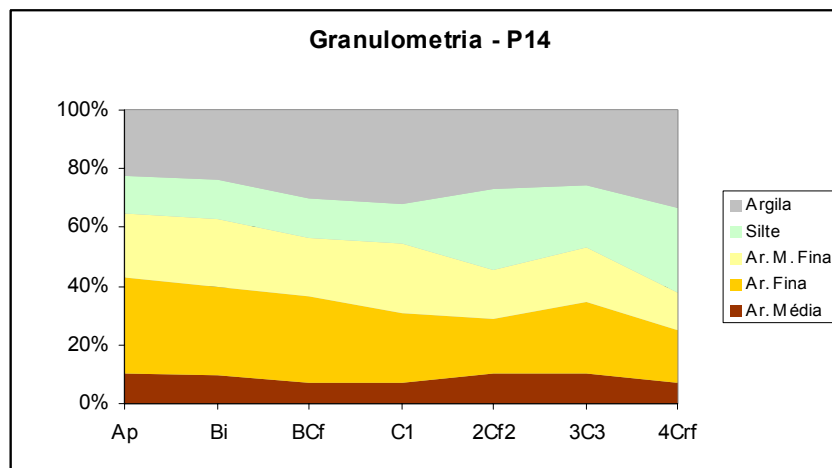


Figura 24. Percentagens granulométricas do perfil 14.

Em diversos perfis foram registrados fragmentos de laterita retrabalhadas. Nos perfis da Formação Rio Claro, são compostos por fragmentos de lateritas laminares, enquanto que na Formação Piraçununga ocorrem como concreções arredondadas. Tanto as lateritas laminares como as arredondadas são provenientes de diferentes coberturas intempéricas, derivados de eventos deposicionais em diferentes épocas. Ocorrem também, em alguns perfis de ambas unidades, horizontes plínticos, evidenciando segregação de ferro sob efeito de ciclos alternados de umedecimento e secagem.

Perfil	Classe
03	textura argilosa
04	textura média
05	textura média
07	textura arenosa
10	textura média
13	textura média
14	textura média

Tabela 4. Classes de textura dos perfis de solo analisados.

RELAÇÃO SILTE/ARGILA

A relação silte/argila é utilizada, conforme preconizado por EMBRAPA (1979), para diferenciar horizontes B latossólicos de B incipiente, quando

apresentam características morfológicas semelhantes, uma vez que é indicativa do grau de intemperismo, principalmente em regiões tropicais.

Nos perfis 03 e 04, foram descritos em campo mais de um horizonte B. Do cálculo da relação silte/argila, a partir da média aritmética dos valores de silte e argila, obteve-se os valores a 0,24 e 0,52, respectivamente.

Nos demais perfis foram descritos apenas um horizonte B e, exceto para o perfil 13, também horizontes B/C; todavia, estes não foram utilizados para o cálculo da relação. Para o perfil 05, a relação obtida foi 0,30; para o perfil 07, 0,26; para o perfil 10, 0,30; para o perfil 13, 0,22 e para o perfil 14 a relação foi de 0,54 (Tabela 5).

A relação silte/argila apresentada por todos perfis ficou abaixo do índice estabelecido, que é menor que 0,7 para textura média e menor que 0,6 para textura argilosa. Dessa forma, como tratam-se de solos com textura média, apenas o perfil 03 apresenta textura argilosa, pode-se afirmar que nenhum dos solos analisados possui horizonte B latossólico (Bw).

Perfil	S/A
03	0,24
04	0,52
05	0,30
07	0,26
10	0,30
13	0,22
14	0,54

Tabela 5. Relação silte/argila para os perfis analisados.

FLUORESCÊNCIA DE RAIOS X

Por meio da espectrometria de fluorescência de raios X, foram determinados os elementos maiores, em 43 amostras das formações Rio Claro e Piraçununga. Os resultados mostraram índices acima de 60% de sílica, valores representativos de alumínio e ferro, enquanto os outros elementos estão presentes em quantidades inferiores a 2% (Tabela 6).

O perfil 03 apresenta, de maneira geral, decréscimo de sílica e aumento de óxidos de ferro e alumínio nos horizontes inferiores. Entretanto, o horizonte 5, que corresponde ao nível com fragmentos lateríticos, apresenta 44% de ferro em detrimento do conteúdo de sílica que perfaz aproximadamente 25%. Ocorre, ainda, elevada percentagem de óxidos de titânio, com total de 11% no horizonte 4, onde se verifica estruturas de *clay skin*.

O perfil 04 apresenta-se plintificado e, ao contrário do anterior, mostra aumento de sílica; quanto aos óxidos, os de alumínio têm maior concentração no horizonte 3, enquanto os de ferro aumento considerável no horizonte 2, onde são encontrados fragmentos lateríticos planares em degradação. O horizonte 3 apresenta 0,7% de potássio, relacionado à presença de moscovita observada nos difratogramas.

O perfil 05 apresenta conteúdos de sílica, alumínio e ferro pouco variáveis nos 7 horizontes analisados, com aumento nas concentrações de sílica, de 82% a 92% entre topo e base. O horizonte 5 tem seu conteúdo de sílica (72%) reduzido em relação aos outros, e aumento considerável na concentração de óxidos de alumínio (16%).

No perfil 07 encontram-se as maiores concentrações de sílica, acima de 95%, em detrimento dos outros elementos que não atingem 2%, à exceção do horizonte 5, abaixo da cascalheira, onde se verifica diminuição de sílica (61%) e grande aumento na concentração de ferro (28%).

O perfil 10 apresenta pequena variação nos conteúdos de sílica, alumínio e ferro, com concentrações de sílica entre 87% e 81% aproximadamente, e conteúdos de óxidos de alumínio de 5% a 8,5%, e de óxidos de ferro entre 2,5% e 4,5%, ambos com distribuição aleatória nos horizontes de topo a base.

O perfil 13 apresenta elevada concentração de sílica ao longo do perfil, aumento nas concentrações de óxidos de alumínio (3,5 a 4,8%) e ferro (2,0 a 2,4%) nos três primeiros horizontes. No horizonte basal os valores de óxidos decrescem e ocorre ligeiro aumento de sílica.

O perfil 14 apresenta conteúdos de sílica e óxidos de alumínio pouco variáveis nos 7 horizontes analisados e aumento na concentração de óxidos de ferro nos dois horizontes inferiores (15 e 11,4%).

Amostra	SiO ₂ %	TiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	MnO %	MgO %	CaO %	Na ₂ O %	K ₂ O %	P ₂ O ₅ %	LOI %	SOMA %	
P03	A/C	79,18	0,84	9,57	4,01	0,03	0,09	0,07	0,05	0,09	0,05	6,05	100,04
	AB	68,59	0,98	15,65	5,92	0,01	0,15	0,05	0,05	0,11	0,05	8,44	100,00
	Bi	68,51	1,07	16,08	5,96	0,02	0,14	0,04	0,06	0,11	0,05	7,98	100,01
	3Bt	69,68	11,02	15,55	5,85	0,02	0,15	0,03	0,06	0,15	0,05	7,47	100,02
	Bt ₂	63,06	1,15	19,35	7,44	0,03	0,32	0,04	0,06	0,50	0,06	7,97	99,99
	C/Fm	24,76	1,03	17,25	44,04	0,47	0,09	0,04	0,04	0,18	0,17	11,94	100,01
	4Bt ₃	64,22	1,10	18,48	7,43	0,05	0,29	0,04	0,06	0,44	0,07	7,84	100,02
P04	A	77,69	0,82	11,14	4,09	0,01	0,09	0,03	0,07	0,13	0,03	5,88	99,99
	Bi	69,93	0,76	10,45	12,16	0,02	0,14	0,04	0,06	0,20	0,03	6,21	99,99
	2Btf	76,88	1,09	13,64	1,73	0,01	0,40	0,04	0,07	0,73	0,03	5,40	100,01
	BCf ₂	85,62	0,56	8,35	1,22	0,01	0,18	0,03	0,06	0,35	0,02	3,66	100,06
	Cf ₃	95,88	0,15	2,10	0,77	0,00	0,01	0,03	0,06	0,06	0,01	0,94	100,02
P05	A	82,08	0,65	9,28	2,91	0,01	0,11	0,09	0,10	0,10	0,03	4,78	100,15
	AB	84,58	0,52	7,28	2,40	0,01	0,06	0,04	0,06	0,08	0,03	5,00	100,04
	Bi	82,38	0,66	9,16	2,91	0,01	0,08	0,04	0,05	0,09	0,02	4,63	100,02
	B/C	81,54	0,67	9,41	3,33	0,01	0,01	0,04	0,05	0,10	0,03	4,81	100,00
	C ₁	72,25	0,88	16,25	2,74	0,01	0,26	0,04	0,06	0,32	0,03	7,18	100,00
	3Cf	85,10	0,55	7,98	2,24	0,01	0,10	0,03	0,06	0,14	0,02	3,77	99,99
	Cf ₂	91,62	0,27	4,03	2,09	0,01	0,03	0,03	0,06	0,08	0,02	1,80	100,03
P07	Ap	96,80	0,12	0,97	0,77	0,01	0,01	0,03	0,06	0,01	0,02	1,20	99,99
	AB	96,37	0,14	1,42	0,88	0,01	0,02	0,03	0,06	0,01	0,02	1,09	100,05
	Bi	95,45	0,18	1,93	1,13	0,01	0,02	0,03	0,06	0,01	0,02	1,24	100,07
	B/C	95,34	0,19	1,97	1,19	0,01	0,02	0,03	0,05	0,01	0,02	1,19	100,02
	2Ccr	61,36	0,62	5,47	27,84	0,01	0,01	0,03	0,05	0,03	0,09	4,48	100,00
P10	Ap	86,84	0,86	5,42	2,99	0,02	0,03	0,04	0,06	0,03	0,03	3,72	100,05
	Bi	81,11	1,09	8,71	4,23	0,01	0,04	0,05	0,06	0,03	0,04	4,65	100,02
	B/Ccr	82,88	1,05	7,80	3,97	0,02	0,03	0,05	0,05	0,03	0,03	4,12	100,02
	2C ₂	82,31	1,09	8,13	4,06	0,02	0,03	0,04	0,05	0,03	0,03	4,23	100,02
	C ₃ /Fm	82,58	1,07	7,96	4,05	0,01	0,03	0,03	0,06	0,03	0,03	4,17	100,03
	C ₄	81,44	1,16	8,46	4,38	0,02	0,03	0,04	0,05	0,03	0,03	4,47	100,11
P13	Ap	90,85	0,55	3,56	2,00	0,01	0,01	0,04	0,07	0,02	0,03	2,89	100,03
	AB	90,77	0,59	3,93	2,03	0,01	0,01	0,04	0,06	0,01	0,02	2,55	100,02
	Bi	89,11	0,72	4,80	2,38	0,01	0,01	0,03	0,07	0,01	0,02	2,84	100,00
	Cg ₁	88,31	0,75	5,47	2,48	0,01	0,01	0,03	0,06	0,01	0,02	2,86	100,00
	Cg ₄	88,82	0,74	5,14	2,41	0,01	0,05	0,03	0,06	0,01	0,02	2,73	100,01
P14	Ap	83,73	1,27	8,41	4,20	0,02	0,04	0,04	0,06	0,05	0,04	2,18	100,03
	Bi	80,03	1,31	9,01	4,46	0,02	0,04	0,04	0,06	0,05	0,03	4,98	100,02
	BCf	77,11	1,39	10,35	5,50	0,02	0,05	0,04	0,06	0,07	0,04	5,38	100,01
	C ₁	76,80	1,38	10,78	5,36	0,02	0,06	0,04	0,06	0,08	0,05	5,39	100,00
	2Cf ₂	86,25	0,70	5,21	4,95	0,01	0,02	0,04	0,06	0,12	0,03	2,64	100,03
	3C ₃	71,05	1,27	7,67	15,10	0,02	0,08	0,04	0,06	0,28	0,08	4,43	100,07
	4Crf ₃	69,49	1,31	11,76	11,44	0,02	0,14	0,04	0,07	0,49	0,06	5,22	100,05

Tabela 6. Resultados das análises de fluorescência de raios X.

Com relação aos outros elementos analisados, verifica-se que a concentração de óxidos de titânio no horizonte 4 do perfil 3 é igual a 11%, enquanto em todas outras amostras os valores estão entre 0,12 a 1,39%. Os óxidos de magnésio, cálcio, sódio, potássio e fósforo não ultrapassam 0,5% em todos os perfis.

RELAÇÕES MOLECULARES k_i E k_r

As relações moleculares k_i e k_r foram obtidas por meio da técnica de ataque sulfúrico, sendo utilizadas como indicativas do grau de intemperismo e da quantidade de alumínio presente no material.

Foram analisadas 13 amostras coletadas dos perfis modais, distribuídas de acordo com a descrição morfológica em horizontes superficiais subsuperficiais e profundos, este correspondendo, em princípio, ao material de origem dos solos. Foram analisadas as amostras: p 03/ AB - 4Bt₃; p 04/ A - CF₃; p 05/ Bi; p 07/ Bi - 2Ccr; p 10/ B/Ccr - C₄; p 13/ Bi - Cg₄ e p 14/ Bi - 4Crf₃.

Os valores de k_i indicam:

- <1,5 - presença de elementos alíticos, solos bem desenvolvidos, tipo latossolos;
- 1,5 - 2,0 - presença de elementos monossilíticos, solos menos desenvolvidos como os podzólicos distróficos;
- 2,0 - 3,0 - presença de elementos monossilíticos e bissilíticos, solos pouco desenvolvidos como os podzólicos eutróficos;
- >3,0 - presença de elementos bissilíticos, solos muito pouco desenvolvidos como os litólicos.

Os valores de k_r indicam:

- <1,0 - elevada percentagem de alumínio monoalitizado ou alitizado
- >1,0 - baixa alteração.

Os índices k_i obtidos para os horizontes superficiais ou subsuperficiais ficaram abaixo de 1,5, indicando alitização. Para os horizontes profundos, os

valores ficaram abaixo de 1,5 para os perfis 10 e 13 e entre 1,5 e 2,0 para os perfis 03, 04 e 14, indicando a presença de elementos monossilícticos. No perfil 07, tanto o horizonte subsuperficial quanto o profundo apresentaram índices muito elevados, de 3,11 e 2,49, respectivamente, indicando elementos bissilícticos.

Em relação ao kr, os valores ficaram abaixo ou próximo ao valor de referência, exceto para os horizontes Bt do perfil 3, com 1,26; B/Cf do perfil 4, com 1,70, e para o perfil 7, horizontes Bi, com 2,35 e Ccr com 1,88.

Os resultados de ki e kr obtidos pelo método de ataque sulfúrico são apresentados na Tabela 7.

AMOSTRA	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ (%)	TiO ₂	MnO	ki	kr
P03 - AB	11,10	15,96	5,43	0,68	0,01	1,18	0,97
P03 - 4Bt ₃	16,30	17,94	6,20	0,81	0,01	1,54	1,26
P04 - A	8,80	11,67	4,11	0,58	0,01	1,28	1,05
P04 - BCf	8,20	7,59	0,97	0,30	0,01	1,84	1,70
P05 - Bi	5,40	8,92	2,41	0,45	0,01	1,03	0,88
P07 - Bi	2,60	1,42	0,72	0,12	0,01	3,11	2,35
P07 - 2Ccr	2,90	1,98	1,01	0,13	0,01	2,49	1,88
P10 - B/Ccr	6,40	8,05	3,55	0,91	0,01	1,35	1,05
P10 - C ₄	6,10	8,36	3,90	0,67	0,01	1,24	0,96
P13 - Bi	3,43	5,04	2,03	0,53	0,01	1,16	0,92
P13 - Cg ₄	3,40	5,25	2,09	0,56	0,01	1,10	0,88
P14 - Bi	7,01	9,17	3,75	0,79	0,01	1,30	1,03
P14 - 4Crf ₃	7,88	7,34	8,11	0,87	0,01	1,83	1,07

Tabela 7. Resultados das relações moleculares ki e kr por Ataque Sulfúrico.

Os resultados obtidos permitem a separação dos perfis, de acordo com o grau de intemperismo, em solos bem desenvolvidos (perfis 10 e 13, do tipo latossolos), solos menos desenvolvidos (perfis 03, 04 e 14), e muito pouco desenvolvidos, apresentando ainda as características do material de origem (perfil 07).

Entretanto, como pode ser verificado na tabela 7, os horizontes subsuperficiais, em média, apresentaram índices inferiores aos horizontes profundos, indicando que os perfis são constituídos de diferentes camadas, correspondentes a materiais de solos preexistentes ou litologias distintas.

Para melhor averiguação dos resultados, procedeu-se ao cálculo do ki, com base em análises químicas, servindo para determinação do grau de intemperismo do perfil.

O índice ki calculado ratificou os resultados anteriores, revelando diferentes fases de intemperização dos horizontes. Os valores de ki calculado em relação ao substrato ou horizonte mais profundo podem ser observados na tabela 8.

DIFRAÇÃO DE RAIOS X

Foram analisadas 43 amostras de solo total, em corrida normal, provenientes de 7 perfis. Nos difratogramas, predominam picos de quartzo bem definido, corroborando as análises químicas. Secundariamente, identificou-se caulinitas, óxidos e hidróxidos de ferro, gibsitais e traços de feldspatos; ocorrem ainda interestratificados. O difratogramas de amostra total são apresentados em Anexo 1.

No perfil 03, predominam quartzo e goetita e, entre os argilominerais, as caulinitas; micas, e interestratificados, e, em proporções ínfimas, feldspatos.

No perfil 04, predominam caulinitas e secundariamente hematita, quartzo e interestratificados esmectíticos; existem ainda evidências de sepiolita.

O perfil 05 apresenta picos de quartzo bem definidos em detrimento de outros minerais; secundariamente ocorrem gibsitais e caulinitas.

O perfil 07 possui quartzo, hematita, caulinita, feldspatos e evidências de interestratificados montmorilonita/vermiculita. Ainda neste perfil, os picos da caulinita apresentam-se abertos, indicando má cristalização ou a presença de outros argilominerais do grupo das Kanditas.

O perfil 10 apresenta picos bem definidos de quartzo, gibsitais, caulinita e evidências de interestratificados.

No perfil 13 ocorrem quartzo, gibsitais, caulinita e traços de feldspatos. Gibsitais e feldspatos encontram-se em decomposição, gerando interestratificados

e caulinitas, respectivamente; os picos de caulinita não estão bem definidos, denotando má cristalização.

Perfil	Horizontes	ki calculado	Relação com substrato
P03	A/C	15,96	2,70
	Ab	14,06	2,38
	AB	7,45	1,26
	Bi	7,24	1,23
	3Bt	7,61	1,29
	Bt ₂	5,54	0,94
	C/Fm	2,44	0,41
	4Bt ₃	5,90	1,00
P04	A	11,85	0,15
	Bi	11,37	0,15
	2Btf	9,58	0,12
	BCf ₂	17,43	0,22
	Cf ₃	77,61	1,00
P05	A	15,03	0,39
	AB	19,75	0,51
	Bi	15,28	0,40
	B/C	14,73	0,38
	C ₁	7,55	0,20
	3Cf ₂	18,12	0,47
	Cf ₂	38,64	1,00
P07	Ap	169,64	8,90
	AB	115,37	6,05
	Bi	84,07	4,41
	B/C	82,27	4,32
	2Ccr	19,06	1,00
P10	Ap	26,98	0,61
	Bi	15,83	0,97
	B/Ccr	18,03	1,10
	2C ₂	17,21	1,05
	C ₃ /Fm	17,63	1,08
	C ₄	16,36	1,00
P13	Ap	43,38	1,48
	AB	39,26	1,34
	Bi	31,55	1,08
	Cg ₁	27,44	0,94
	Cg ₄	29,24	1,00
P14	Ap	16,92	1,69
	Bi	15,10	1,50
	BCf	12,66	1,26
	C ₁	12,11	1,21
	2Cf ₂	28,14	2,80
	3C ₃	15,74	1,57
	4Crf	10,04	1,00

Tabela 8 . Valores de ki calculado para cada horizonte dos solos analisados.

O perfil 14 apresenta quartzo, caulinita, gibsita, hematita e evidências de moscovitas.

Nos perfis analisados foram observados picos de moscovita, sepiolita, além de interestratificados montmorilonitas/vermiculitas e esmectitas, em geral nos horizontes inferiores. Os picos destes minerais apresentam-se serrilhados e abertos, sendo necessária confirmação dos resultados, por meio da análise da fração fina.

Para análise da fração argila, foi empregada técnica da EMBRAPA (1997) que inclui procedimentos de separação, concentração, queima de matéria orgânica, extração de ferro, tratamento com KCl 1M e MgCl 1M, preparação de lâminas, para análise ao difratômetro.

Foram confeccionadas lâminas de material não orientado das alíquotas tratadas com KCl e MgCl, secas à temperatura ambiente e levadas ao difratômetro. Posteriormente, as alíquotas tratadas com KCl foram aquecidas a 110, 350 e 550° C em forno mufla, por 2 horas, e levadas ao difratômetro após cada aquecimento. As alíquotas tratadas com MgCl foram submetidas à atmosfera de etileno glicol por 24 horas.

Os difratogramas da fração argila dos horizontes dos perfis analisados com os tratamentos de KCl à temperatura ambiente, calcinado a 110°, 350° e 550° C e de MgCl à temperatura ambiente e solvatado com etileno glicol são apresentados em Anexo 2.

A análise destes difratogramas demonstra que no solo do perfil de 03 predominam caulinita e clorita, secundariamente gibsita, micas, goetita e hematita. Nos horizontes superficiais e diagnóstico (A/C, Ab, AB e Bi), aparecem cloritas bem cristalizadas, que desaparecem nos horizontes subsuperficiais (3Bt e Bt₂) e tornam a aparecer nos horizontes inferiores. A distinção entre cloritas e caulinitas dá-se em amostras tratadas com K e calcinadas a 550° C, quando as caulinitas se desidroxilam perdendo parte de sua estrutura cristalina e, conseqüentemente, suas reflexões, ao mesmo tempo em que a clorita desidrata-se parcialmente e o pico 14Å sofre pequena retração. Nos horizontes inferiores ao diagnóstico (Bi), identificou-se interestratificados cloritas/vermiculitas na fração coloidal, e ainda haloisitas hidratadas.

O solo do perfil 4 apresenta-se plintificado, produto de ferrólise; mineralogicamente são abundantes caulinita e, secundariamente, goetitas, hematitas e montmorilonitas. A partir do segundo horizonte, até a base do perfil, ocorrem picos correspondentes à sepiolita. Abaixo, no horizonte 6, o perfil mostra-se alitizado com tendência à monossilização, possivelmente em decorrência da erosão de outros solos já alitizados/gibsitizados, ora sofrendo reorganização.

No perfil 05 ocorrem caulinita e, em menores proporções, gibsitita, haloisita e quartzo. A partir do horizonte Bi, até a base do perfil, ocorrem interstratificados sepiolita/montmorilonita.

No perfil 07, foram identificados caulinita, gibsitita e elevado teor de quartzo. Há também óxidos e hidróxidos de ferro e traços de interstratificados vermiculíticos, com ligeiro aumento destes para a base.

O perfil 10 apresenta caulinita, gibsitita, interstratificados esmectíticos nos horizontes inferiores; os picos da caulinita apresentam-se serrilhados, não bem definidos. Neste perfil o pico 14Å da amostra glicolada sofre retração para 13Å, correspondendo ao interstratificado caulinita/esmectita.

No perfil 13 ocorrem caulinita, gibsitita, micas, quartzo e interstratificados montmorilonita/vermiculita.

O perfil 14 apresenta caulinita, gibsitita, feldspatos, goetitas, quartzo e interstratificados montmorilonita/vermiculita. Na base do perfil, nos horizontes 3C₃ e 4Cr_f, ocorrem hidromicas. Foram identificados também pequenos picos de feldspatos, com aspecto serrilhado e aberto, indicando presença destes minerais em baixíssima quantidade e elevado grau de alteração, ou perda de cristalinidade.

A presença de óxidos e hidróxidos de ferro indica que o processo de desferruginização das amostras foi eficiente, removendo os minerais amorfos e preservando os bem cristalizados ou ainda neoformados.

.MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA

Nas análises de MEV das amostras dos horizontes dos solos, ao se comparar a morfologia da matriz e dos grãos, nota-se diferença entre os

horizontes e entre os perfis, mas não característicos dos solos pertencentes à Formação Rio Claro ou à Formação Piraçununga.

Nos perfis 03, 04, 05, 10 e 14, a matriz argilosa ocorre em maior quantidade, sob forma de argilominerais muito finos, detriticos e mal cristalizados, e a relação com o esqueleto do solo dá-se de três formas: recobrando grãos, formando cutans e preenchendo interstícios. Nos perfis 07 e 13, ocorre em menor quantidade, recobrando grãos.

Em todos os solos, especialmente nos horizontes mais profundos, observam-se cores esbranquiçadas, constituindo porções mais claras sobre os grãos e matriz, o que indica a presença de material amorfo no plasma do solo, podendo ser originado de caulinitas e de feldspatos em alteração (WELTON, 1984).

Pelas microanálises químicas via EDS, verificou-se que os elementos comuns à matriz dos solos são Si, Al e Fe, e subordinadamente Ti, corroborando os resultados de difração de raios X, que acusam caulinitica e elevada quantidade de óxidos e hidróxidos de ferro.

Nas imagens do perfil 03 notam-se grãos de quartzo em dissolução recobertos por cutans de argilas; no horizonte Bi ocorre cavidade de dissolução química em grão de quartzo, preenchida por argilominerais detriticos; no horizonte 3Bt nota-se massa esbranquiçada, indicando presença de argilominerais interestratificados; no horizonte C/Fm ocorre diminuição da granulometria e aumento da matriz argilosa, com presença de *ferroargilans*.

No solo do perfil 04, são observados grãos de quartzo recobertos por pequena quantidade de matriz argilosa, no horizonte superficial (A), e aumento no horizonte Bi; nos horizontes inferiores, nota-se argilominerais, interestratificados. Nas análises via EDS, foram determinados elevados teores de Fe.

No perfil 5, observam-se grãos de quartzo com baixos graus de arredondamento e esfericidade, grãos com fraturas concóides e moderada quantidade de matriz de argilominerais preenchendo poros. Nos horizontes inferiores (2Cf e 3Cf₂) ocorrem cutans de argilas mal cristalizadas com aspecto de massa coloidal, e fragmentos de lateritas planares retrabalhadas.

Nas imagens de microscopia eletrônica do perfil 07, observam-se grãos detríticos de quartzo, imaturos, com numerosas fraturas concóides e cavidades triangulares, originadas por alteração química; estes grãos são cimentados por filossilicatos cauliniticos e gibsíticos (SCHOLLE, 1979). Nos horizontes superficiais (Ap e AB) são observados interestratificados esmectíticos recobrimdo grão de quartzo, e gibsitas detríticas; no horizonte B/Ccr, os grãos de quartzo parecem “soltos”, devido à pequena quantidade de matriz argilosa, e apresentam grau moderado de arredondamento e esfericidade. Observam-se ainda rosáceas de hematitas nos horizontes inferiores (C₃/Fm e C₄), confirmadas por EDS. Nota-se cristalização de argilominerais cauliniticos, sendo o plasma constituído fundamentalmente de sesquióxidos (Al e Si).

No perfil 10, observam-se grãos de quartzo recobertos por argilominerais, em pequena quantidade no horizonte superficial (Ap), e ligeiro aumento nos horizontes subsuperficiais (Bi e B/C); no horizonte Bi nota-se recrescimento em grão de quartzo.

No horizonte Ap do perfil 13, há grande diversidade nos grãos de quartzo, indicando que tratar-se de sedimento imaturo, com baixa quantidade de matriz argilosa recobrimdo os grãos.

O perfil 14 apresenta maior quantidade de matriz argilosa, com caulinitas bem cristalizadas e elevada quantidade de argilominerais interestratificados e grãos de quartzo facetados.

As imagens de microscopia são apresentadas em Anexo 3.

DATAÇÃO POR TERMOLUMINESCÊNCIA

Foram datadas seis amostras pelo Método da Termoluminescência, coletadas dos sedimentos que correspondem às formações Rio Claro e Piraçununga, assim distribuídas: uma no perfil 04 na rodovia SP191, próximo ao Rio Passa Cinco, duas no perfil 09 também na rodovia SP191, próximo ao trevo da cidade de Ipeúna, ambas da Formação Rio Claro; duas no perfil 07, na SP225, próximo à cidade de Analândia, e uma no perfil 13, SP 300, saída para Aguai, ambas da Formação Piraçununga.

No perfil 04, a amostra foi coletada do horizonte Cf, a 180 cm de profundidade.

Duas amostras foram coletadas no perfil 09, a primeira a 387 cm de profundidade, logo acima dos sedimentos plintificados, correlatos ao Perfil 04, e a segunda a 110 cm do topo, entre dois níveis de lateritas planares, hoje em degradação.

Do perfil 07 foram coletadas duas amostras, uma abaixo da cascalheira, a 250cm, e outra acima da cascalheira, a 150cm do topo.

No perfil 13, coletou-se uma amostra a 300cm do topo, correspondendo ao horizonte Cg₁.

Os resultados obtidos posicionam os depósitos Rio Claro e Piraçununga no período Quaternário, uma vez que a idade mais antiga obtida foi de 745.000 AP (± 78.000), no perfil 04, e a mais recente foi de 15.000 AP (± 1.600), acima da cascalheira no perfil 07.

Os resultados das doses anuais, doses acumuladas (P) e das idades são apresentados na tabela 9 e na figura 25

Amostra	Profundidade (cm)	Dose Anual ($\mu\text{Gy}/\text{ano}$)	P (Gy)	Idade (anos)
PFRC 04/01	180	340 \pm 2,0	194,5	745.000 \pm 78.000
PFRC 09/02	110	545 \pm 8,3	168,1	305.000 \pm 35.000
PFRC 09/01	387	800 \pm 14,8	254,3	318.000 \pm 38.000
PFPÇ 07/02	150	485 \pm 3,3	7,67	15.000 \pm 1.600
PFPÇ 07/01	250	445 \pm 2,6	178,3	400.000 \pm 40.000
PFPÇ 13/01	300	665 \pm 15	91,2	145.000 \pm 18.000

Tabela 9. Resultados das datações por Termoluminescência: amostra, profundidade, dose anual, dose acumulada e idade.

Em perfil topográfico confeccionado a partir de modelos topográficos da Missão SRTM da Nasa (2000), ligando os quatro perfis amostrados para datação por Termoluminescência, verifica-se as altitudes em que estes se encontram (Figura 26).

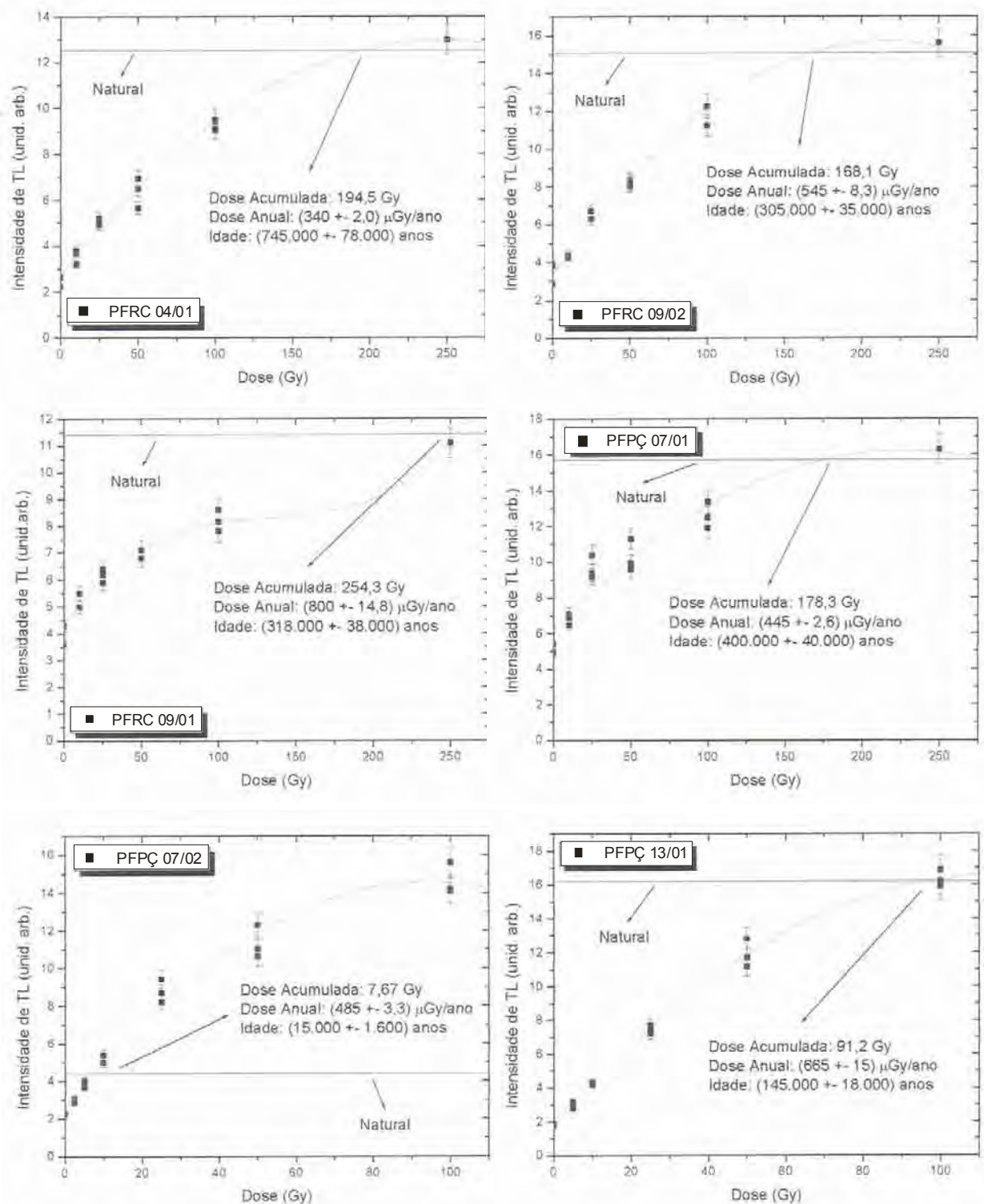


Figura 25. Gráficos das datações por Termoluminescência: amostra, dose anual, dose acumulada e idade.

Os sedimentos mais antigos estão a 600m de altitude (perfil 4), e correspondem aos sedimentos mapeados como Formação Rio Claro, enquanto os mais recentes a 670m de altitude (perfil 07), pertencentes à Formação Piraçununga.

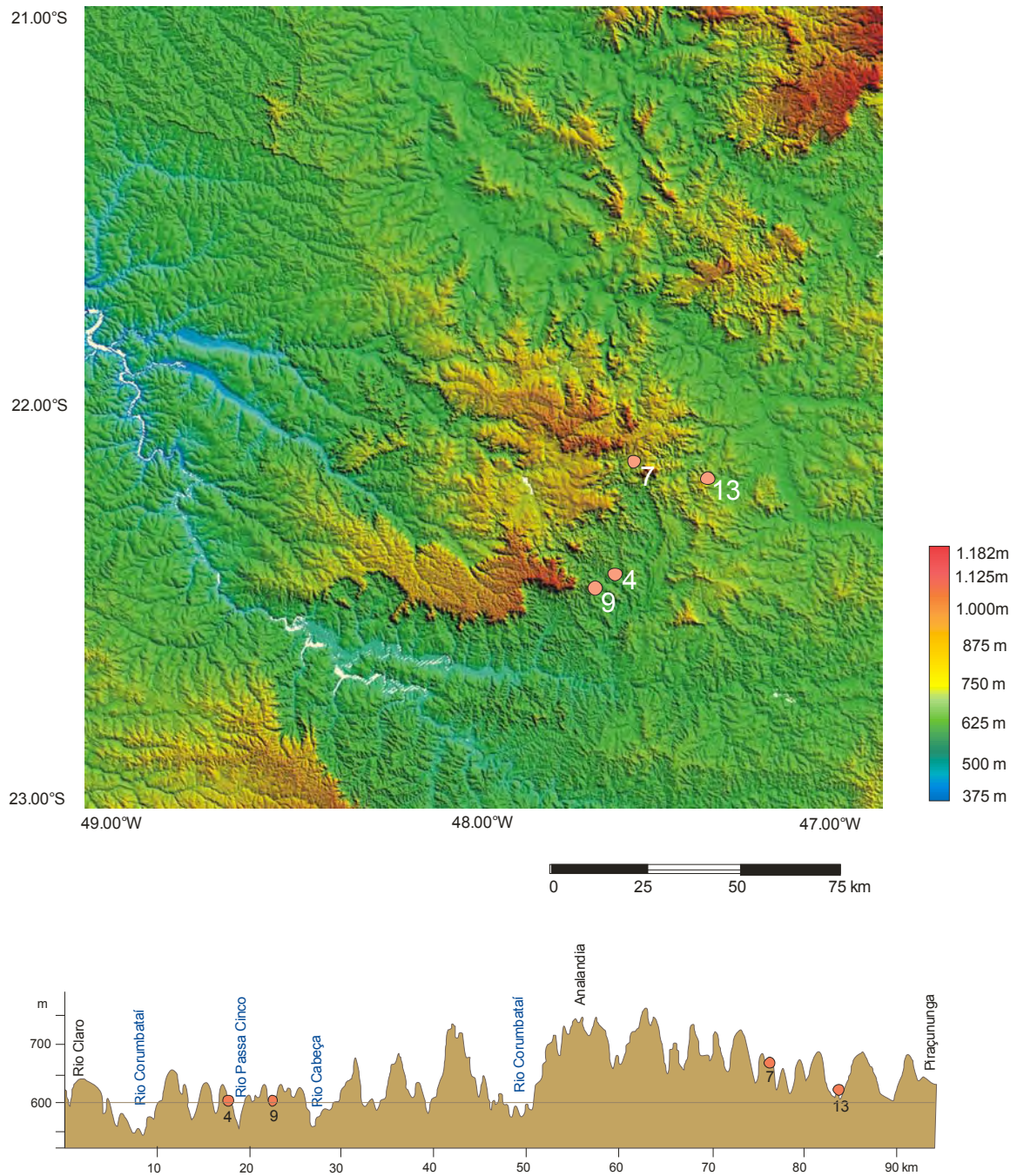


Figura 26. Modelo topográfico da área de estudo e perfil topográfico ligando os perfis amostrados para datação por Termoluminescência.

ANÁLISE DOS RESULTADOS

ANÁLISE DOS PERFIS DE SOLO

Os solos analisados são produtos da pedogênese em arenitos fluviais acrescidos por depósitos coluvionares, destes arenitos. São espessos, relacionando-se estreitamente com o material de origem, uma vez que solos de textura média são mais profundos que os de textura argilosa em condições pedogenéticas similares, classe esta que predomina nos solos aqui estudados.

Nos perfis, foram determinadas várias peculiaridades litológicas, com base nas características observadas em campo, tais como presença de *cutans* de argila e ferro recobrando os grãos de quartzo e estruturas prismáticas características de argilominerais instáveis. Os resultados das análises laboratoriais acusaram a presença de argilominerais detríticos e neoformados, observados ao MEV, argilominerais característicos de climas diferentes do atual, determinados por difração de raios X, e índices k_i que evidenciam graus distintos de intemperização dos horizontes, corroborados pela relação silte/argila.

Foram identificados argilominerais interestratificados, o que demonstra mudança nas condições físicoquímicas permitindo a transformação de minerais micáceos e também caulíníficos em outras espécies minerais, pois elementos monossilícticos, bissilícticos e alícticos não se cristalizam num mesmo ambiente; quando presentes constituem materiais detríticos em reorganização (SINGER, 1984).

Os horizontes subsuperficiais dos perfis 03, 04, 05, 07, 13 e 14 foram descritos em campo como Bi (B incipiente), e do perfil 10 como horizonte B/Ccr (horizonte de transição de B para C concrecionário, porém com predominância das características de B). Para os horizontes profundos, as designações tiveram a predominância de C, para o perfil 14, C concrecionário para o perfil 07, C laterítico para o perfil 10, C glei para o perfil 13. Para os perfis 03 e 04, as designações foram Bt e B/Cf, respectivamente.

A composição mineralógica dos solos em geral, resultante da soma de minerais herdados do material de origem *in situ* e adicionados pelo intemperismo, constituem-se de minerais primários, especialmente quartzo e feldspatos detríticos, e minerais secundários, encontrados na fração argila. A fração areia é constituída essencialmente por grãos de quartzo, arredondados a subangulares; nos perfis 05, 07 e 13 apresentam-se ferruginizados. Nas frações silte e areia são abundantes os óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio.

Nas análises de difração de raios X de amostra total foram identificados quartzo, óxidos e hidróxidos de ferro, gibsitais, caulinitas e minerais interestratificados; na fração argila, as caulinitas são os argilominerais mais abundantes e, secundariamente, gibsitais, indicando que o material possui elevado grau de intemperização; entretanto, os difratogramas mostram a má cristalização das mesmas em todos os perfis e ainda neoformação de caulinitas no perfil 07.

Ocorrem também interestratificados, em geral, resultantes da desestabilização do sistema e reorganização mineral. Mudanças climáticas, em especial com diminuição de percolação de água no sistema, promovem a alteração dos minerais monossiláticos ou bissiláticos.

Na área de ocorrência da Formação Rio Claro, identificou-se argilominerias característicos de ambientes mais secos como a clorita pedogenética, no perfil 03, e sepiolita, nos perfis 04 e 05; estes estão localizados próximo ao atual canal do Rio Passa Cinco, com indicativos de que já estiveram sob ação de suas inundações mais recentes.

O solo do perfil 04 apresenta-se plintificado, produto de ferrólise que produz a segregação do ferro; mineralogicamente, são abundantes caulinita e, secundariamente, goetitas, hematitas e montmorilonitas. A partir do segundo horizonte, até a base do perfil, ocorrem picos correspondentes à sepiolita, cuja identificação, segundo Besoain (1985), confunde-se com a montmorilonita, além de transformar-se nesta em horizontes superficiais. A origem pedogenética ou neogênese da sepiolita é possível em ambientes ricos em sílica, alcalinos, durante períodos de dessecação, ou ainda pode originar-se a partir da

transformação de outro alumino-silicato, por exemplo, uma esmectita em ambiente rico em magnésio.

No perfil 05 ocorrem caulinita e, em menores proporções, gibsitita, haloisita e quartzo. A partir do horizonte Bi, até a base do perfil, ocorrem interestratificados sepiolita/montmorilonita. A presença de minerais estáveis como caulinita e gibsitita, e instáveis, como a haloisita, indicam reorganização plásmica sob condições climáticas distintas daquelas vigentes durante a gênese da unidade (SINGER, 1984).

O perfil 10 apresenta caulinita, gibsitita e interestratificados esmectíticos nos horizontes inferiores; os picos da caulinita apresentam-se serrilhados, não bem definidos. Neste perfil, o pico 14Å da amostra glicolada sofre retração para 13 Å, correspondendo ao interestratificado caulinita/esmectita.

Já nos perfis da área da Formação Piraçununga são freqüentes as micas, indicando menor taxa de intemperização. O perfil 07 apresenta caulinita detríticas e neoformadas e hematitas, cujas rosáceas são observadas a MEV (Anexo 3). No perfil 13 ocorrem quartzo, gibsitita, caulinita e traços de feldspatos. Gibsititas e feldspatos encontram-se em decomposição, gerando interestratificados e caulinitas, respectivamente; os picos de caulinita não estão bem definidos, denotando má cristalização.

Os resultados encontrados em ambas unidades, indicam a ocorrência de reorganização plásmica monossilítica nos perfis, evidenciada pela associação de caulinita/haloisita e minerais interestratificados. Os horizontes inferiores dos perfis 03, 04 e 10 mostram-se alitizados, com tendência à monossilitização.

A reorganização sugere que estes materiais são provenientes de solos mais antigos, pois os solos de regiões tropicais tendem naturalmente à dessilificação e conseqüente enriquecimento relativo em sesquióxidos e elevado em argilas silicatadas.

Em diversos perfis foram registrados fragmentos de laterita retrabalhadas. Nos perfis da Formação Rio Claro, são compostos por fragmentos de lateritas laminares, enquanto que na Formação Piraçununga ocorrem como concreções arredondadas. Tanto as lateritas laminares como as arredondadas

são provenientes de diferentes coberturas intempéricas, derivados de eventos deposicionais em diferentes épocas. Ocorrem também, em alguns perfis de ambas unidades, horizontes plínticos e em outros se verifica a neoformação de lateritas.

O grau de alteração sofrido pelo material sob ação de processos intempéricos pode ser avaliado pela proporção de argila contida no conjunto residual, em contraposição ao silte; assim, quanto maior a relação silte/argila, menor o grau evolutivo do solo. A partir dos resultados obtidos foi possível a separação dos perfis em solos bem desenvolvidos (perfis 10 e 13); menos desenvolvidos (perfis 03, 04, 05 e 14) e muito pouco desenvolvidos (perfil 07).

Ainda que os perfis 10 e 13 apresentem características de elevado desenvolvimento, não atendem às exigências para a classe dos latossolos (BIRKELAND, 1984), como são classificados por Oliveira *et al.* (1999); entretanto, apresentam latossolização incipiente.

Os perfis 03 e 04 apresentam horizonte Bi sobreposto a horizonte Bt, indicando a existência de camadas litológicas argilosas e/ou desenvolvimento pedogenético com tendência à podzolização, processo este que pode ser identificado em campo pela presença de *clay skin*.

A ocorrência de camadas de granulometria distintas facilita, muitas vezes, o processo de podzolização, principalmente em áreas com elevada umidade e cobertura florestal, permitindo a acumulação de um manto de matéria orgânica e remoção de argilas e compostos de ferro da camada superior para a inferior, formando um horizonte de iluviação, no qual se concentram minerais de argila e sesquióxidos de ferro e alumínio (THOMAS, 1972).

Os perfis 05 e 14, apresentam médio desenvolvimento, com horizonte Bi sobreposto a BC, guardando ainda características do material de origem, o que pode ser constatado pela presença de argilominerais instáveis e traços de feldspatos, ambos em processo de latossolização.

Dos solos analisados, o perfil 07 apresenta o menor grau de pedogênese, sendo constituído de material coluvionar correspondente a menor idade obtida por TL (15.000 AP); pode ser incluído na classe de Neossolos.

ANÁLISE PEDOESTRATIGRÁFICA

A análise pedoestratigráfica permite, por meio das unidades e de suas propriedades morfológicas e geoquímicas, a compreensão dos eventos passados, em especial aqueles ocorridos no período Quaternário.

Vários eventos deposicionais tiveram lugar para a constituição dos sedimentos mapeados e denominados de Formação Rio Claro e Formação Piraçununga, com fases de deposição de materiais mais finos, mais grossos e ainda de cascalheiras que, em geral, constituem a base de ambas

Os índices k_i obtidos por ataque sulfúrico, baixos para os perfis analisados, indicam elevado grau de intemperismo com predominância de argilominerais 1:1 (caulinitas). Estes índices permitem a separação dos perfis em solos bem desenvolvidos (perfis 10 e 13); menos desenvolvidos (perfis 03, 04, 05 e 14) e muito pouco desenvolvidos (perfil 07). Entretanto, os valores apresentados pelos horizontes inferiores são, em média, superiores aos apresentados pelos horizontes subsuperficiais.

O índice k_i calculado ratificou os resultados anteriores, revelando diferentes fases de intemperização dos horizontes. Os solos apresentam descontinuidades nos horizontes, com valores discrepantes em relação ao horizonte basal, podendo-se então classificá-los como camadas, correspondentes a sedimentos depositados em diferentes fases. Tais sedimentos ora referem-se às rochas das formações Rio Claro e Piraçununga, ora, quando se trata das camadas mais superficiais, são provenientes do retrabalhamento das mesmas.

Os resultados de k_i total, k_i calculado e as divisões em camadas são apresentados na Tabela 10.

Tais resultados revelam um processo de truncamento e soterramento de antigos solos, com características de latossolos, por materiais de retrabalhamento. A classe dos latossolos inclui solos bem desenvolvidos, em estágio de alitização total e formação de óxidos e hidróxidos de ferro, alumínio e titânio; ocorrem em ambiente tropical onde há intensa lixiviação tornando o meio ácido. Em seu grau máximo de desenvolvimento formam-se os perfis lateríticos,

ricos em sesquióxidos e com cimentação de ferro, plintificação ou argilas ferruginizadas.

Na área estudada delimitou-se uma Unidade Pedoestratigráficas - UP, que corresponde ao material que constitui a base dos perfis: horizontes 3Bt a 4Bt₃, do perfil 03; 2Btf a Cf, perfil 04; C₁ a Cf, perfil 05; Ccr, perfil 07; B/Ccr a C₄, perfil 10 e C₁ a 3C₃ do perfil 14.

Os horizontes de solo, pertencentes à UP, são oriundos das rochas que constituem as formações Rio Claro e Piraçununga, que durante longo período de estabilidade sofreram intensa pedogênese. Este período foi sucedido por movimentos tectônicos que promoveram fraturamentos e elevação de algumas áreas, possibilitando o recobrimento de antigos solos por nova sedimentação fluvial. As áreas soerguidas passaram a fornecer sedimentos que recobrem os depósitos fluviais, constituindo cobertura coluvial.

Este coluvionamento continua até os dias atuais, como na área a SE da Serra do Cusuzeiro, fornecendo material para formar os horizontes superficiais do perfil 07, entretanto esta cobertura é delgada e descontínua.

Evidências de basculamentos de blocos são encontrados nos perfis de solo; o perfil 13 apresenta mosqueados oliva, indicando que, este solo permaneceu longo período sob efeito de má drenagem; o perfil 04, característico de planície de inundação, encontra-se plintificado evidenciando posição anticlinal que tornou o ambiente percolativo, facilitando o processo de ferrólise.

ANÁLISE PALEOAMBIENTAL

O soerguimento da Serra do Mar forneceu sedimentos para preencher a Depressão Periférica que se formava então, originando os depósitos das formações Rio Claro e Piraçununga.

Esse soerguimento, com direção geral N-S, cortou o planalto produzido pelo Ciclo Sul-americano, dando início ao Ciclo Velhas de degradação, dissecando a área e fornecendo uma espessa cobertura de argilas e areias pleistocênicas.

Perfil	Horizontes	Camadas
P03	A/C Ab	IV
	AB Bi 3Bt	III
	Bt ₂	II
	C/Fm 4Bt ₃	I
P04	A Bi 2Btf	II
	BCf Cf	I
P05	A AB	III
	Bi B/C	II
	C ₁ 2Cf ₂ Cf	I
P07	Ap AB	III
	Bi B/C	II
	Ccr	I
P10	Ap	III
	Bi	II
	B/Ccr 2C ₂ C ₃ /Fm C ₄	I
P13	Ap AB	II
	Bi Cg ₁ Cg ₄	I
P14	Ap Bi	V
	BCf C ₁	IV
	2Cf ₂	III
	3C ₃	II
		I

Tabela 10. Valores de ki calculado para cada horizonte e divisão em camadas dos solos analisados.

Tais sedimentos, incluindo as cascalheiras basais das formações Rio Claro e Piraçununga, foram transportados por rios entrelaçados, cujas características estão claramente estabelecidas; ocorrem em sistemas fluviais com pendente longitudinal de 1 a 3% aproximadamente, suficiente para transportar carga pesada, em que o volume da carga de fundo sobrepõe-se ao da carga em suspensão; tem seu curso condicionado por flutuações climáticas e represamentos de canais, determinados por material de margens facilmente erodíveis, formando barras de canais.

Assim, a Depressão Periférica foi preenchida por sedimentos provindos da borda leste, através de rios entrelaçados, em diferentes pulsos de deposição, em parte concomitantes ao Ciclo Paraguaçu (KING 1956).

As formações Rio Claro e Piraçununga têm sua origem ligada a planícies aluviais, precursoras das atuais; entretanto, movimentos de ascensão localizados promoveram soerguimento, individualizando suas áreas de ocorrência. As áreas positivas, correspondentes ao Planalto de Rio Claro e região de escarpas a NW de Porto Ferreira, passaram então a constituir fonte de detritos para as áreas circundantes rebaixadas, tendo ainda ocasionado mudanças nos cursos dos rios.

Os rios Corumbataí e Mogi-Guaçu apresentam vales assimétricos, inflexões, capturas retangulares e em suas bacias são verificadas inúmeras lagoas e dales com alinhamento NE-SW, herança de seus paleocanais. Nos mapas de declividade e hipsométricos pode-se verificar que os cursos atuais encontram-se controlados pelo arqueamento da Serra do Cuscuzeiro, a oeste, e por soleiras de diabásio a nordeste.

Movimentos tectônicos e flutuações climáticas associadas promoveram paradas e retomadas de sedimentação, alternando períodos mais ou menos úmidos que os atuais.

Há cerca de 700.000 anos, o clima desta região era menos úmido que o atual, com a instalação de canais de drenagem com padrão entrelaçado (*braided*), responsáveis pela deposição dos sedimentos das formações Rio Claro e Piraçununga. Este período foi sucedido por aproximadamente 300 a 200 mil anos de clima tropical intenso (PESSENDA *et al.*, 2001; GOUVEIA *et al.*, 2002), o que

possibilitou o desenvolvimento de solos maduros, correspondendo à Unidade Pedoestratigráfica, datada de 400.000 AP (perfil 07) a 145.000 AP (perfil 13).

Este tropicalismo é interrompido por um período de clima mais ameno, com menores taxas de umidade e temperatura, que permitira o desenvolvimento de plantas C₃, em toda região.

Os horizontes superficiais de solo e a cobertura coluvionar preservada na porção oeste da área de estudo, formaram-se em condições de clima tropical que se estendem até os dias atuais.

Esses colúvios datam do limite Pleistoceno/Holoceno, idade esta que concorda com as obtidas por Coutinho (1990), para depósitos superficiais na região de Piraçununga, que atingem 8.600 anos, e Gouveia *et al.*, (2002), que obteve idades entre 7580 e 6690 para solos da cidade de Anhembi (Piracicaba), com base em datação por ¹⁴C.

Na análise paleoambiental, os argilominerais podem indicar condições paleoclimáticas, pois se cristalizam em condições ambientais específicas. Clorita, illita, e sepiolita são interpretados como correspondentes a períodos relativamente secos; nos períodos mais úmidos, onde o intemperismo químico atua mais intensamente, predominam argilominerais mais estáveis como as caulinitas, enquanto argilominerais do tipo 2:1, como as esmectitas, ocorrem em climas sazonais, com pronunciada estação seca.

Na análise dos solos desenvolvidos foram encontradas evidências de descontinuidades e registros de mudanças paleoclimáticas ocorridas na área.

Estas evidências paleoclimáticas são confirmadas pela presença de clorita e sepiolita nos perfis correspondentes à Formação Rio Claro, e montmorilonitas nos perfis correlativos à Formação Piraçununga, além da presença de caulinitas detríticas e neoformadas e ainda de traços de feldspatos. Acrescenta-se a ocorrência de lateritas e plintitas, características de climas muito úmidos e elevada percolação de água, denotando as variações registradas nestes solos.

Entretanto, quando se trata de sedimentos, esta interpretação torna-se difícil, impondo-se algumas considerações: a distinção entre minerais detríticos ou

autigênicos; fatores extraclimáticos como o relevo e a intensidade do intemperismo que decorre das zonas climáticas e do material parental. Além dessas considerações, há de se levar em conta, ainda, que os argilominerais herdados, tanto nos perfis de solo como nos regolitos, adaptam-se às mudanças ambientais, mudando de fase e reorganizando-se ou neoformando outras espécies.

CONCLUSÕES

Neste trabalho foram analisados perfis de solo das formações Rio Claro e Piraçununga, com o intuito de se compreender sua evolução, aplicando-se a técnica de pedoestratigrafia. Os resultados obtidos indicaram que esta é uma ferramenta útil para a elucidação dos eventos ocorridos no período Quaternário, pois o desenvolvimento dos perfis de solo demanda elevado tempo de estabilidade, constituindo-se em indicativos de ciclos de erosão e deposição e, por conseguinte, das condições ambientais reinantes durante sua evolução.

A deposição das formações Rio Claro e Piraçununga está associada à reativação de falhas do embasamento que atingiram toda seção sedimentar da Bacia do Paraná. O controle tectônico na sedimentação destas coberturas é evidenciado por falhas, capturas de drenagens e anomalias nos canais fluviais. Flutuações climáticas regularam a descarga de fluxo e, conseqüentemente, as taxas de sedimentação e erosão.

Ambas unidades são constituídas de rochas arenosas e arenocascalhosas, apresentam estruturas sedimentares típicas de fluxo de águas correntes, associadas a depósitos de fundo de canal, depósitos de barras e planícies de inundação, característicos de sistema fluvial entrelaçado.

As análises laboratoriais mostraram que os perfis de solo possuem granulometria modal, de areia média/fina, constituídas essencialmente por quartzo e caulinitas, denotando herança do material de origem, proveniente das formações Rio Claro e Piraçununga e intensa intemperização.

Embora tenham sido encontrados argilominerais interestratificados, que demonstram alterações físico-químicas e reorganização plásmica, os resultados das análises da fração fina mostraram, ainda, argilominerais característicos de climas menos úmidos, como cloritas, sepiolitas e esmectitas.

Tanto os interestratificados como a presença de traços de feldspatos indicam que estes solos ainda não atingiram o grau máximo de pedogênese, o que foi confirmado pela relação silte/argila. Pode-se, assim, afirmar que os perfis

não constituem latossolos, como mapeados por EMBRAPA (1999), possuindo em geral horizonte Bi (B incipiente), portanto, solos mais jovens como Cambissolos, Nitossolos e Neossolos. Apenas a UP identificada na porção basal apresenta solos maduros.

As relações moleculares demonstraram que os perfis são constituídos, de materiais resultantes de diferentes eventos de deposição fluvial e, superficialmente por materiais coluvionares.

A Unidade Pedoestratigráfica é constituída por materiais pedogeneizados das formações Rio Claro e Piraçununga, soterrados por sedimentos provenientes de nova fase de deposição fluvial e, nas áreas mais íngremes, de maior dissecação, ocorrem localmente recobertos por colúvios.

As idades obtidas por Termoluminescência permitiram posicionar as unidades no Pleistoceno, com retrabalhamento coluvionar na passagem para o Holoceno e, portanto, mais recente do que o preconizado por vários autores. Neste sentido, a realização de estudos faciográficos detalhados e maior número de datações, possibilitarão uma melhor compreensão dos processos genéticos ocorridos na área, mormente a história quaternária.

REFERÊNCIAS

AB'SABER, A. N. A depressão periférica paulista: um setor das áreas de circundenudação pós-cretácica da Bacia do Paraná. **Boletim Instituto Geografia - USP**. São Paulo, n. 15, p. 1-15, 1969.

AB'SABER, A. N. **A Geomorfologia do Estado de São Paulo** - aspectos geográficos da Terra bandeirante. Rio de Janeiro: IBGE-CNG, p.1-92, 1954.

AITKEN, M.J. **Thermoluminescence dating**. London: Academic Press, 1985.

ALMEIDA, F. F. M. Fundamentos geológicos do relevo paulista. **Boletim Instituto Geográfico e Geológico**, São Paulo, n. 41, p. 169-263, 1964.

ALMEIDA, F. F. M.; BARBOSA, O. **Geologia das quadrículas de Piracicaba e Rio Claro, Estado de São Paulo**. Boletim Divisão Geologia - DNPM, São Paulo, n.143, p.1-96, 1953.

ALVES, D.B. Desenvolvimento da metodologia de preparação de amostras para análise difratométrica de argilominerais no Centro de Pesquisas da PETROBRÁS. **Boletim de Geociências PETROBRÁS**, Rio de Janeiro, v.1, n.2, p.157-175, 1987.

ASMUS, H. E.; FERRARI, A. L. **Hipótese sobre a causa do tectonismo cenozóico na região sudeste do Brasil**. Série Projeto REMAC, n. 4. Aspectos Estruturais da Margem continental leste e sudeste do Brasil. Rio de Janeiro: PETROBRAS p.75-88, 1978.

AZEVEDO, A. M. B.; MASSOLI, M. Geologia da Folha Aguaí, São Paulo. **Revista do Instituto Geológico**. São Paulo, v. 5, n.1/2, p. 39-46, 1984.

BAPTISTA, M. B.; BRAUN, O. P.G.; CAMPOS, D. A. **Léxico estratigráfico do Brasil**. Brasília: DNPM-CPRM 1984.

BESOAIN, E. **Mineralogia de arcillas de suelos**. San José, Costa Rica: IICA, 1985.

BIGARELLA, J. J.; MOUSINHO, M.R.; e SILVA, J. X. Pediplanos, pedimentos e seus depósitos correlativos no Brasil. **Boletim Paranaense de Geografia**. Curitiba, n.16/17, p.117-151, 1965.

BIRKELAND, P. W. **Soils and Geomorphology**. Oxford: Oxford University Press, 1984.

BJÖRNBERG, A. J. S. **Contribuição ao estudo do Cenozóico paulista: tectônica e sedimentologia**. São Carlos. 1969. 126f. Tese (Livre - Docência) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

BJÖRNBERG, A. J. S. **Sedimentos pós-cretáceos do leste do Estado de São Paulo**. São Carlos. 1965.133f. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

BJÖRNBERG, A. J. S.; LANDIM, P. M. B.; MEIRELLES FILHO, G. M. Restos de plantas modernas em níveis elevados na região de Rio Claro (SP). **Publicação Escola Engenharia de São Carlos**. São Carlos, n.106, p.37-57,1968.

BJÖRNBERG, A. J. S.; MACIEL, A. C.; GANDOLFI, N. Notas sobre os depósitos modernos da região de Rio Claro (SP). São Carlos. 126p. **Boletim Escola de Engenharia de São Carlos**. São Carlos, v. 11, p.21-36, 1964.

BJÖRNBERG, A. J.S. e LANDIM, P.M.B. Contribuição ao estudo da Formação Rio Claro (Neocenoico). **Boletim Sociedade Brasileira de Geologia**. São Paulo, v.15, n.4, p.43-67, 1966.

BORDAS, H.P.; PRÓSZYNSKA, W. S.; PRÓSZYNKI, M. TL dating of river terrace with fossil soils in the Mediterranean region. **Quaternary Science Reviews**. v.11, p. 53-60. 1992.

BRANDT NETO, M. **O Grupo Bauru na região centro-norte do Estado de São Paulo**. 1984. 2.v. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

BRITO, S.L.M. **Datação por termoluminescência**. [2004?]. (Não publicado).

CAETANO-CHANG, M. R. **A Formação Pirambóia no centro-leste do estado de São Paulo**. 1997. 204f Tese (Livre Docência) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

CAETANO-CHANG, M. R., WU, F. T.; BRIGHETTI, J. M. P. Caracterização eólica de arenitos da Formação Pirambóia, proximidades de São Pedro (SP). In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE, 2., 1991, São Paulo. **Atas...** São Paulo: SBG, 1991, p.53-58.

CAETANO-CHANG, M. R.; WU, F. T. Bacia do Paraná: Formações Pirambóia e Botucatu. In. CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 37. 1992. São Paulo. v.2. **Roteiro de Excursão...** São Paulo, 1992.

CAMARGO, M. N.; KLANT, E.; KAUFFMAN, J. H. Classificação de solos usada em levantamentos pedológicos no Brasil. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**. Campinas, v.12, n.1, p.11-33. 1987.

CAMARGO, O. A. D.; MONIZ, A. C.; JORGE, J. A.; VALADARES, J. M. A. S. **Manual de análise química, mineralógica e física de solos**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 1986. (IAC-Boletim Técnico, 106).

COTTAS, L. R. **Estudos geológico-geotécnicos aplicados ao planejamento urbano de Rio Claro (SP)**. 1983. 171f. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

COUTINHO, L. M. **O cerrado e a ecologia do fogo**. Ciência Hoje, São Paulo, v.12, n.68, p.22-30, 1990.

DANIELS, R. B.; GAMBLE, E. E.; CADY, J. F. The relation between geomorphology and soil morphology and genesis. **Advances in Agronomy**, v.23, p.51-87, 1971.

DE MARTONNE, E. Problemas morfológicos do Brasil tropical atlântico. **Revista Brasileira de Geografia**. v.5, n.4, p.523-550, 1943.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOLOS. **Sistema brasileiro de classificação**. Brasília, 1999.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOLOS **Manual de métodos de análises de solos**. Rio de Janeiro, 1997.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - SERVIÇO NACIONAL DE LEVANTAMENTO E CONSERVAÇÃO DE SOLOS. **Súmula da Reunião Técnica de Levantamento de Solos: 10**. Rio de Janeiro, 1979.

FACINCANI, E. M. **Morfotectônica de depressão periférica paulista e cuesta basáltica**: regiões de São Carlos, Rio Claro e Piracicaba (SP) 2000. 200f. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

FREITAS, R. O. Relevos policíclicos na tectônica do Escudo Brasileiro. São Paulo: **Boletim Paulista de Geografia**. n.7, p.3-19, 1951.

FREITAS, R. O. Definição estratigráfica do Grupo Bauru por sedimetogramas. **Boletim Instituto Geológico**. São Paulo, v.6, 86p., 1982.

FREITAS, R. O.; MEZZALIRA, S.; ODA, G. H.; VIEIRA, P. C.; TORRES, C. C.; HACHIRO, J.; TOMINAGA, L. K. DEHIRA, L.; MASSOLI, M.; AZEVEDO, A. A. .B.; PRESSIONTI, M. M. N. Projeto levantamento geológico de formações superficiais. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 2., 1979, Rio Claro. **Atas...**Rio Claro: SBG, 1979, v. 2. p. 263-277. 1979.

FREITAS, R. O. VIEIRA. P. C.; MEZZALIRA, S. **Formações geológicas de superfície**. Folha Piraçununga. SF 23-V-C-V-3. São Paulo: Secretaria de Agricultura e Abastecimento, Instituto Geológico, 1981. Escala 1:50000.

FREITAS, R. O.; VIEIRA. P. C.; MEZZALIRA, S. A Formação Piraçununga na região de Vargem Grande do Sul (SP): aplicação da técnica de perfis sedimentares. **Revista do Instituto Geológico**. São Paulo, v.11, n.2, p.35-48, 1990.

FÚLFARO, V. J.; SUGUIO, K. A Formação Rio Claro (neo-cenozóico) e seu ambiente de deposição. **Boletim Instituto Geográfico e Geológico**, São Paulo, n.20, p.45-60, 1968.

FÚLFARO, V. J.; SUGUIO, K. O Cenozóico paulista: gênese e idade. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28, 1974. Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SBG, v.3. p.91-101, 1974.

FÚLFARO, V.J.; SAAD, A.R.; SANTOS, M.V.; VIANA, R.B. Compartimentação e evolução tectônica da Bacia do Paraná. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v.12, n.4, p.590-610, 1982.

GALIANO, V. A. **Mapeamento geotécnico da quadrícula de Piraçununga (SP) na escala 1:50.000, como subsídio ao planejamento do meio físico**. 2004. 2v. 140f. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 2004.

GOLD, D. P. Structural Geology. In: SIEGAL, B.; GILLESPIER, A. (eds). **Remote Sensing in Geology**. New York: Willey & Sons. p. 419-483. 1980.

GOUVEIA, S.E.M.; PESSENDA, L.C.R.; ARAVENA, R.; BOULET, R.; SCHELLYBERT, R.; BENDASSOLI, J.A.; RIBEIRO, A.S.; FREITAS, H. A. Carbon isotopes in charcoal and soils in studies of pleovegetation and climate changes during the late Pleistocene and the Holocene in the southeast and centerwest regions of Brazil. **Global Planetary Change**, n.33, p.95-106, 2002.

HACHIRO, J. **Litotipos, associações, faciológicas e sistemas deposicionais da Formação Irati no Estado de São Paulo**. 1991. 175f. Dissertação (Mestrado) - Instituto Geológico, Universidade de São Paulo, São Paulo.

HACHIRO, J.; COIMBRA, A. M.; MATOS, S. L. F. O caráter cronoestratigráfico da unidade Irati. In: SIMPÓSIO SOBRE CRONOESTRATIGRAFIA DA BACIA DO PARANÁ, 1., 1993. Rio Claro, **Boletim de Resumos...** Rio Claro: SBG-UNESP, p.62-63. 1993.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA DE ESTATÍSTICA. **Folha Topográfica Campinas**. SF-23-Y-A. Rio de Janeiro, 1980a. Escala 1:250.000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA DE ESTATÍSTICA. **Folha Topográfica Ribeirão Preto**. SF-23-V-C. Rio de Janeiro, 1980b. Escala 1:250.000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA DE ESTATÍSTICA. **Folha Topográfica Rio Claro**. SF-23-Y-A-I-4. Rio de Janeiro, 1972a. Escala 1:50.000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA DE ESTATÍSTICA. **Folha Topográfica Piraçununga**. SF-23-V-C-V-3. Rio de Janeiro, 1972b. Escala 1:50.000.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Mapa Geológico do Estado de São Paulo**. São Paulo, 1981a. 2 mapas Escala 1:500.000. (Série Monografias).

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo**. São Paulo, 1981b. 2 mapas Escala 1:1.000.000. (Série Monografias).

- JENNY, H. **Factors of soil formation**. New York: MacGraw Hill, 1941.
- JIMÉNEZ-RUEDA, J. R. **Modelos seqüenciais de gênese aplicados a solos da Região de Jequitaiá - MG**. 1980. 188f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- KING, L. C. A geomorfologia do Brasil oriental. **Revista Brasileira de Geografia**. Rio de Janeiro, ano XVIII, n.2, p.3-265, abril-junho, 1956.
- LANDIM, P. M. B.; SOARES, P. C.; GAMA, J. R. E. **Estratigrafia do noroeste da bacia sedimentar do Paraná**. (Curso de Especialização: Convênio IPT - UNESP-Rio Claro), p. 45, 1980.
- LEMOES, R. C.; SANTOS, R. D. **Manual de descrição e coleta de solos no campo**. 3. ed. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 1996.
- MASSOLI, M. Geologia do Município de Santa Rita do Passa Quatro (SP). **Revista do Instituto Geológico**. São Paulo, v.2, p.35-45, 1981.
- MASSOLI, M. Geologia da Folha de Piraçununga, SP. **Revista do Instituto Geológico**. São Paulo, v.4,n.1/2, p.25-51, jan./dez. 1983
- MELO, M. S. de **A Formação Rio Claro e depósitos associados: sedimentação neoceno-zóica na Depressão Periférica Paulista**. 1995. 144f. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- MESCHERIKOV, Y. A. Neotectonics. In: **Encyclopedia of Geomorphology**. New York: Fairbridge, 1968.
- MEZZALIRA, S. Novas ocorrências de vegetais fósseis cenozóicos no Estado de São Paulo. **Boletim do Instituto Geológico e Geográfico**. São Paulo, v.15, p.73-94, 1961.
- MILLOT, G. **Geology of clays: weathering, sedimentology, geochemistry**. New York: Springer-Verlag. 1970.
- MONIZ, A. C. **Elementos de Pedologia**. 2 ed. São Paulo: Ed. Nacional. 1972.
- MONIZ, A. C. Evolução de conceitos no estudo da gênese de solos. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**. Campinas, v.20, p.349-362, 1996.
- MONTEIRO, C. A. F. **A dinâmica climática e as chuvas no Estado de São Paulo**. São Paulo: USP. Instituto de Geografia, 1973. 130p.
- MUNSELL. **Soil Color Charts**. New Windsor: Kollmorgen Instruments - Macbeth Division, 1994.
- NARDY, A. J. R.; ENZWEILER, J.; BAHIA, O.; OLIVEIRA, M.A. F.; PENEIRO, M.A. V. Determinação de elementos maiores e menores em rochas silicáticas por espectrometria de fluorescência de raios-x, resultados preliminares. In

CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUÍMICA. 6. 1997. **Anais....** Salvador, 1992.

NORTH AMERICAN SPACIAL AGENCY. **Shuttle Radar Topographic Mission**. Disponível em: <http://visibleearth.nasa.gov/>. Acesso em ago. 2000.

NORTH AMERICAN COMMISSION ON STRATIGRAPHIC NOMENCLATURE. North American Stratigraphic Code. **The American Association of Petroleum Geologists Bulletin**. v.67. n.5, p.841-875, may, 1983.

OLIVA, A. **Estudo hidrogeológico da Formação Rio Claro no município de Rio Claro - SP**. 2002. 71f. (anexos e mapas). Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas - Universidade Estadual Paulista. Rio Claro.

OLIVEIRA, J. B.; CAMARGO, M. N.; ROSSI, M.; CALDERANO FILHO, B. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1999. 4 mapas. Escala 1:500.000. Acompanha uma legenda expandida.

OLIVER, C.; PAIN, C. **Regolith, soils and landforms**. Chichester: John Willey. 1996. 316p.

OLLIVER, C. D. Tectonics and Landscape evolution in southeast Australia. **Geomorphology**, v.12, p.37-44, 1995.

PENTEADO, M. M. A Bacia de Sedimentação de Rio Claro - Estado de São Paulo. **Geographica** - Revista da Sociedade de Geografia de Lisboa. Lisboa, v.5, n.17, p.38-61, 1969.

PENTEADO, M. M. **Geomorfologia do Setor Centro-ocidental da Depressão Periférica Paulista**. São Paulo. USP - Instituto de Geografia. Série Teses e Monografia n. 22. 1976. 86 p.

PENTEADO, M. M. **Fundamentos de Geomorfologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE. 1983. 185 p.

PESSENDA, L.C.R.; GOUVEIA, S.E.M.; ARAVENA, R. Radiocarbon dating of total soil organic matter and humin fraction and its comparison with ¹⁴C ages of fossil charcoal. **Radiocarbon**. v. 43, n.2b, p.595-601, 2001

PRADO, H. do. **Solos do Brasil: gênese, morfologia, classificação e levantamento**. Rio de Janeiro: Fundação Biblioteca Nacional, 2000. 182p. 1CD-rom.

RICCOMINI, C.; MANCINI, F.; HASEBE, F. K.; RIDENTE JUNIOR, J. L.; SANT'ANNA, L. G.; FAMBRINI, G. L. Evidências de neotectonismo no vale do Rio Passa Cinco, Domo de Pitanga, Bacia do Paraná, SP. In. SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE, 2., 1991, São Paulo. **Atas...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Geologia, 1991. p.27-28.

SCHOLLE, P. A. **A collar illustred guide to constituents**, textura, cements, and porosits os sandstones and associated rocks. Memoir 28. Oklahoma: The American Association of Petroleum Geologists. 1979.

SILVA, C. L. da. **Aspectos neotectônicos do médio Vale do Rio Mogi Guaçu: região de Piraçununga**. 1997. 185f. Dissertação - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. 1998.

SINGER, A. The Paleoclimatic Interpretation of Clay Minerals in Sediments - a Review. **Earth-Science Riviews, Amsterdam**, v.21, p.251-293, 1984

SOARES, P. C. Elementos Estruturais da Parte Nordeste da Bacia do Paraná: classificação e gênese. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28., 1974, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SBG, 1974. v.4, p.107-121.

SOARES, P. C.; FIORI, A. P. Lógica e sistemática na análise e interpretação de fotografias aéreas em geologia. **Notícia Geomorfológica**, Campinas, n.16, p.17-39, 1976.

SOARES, P. C.; LANDIM, P. M. B. Depósitos Cenozóicos na Região Centro-sul do Brasil. **Notícia Geomorfológica**. Campinas, v.16, n.31), p 17-39. 1976.

SOARES, P. C.; LANDIM, P. M. B.; FÚLFARO, J. V.; SOMBREIRO NETO, A. F. Ensaio de caracterização estratigráfica do Cretáceo no Estado de São Paulo, Grupo Bauru. **Revista Brasileira de Geociências**. São Paulo, v.10, n.3, p.177-185. 1980.

SOIL SURVEY STAFF. **Keys to soil taxonomy**. 5th. SMSS Technical monograph. 19. Virginia: Pocahontas Press. 1992.

SUGUIO, K. **Introdução à Sedimentologia**. São Paulo: Edgard Blücher, 1973. 316 p

THOMAS, M. F. **Geomorphology in the tropics: a study of weathering and denudation in low latitudes**. New York: John Wiley, 1972. cap.4. p.88-121.

TROPPEMAIR, H. **Atlas da qualidade ambiental e de vida de Rio Claro - SP**. Rio Claro: Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Universidade Estadual Paulista, 1992. 72p

VIEIRA, P. C. Geologia da Folha de Rio Capetinga. **Revista do Instituto Geológico**. São Paulo, v.3, n.2, p.23-52, 1982.

WATANABE, S.; MIYAMOTO, M Datação de Peças Arqueológicas pelo Método de Termoluminescência. **Anais Academia Brasileira de Ciências**. Rio de Janeiro, v.47, n.2, p.197-213, 1975.

WELTON, J. **SEM Petrology Atlas: Methods in Exploration Series**. Oklahoma: American Association of Petroleum Geologists, 1984. 237p.

WU, F. T. **Minerais pesados das seqüências arenosas Paleozóicas e Mesozóicas do centro-leste do estado de São Paulo**. 1981. 129f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

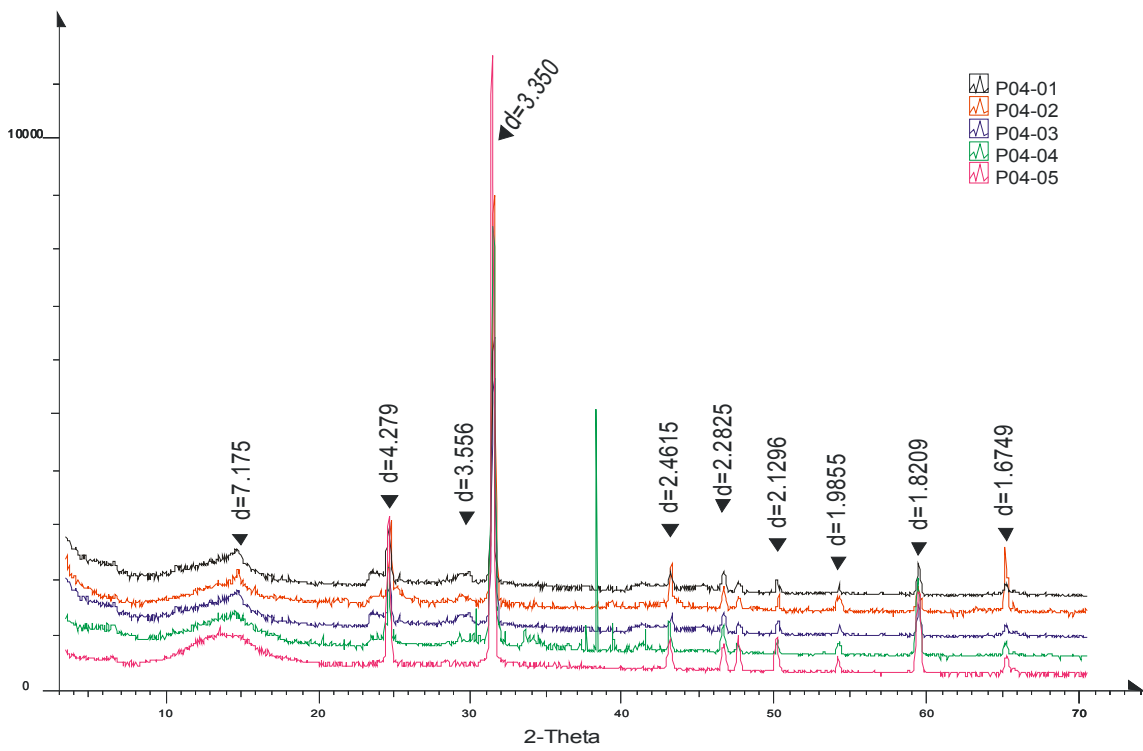
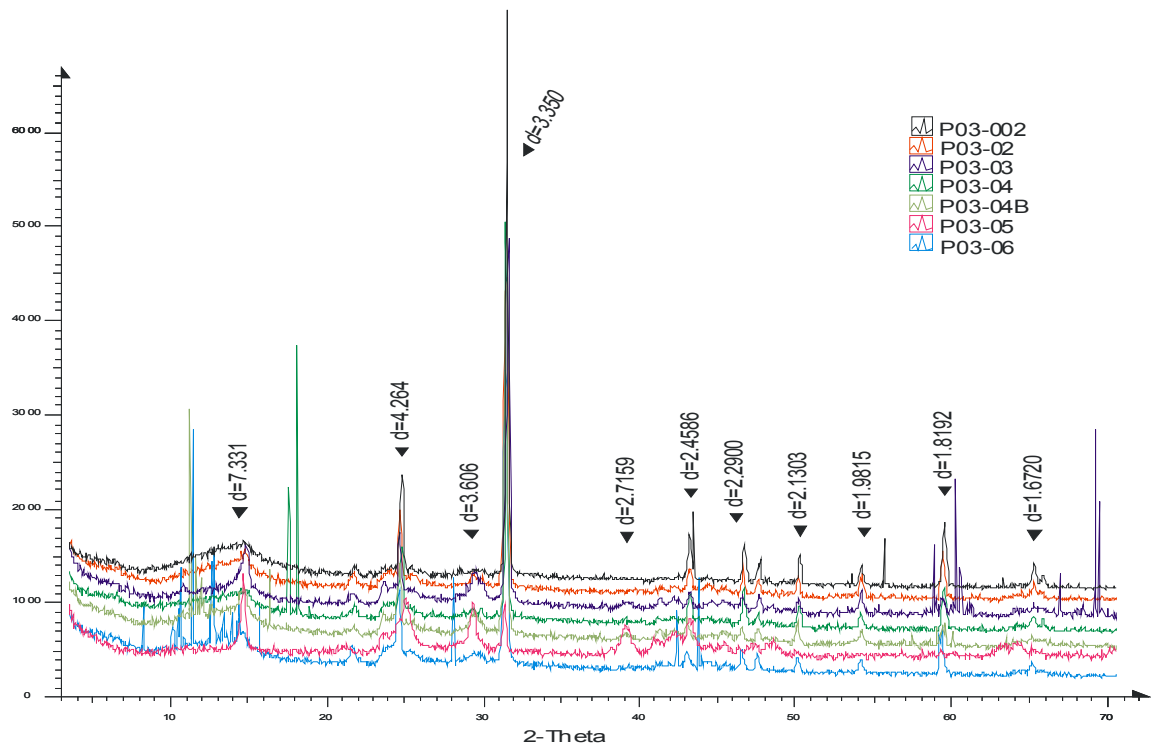
WU, F. T. **Proveniência das Rochas Arenosas do Subgrupo Itararé no Sul do Estado de São Paulo, SP**. 1989. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

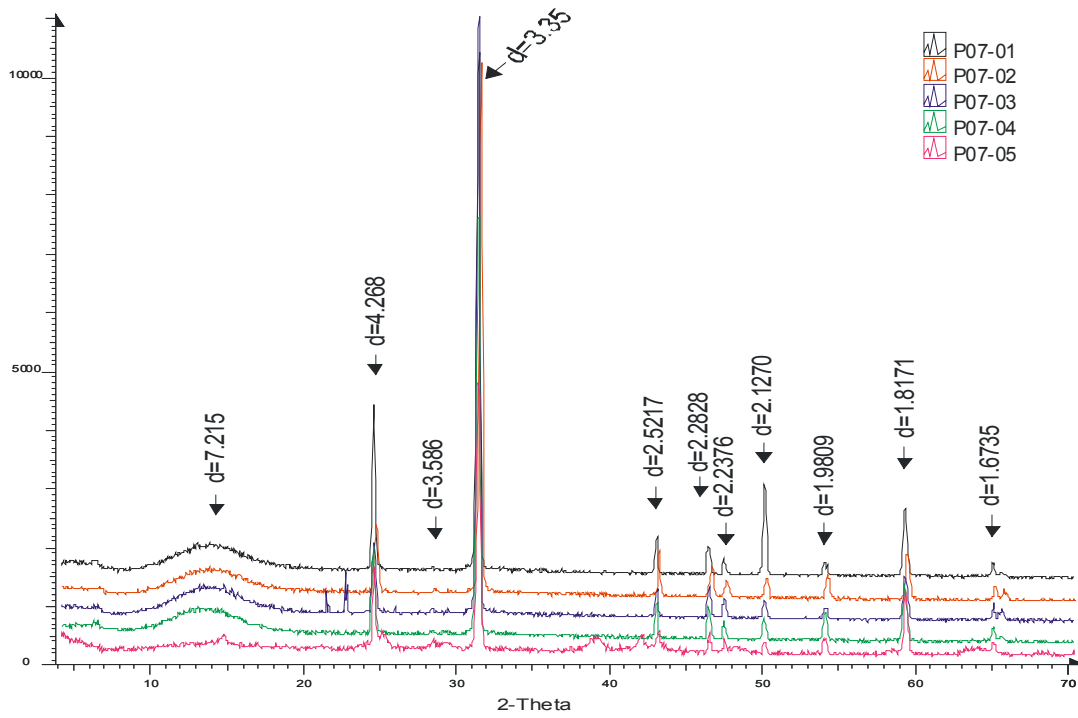
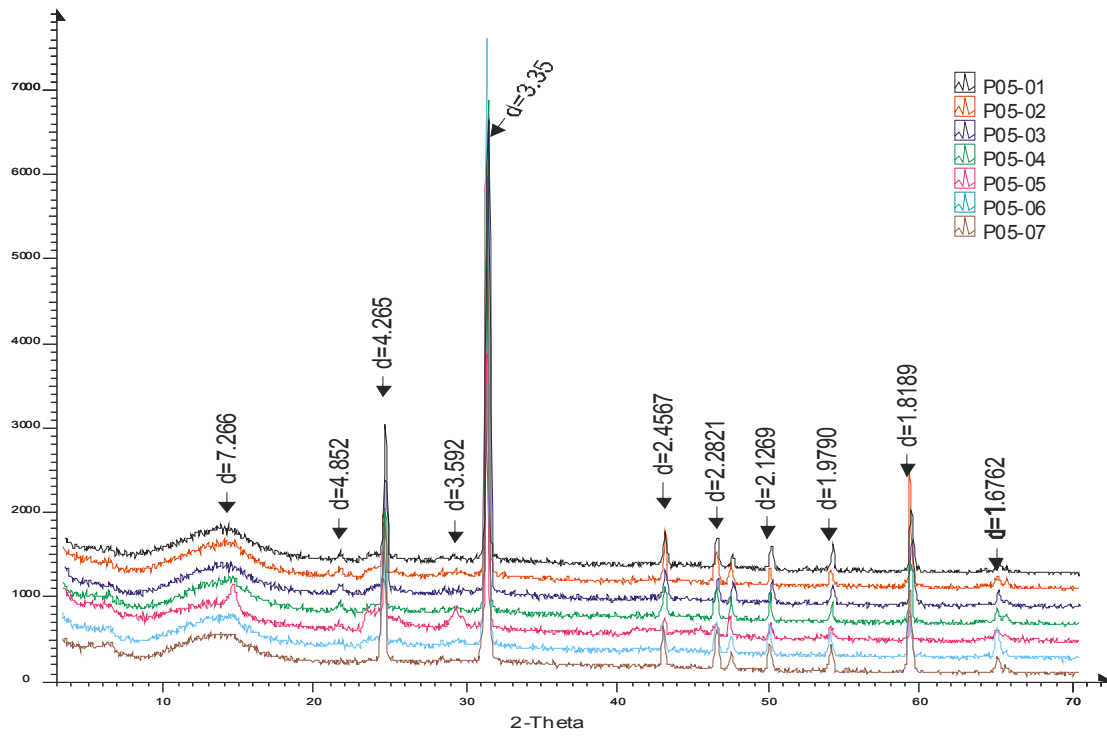
YEE, M.; TATUMI, S. H.; KOWATA, E. A.; CARNEIRO FILHO, A. **Termoluminescência (TL) de cristais de quartzo retirados da Bacia do Rio Negro - Amazônia**. (Não publicado)

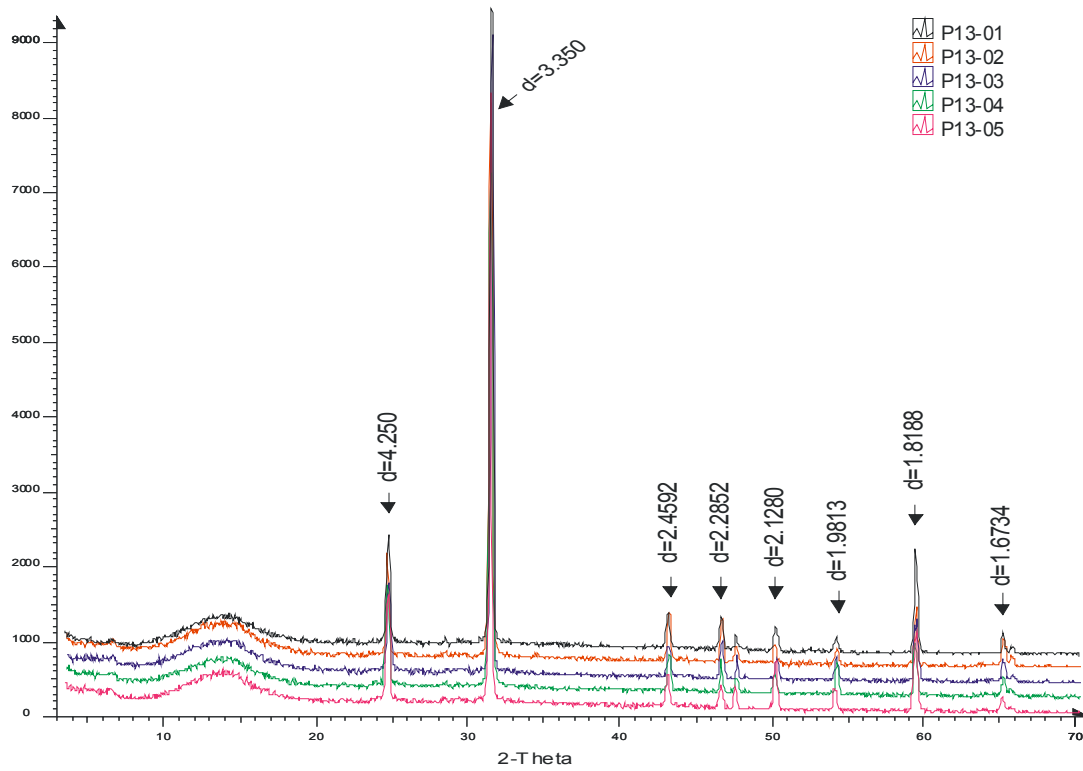
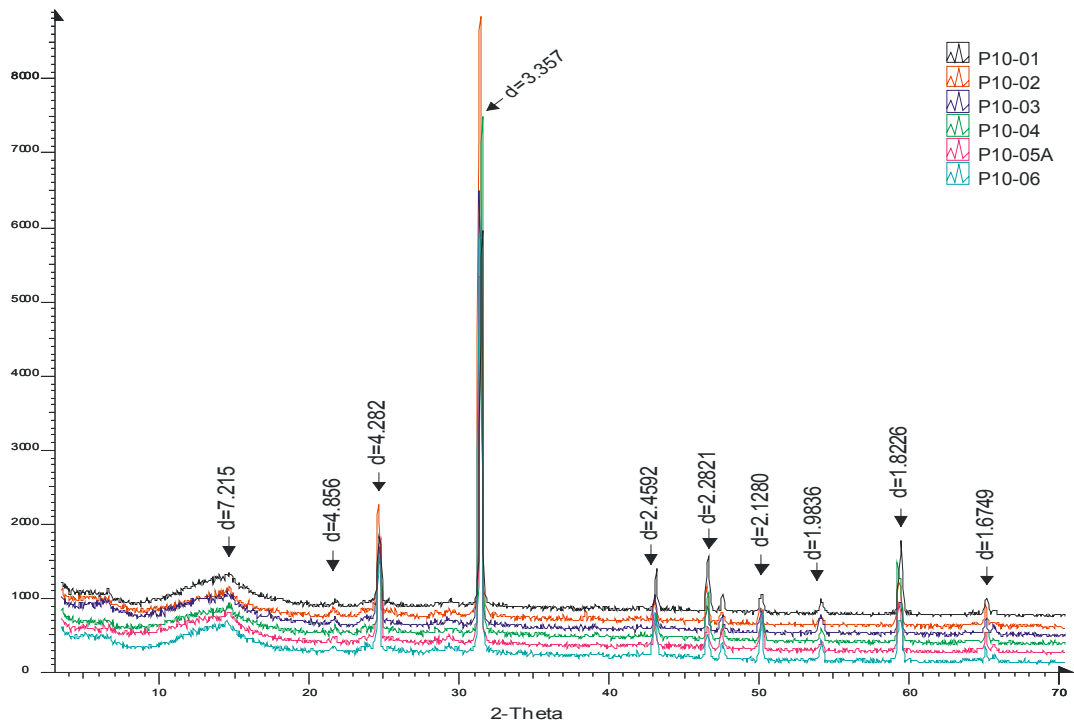
ZAINE, J. E. **Geologia da Formação Rio Claro na folha de Rio Claro (SP)**. 1994. 90f. Dissertação - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

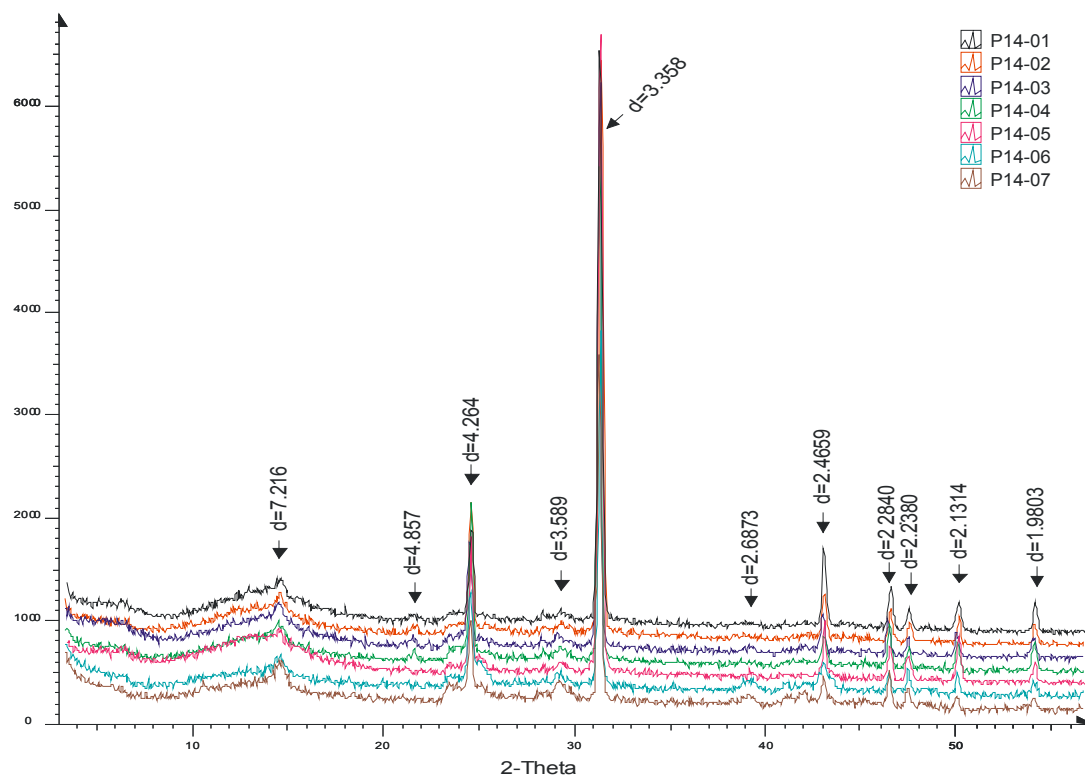
ANEXO 1

Anexo 1. Difractogramas de amostra total dos perfis de solos analisados



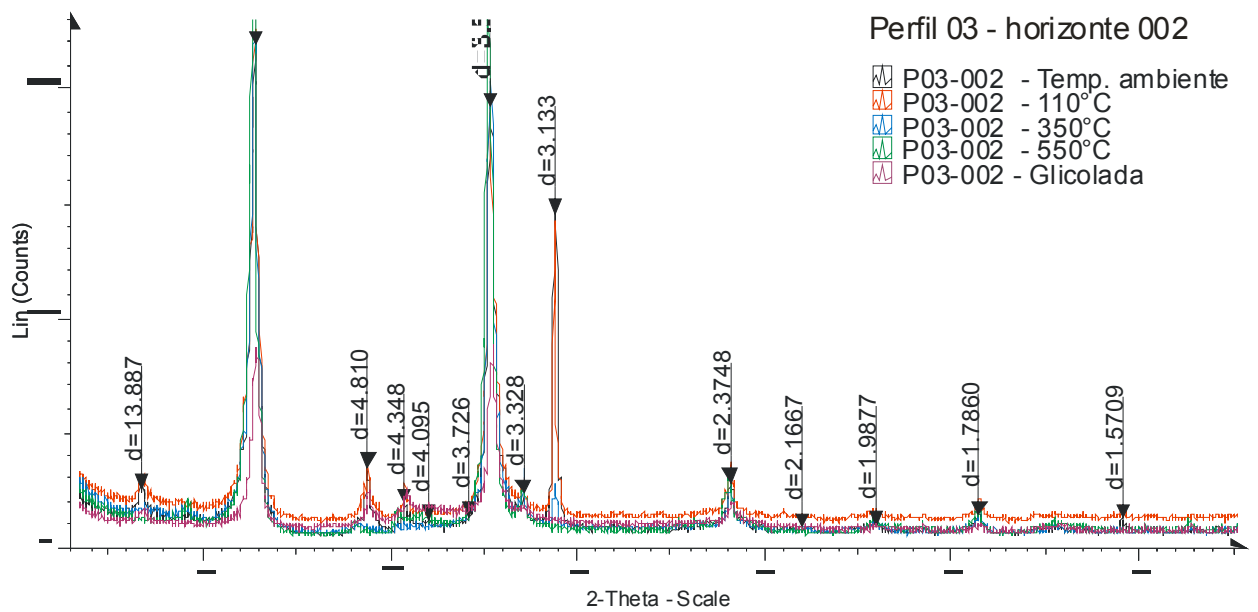
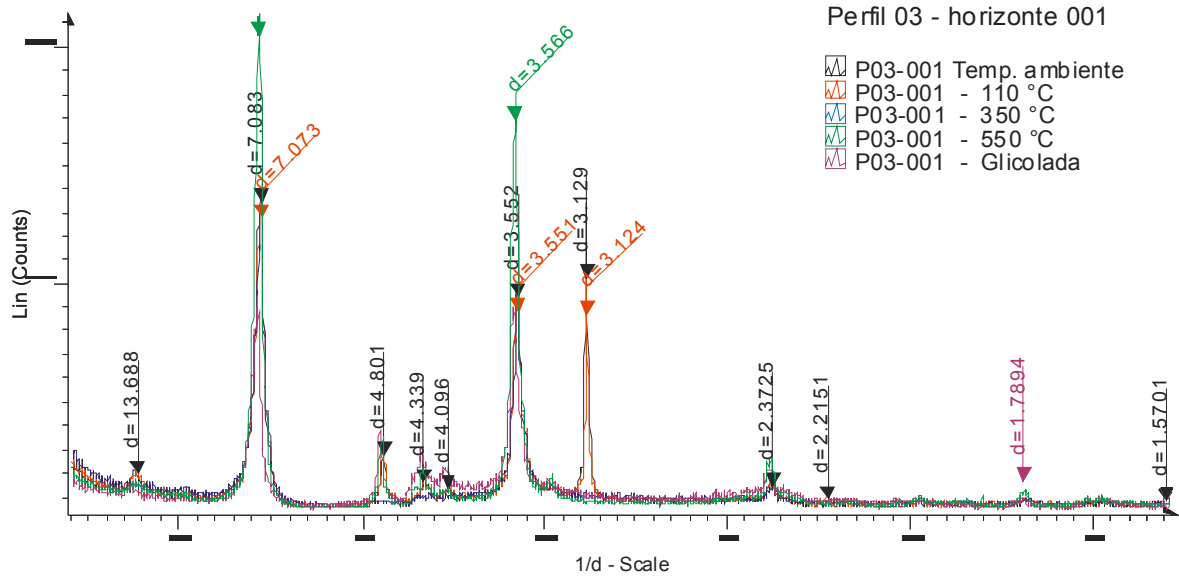


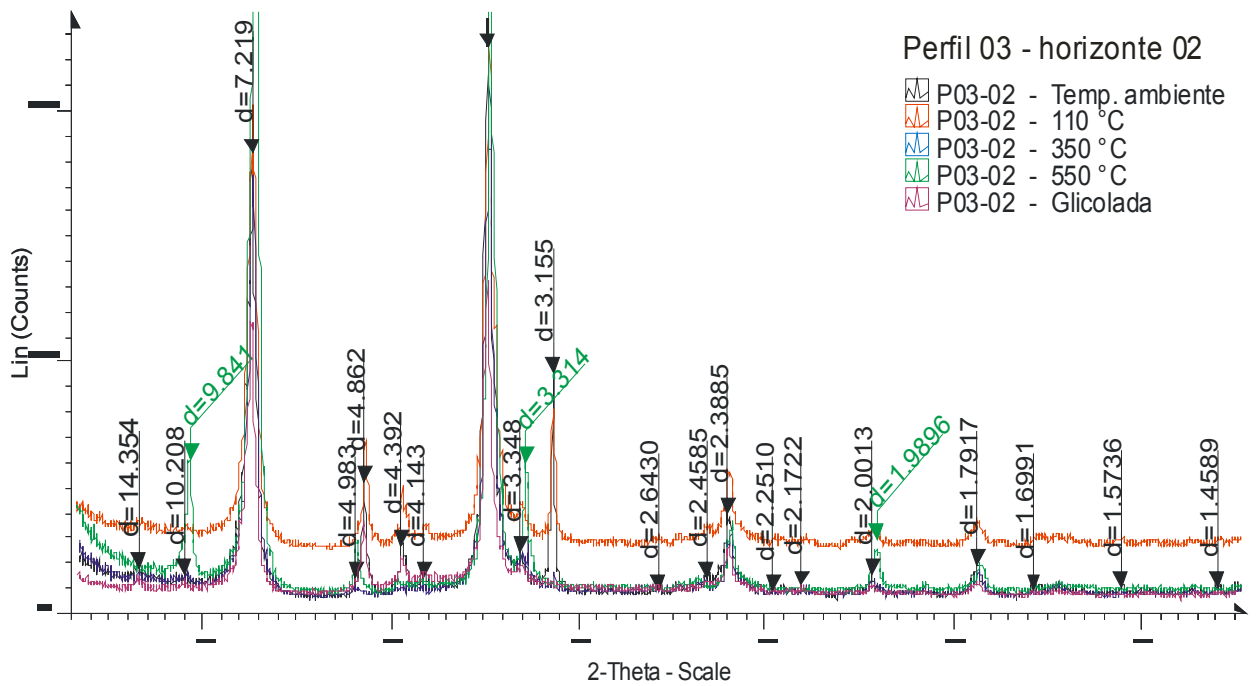
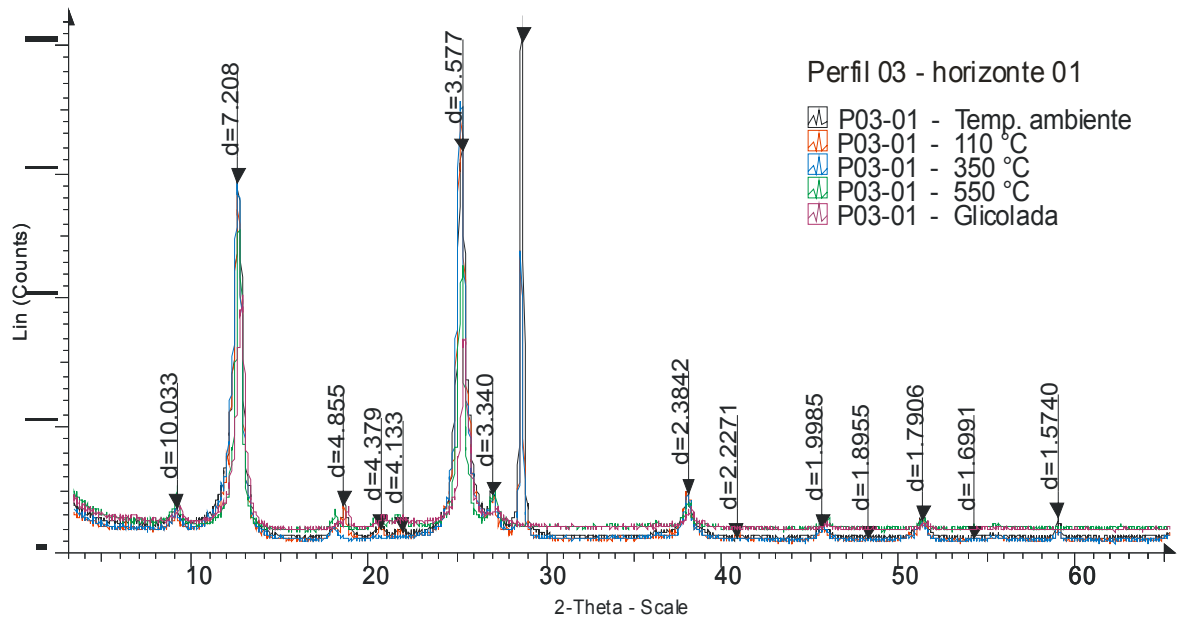


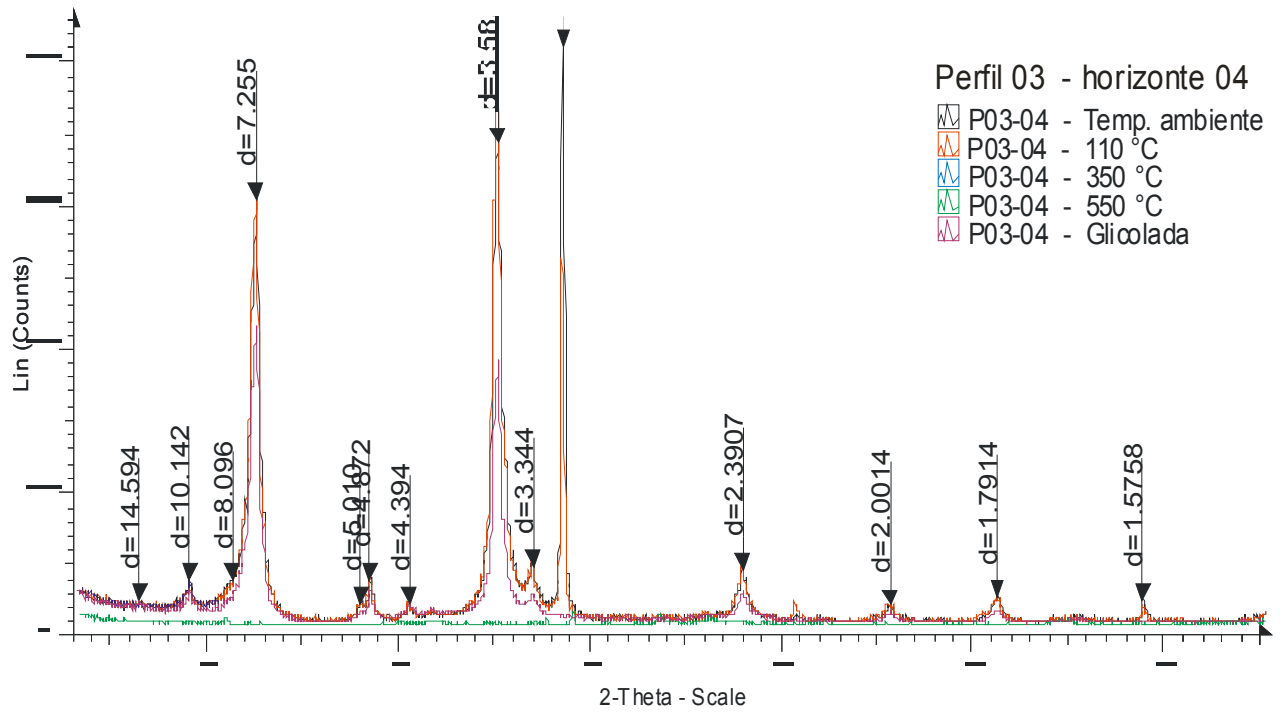
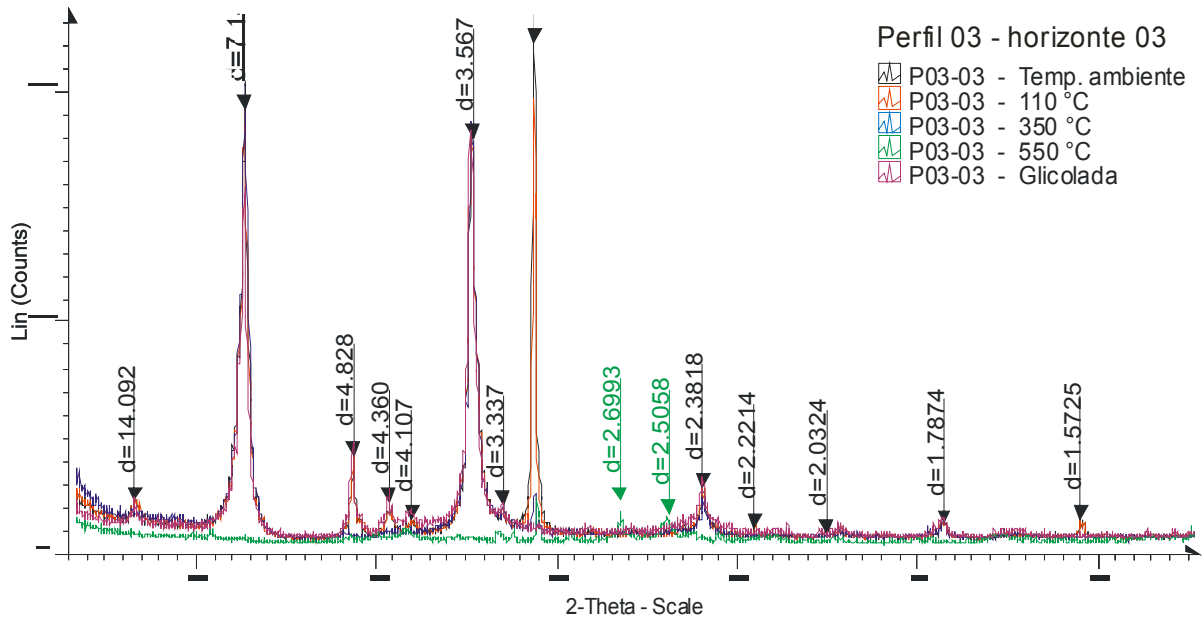


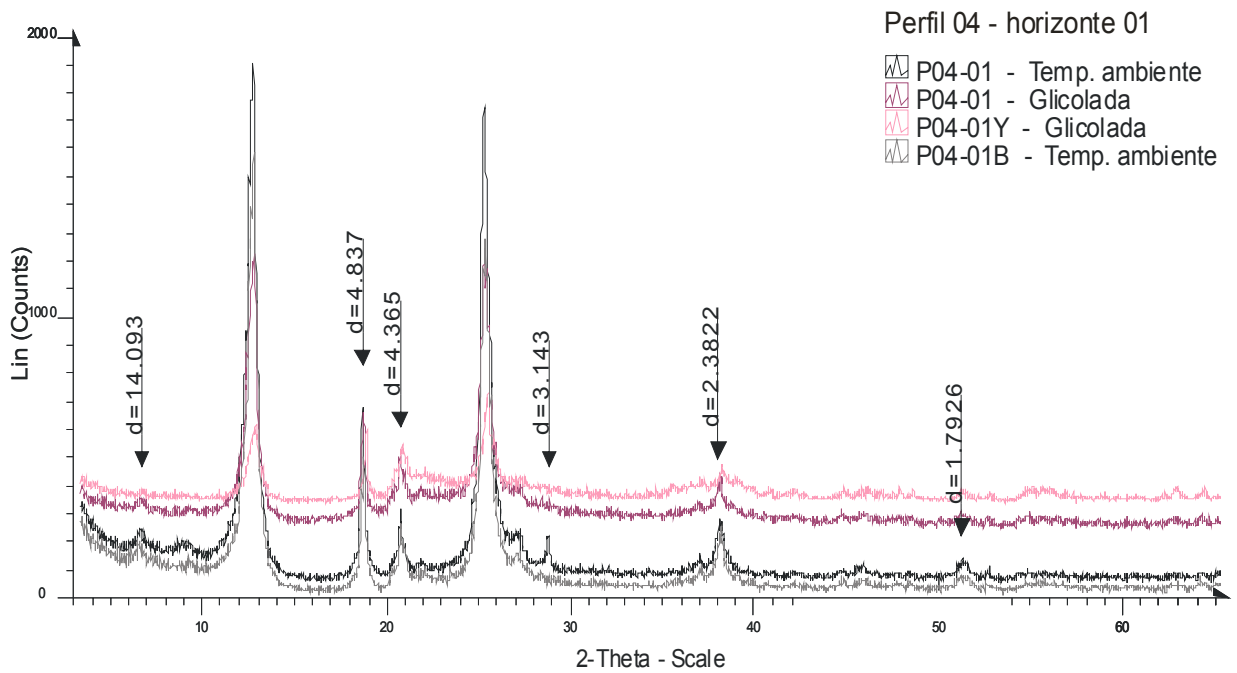
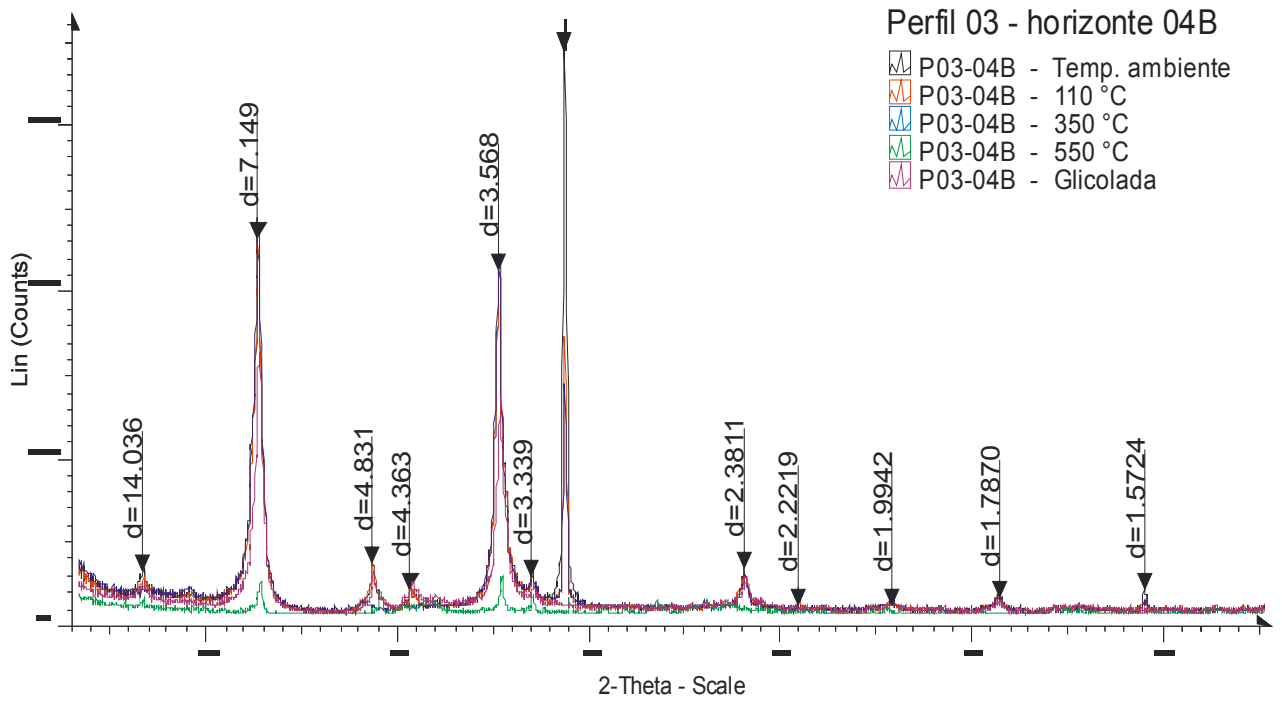
ANEXO 2

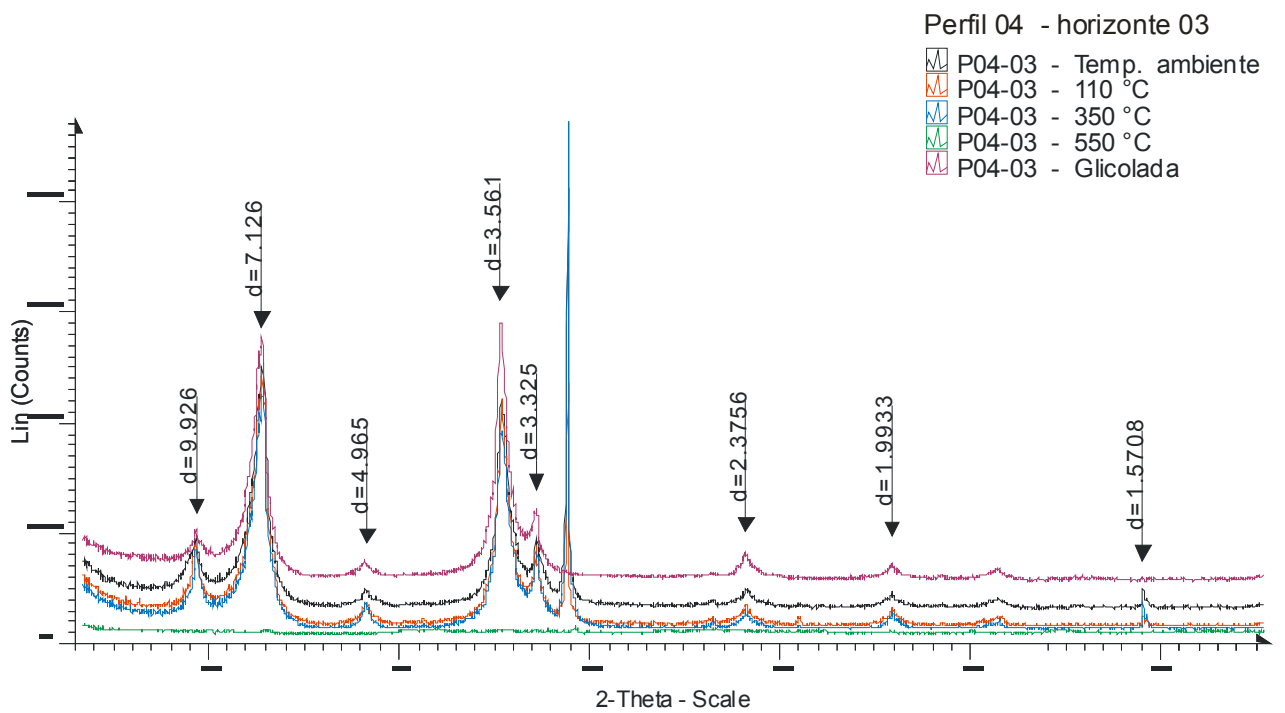
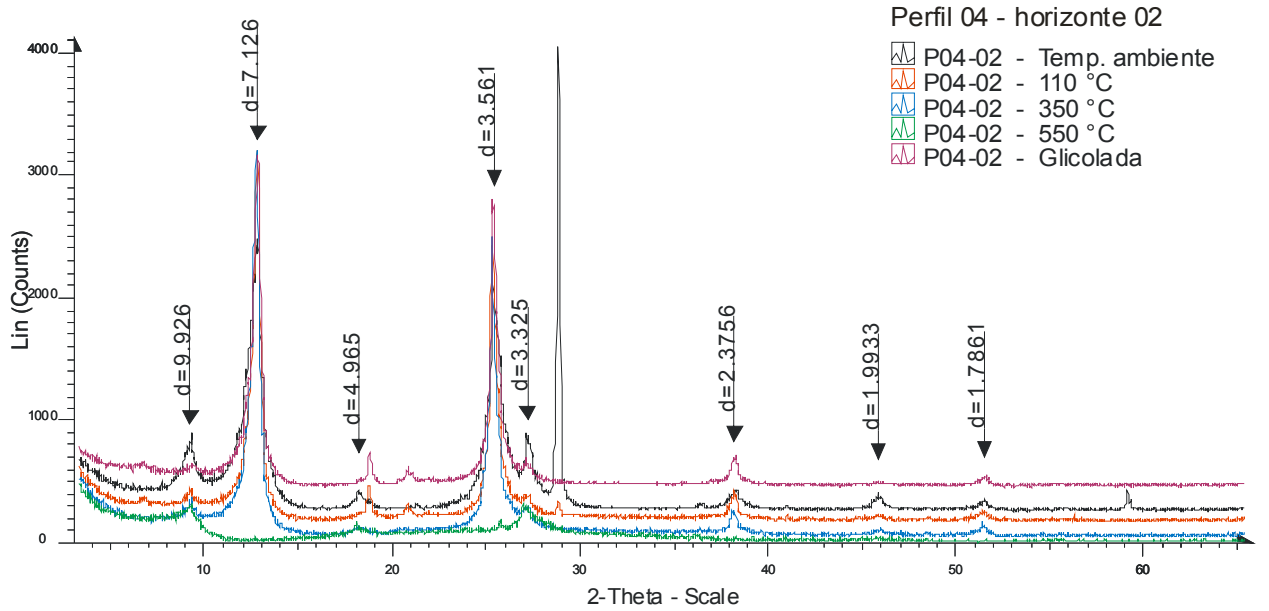
Anexo 2. Difratoqramas da fração argila dos horizontes dos solos analisados

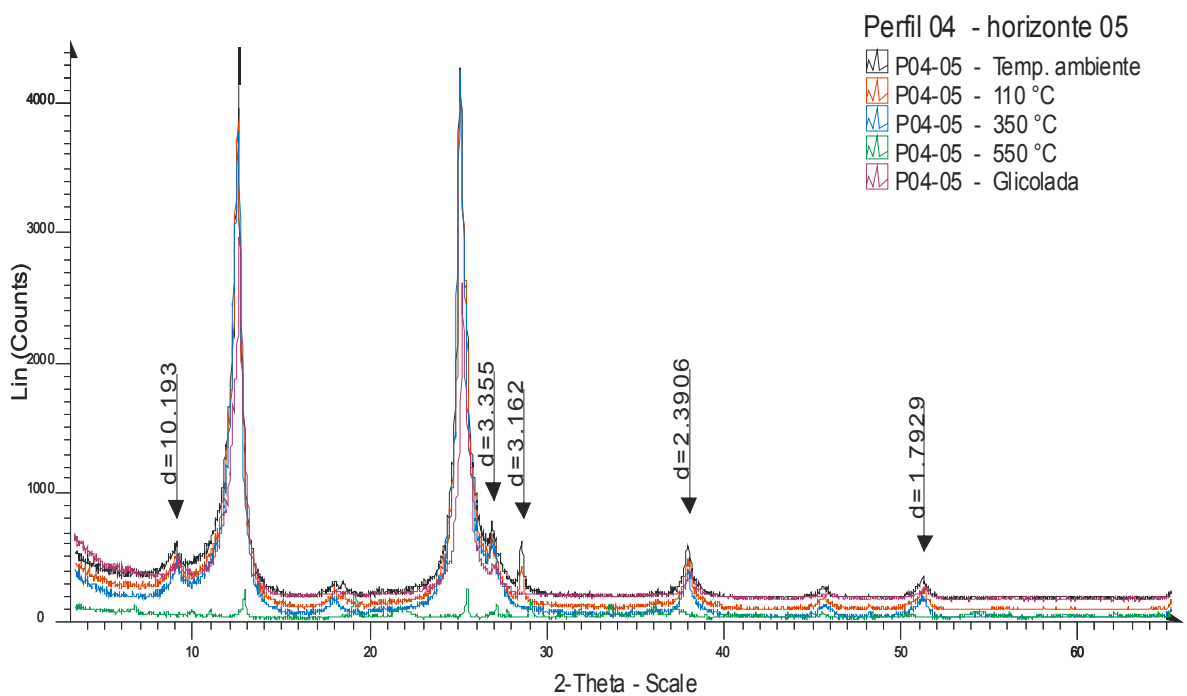
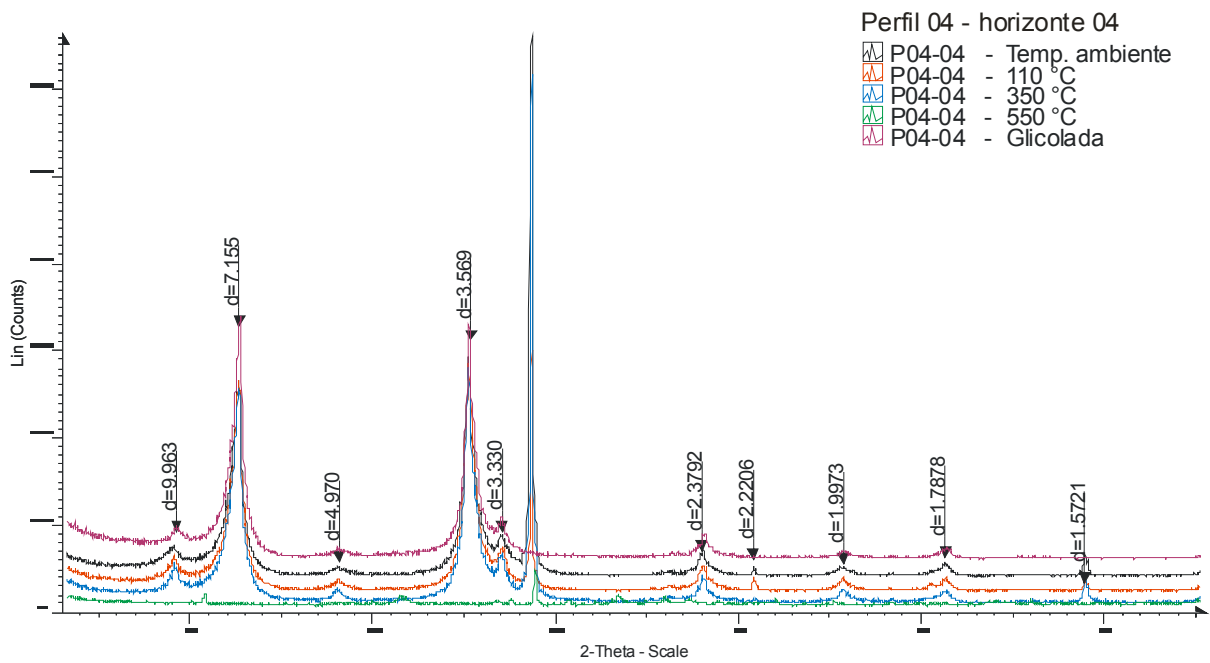


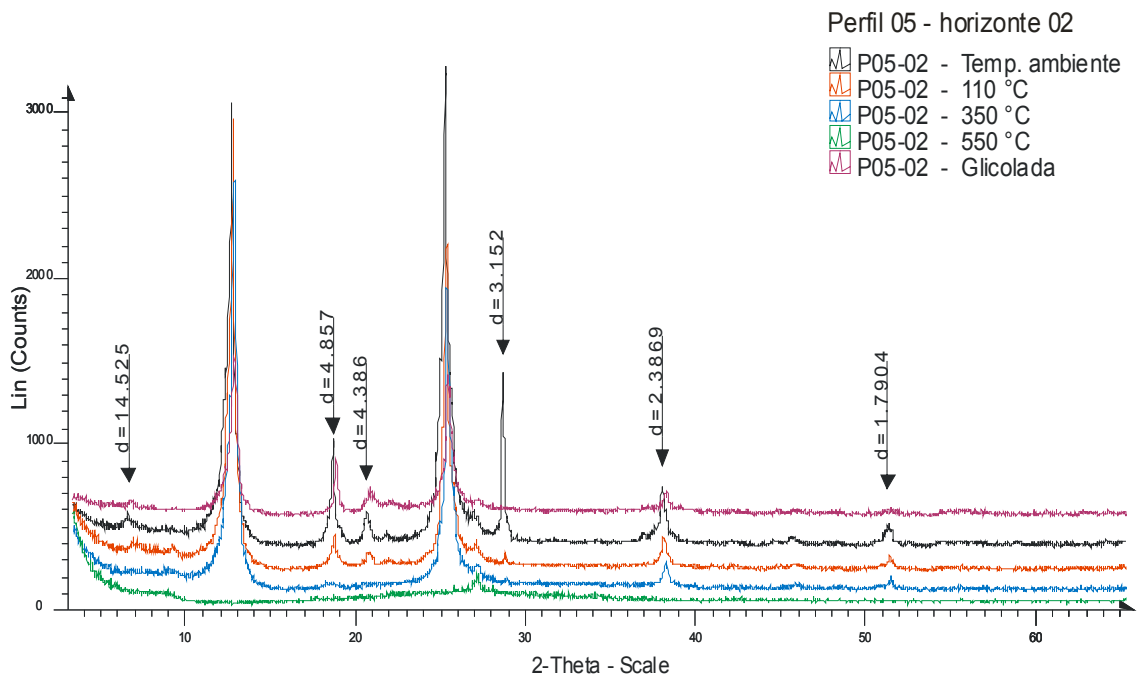
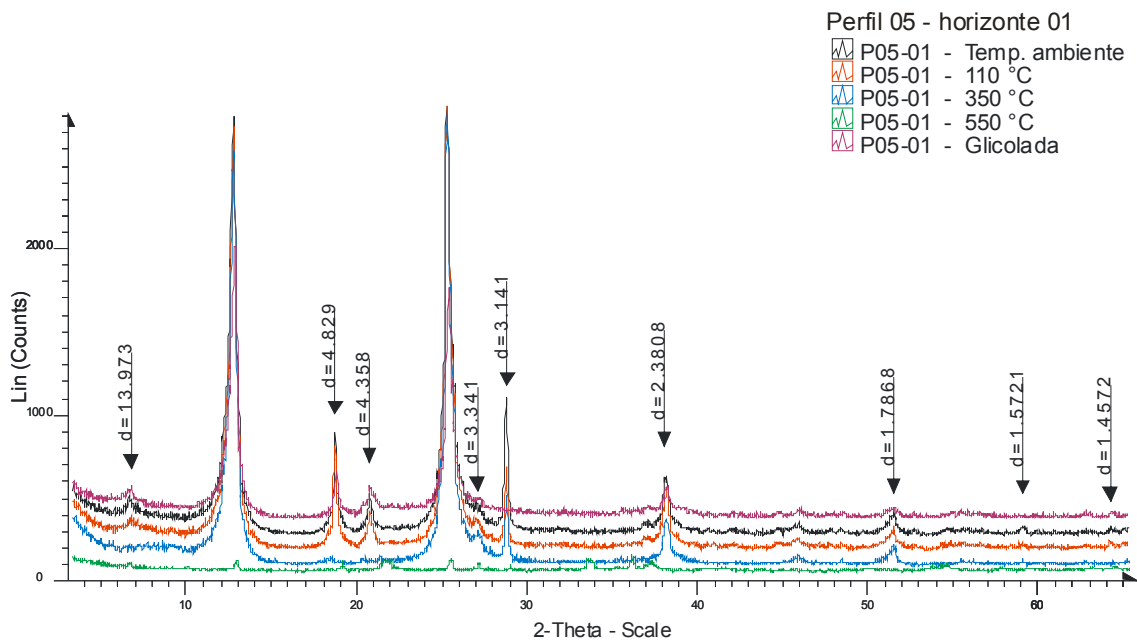


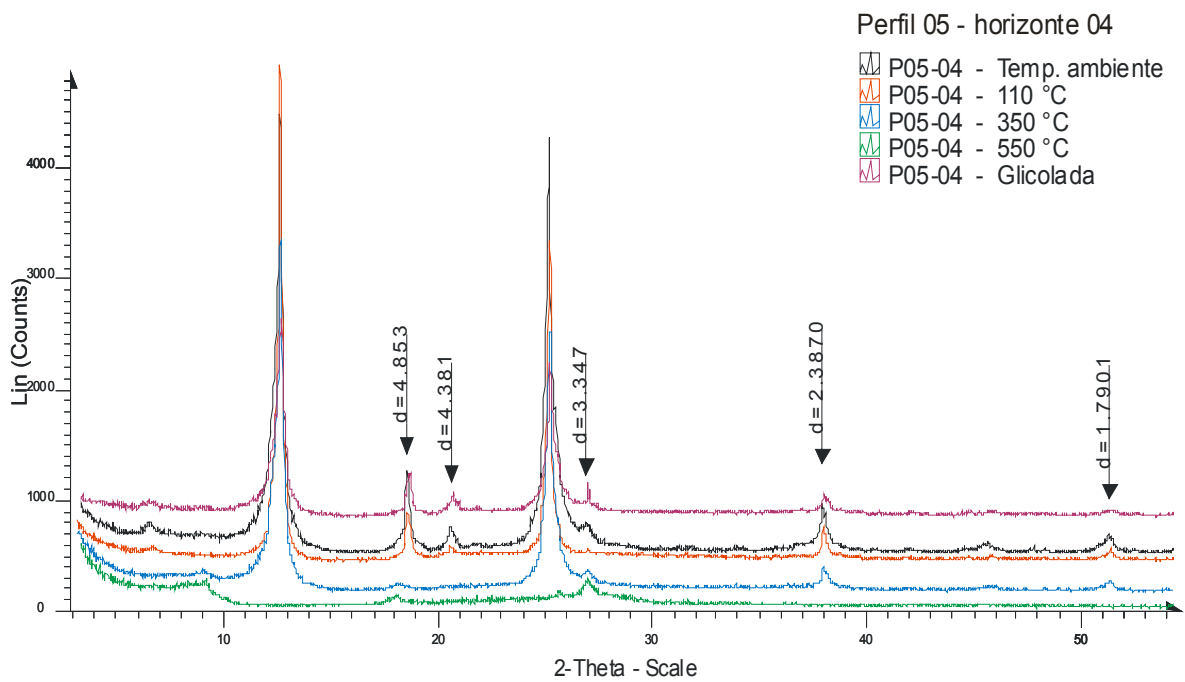
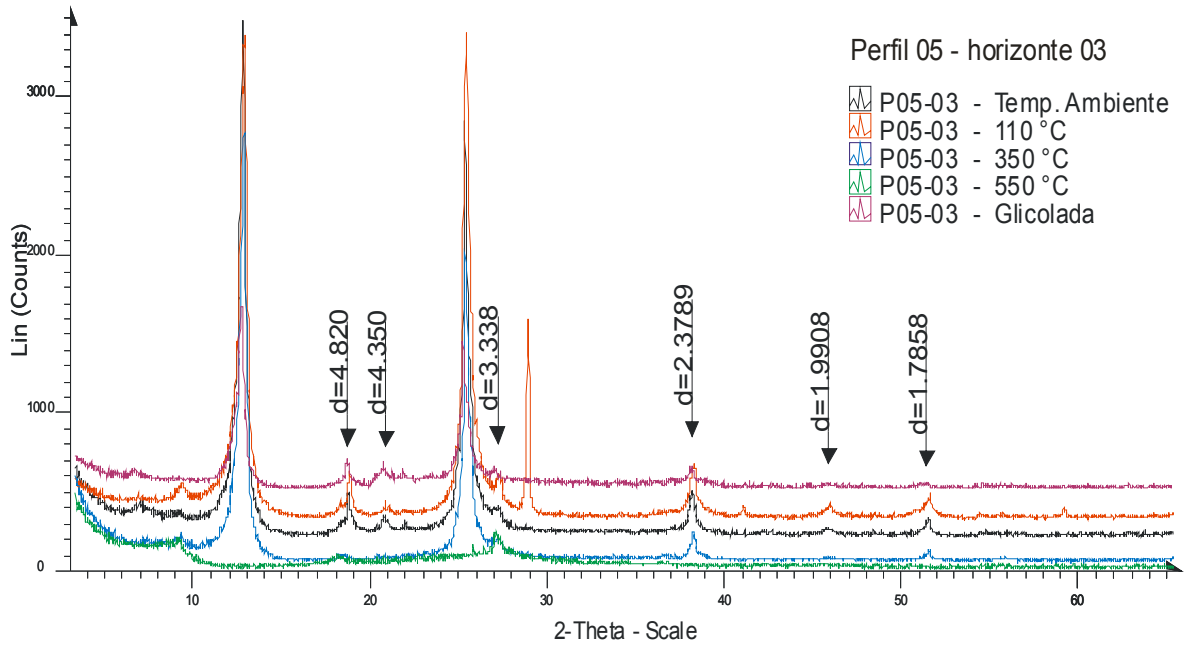


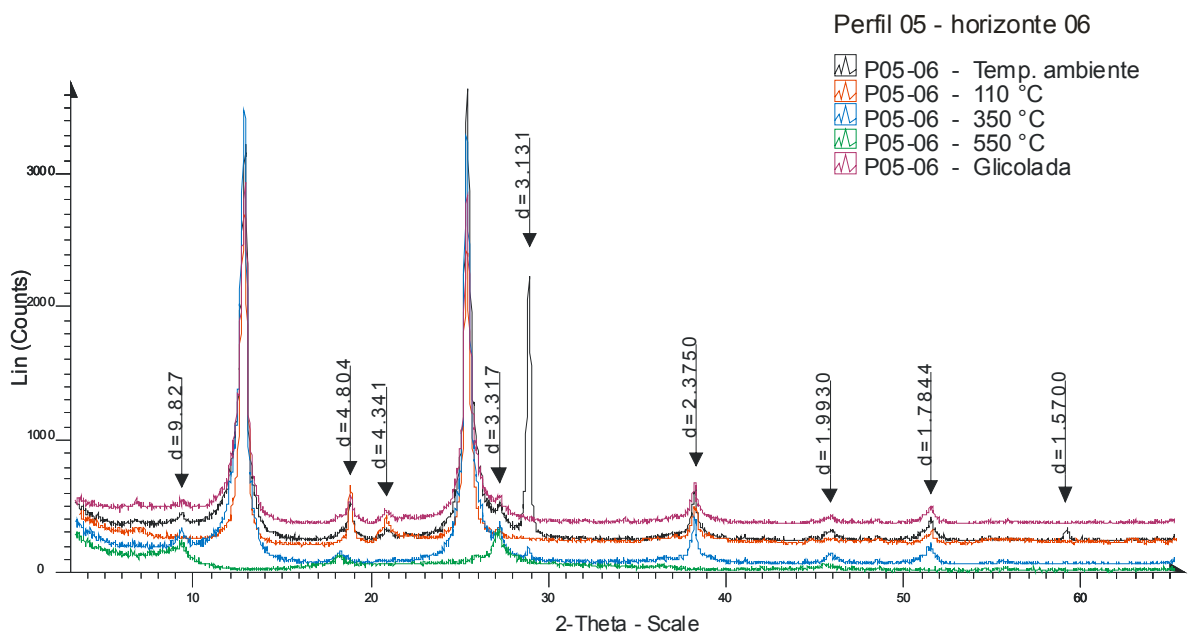
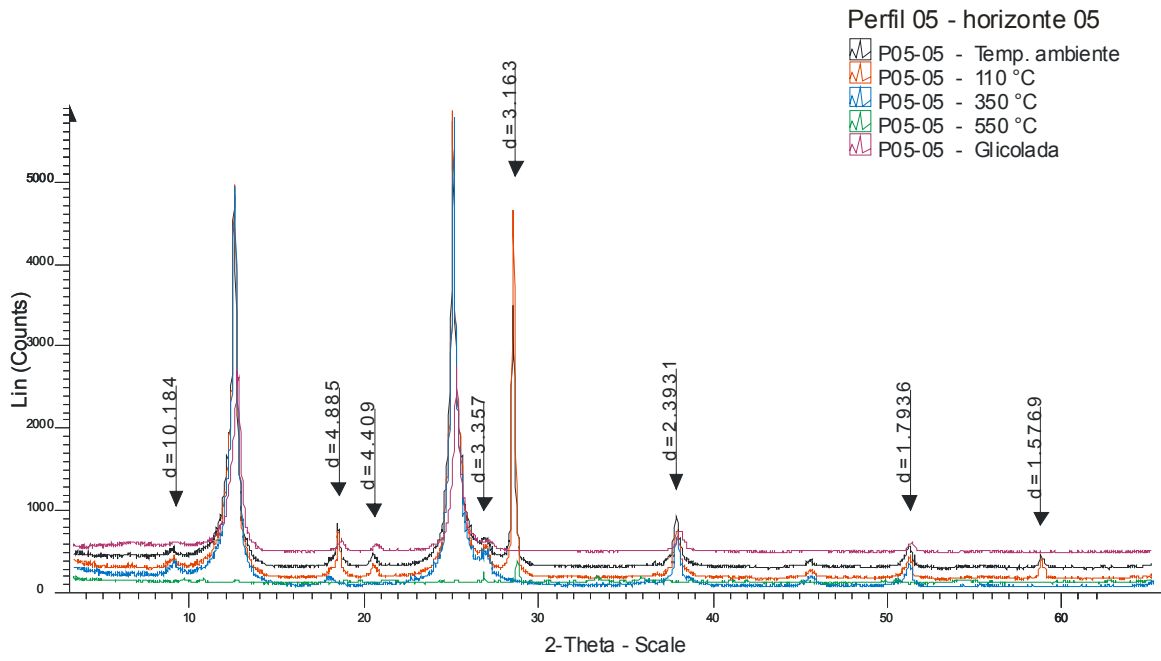


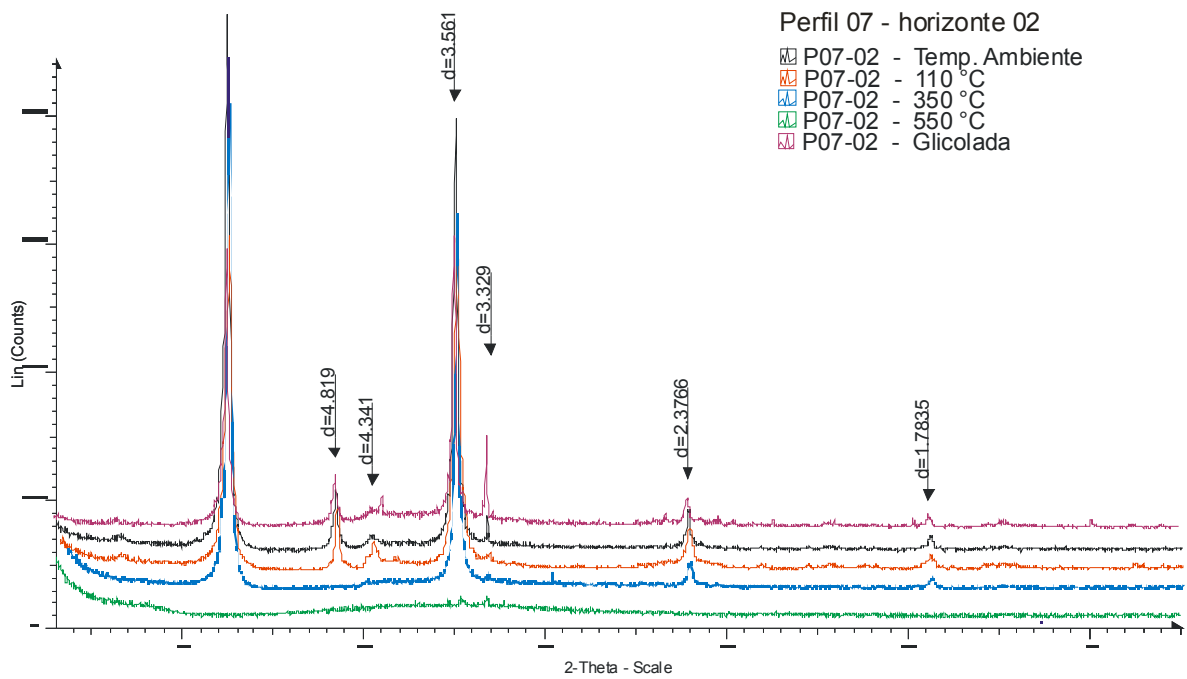
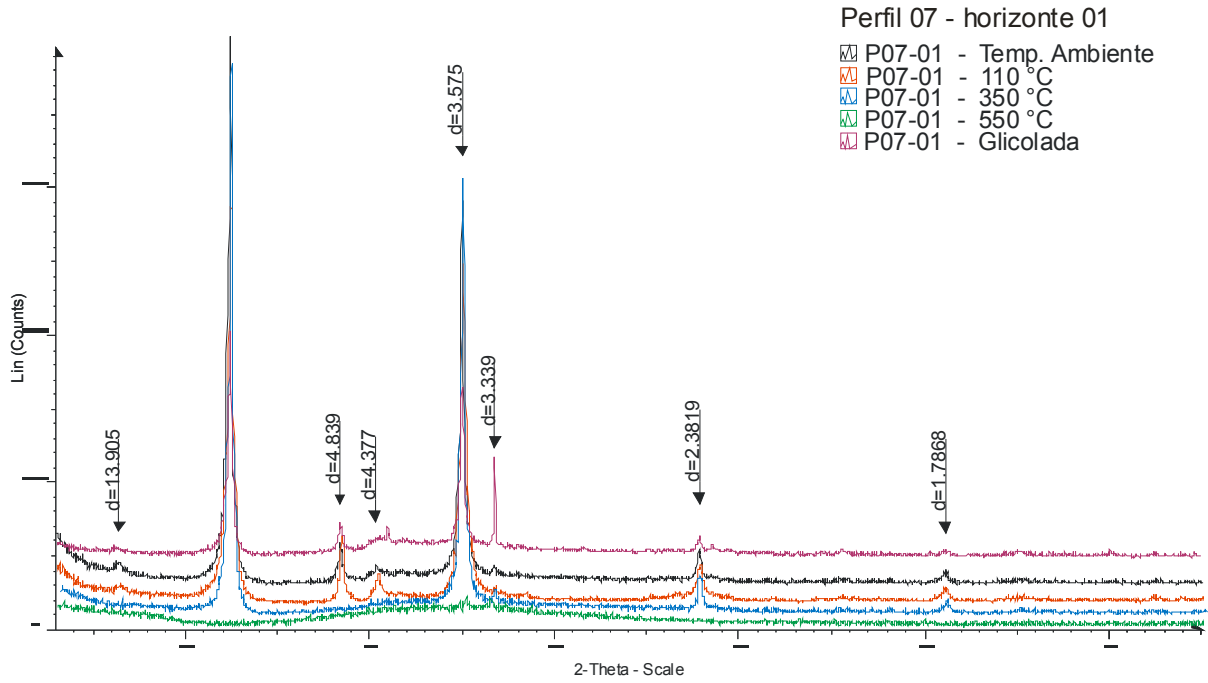


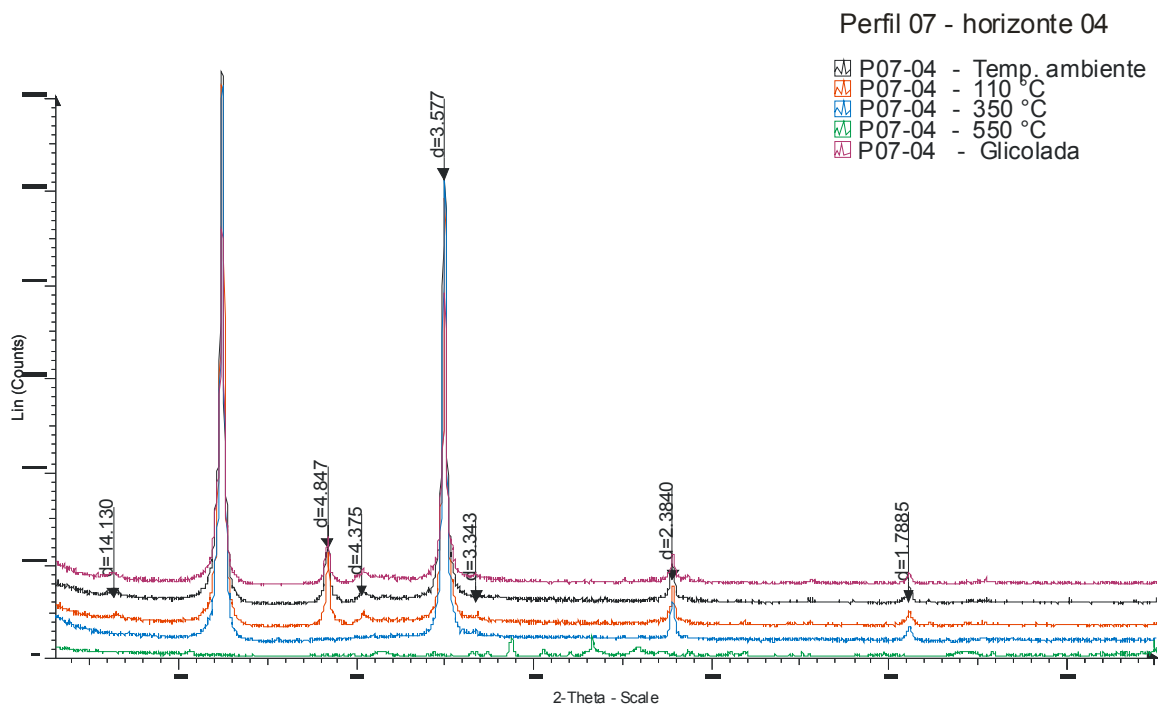
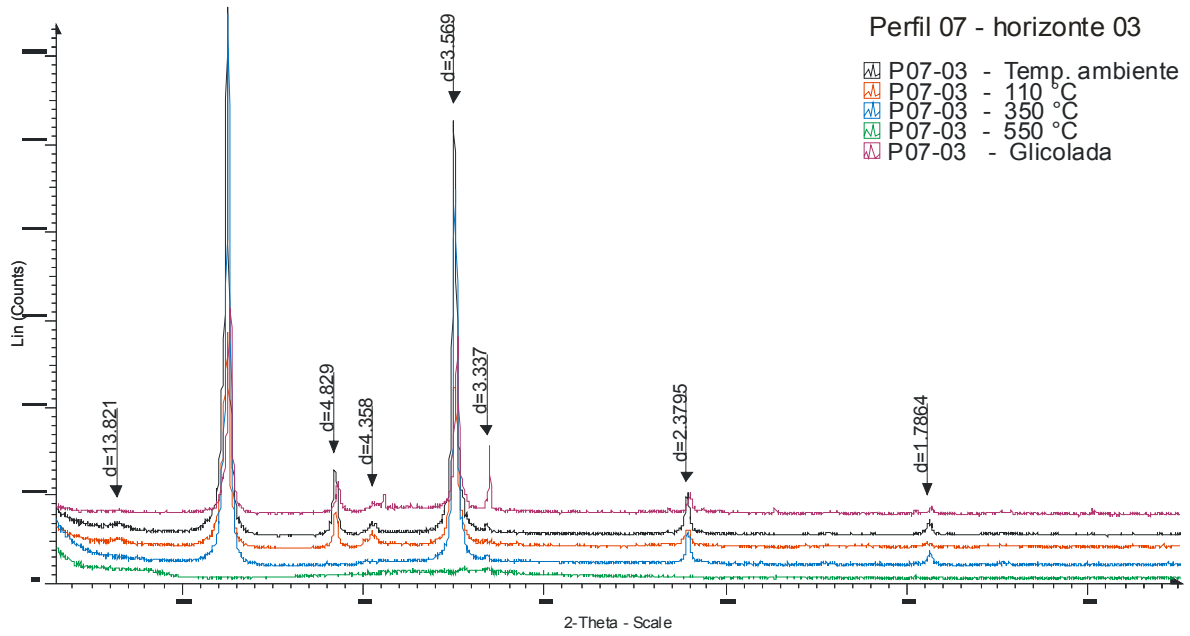


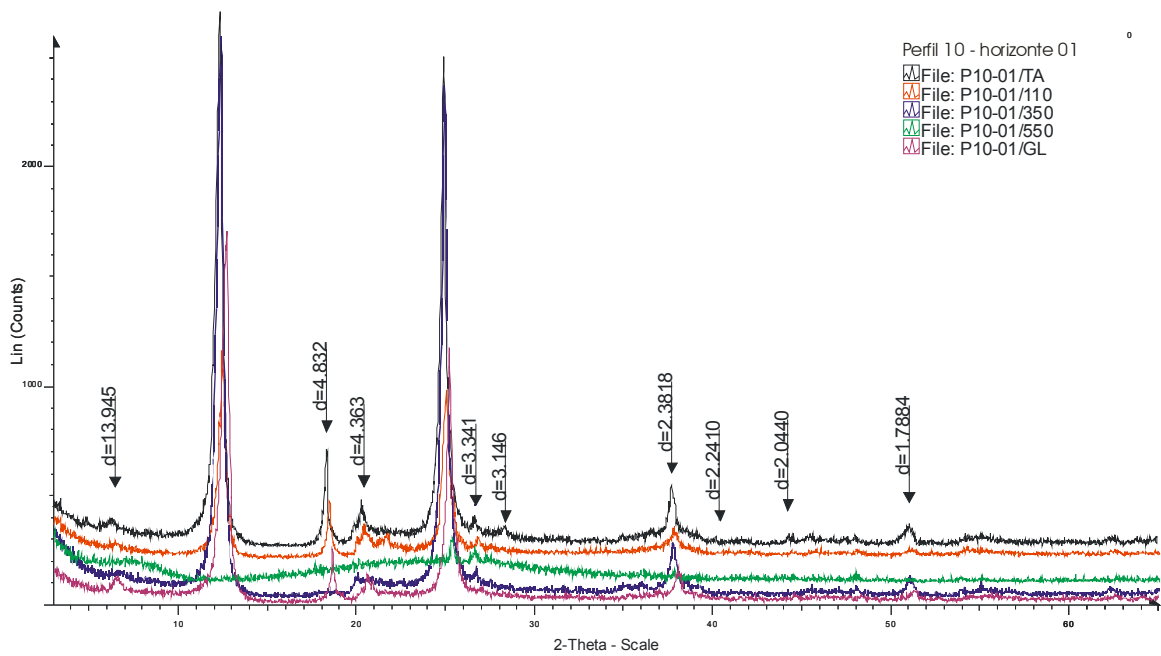
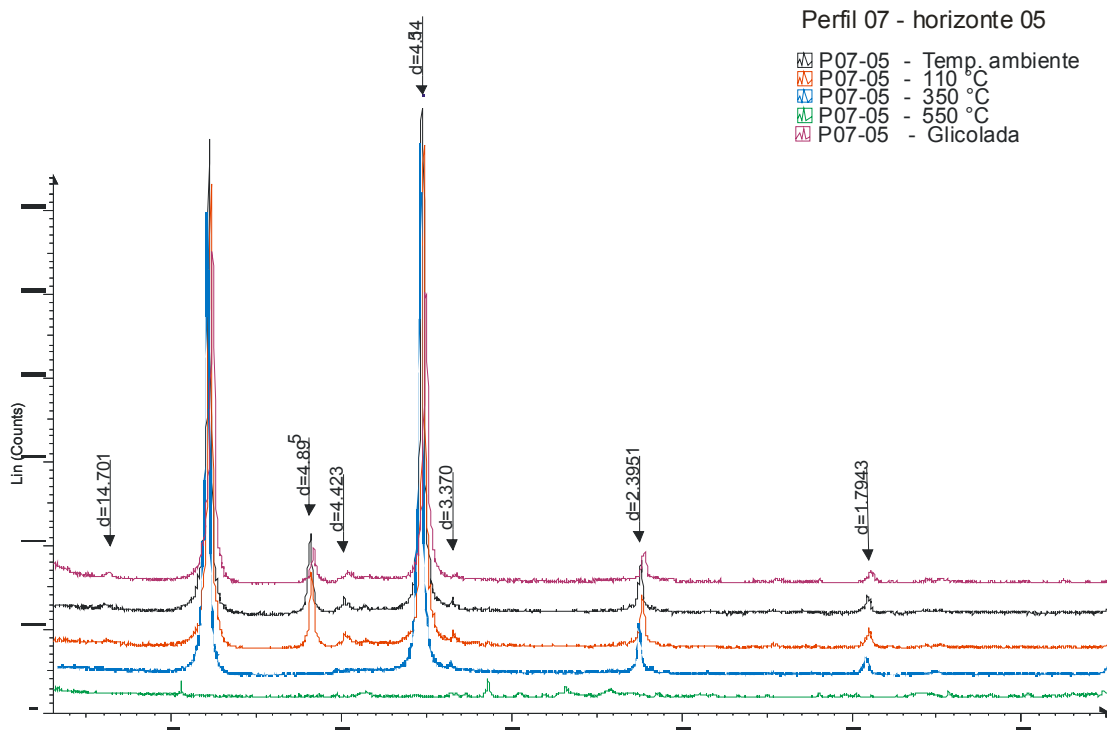


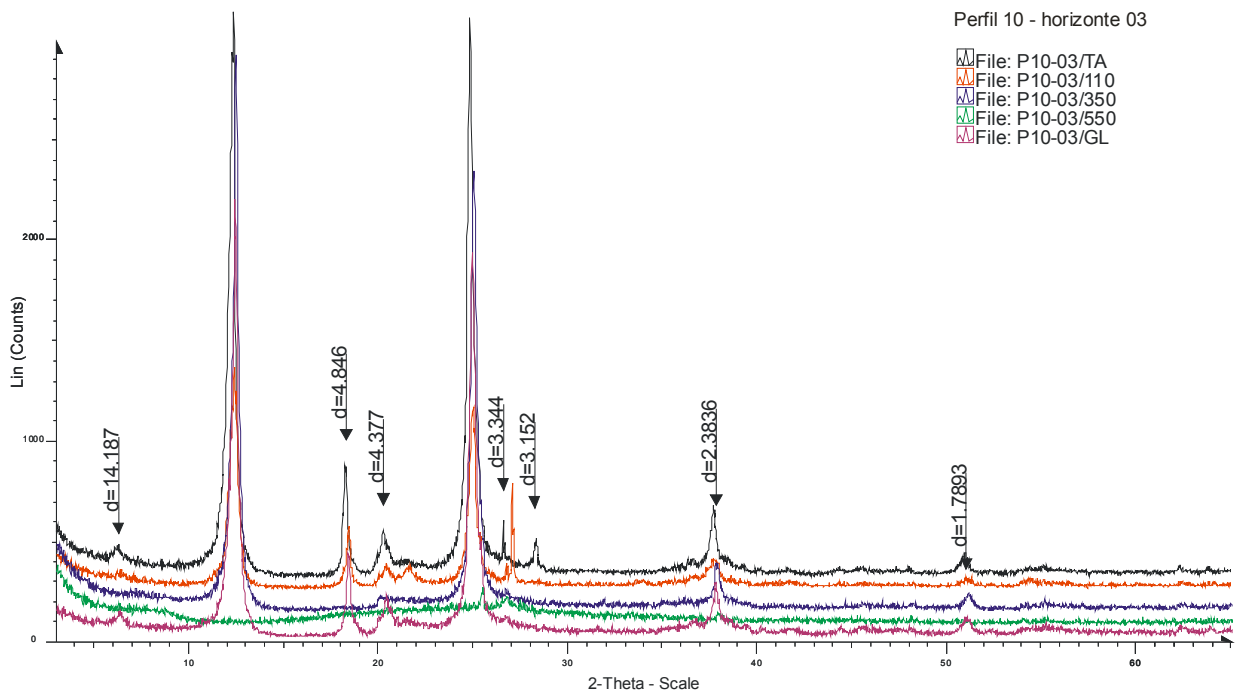
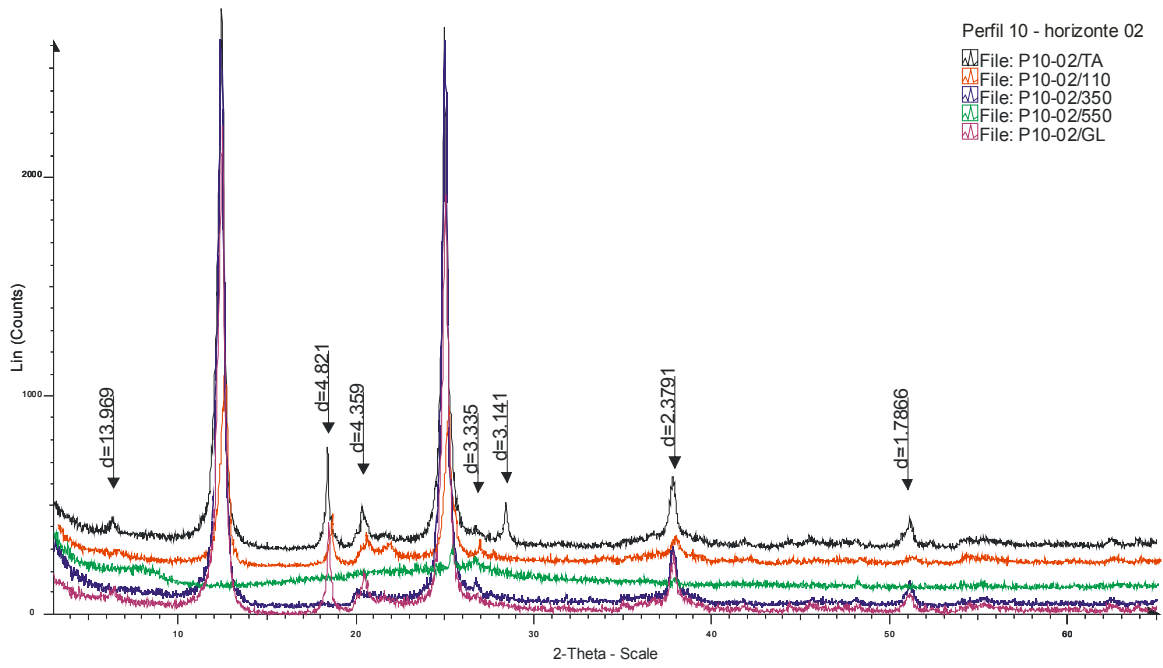


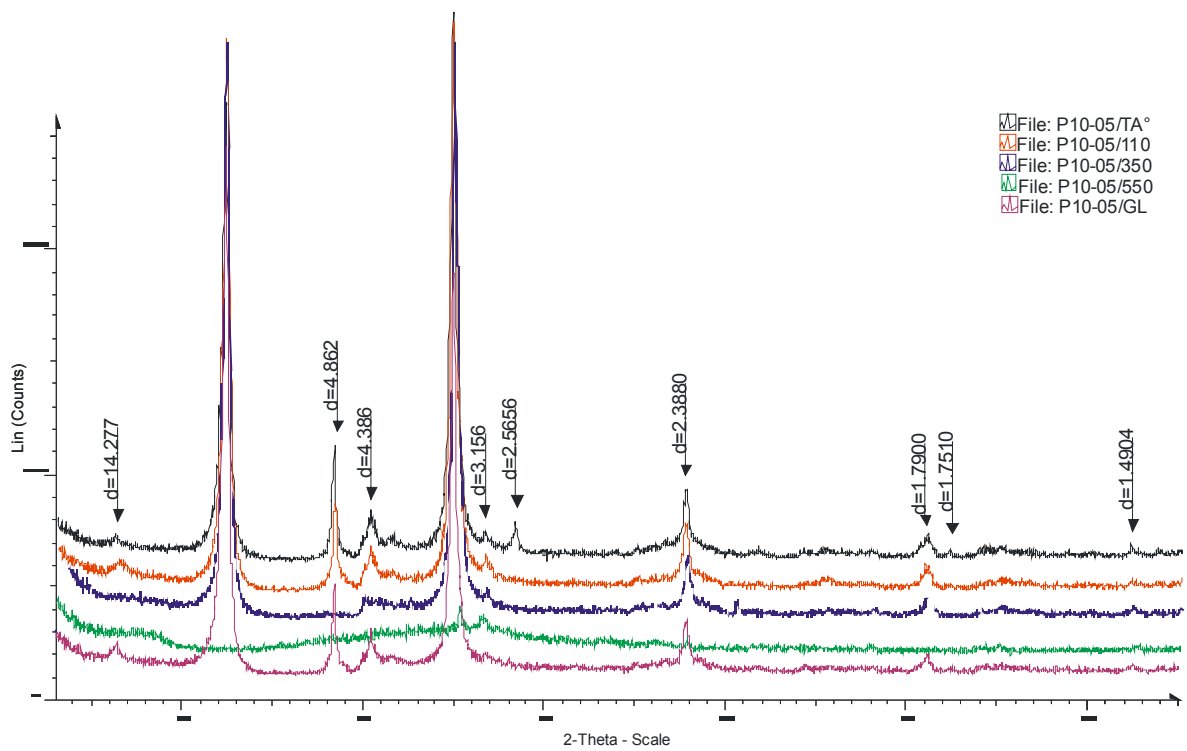
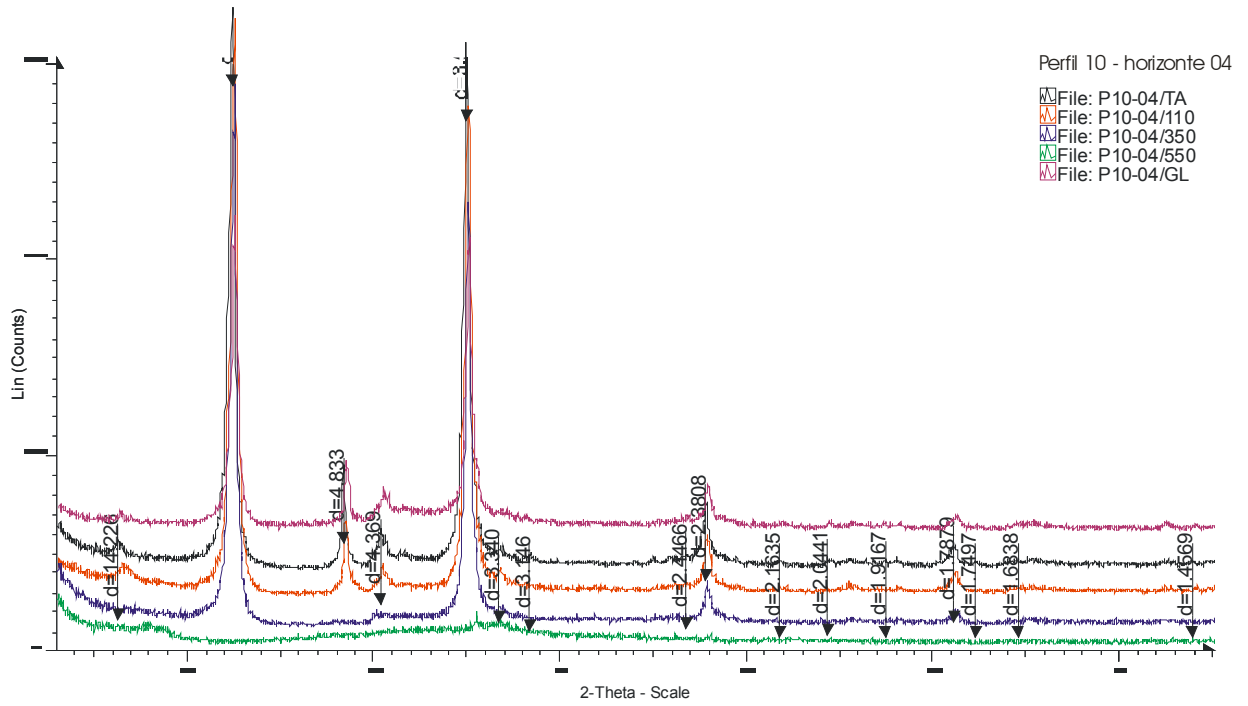


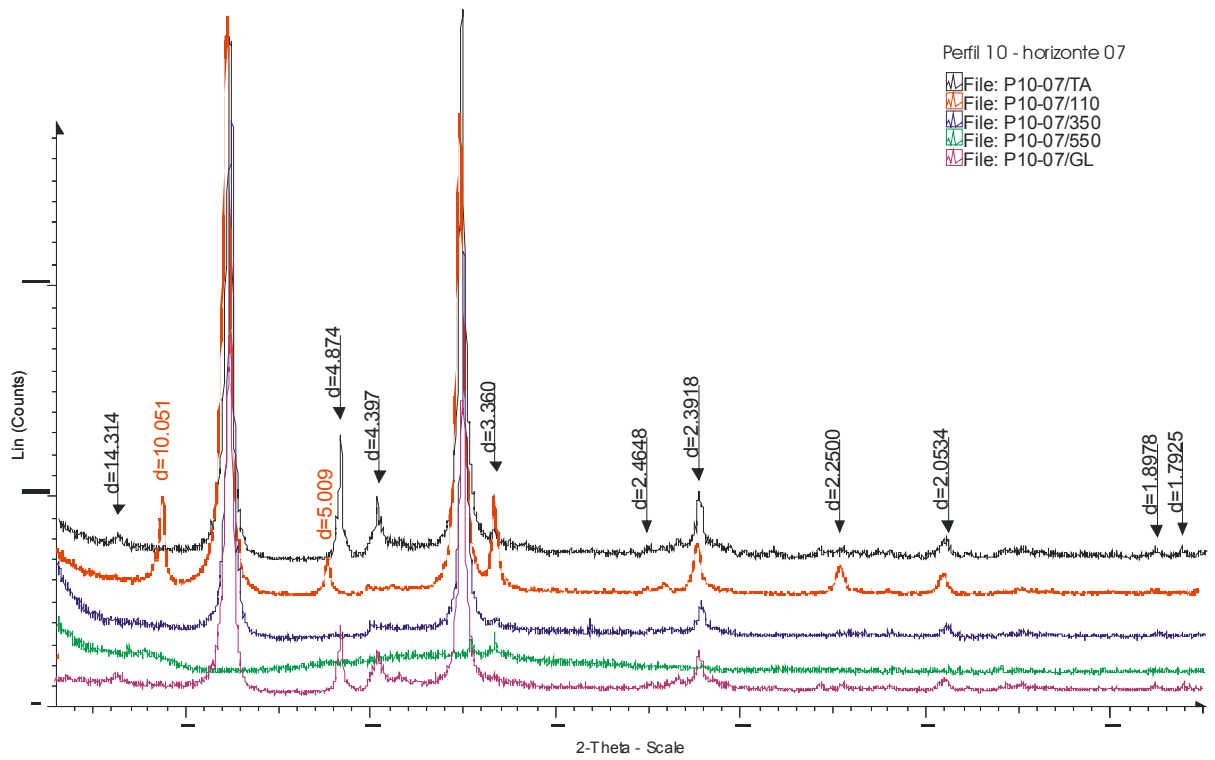
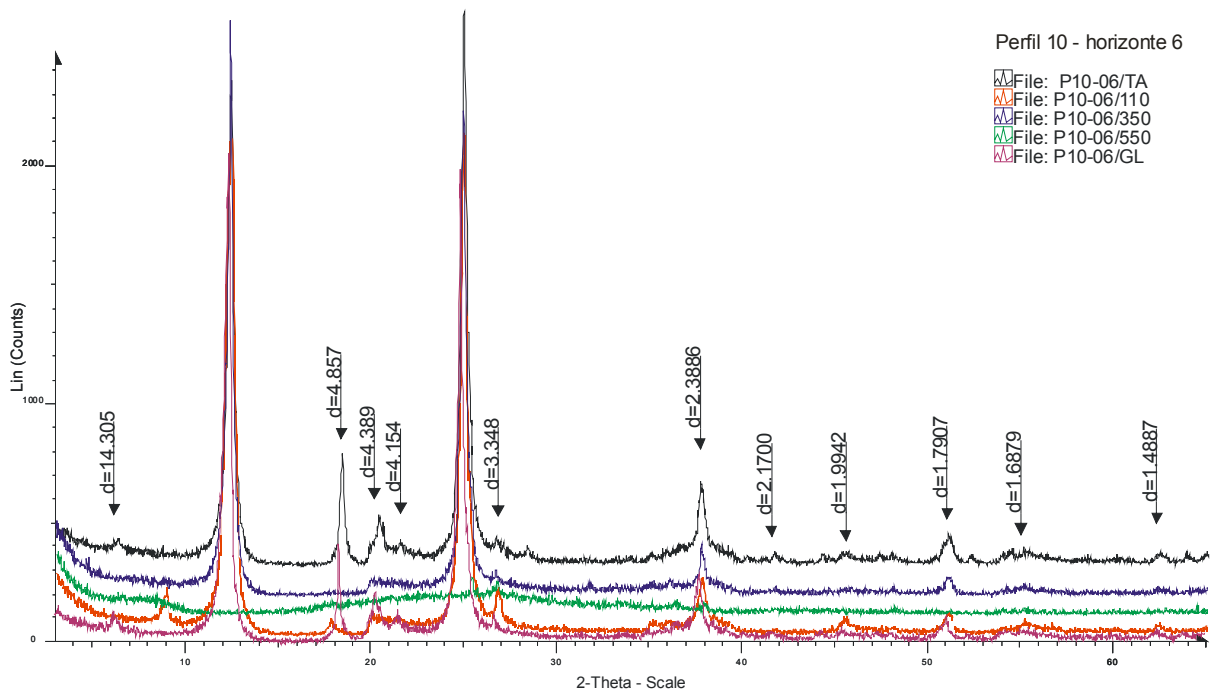


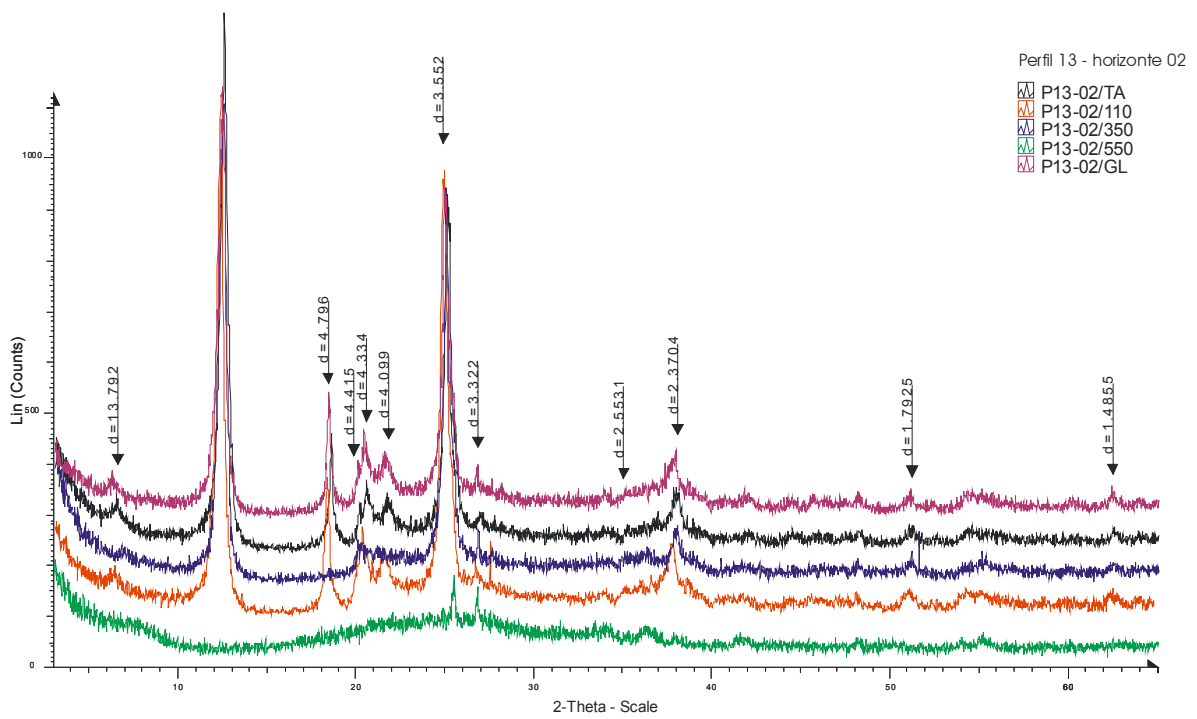
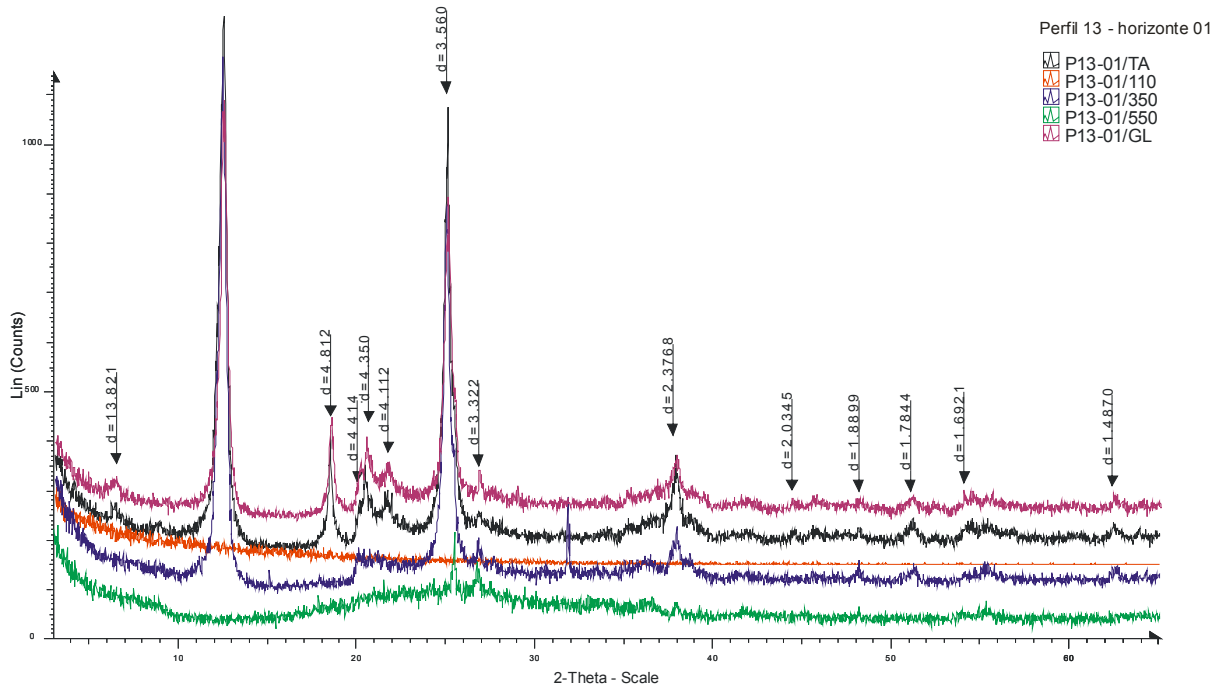


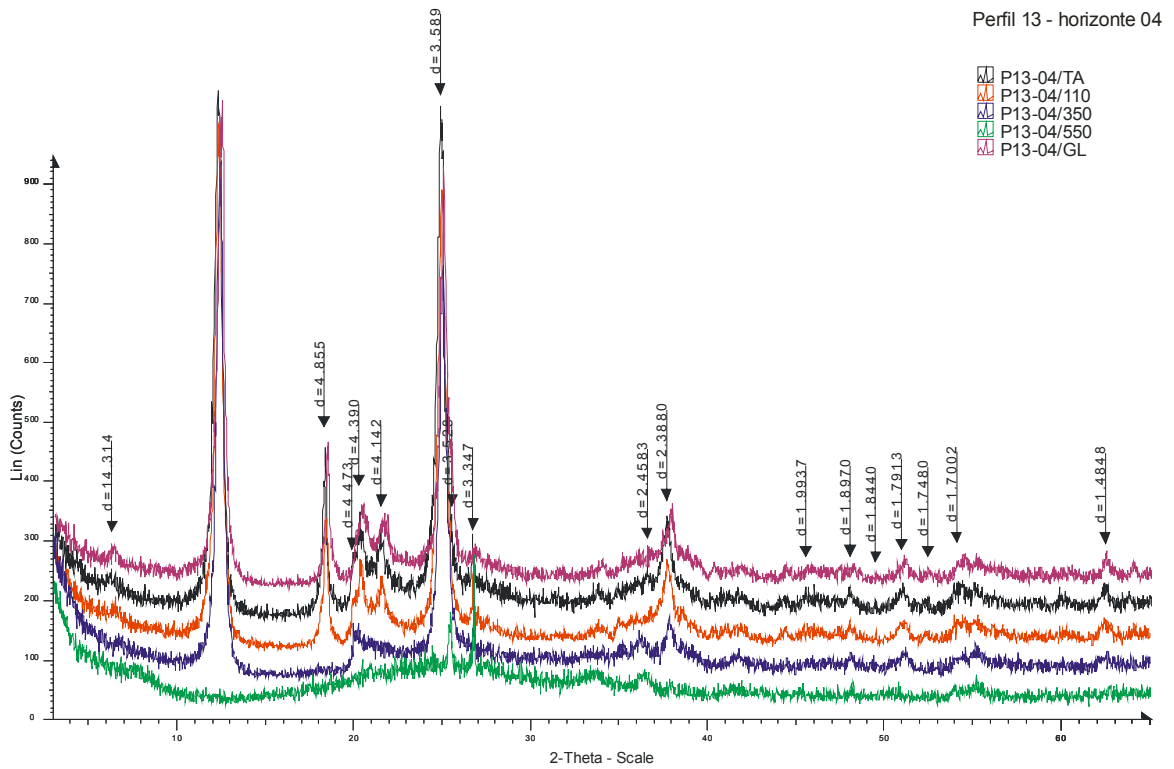
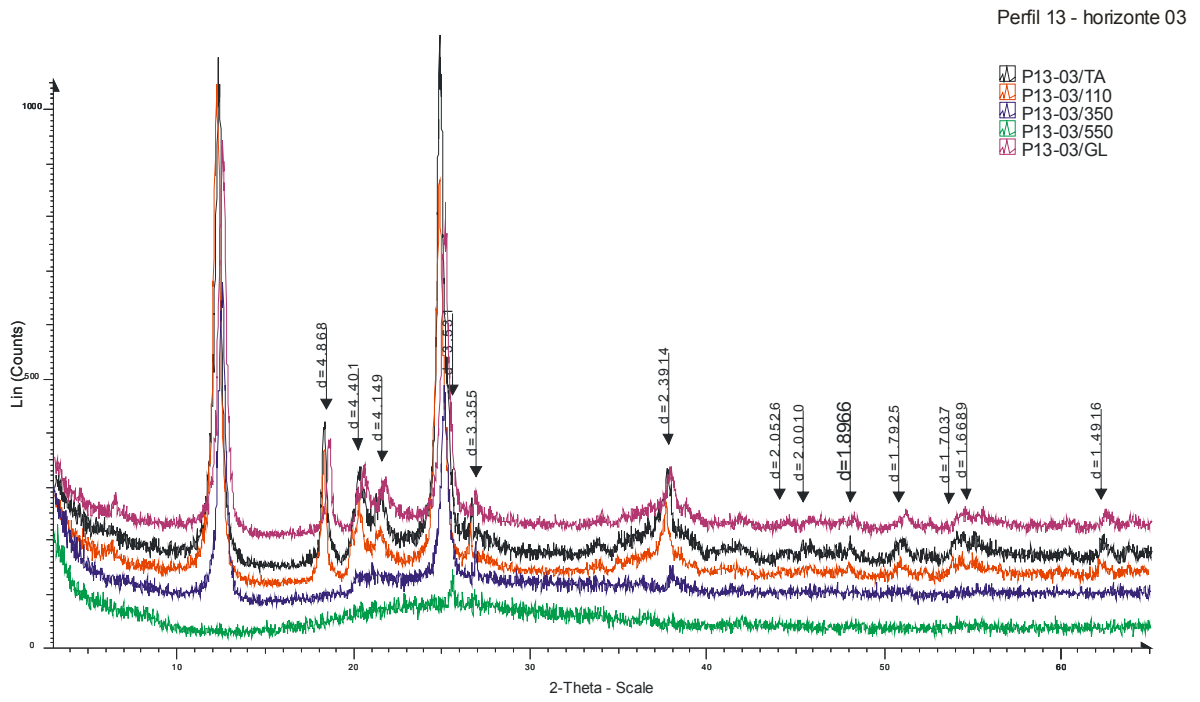


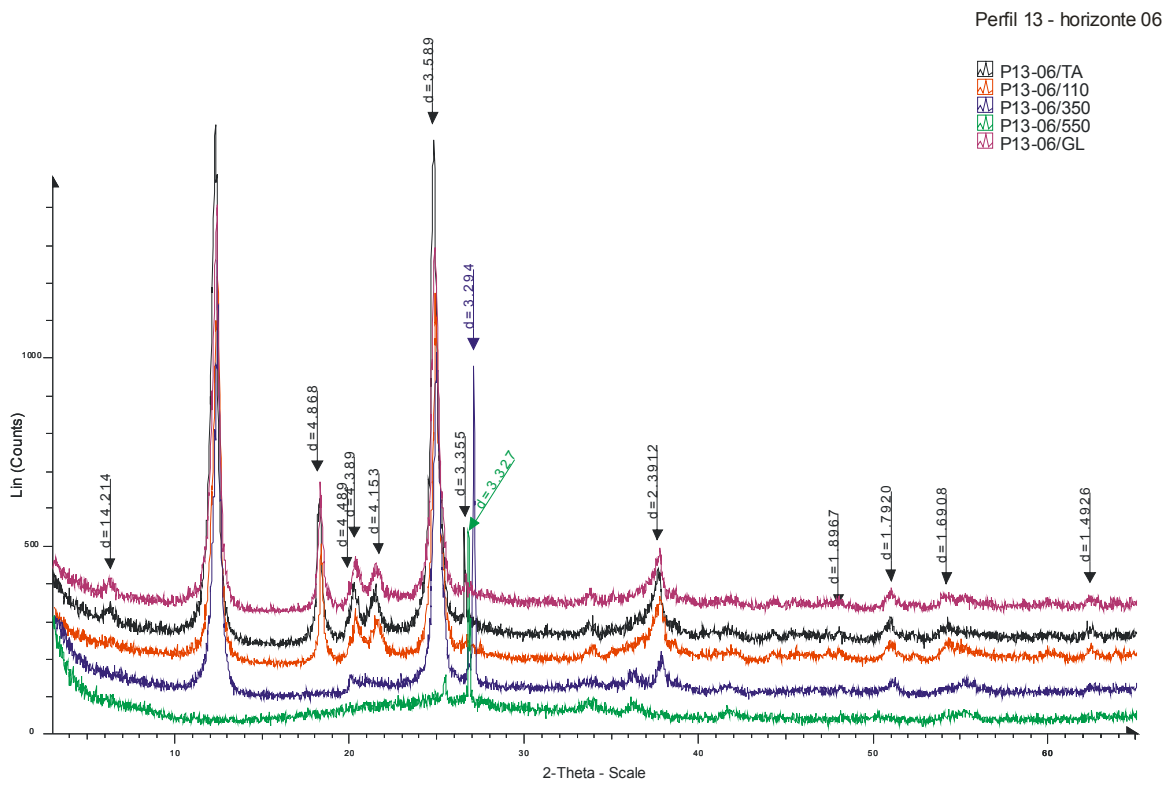
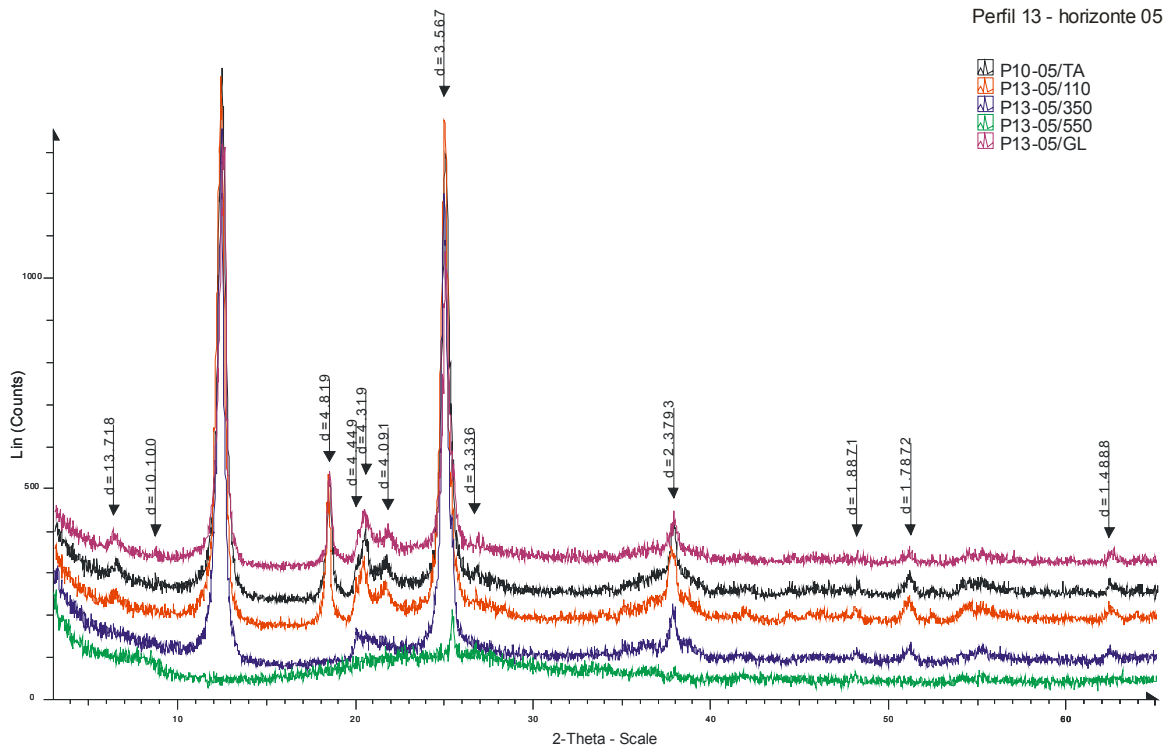


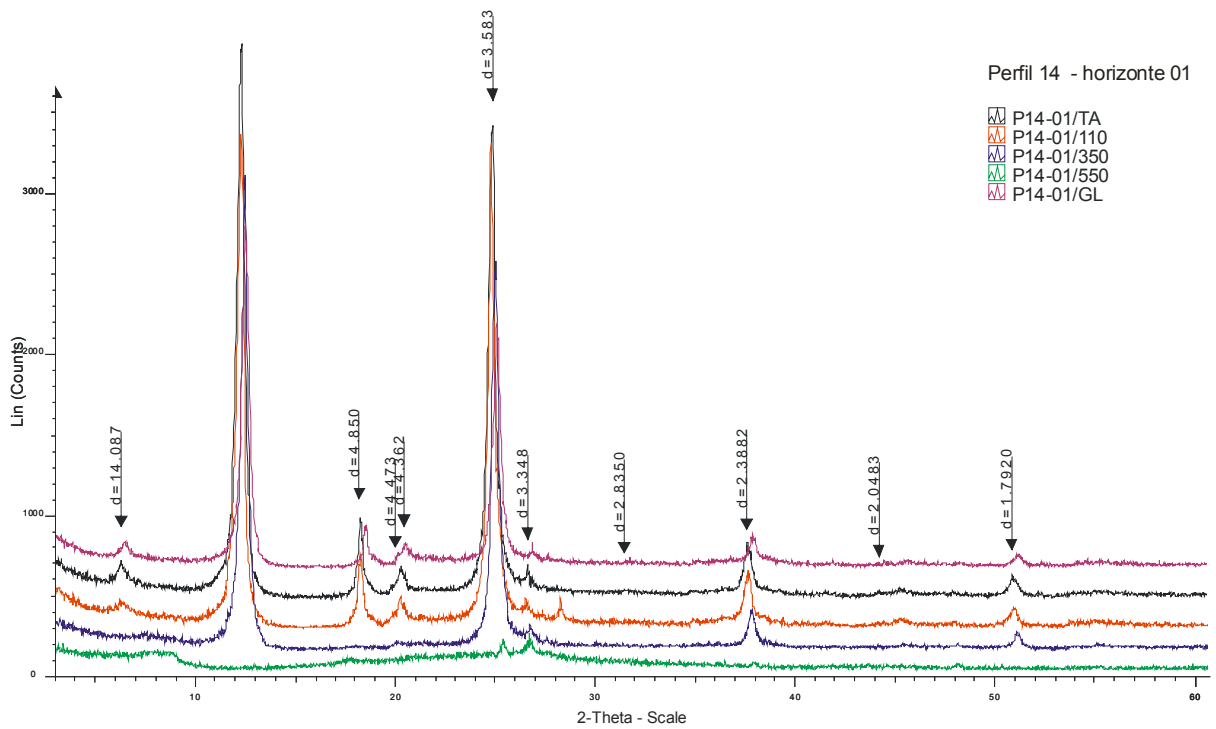
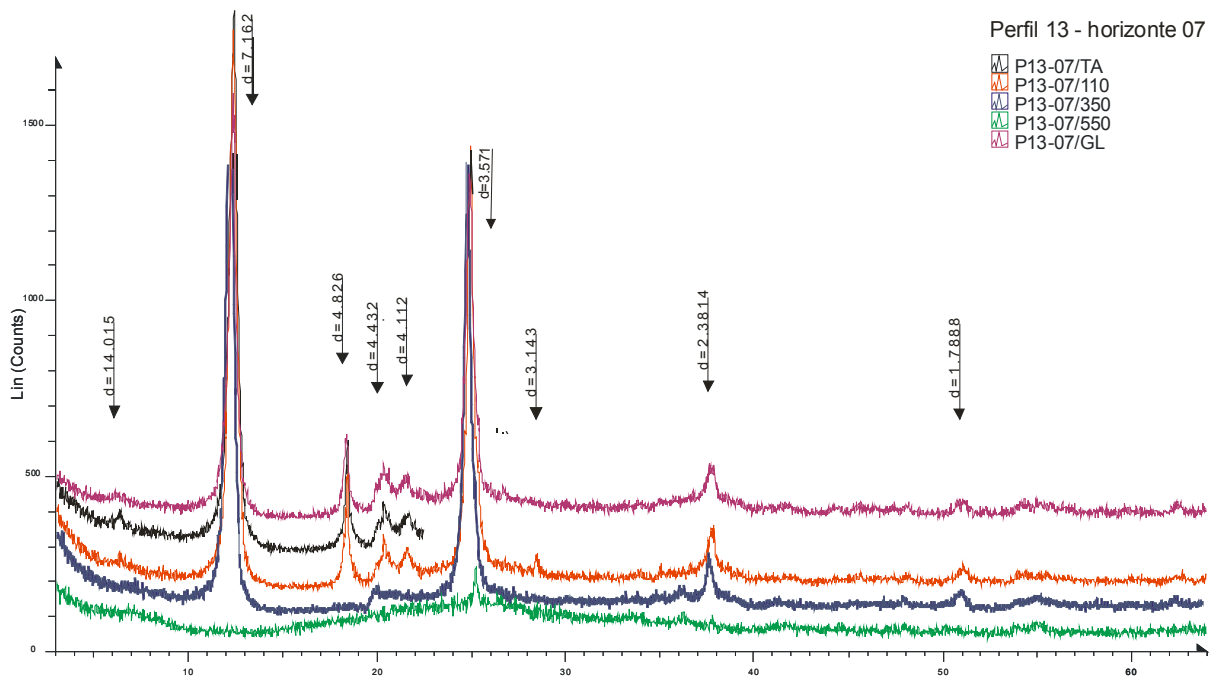


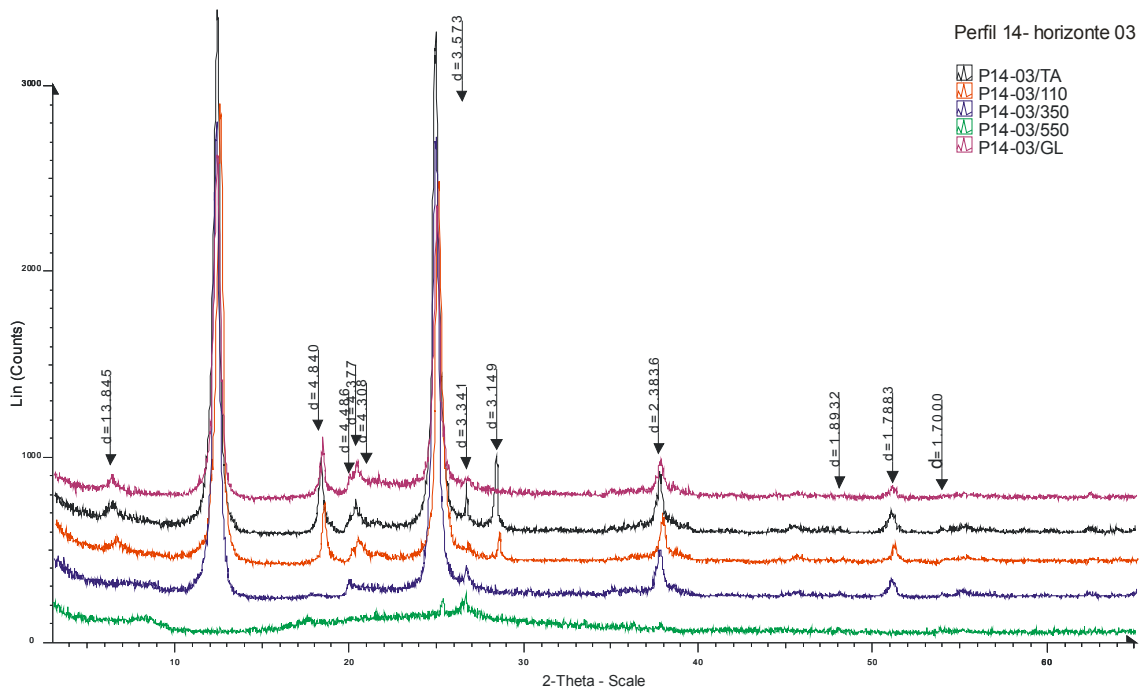
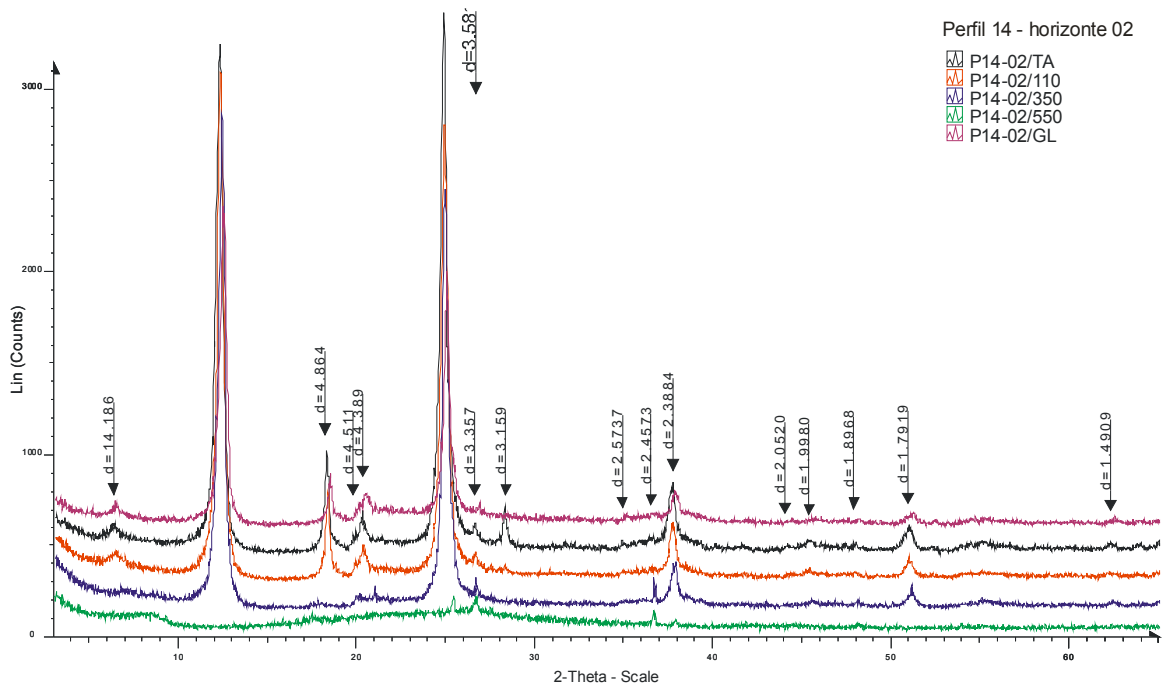


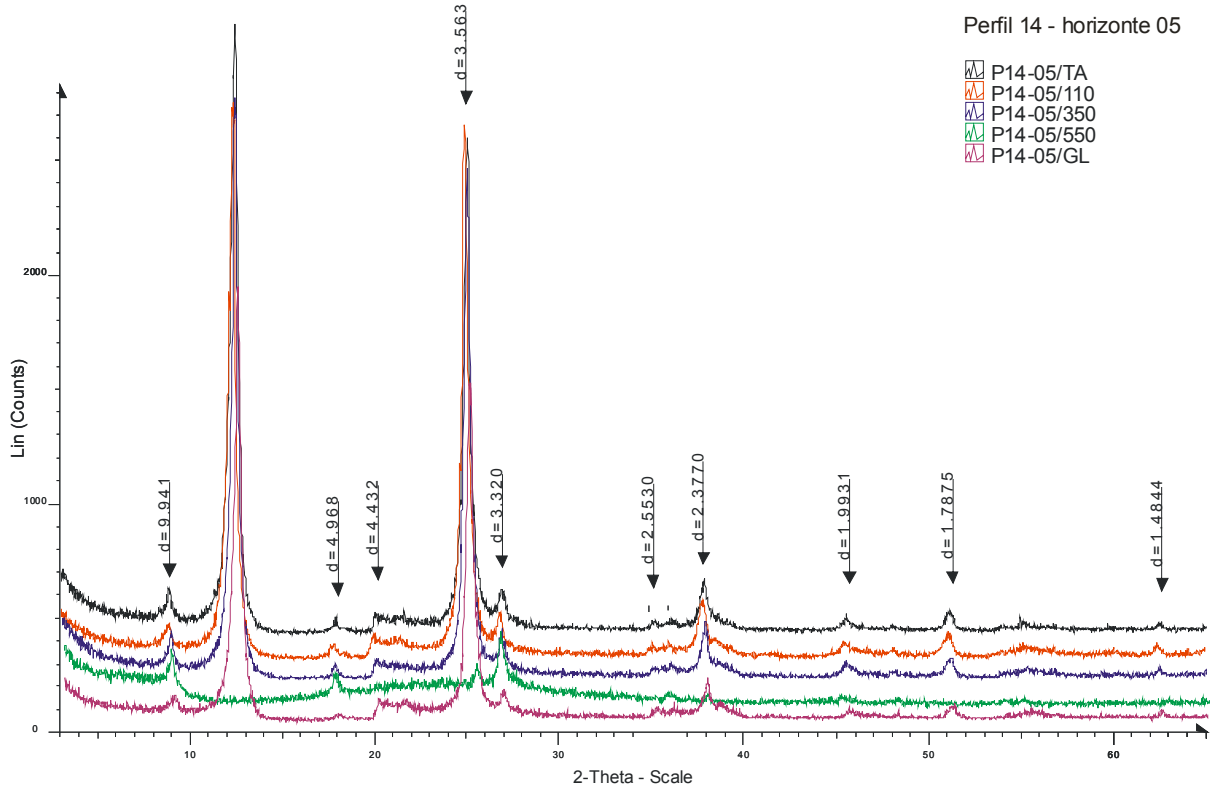
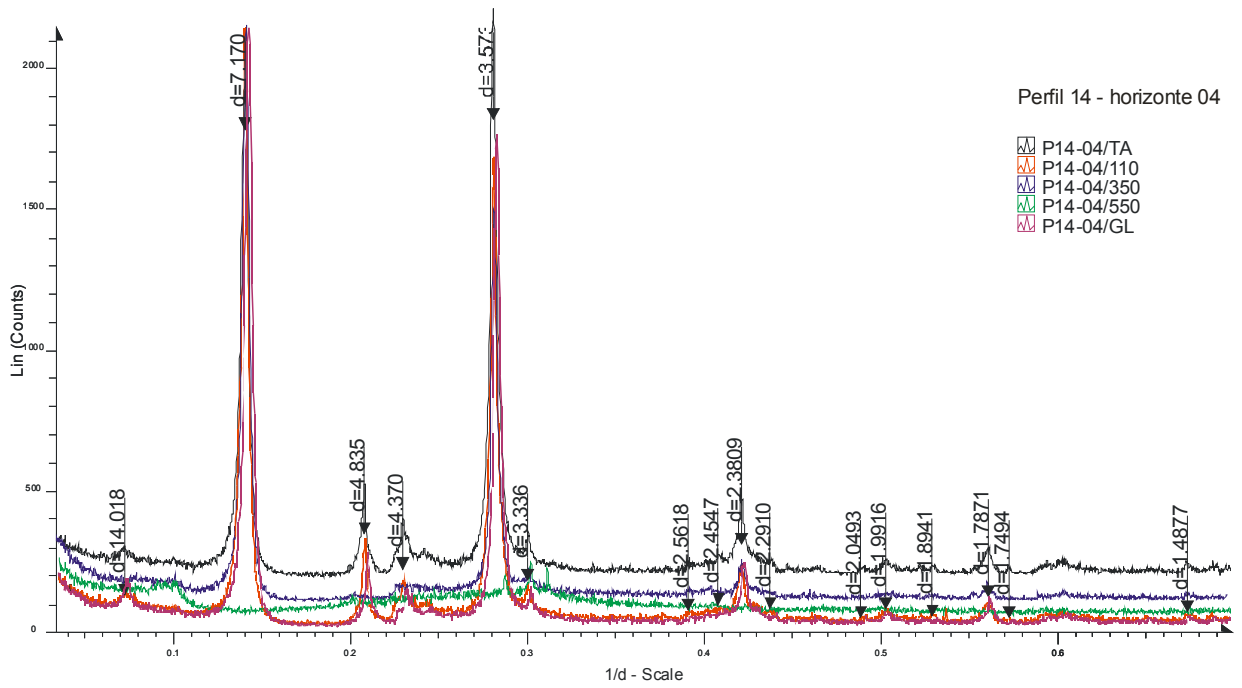


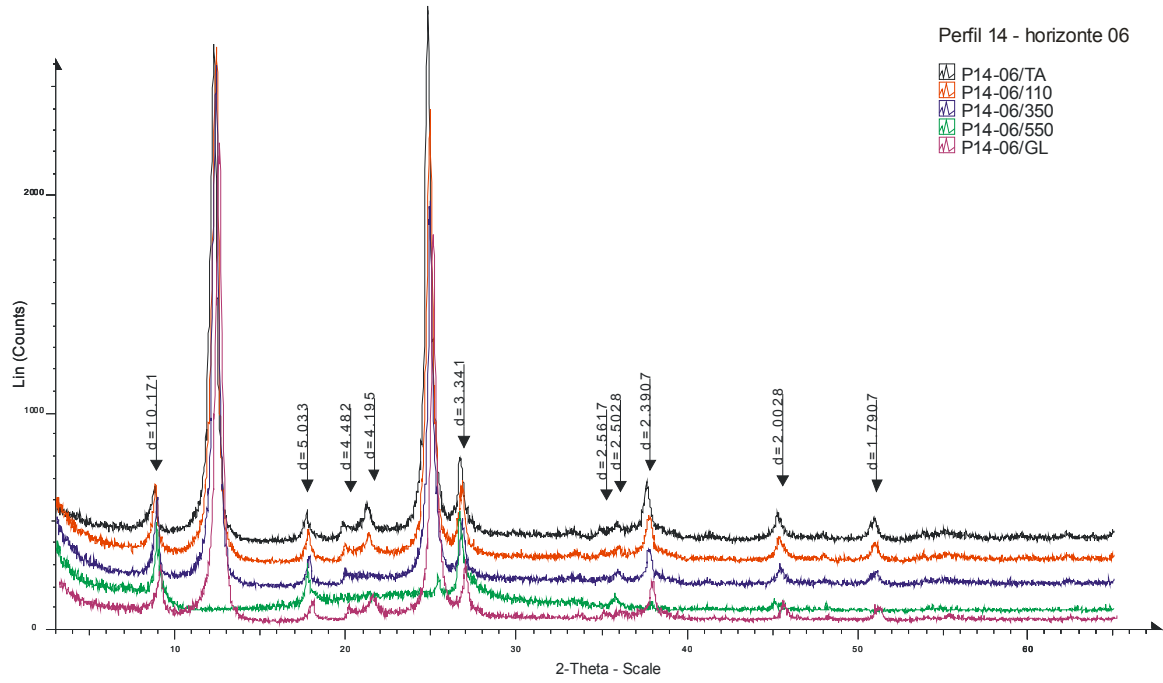






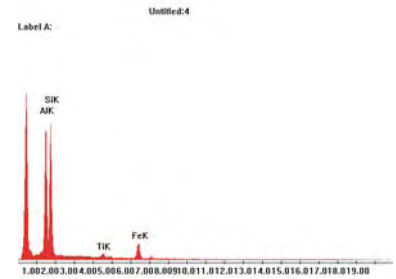
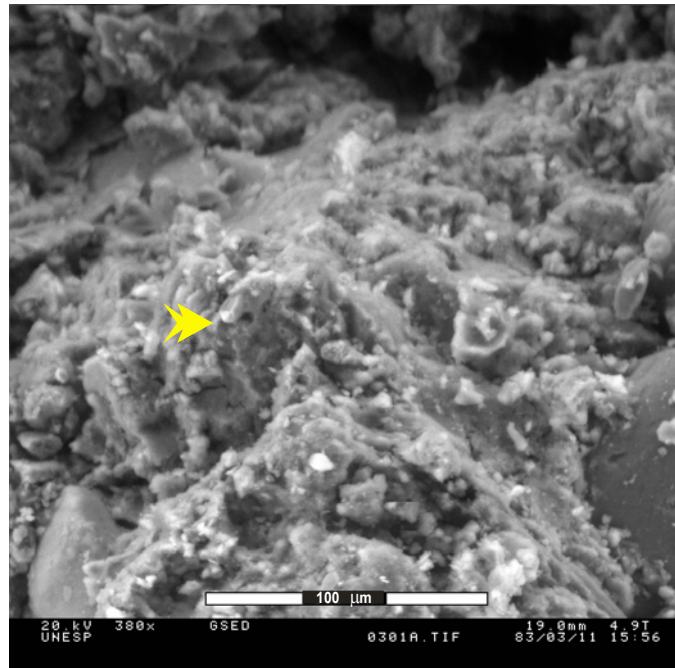




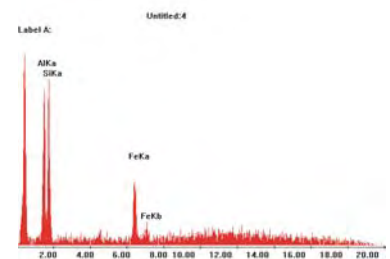
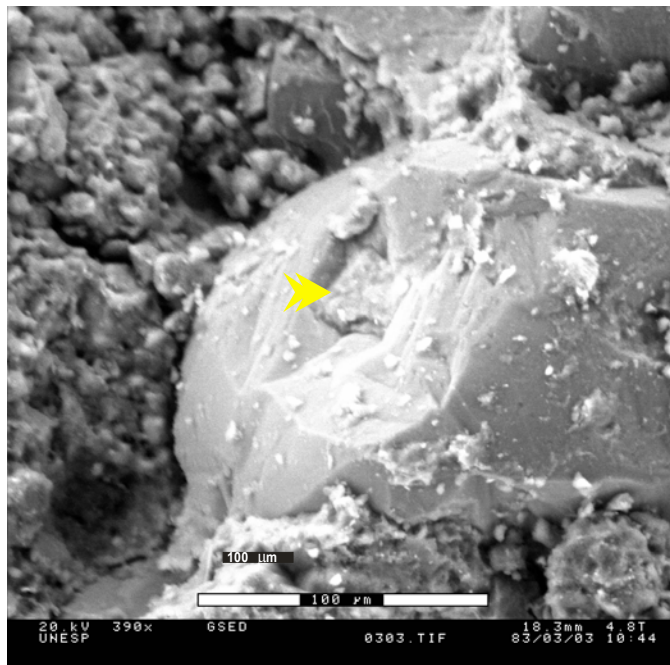


ANEXO 3

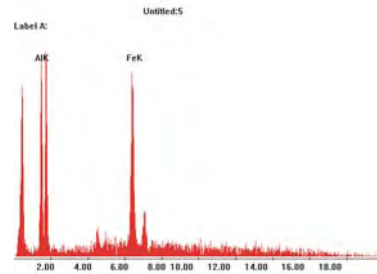
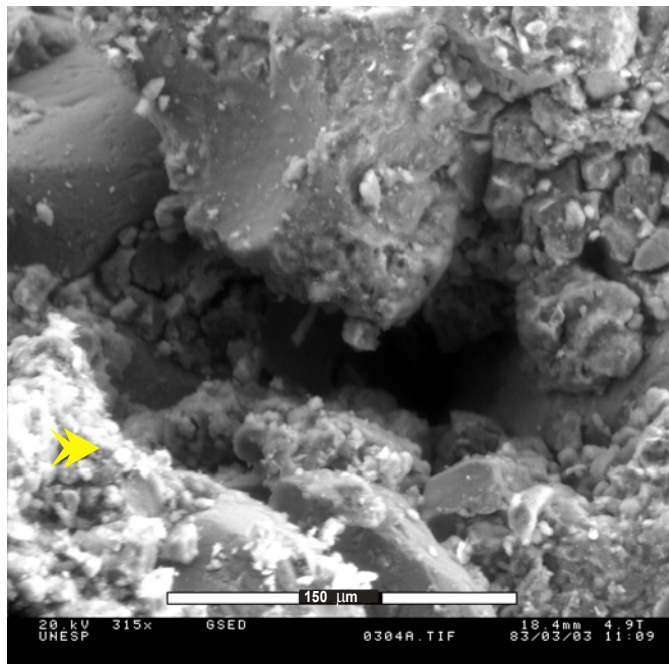
Anexo 3. Imagens de Microscopia Eletrônica de Varredura e EDS dos horizontes dos perfis de solos analisados



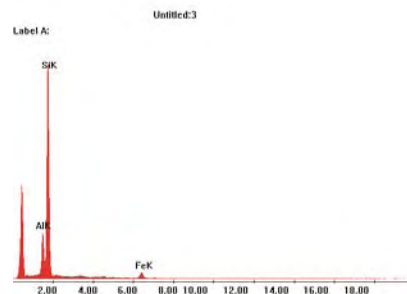
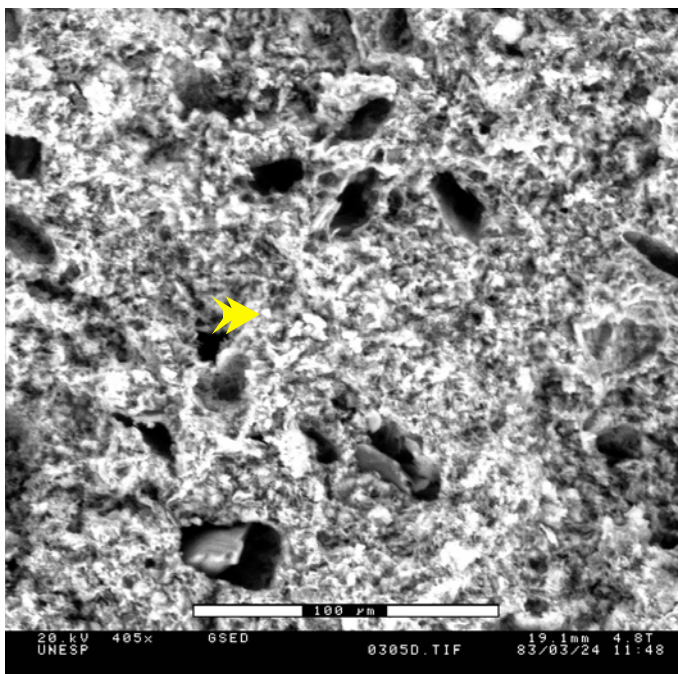
- Elevada quantidade de matriz argilosa



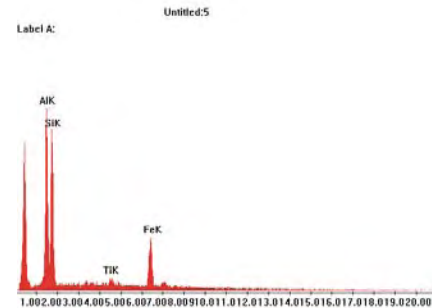
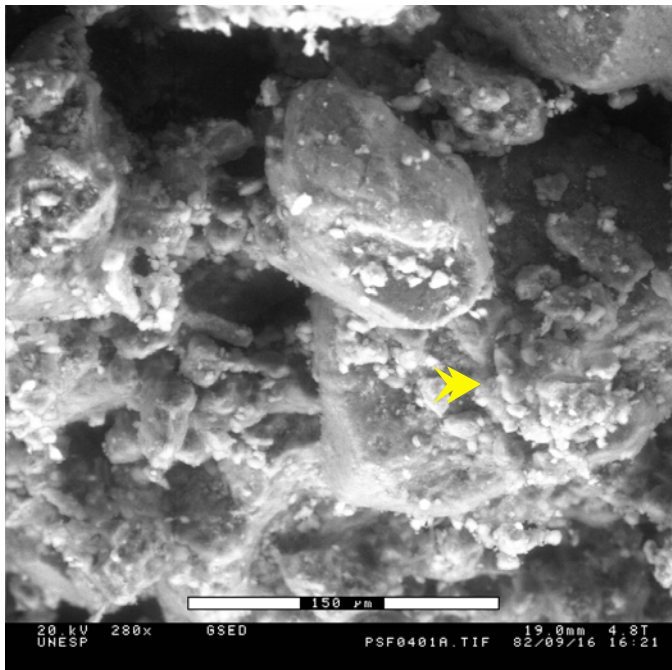
- Argilomineral neoformado preenchendo cavidade de dissolução



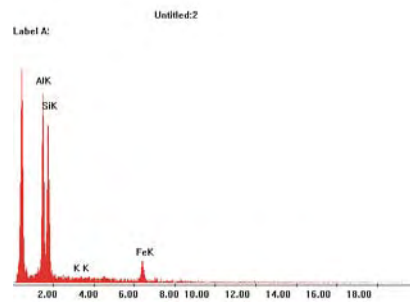
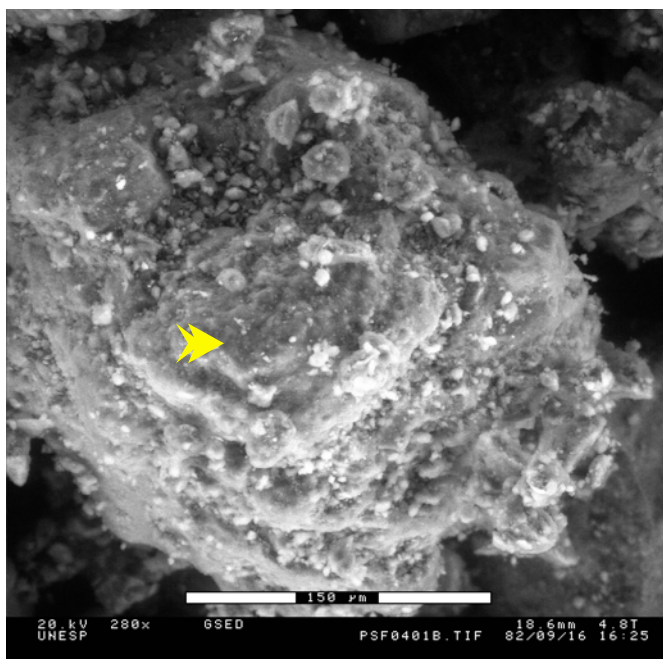
- Argilominerais interestratificados recobrimdo grão de quartzo



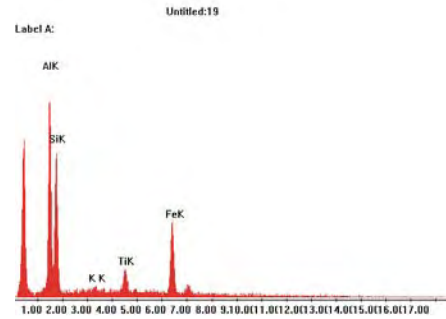
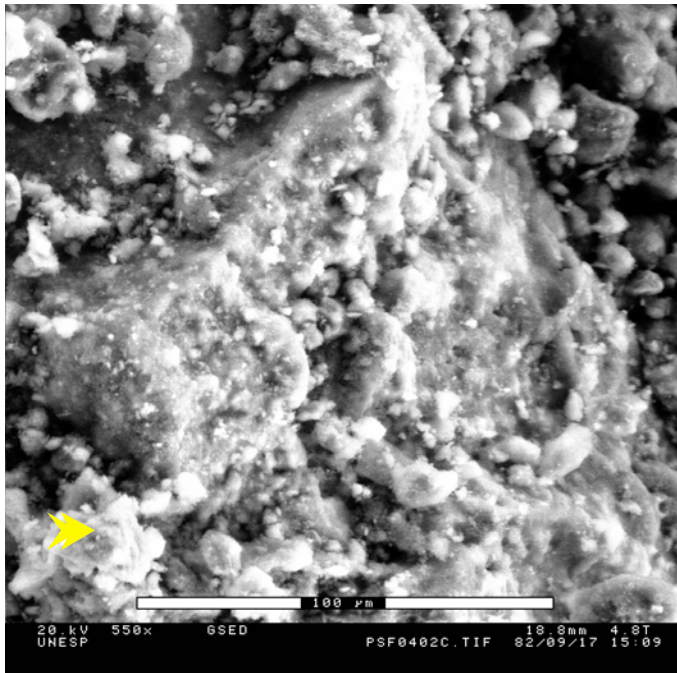
- Elevada quantidade de matriz argilosa



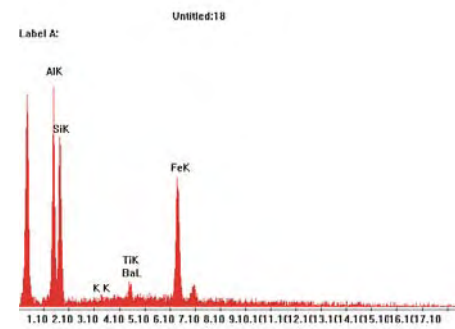
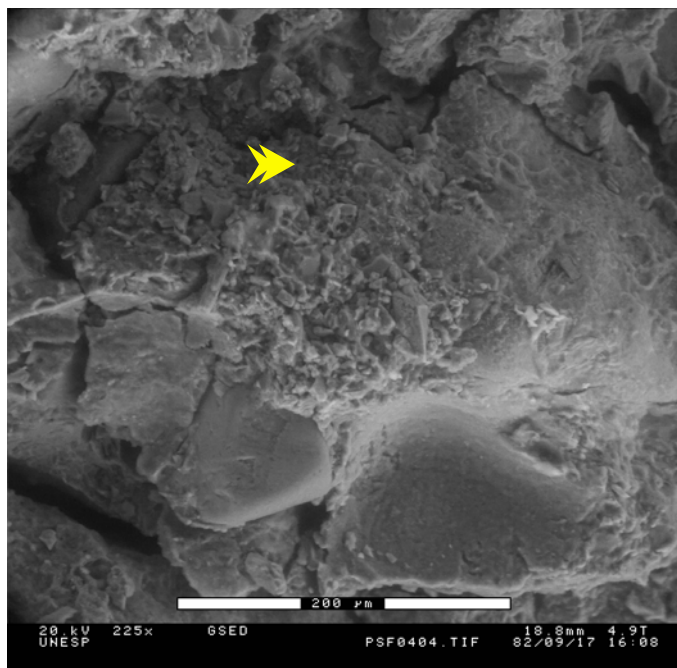
- Grão de quartzo recoberto por matriz argilosa.



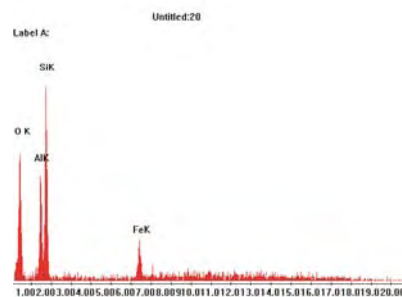
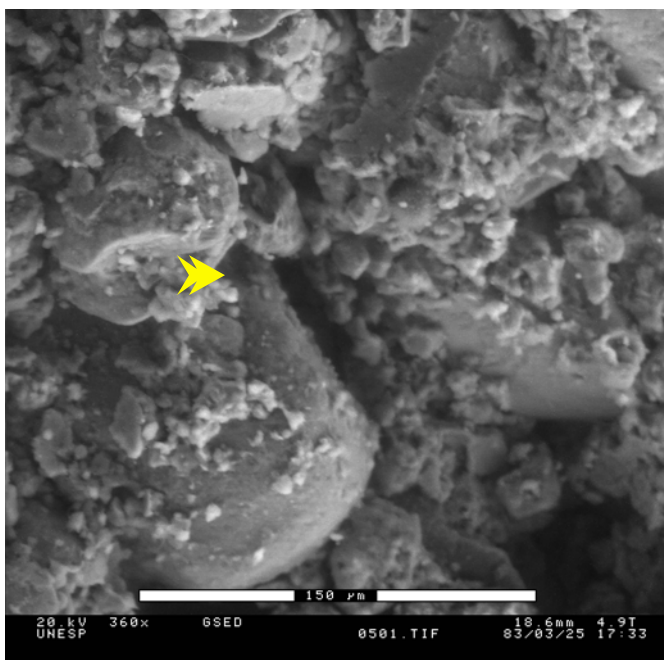
- Argilominerais interestratificados



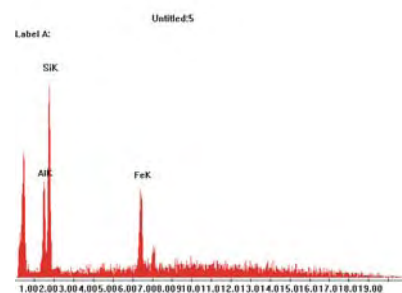
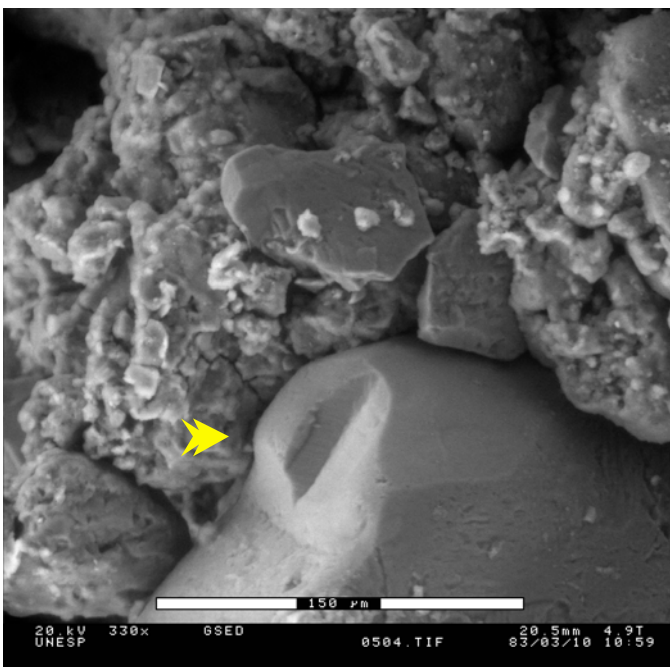
- Caulinitas detríticas



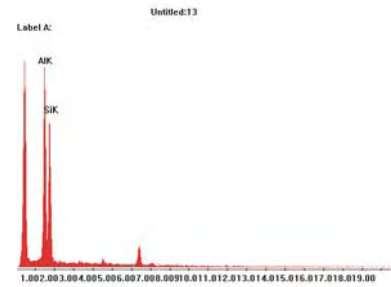
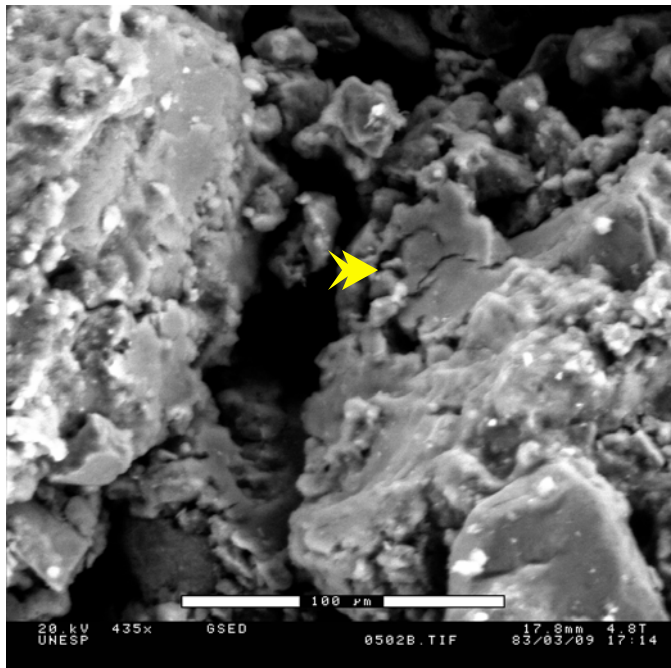
- Interestratificados montmorilonita/ sepiolita



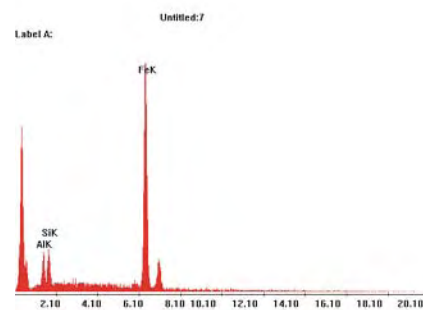
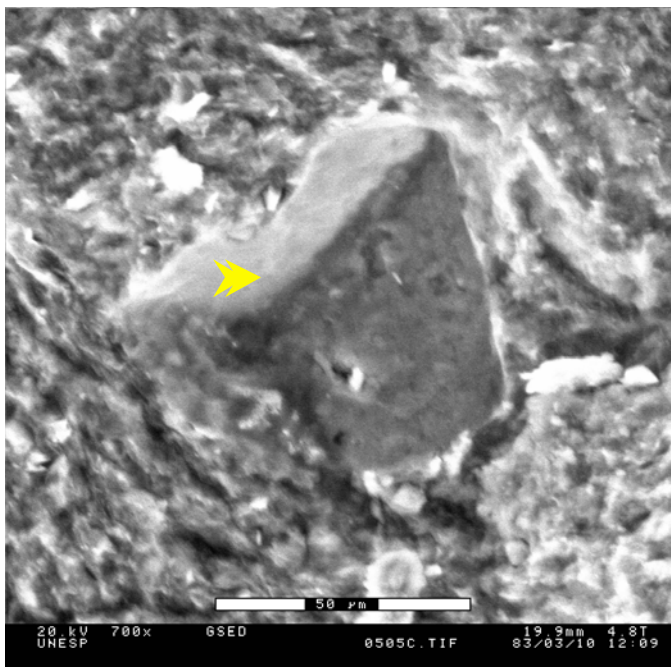
- Grãos de quartzo mal selecionados e fraturados



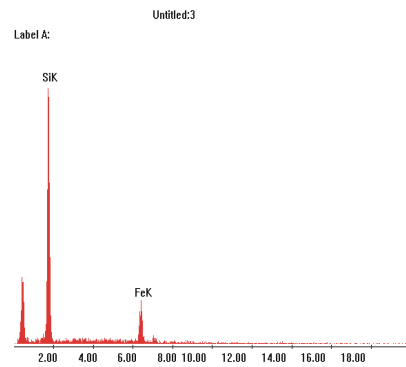
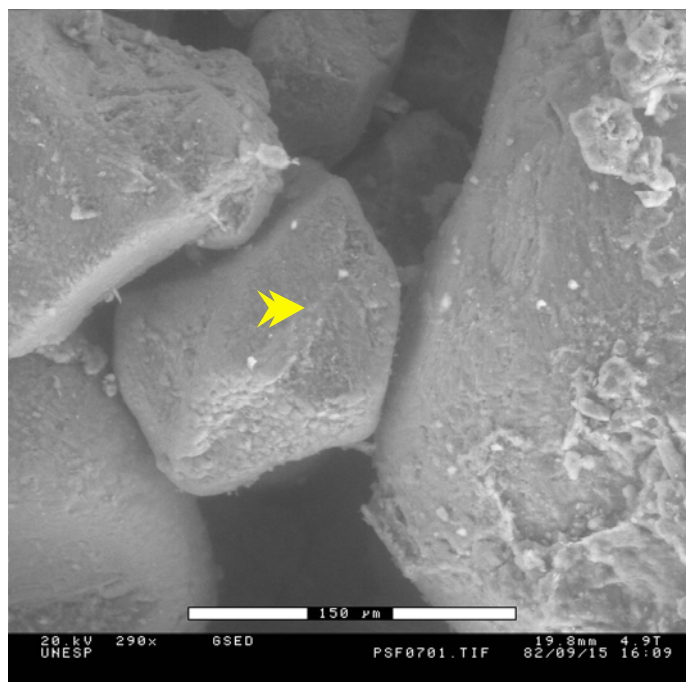
- Grão de quartzo fraturado envolto em matriz refugiosa



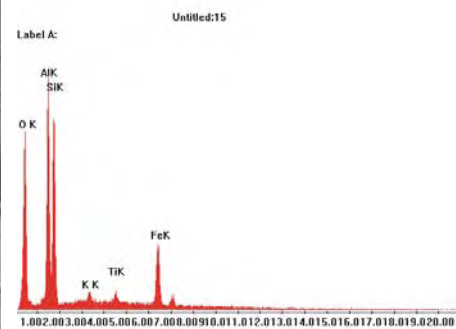
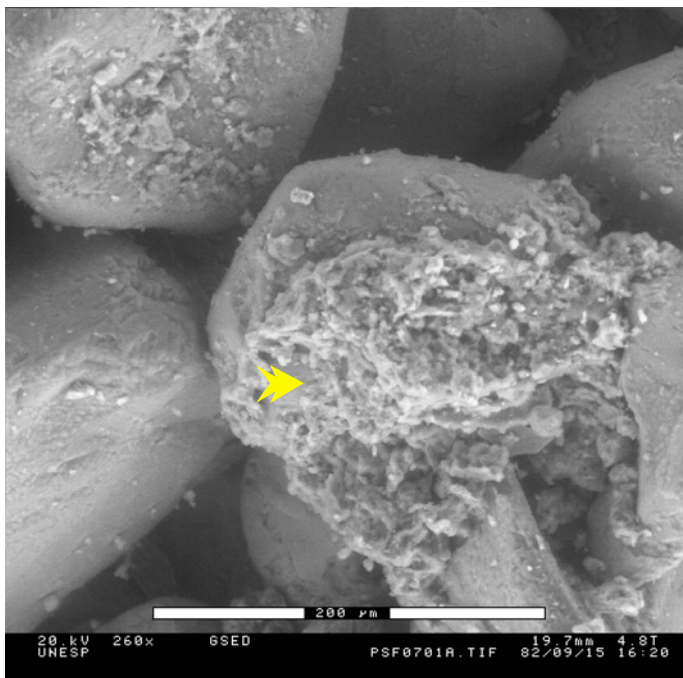
Caulinitas detríticas



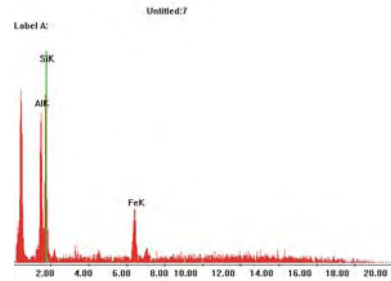
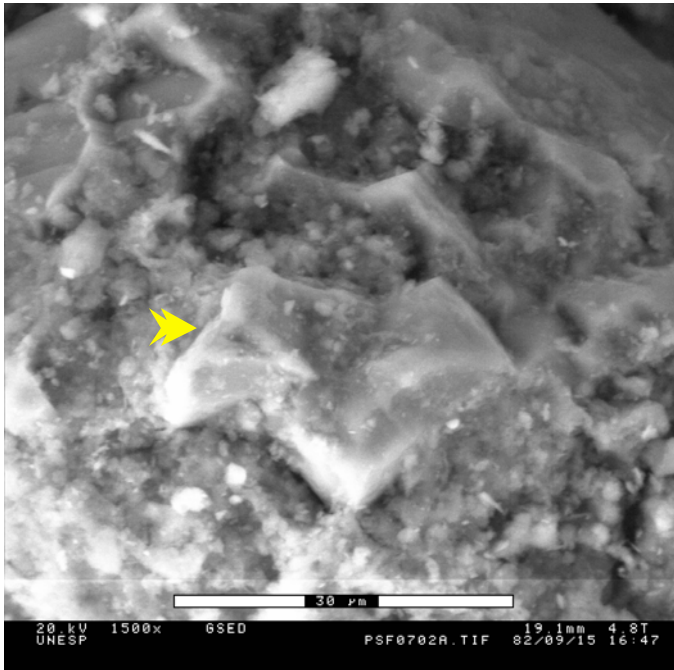
- Fragmento de laterita



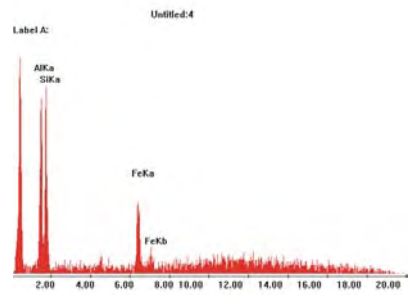
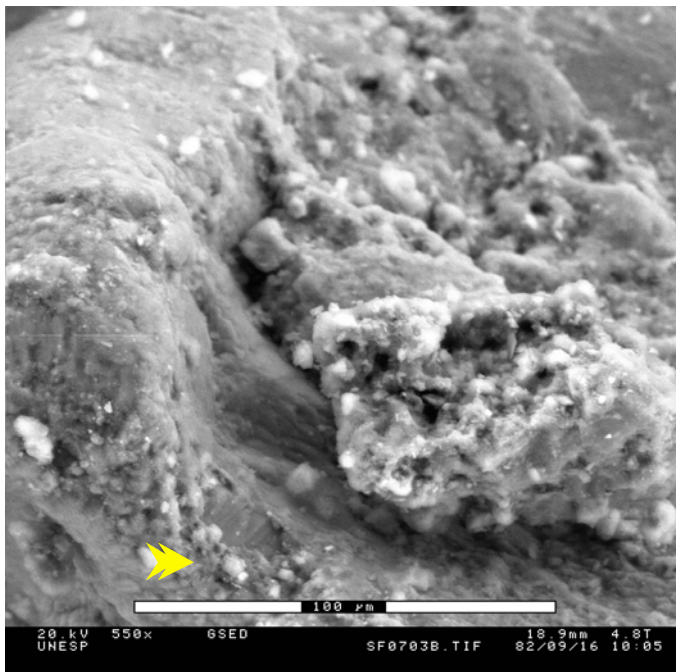
- Gibsitas detriticas



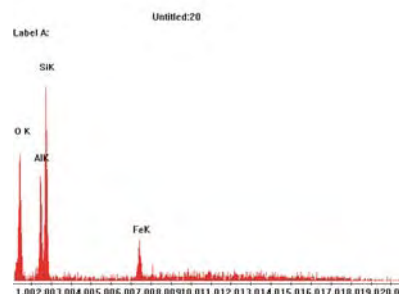
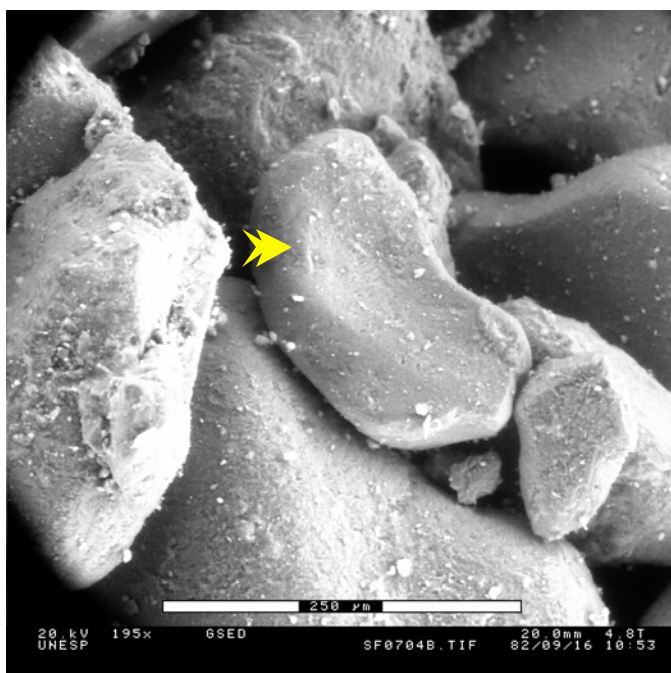
Interestratificados esmectíficos



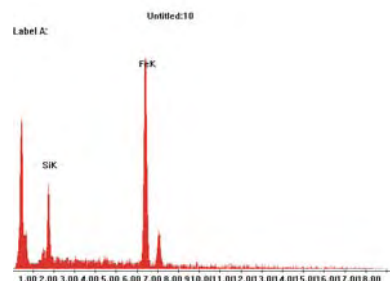
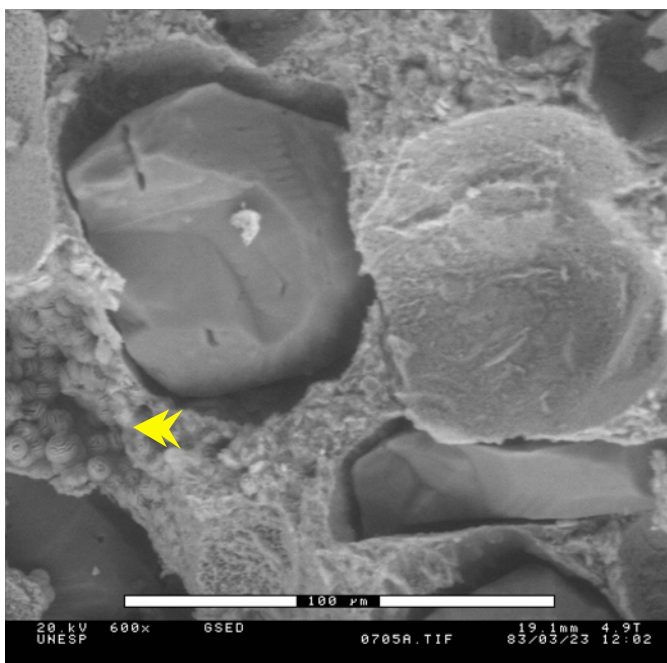
- Caulinita autigênica



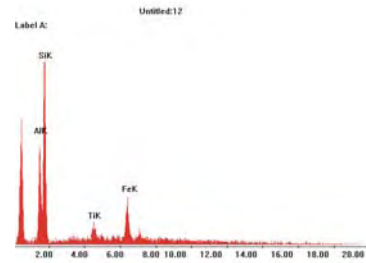
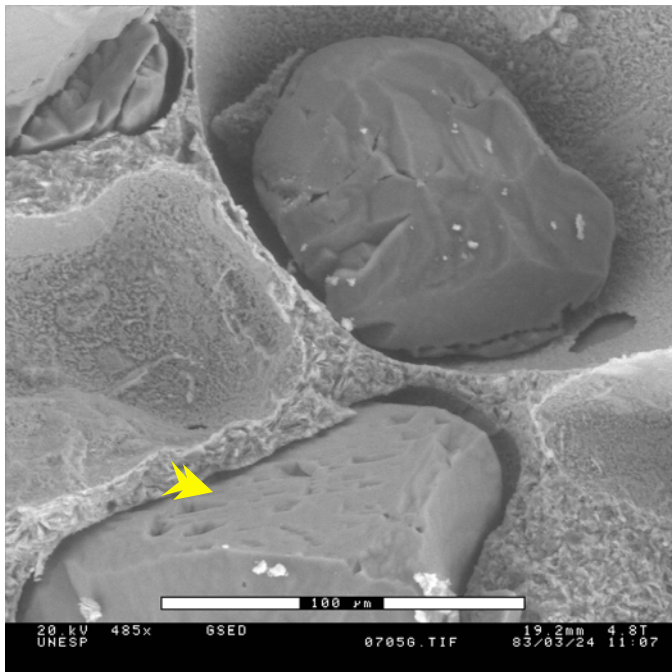
- Caulinitas neofornadas



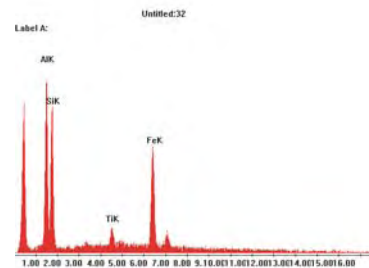
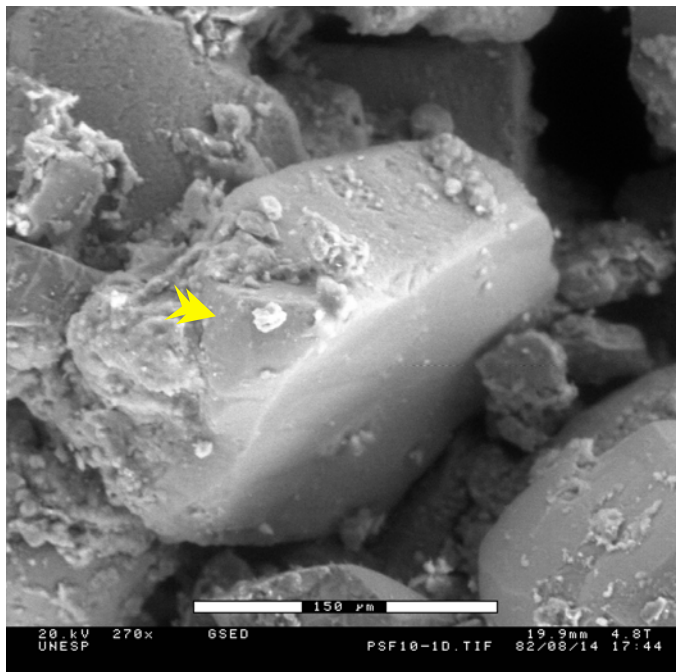
- Grãos de quartzo parecem “soltos”



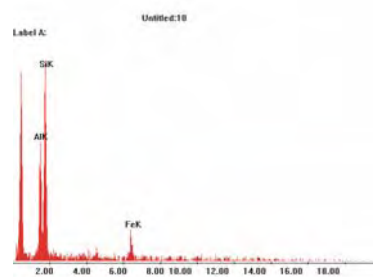
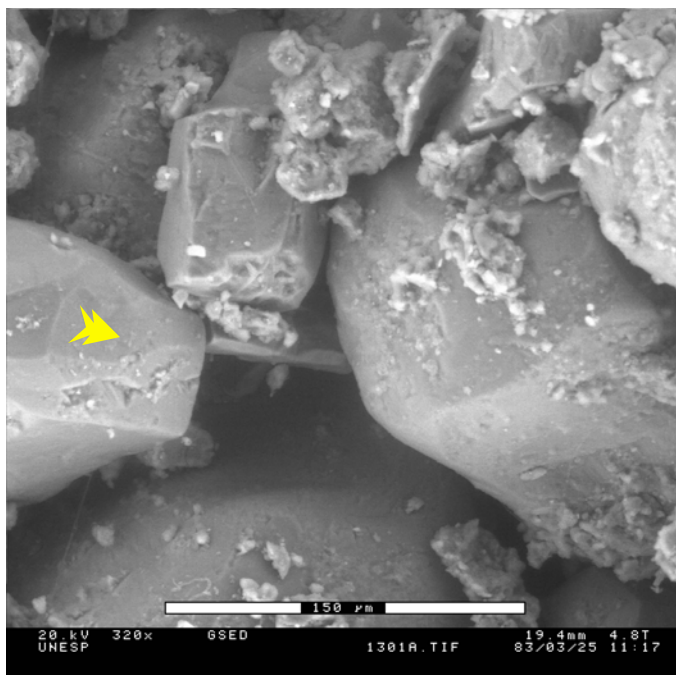
- Rosáceas de Hematita



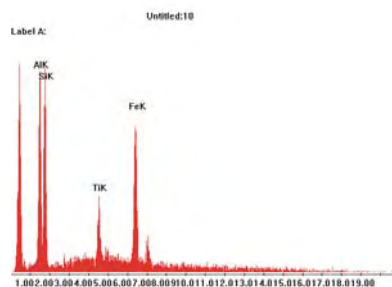
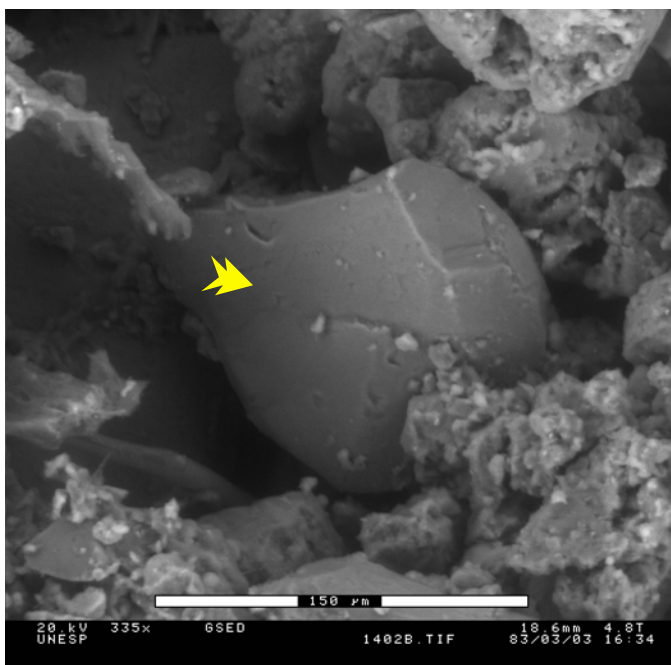
Figuras de dissolução em grão de quartzo



- Recrescimento de grão de quartzo



- Grãos de quartzo mal selecionados



- Grãos de quartzo facetados