



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA

---

TÚLIO ROBERTO PAVELHÃO

**CARACTERIZAÇÃO DOS SOLOS NA ÁREA DO  
ASSENTAMENTO “BANCO DA TERRA” (FAZENDA  
AKOLÁ), LONDRINA (PR)**

---

Londrina  
2010

TÚLIO ROBERTO PAVELHÃO

**CARACTERIZAÇÃO DOS SOLOS NA ÁREA DO  
ASSENTAMENTO “BANCO DA TERRA” (FAZENDA  
AKOLÁ), LONDRINA (PR)**

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado em Geografia – Dinâmica Espaço Ambiental, Universidade Estadual de Londrina, como um dos requisitos necessários para a obtenção do título de mestre.

Orientador:  
Prof. Dr. José Paulo Peccinini Pinese

Londrina  
2010

**Catálogo elaborado pela Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca  
Central da Universidade Estadual de Londrina.**

**Dados Internacionais de Catalogação -na - Publicação (CIP)**

P337c Pavelhão, Túlio Roberto.  
Caracterização dos solos na área do assentamento "Banco da Terra" (Fazenda Akolá), Londrina (PR) / Túlio Roberto Pavelhão. – Londrina, 2010.  
135 f. : il.

Orientador: José Paulo Peccinini Pinese.

Dissertação (Mestrado em Geografia) Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Geografia, 2010.  
Inclui bibliografia.

1. Geomorfologia – Teses. 2. Solos – Manejo – Teses. 3. Solos – Classificação – Teses. 4. Solo – Uso – Teses. 5. Assentamentos rurais – Teses. I. Pinese, José Paulo Peccinini. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Exatas. Programa de Pós-Graduação em Geografia. III. Título.

CDU 911.2:551.4

TÚLIO ROBERTO PAVELHÃO

**CARACTERIZAÇÃO DOS SOLOS NA ÁREA DO ASSENTAMENTO  
“BANCO DA TERRA” (FAZENDA AKOLÁ), LONDRINA (PR)**

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado em Geografia – Dinâmica Espaço Ambiental, Universidade Estadual de Londrina, como um dos requisitos necessários para a obtenção do título de mestre.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Orientador Prof. Dr. José Paulo Peccinini Pinese

---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Nilza Aparecida Freres Stipp

---

Prof. Dr. Nelson Vicente Lovatto Gasparetto

Londrina, 2010.

## **DEDICATÓRIA**

*A Deus, por ter aberto as portas e mostrado o  
caminho. ...*

*À natureza que me deu a oportunidade e os meios  
necessários para eu concluir este trabalho...*

*À minha esposa Augusta, aos meus netos e aos  
pais deles...*

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, à natureza e aos meus pais que me possibilitaram a vida.

Ao Prof. Dr. José Paulo Peccinini Pinese pela amizade e orientação.

Aos Servidores da Universidade Estadual de Londrina, em especial aos do Centro de Ciências Exatas, pela oportunidade de fazer o curso.

Aos Amigos e Professores, Doutorando Francisco Carlos Mainardes da Silva, Dr. Antenor Zanardo e Doutorando Luiz Carlos Reis, que a partir dos dados obtidos nos ajudaram a escrever esta dissertação.

Aos Amigos e Professores, Dr. Luiz Guilherme Sachs, Me. Gilberto Demétrio, Dra. Teresinha Esteves da Silveira Reis, Me. Eurípedes Bonfim Rodrigues e Ma. Maria Aparecida Valério pelo apoio técnico dado às atividades do curso e ao presente trabalho.

Aos Funcionários e Acadêmicos da UENP, em especial aos do Campus Luiz Meneghel, Aparecida Taguti, Esmeralda A. S. Garcia, Vinicius Rodrigues Silva, Micael Mercadante, Gabriel Laino Martinelli, Maria Bernadete Justo, Cássio Nunes e Thales E. Ferreira Borelli pela ajuda durante esses anos e para que este trabalho fosse concretizado.

Aos Servidores da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, em especial aos do Departamento da Ciência do Solo e, sobretudo aos Professores Dr. Celso Augusto Clemente, Dr. Antonio Carlos de Azevedo e ao Técnico Leandro Luis Góia pelo auxílio nas análises químicas e mineralógicas.

Aos Colegas e Professores do Curso de Mestrado em Geografia na UEL e, em especial, à Prof<sup>ª</sup> Dra. Nilza Aparecida Freres Stipp pela confiança, amizade e ideias apresentadas.

Aos Professores, Dr. Nelson Vicente Lovatto Gasparetto, Dr. Pedro Rodolfo Vendrame e Ma. Nina Maria Silva Risso pelas mudanças sugeridas.

Ao Me. Paulo Mrtvi e aos assentados do “Banco da Terra”, em especial à família do Senhor Durval pela atenção e disponibilização da área de estudo.

Aos integrantes da minha família, da família Dias, em especial ao Santo, Hilário, Paulo, Pedro, Francisco (Chico) e José Carlos pela valiosa ajuda que me proporcionaram e ao Dr. Adilson Matheus e família pelo incentivo.

Ao Dr. Ademar Dias Matheus, à Fabiane K. Pelegrini Matheus e aos meus netos, em especial ao Caio que eu estou amando, pela constante companhia.

À Augusta, minha esposa, que eu também amo, pelo apoio durante esses anos.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

*Quando não se pode voltar, só devemos  
ficar preocupados com a melhor maneira  
de seguir em frente.*

De: *O Alquimista*

Paulo Coelho

PAVELHÃO, Túlio Roberto. **Caracterização dos solos na área do assentamento “Banco da Terra” (Fazenda Akolá), Londrina (PR), 2010, 135f.** Dissertação do Mestrado em Geografia – Dinâmica Espaço Ambiental – Universidade Estadual de Londrina, Londrina.

## RESUMO

O presente estudo objetiva contribuir no incremento do banco de dados do meio físico e possibilitar inferências utilizáveis no manejo dos solos presentes na área do assentamento “Banco da Terra” (Fazenda Akolá), Londrina, Paraná, onde 42 famílias residem e trabalham. Para tanto, escolheu-se uma sequência de solos com comprimento de rampa de aproximadamente 650 metros e 10 % de declividade média. Inicialmente, foram obtidos quatro perfis pedológicos, posicionados no topo de elevação (P1) e nos terços superior, médio e inferior (P2, P3 e P4), respectivamente. Após a divisão dos perfis em seus respectivos horizontes, coletaram-se amostras de solos com estrutura deformada de cada uma dessas seções e material de origem do horizonte Cr dos perfis P2 e P4; em seguida, os perfis dos solos foram descritos morfologicamente. As amostras de cada horizonte foram submetidas às análises físicas, químicas e mineralógicas e os materiais de origem foram descritos meso e microscopicamente. Os resultados obtidos comprovaram ser o basalto da Formação Serra Geral a rocha de origem dos solos da sequência. Os difratogramas de raios X da fração argila desferrificada dos horizontes B de todos os perfis, acusaram o predomínio de caulinita seguido de gibbsita e raros cristais de clorita e/ou vermiculita dioctaedral (aluminosa) e quartzo. As fotomicrografias da fração areia muito fina, mostraram no geral, um predomínio de minerais opacos (magnetita, ilmenita, hematita/maghemita e goethita), raros grãos de quartzo detrítico, anatásio, zircão, turmalina e argilominerais com ou sem impregnação de óxidos/hidróxidos de ferro; não foi constatado na fração areia muito fina a presença de minerais facilmente intemperizáveis (e.g, plagioclásios); as relações molares Ki e Kr apresentaram valores que indicam ser crescente o grau intempérico dos solos no sentido jusante-montante (P4 – P3 – P2 – P1) e decrescente em profundidade para todos os perfis. As correlações com maior significância positiva são: profundidade do perfil x grau de flocculação; matéria orgânica x Capacidade de Troca Catiônica (CTC); matéria orgânica x saturação por bases; e as que se mostraram de maior significância negativa são: profundidade do perfil x argila dispersa em água; profundidade no perfil x matéria orgânica; profundidade x Capacidade de Troca Catiônica do perfil. A partir das características apresentadas pelos perfis amostrados, os solos foram classificados pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) da seguinte forma: o perfil P1 revelou-se ser um LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico típico e os perfis P2, P3 e P4, por sua vez, foram classificados como NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico típico. Tais características são indicativas de solos propícios à atividade agrícola para os assentados do ‘Banco da Terra’, fornecendo renda familiar a essa população. Embora, os dados obtidos venham auxiliar o planejamento agrícola e o início das tomadas de decisão, recomendam-se estudos posteriores acerca do manejo correto desses solos para um melhor aproveitamento do seu uso e conseqüentemente sustentabilidade ambiental e econômica.

**Palavras-chaves:** Classificação. Difratogramas de raios X. Caulinita. Serra Geral.

PAVELHÃO, Túlio Roberto. **Characterization of soils on area of settlement "Banco da Terra" (Fazenda Akolá), Londrina (PR), 2010, 135f.** Master's thesis in Geography - Environmental Dynamics Area - Universidade Estadual de Londrina, Londrina.

### ABSTRACT

This work had the purpose to contribute on improving database of physical site to enable useable inferences on soils managements of "Banco da Terra" settlement (Fazenda Akolá), Londrina, Paraná State, where 42 families live and work. It was chosen soil sequencies with stage length for about 650 m and 10% of medium slope. Firstly, it were obtained four soil profiles, set on top elevation (P1) and on thieds at upper, medium and lower parts (P2, P3 and P4) respectively. After these, it were collected soul samples with deformed structures on each section and original materials of horizon Cr from profiles P2 and P4. In sequence soil profiles were morphologically described. Samples from horizon were submitted to physical, chemical and mineralogical analysis and original materials were described meso and microscopically. Obtained results proved to be basalt from "Formação Serra Geral", the rock of soil sequencies. X-ray diffraction, used on clay fraction, without iron, of B horizon at all profiles showed predominance of kaolinite and gibbsite, followed by rare crystals of chlorite and/or dioctaedral vermiculite (alumina) and quartz. Photomicrographs of very fine sand fraction, generally showed a predominance of opaque minerals (magnetite, ilmenite, hematite/maghemite and goethite), rare detrital grains of quartz, anatase, zircon, tourmaline and clay minerals, with or without impregnation of oxides/hydroxides of iron. It was not observed in very fine sand fraction, the presence of easily weathered minerals (e.g. plagioclase). Molar ratios showed Ki and Kr values, indicating to be crescent the soil weathering degree on downstream – upstream directions (P4 – P3 – P2 – P1), and decreasing in depth at all profiles. Most significant positive correlations were: depth profile x flocculation; organic matter x Cation Exchange Capacity (CEC); organic matter x base saturation. Those ones that showed higher negative significance were: depth profile x clay on dispersed water; depth profile x organic matter; depth x CEC of profile. From presented characteristics by sample profiles, soils were classified, by Brazilian System of Soil Classification (SiBCS), as following: P1 profile is a typical Oxisol and P2, P3 and P4 profiles, Alfisol Eutradox. Such characteristics are indicatives of conducive soils for agricultural use by settlers from "Banco da Terra" people, able to offer them amounts of a rent. Although, it is necessary more studies about right management of these soils for a better use with consequently environmental and economical sustainability.

**Key Words:** Classification. X-ray diffraction. Kaolinite. Serra Geral.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1</b> - Localização de Londrina no Estado do Paraná.....	30
<b>Figura 2</b> - Localização da sequência dos perfis dos solos estudados e limites da área.....	31
<b>Figura 3</b> - Foto mostrando as posições dos perfis e afloramento de rochas. ....	33
<b>Figura 4</b> - Grupos de solos do município de Londrina.....	44
<b>Figura 5</b> - Balanço pluviométrico (2008/2009).....	48
<b>Figura 6</b> - Vegetação nativa mostrando dossel alto e plantas emergentes. ....	49
<b>Figura 7</b> - Vegetação ribeirinha mostrando dossel mais baixo.....	51
<b>Figura 8</b> - Residência em um dos lotes do assentamento.....	51
<b>Figura 9</b> - Plantação de citros em lote do assentamento .....	53
<b>Figura 10</b> - Plantação de citros consorciada com cará.....	54
<b>Figura 11</b> - Pequena estufa para produção de hortaliças .....	54
<b>Figura 12</b> - Açudes destinados à piscicultura .....	55
<b>Figura 13</b> - Aração do solo com tração animal.....	55
<b>Figura 14</b> - Área de preservação permanente vegetada .....	56
<b>Figura 15</b> - Vista da área de Reserva legal preservada .....	57
<b>Figura 16</b> - Corte de estrada na fazenda Akolá.....	58
<b>Figura 17</b> - Fotomicrografia exibindo o aspecto textural formado por plagioclásio (ripas claras), piroxênios (relevo alto e cor esverdeada), opacos (pretos) e vidro desvitrificado intersticial (material castanho a marrom). Imagem obtida com luz polarizada e polarizadores descruzados (Horizonte Cr – P4). ....	59
<b>Figura 18</b> - Fotomicrografia exibindo fenocristal de plagioclásio poiquilítico, contendo inclusões de clinopiroxênio; secundariamente material vítreo alterado e bordas praticamente sem inclusões evidenciando zoneamento. Imagem obtida com luz polarizada e polarizadores descruzados (Horizonte Cr – P2).....	61
<b>Figura 19</b> - Fotomicrografia exibindo fenocristal de plagioclásio poiquilítico, contendo inclusões de clinopiroxênio e bordas praticamente sem inclusões evidenciando zoneamento. Na matriz, os pequenos prismas de relevo mais alto correspondem a pigeonita; o material intersticial marrom é vidro desvitrificado e/ou mesóstase; o material preto constitui os minerais opacos; à direita do fenocristal de plagioclásio aparece um pequeno	

	pseudomorfo de olivina. Imagem obtida com luz polarizada e polarizadores descruzados (Horizonte Cr – P4).....	62
<b>Figura 20</b>	- Fotomicrografia exibindo pseudomorfo de olivina bordejado por piroxênio (relevo maior), plagioclásio (branco de relevo menor) e opacos (preto). O material intersticial de cor marrom amarelado de limites difusos trata-se de produto de alteração (argilominerais e hidróxidos de ferro). Imagem obtida com luz polarizada e polarizadores descruzados (Horizonte Cr – P2). .....	63
<b>Figura 21</b>	- Fotomicrografia mostrando amígdalas preenchidas por argilominerais e hidróxidos/óxidos de ferro (ferroargilans). Nota-se o zoneamento concêntrico. Imagem obtida com luz polarizada e polarizadores descruzados (Horizonte Cr – P2). .....	64
<b>Figura 22</b>	- Fotomicrografia destacando o vidro intersticial ou mesóstase (matéria intersticial de cor marrom), acículas de apatita e os minerais opacos (cor preta). Imagem obtida com luz polarizada e polarizadores descruzados (Horizonte Cr – P2). .....	65
<b>Figura 23</b>	- Fotomicrografia apresentando a mesma imagem da figura 22 obtida com polarizadores cruzados (Horizonte Cr – P2). .....	66
<b>Figura 24</b>	- Fotomicrografia apresentando aspecto textural do basalto com destaque para um cristal anedral de augita com granulação pouco maior que a média (porção direita da imagem); cristais tabulares curtos de plagioclásios; cristais opacos e vidro desvitrificado ou mesóstase. Imagem obtida com polarizadores cruzados (Horizonte Cr – P4).....	66
<b>Figura 25</b>	- Seção geopedológica mostrando o posicionamento dos pédons na vertente e acima as representações dos perfis correspondentes. ....	67
<b>Figura 26</b>	- Foto do perfil P1.....	68
<b>Figura 27</b>	- Foto do perfil P2. Figura 28 - Foto do perfil P3.....	72
<b>Figura 29</b>	- Gráfico das correlações selecionadas do perfil P1.....	72
<b>Figura 30</b>	- Gráfico das correlações selecionadas do perfil P2.....	77
<b>Figura 31</b>	- Gráfico das correlações selecionadas do perfil P3.....	77
<b>Figura 32</b>	- Gráfico das correlações selecionadas do Perfil 4. ....	78
<b>Figura 33</b>	- Difratoograma de raios-X da fração argila desferrificada, saturada por K, em horizonte Bw3 do perfil P1. ....	79
<b>Figura 34</b>	- Difratoograma de raios-X da fração argila desferrificada, saturada por Mg, em horizonte Bw3 do perfil P1.....	80

<b>Figura 35</b> - Difratoograma da fração argila glicolada em horizonte Bw3 do perfil P1.....	<b>90</b>
<b>Figura 36</b> - Difratoograma de raios-X da fração argila desferrificada, saturada por K, em horizonte Bt2 do perfil P2. ....	<b>90</b>
<b>Figura 37</b> - Difratoograma de raios-X da fração argila desferrificada, saturada por Mg, em horizonte Bt2 do perfil P2. ....	<b>91</b>
<b>Figura 38</b> - Difratoograma da fração argila glicolada em horizonte Bt2 do perfil P2.....	<b>92</b>
<b>Figura 39</b> - Difratoograma de raios-X da fração argila desferrificada, saturada por K, em horizonte Bt2 do perfil P3. ....	<b>92</b>
<b>Figura 40</b> - Difratoograma de raios-X da fração argila desferrificada, saturada por Mg, em horizonte Bt2 do perfil P3. ....	<b>93</b>
<b>Figura 41</b> - Difratoograma da fração argila glicolada em horizonte Bt2 do perfil P3.....	<b>94</b>
<b>Figura 42</b> - Difratoograma de raios-X da fração argila desferrificada, saturada por K, em horizonte Bt1 do perfil P4. ....	<b>94</b>
<b>Figura 43</b> - Difratoograma de raios-X da fração argila desferrificada, saturada por Mg, em horizonte Bt1 do perfil P4. ....	<b>95</b>
<b>Figura 44</b> - Difratoograma da fração argila glicolada em horizonte Bt1 do perfil P4.....	<b>96</b>
<b>Figura 45</b> - Fotomicrografia da fração areia muito fina que apresenta aspecto geral mostrando o amplo predomínio de grãos de minerais opacos, vários grãos de filossilicatos microcristalinos incolores tingidos ou não por hidróxidos e óxidos de ferro, mais raramente verdes e raros grãos de quartzo. Polaroides descruzados em horizonte Bw2 do perfil P1.....	<b>97</b>
<b>Figura 46</b> - Fotomicrografia mostrando aspecto geral dos grãos que compõem a fração areia muito fina representada predominantemente por grãos de magnetita, maghemita/hematita, ilmenita e alguns grãos de agregado de argilominerais (caulinita), quartzo e goethita. Imagem obtida com polaroides descruzados em horizonte Bw3 do perfil P1.....	<b>97</b>
<b>Figura 47</b> - Mesma foto da figura anterior obtida com luz conoscópica (concentrada e convergente) e polaroides cruzados para destacar os grãos constituídos basicamente por hematita (vermelho) goethita (amarelo) e hematita e goethita (vermelho com matiz amarela). ....	<b>100</b>
<b>Figura 48</b> - Fotomicrografia da fração areia muito fina exibindo dois grãos de agregados de argilominerais com textura e composição diferente; o da esquerda granular e constituído por caulinita e gibbsita e o da direita oriundo da alteração de plagioclásio constituindo basicamente por caulinita	

	com filetes de goethita. Aparecem também três grãos de magnetita, o da direita apresentando bordas alteradas para maghemita e/ou hematita e/ou goethita. Imagem obtida com polaróides descruzados em horizonte Bw3 do perfil P1.....	101
<b>Figura 49</b>	- Fotomicrografia da fração areia muito fina que mostra grão de caulinita e grãos de magnetita; alguns com bordas alteradas para maghemita/hematita. Imagem obtida com polaróides descruzados em horizonte Bw3 do perfil P1.....	101
<b>Figura 50</b>	- Fotomicrografia da fração areia muito fina que mostra predomínio de minerais opacos representados por magnetita, hematita, anatásio, zircão, goethita e minerais transparentes, entre outros, quartzo e tumalina. Horizonte Bw2 no perfil P1.....	102
<b>Figura 51</b>	- Fotomicrografia da fração areia muito fina mostrando o amplo predomínio de minerais opacos (magnetita, hematita e goethita), seguido por grãos constituídos por agregados de filossilicatos microcristalinos incolores ou impregnados/tingidos por hidróxidos e óxidos de ferro (predomina caulinita sobre gibbsita e outros argilominerais) e alguns grãos de quartzo, na maioria detrítico. Polaroides descruzados em horizonte Bw2 do perfil P1.....	102
<b>Figura 52</b>	- Fotomicrografia da fração areia muito fina que apresenta predomínio de minerais opacos representados por magnetita que pode estar parcialmente alterada para maghemita, hematita e goethita, poucos grãos de quartzo anguloso a subarredondado em horizonte Bw2 do perfil P1.....	103
<b>Figura 53</b>	- Fotomicrografia da fração areia muito fina que mostra grão de tumalina e grãos de minerais opacos com polaroides descruzados no horizonte Bw2 no perfil P1. ....	103
<b>Figura 54</b>	- Fotomicrografia da fração areia muito fina que apresenta o aspecto geral mostrando o amplo predomínio de grãos de minerais opacos e secundariamente agregados de argilominerais incolores com ou sem intercrescimento com hidróxidos/óxidos de ferro (goethita/hematita/maghemita), grãos de quartzo e raros de filossilicatos microcristalinos de cor verde. Polaroides descruzados em horizonte Bt1 do perfil P2. ....	104

- Figura 55** - Fotomicrografia da fração areia muito fina que apresenta aspecto geral mostrando predomínio de grãos de minerais opacos, aparecendo um grão de quartzo na parte inferior, e vários grãos de filossilicatos microcristalinos, alguns contendo impregnação ou intercrescimento de hidróxidos de ferro. Polaroides descruzados em horizonte Bt1 no perfil 2. .... 104
- Figura 56** - Fotomicrografia da fração areia muito fina que mostra detalhe da imagem anterior mostrando o agregado de filossilicato verde, um grão de quartzo (porção direita da imagem), dois grãos de caulinita com hidróxido de ferro (porção inferior e canto superior direito) e vários grãos de minerais opacos. Polaroides descruzados em horizonte Bt1 no perfil P2..... 105
- Figura 57** - Fotomicrografia que mostra a mesma imagem anterior, obtida com os polaroides cruzados, mostrando que o agregado de filossilicato de cor verde exibe birrefringência baixa a moderada podendo ser saponita/nontronita e/ou illita trioctaédrica. .... 105
- Figura 58** - Fotomicrografia da fração areia muito fina que mostra grãos de fitólito e de quartzo com película de hidróxidos/óxidos de ferro. Polaroides descruzados em horizonte Bt1 no perfil P2..... 106
- Figura 59** - Fotomicrografia da fração areia muito fina mostrando predomínio de grãos de minerais opacos, aparecendo um grão de filossilicato microcristalino de cor verde (porção central esquerda da imagem), vários grãos de argilominerais com ou sem impregnação de hidróxido/óxido de ferro e poucos grãos de quartzo. Polaroides descruzados em horizonte Bt2 no perfil P2..... 107
- Figura 60** - Fotomicrografia da fração areia muito fina mostrando um grão de fitólito, um de quartzo e vários de magnetita com borda de alteração para hematita/goethita. Polaroides descruzados em horizonte Bt1 no perfil P3..... 107
- Figura 61** - Fotomicrografia da fração areia muito fina que mostra o aspecto geral exibindo o amplo predomínio de minerais opacos, seguido por grãos de maghemita/hematita/goethita e argilominerais incolores, como ou sem hidróxidos de ferro e um grão com filossilicato verde. Polaroides descruzados em horizonte Bt1 no perfil P3..... 108
- Figura 62** - Fotomicrografia da fração areia muito fina mostrando um grão constituído por filossilicato microcristalino fibroso com arranjo em domínios, típico de material de preenchimento de cavidades de basalto (microamígdala),

	outro de quartzo microcristalino (calcedônia granular) impregnado por óxidos/hidróxidos de ferro e vários grãos de minerais opacos. Polaroides descruzados em horizonte Bt1 no perfil P3.....	108
<b>Figura 63</b>	- Fotomicrografia que mostra mesma imagem da anterior, obtida com polaroides cruzados em horizonte Bt1 no perfil P3. ....	109
<b>Figura 64</b>	- Fotomicrografia da fração areia muito fina que apresenta aspecto geral mostrando o amplo predomínio de grãos de minerais opacos, vários grãos de filossilicatos microcristalinos incolores tingidos ou não por hidróxidos e óxidos de ferro, mais raramente verdes e raros grãos de quartzo. Polaroides descruzados em horizonte Bt2 no perfil P3. ....	109
<b>Figura 65</b>	- Fotomicrografia da fração areia muito fina que mostra um grão de fitólito (porção central da imagem), um grão de quartzo bem arredondado (porção centro direita da imagem), outro grão de quartzo e vários grãos de filossilicatos microcristalinos. Polaroides descruzados em horizonte Bt2 no perfil P3. ....	110
<b>Figura 66</b>	- Fotomicrografia da fração areia muito fina que apresenta aspecto geral mostrando o predomínio de grãos de minerais opacos e a presença subordinada de grãos constituídos por agregados de filossilicatos microcristalinos e quartzo. Polaroides descruzados em horizonte Bt4/Cr no perfil P4. ....	110
<b>Figura 67</b>	- Fotomicrografia da fração areia muito fina mostrando um grão constituído por saponita e/ou nontronita (porção central), um grão de quartzo e vários de opacos e hidróxidos com ou sem argilominerais. Imagem obtida com polarizadores descruzados. (P4-Bt4/Cr).....	111
<b>Figura 68</b>	- Fotomicrografia da fração areia muito fina que apresenta aspecto geral mostrando o predomínio de grãos de minerais opacos e a presença de um grão de fitólito. Polaroides descruzados em horizonte Bt4/Cr no perfil P4.....	111
<b>Figura 69</b>	- Fotomicrografia da fração areia muito fina mostrando grão de turmalina e grãos de minerais opacos. Polaroides descruzados em horizonte Bt4/Cr no perfil P4. ....	112

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> –Resumo climatológico de Londrina (1976 a 2008).....	47
<b>Tabela 2</b> –Principais sub-bacias hidrográficas de Londrina.....	49
<b>Tabela 3</b> – Características morfológicas selecionadas.....	69
<b>Tabela 4</b> – Características morfológicas selecionadas.....	70
<b>Tabela 5</b> – Características físicas selecionadas.....	73
<b>Tabela 6</b> – Correlações entre características selecionadas do perfil P1.....	76
<b>Tabela 7</b> – Correlações entre características selecionadas do perfil P2.....	77
<b>Tabela 8</b> – Correlações entre características selecionadas do perfil P3.....	79
<b>Tabela 9</b> – Correlações entre características selecionadas do perfil P4.....	80
<b>Tabela 10</b> – Teores totais de óxidos de silício, alumínio e ferro da fração argila de amostras dos solos pelo ataque sulfúrico.....	81
<b>Tabela 11</b> – Complexo sortivo e matéria orgânica.....	85
<b>Tabela 12</b> – Atributos químicos e atividade da fração argila.....	87
<b>Tabela 13</b> – Características selecionadas de horizontes diagnósticos.....	89

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	18
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	20
<b>3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	21
3.1 PRINCIPAIS FATORES DE FORMAÇÃO DOS SOLOS .....	21
3.2 CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS .....	25
<b>4 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO</b> .....	30
<b>5 TÉCNICAS E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</b> .....	32
5.1 TRABALHOS PRELIMINARES .....	32
5.2 TRABALHO DE CAMPO .....	32
5.3 TRABALHO DE LABORATÓRIO .....	33
5.3.1 Análises Físicas .....	33
5.3.1.1 Análise granulométrica (textural) .....	33
5.3.2 Análises Químicas .....	34
5.3.2.1 Determinação da matéria orgânica .....	34
5.3.2.2 Determinação do complexo sortivo .....	35
5.3.2.3 Determinação da acidez .....	36
5.3.2.4 Ataque sulfúrico .....	37
5.3.2.5 Determinação do ferro livre .....	38
5.3.3 Descrição Petrográfica do Material de Origem .....	39
5.3.4 Mineralogia dos Solos .....	39
5.3.4.1 Fração argila .....	39
5.3.4.2 Fração areia .....	40
<b>6 CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO</b> .....	42
6.1 GEOLOGIA REGIONAL .....	42
6.2 SOLOS REGIONAIS .....	43
6.3 GEOMORFOLOGIA .....	45
6.4 CLIMA .....	46

6.5 HIDROGRAFIA .....	48
6.6 VEGETAÇÃO .....	49
<b>7 ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS DO ASSENTAMENTO .....</b>	<b>52</b>
7.1 Condições de Habitação .....	53
7.2 ASPECTOS DA PRODUÇÃO .....	54
7.3 ÁREAS DE PRESERVAÇÃO E RESERVA LEGAL .....	56
<b>8 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>59</b>
8.1 DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA DO MATERIAL DE ORIGEM .....	59
8.1.1 Descrição Mesoscópica.....	59
8.1.2 Descrição Microscópica.....	60
8.2 CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DOS SOLOS.....	68
8.2.1 Seção Geopedológica .....	68
8.2.2 Descrição Morfológica .....	69
8.2.3 Interpretação das Características Morfológicas .....	70
8.3 ANÁLISES FÍSICAS DOS SOLOS .....	72
8.3.1 Textura .....	72
8.3.2 Relação Silte/Argila .....	75
8.3.3 Argila dispersa em Água (ADA).....	75
8.3.4 Grau de Floculação (GF).....	76
8.4 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DOS SOLOS.....	81
8.4.1 Ataque Sulfúrico .....	81
8.4.2 Ferro Livre (Fed) .....	82
8.4.3 Complexo Sortivo .....	84
8.5 MINERALOGIA DOS SOLOS.....	88
8.5.1 Fração Argila .....	88
8.5.2 Fração Areia Muito Fina .....	997
8.6 CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS DA SEQUÊNCIA.....	114
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>122</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>127</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Os solos na área do assentamento “Banco da Terra” (Fazenda Akolá), distrito de São Luiz, município de Londrina, Estado do Paraná, Brasil, foram desenvolvidos sobre rochas eruptivas básicas da Formação Serra Geral de idade jurássico-cretácica, conforme Minerais do Paraná (MINEROPAR, 2006).

A comunidade rural assentada na referida fazenda, desde 2000, num total de quarenta e duas famílias, que ocupam uma área de 485,64 hectares, depende do uso dos solos para sobreviver; contudo, a mesma ainda não possui informações detalhadas a respeito das características e propriedades dos solos ali existentes.

As informações disponíveis dos solos desta “província pedológica” são, tão somente, aquelas de cunho mais genérico, no “Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado do Paraná” publicado em 1984 na escala 1:600 000 pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) em parceria com o Instituto Agrônômico do Paraná (IAPAR).

Tais informações foram republicadas em 2008 por estas mesmas entidades, incorporando as mudanças introduzidas pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS), o qual por sua vez foi publicado em 1999 e revisto em 2006 pelo Centro Nacional de Pesquisa de Solos/EMBRAPA (BHERING; SANTOS, 2008).

O conhecimento detalhado das propriedades dos solos, contudo, é material básico para a avaliação do potencial das terras e constitui também importante fonte de informação para o desenvolvimento sustentável; as interpretações dessas propriedades apresentam interesse para a conservação e a defesa das condições ambientais. Desta forma, torna-se imprescindível a caracterização dos solos que ocorrem na área citada e justifica-se assim o presente trabalho.

Acrescente-se a isso, a significativa importância que os solos desenvolvidos sobre basaltos da Formação Serra Geral apresentam no contexto rural e urbano do Estado do Paraná; mais de 50% da superfície terrestre paranaense, o equivalente a 100.000 km<sup>2</sup>, é constituído por solos originados e

evoluídos a partir do intemperismo sobre essas rochas basálticas. (BHERING; SANTOS, 2008).

Ademais, de considerar-se que na última década, a Pedologia vem conseguindo estabelecer a covariação de características e propriedades dos solos com informações importantes para o manejo e conservação deste extraordinário componente do meio físico, haja vista os trabalhos de Resende (2007), motivo adicional para justificar o presente trabalho.

Pretende-se com o presente trabalho, investigar os solos de uma sequência na área do assentamento “Banco da Terra” (Fazenda Akolá), estabelecendo as interdependências das características dos pédons em função da distribuição dos mesmos na paisagem.

## 2 OBJETIVOS

O presente estudo objetiva contribuir no incremento do banco de dados do meio físico e possibilitar inferências utilizáveis no manejo dos solos presentes na área do assentamento “Banco da Terra” (Fazenda Akolá), Londrina, Paraná.

Para tanto, procurou-se investigar a origem e as características da rocha matriz, da qual derivaram os solos da referida área, identificando, meso e microscopicamente, os principais minerais presentes no material de origem desses solos.

Também procurou-se descrever a morfologia e determinar as principais propriedades físicas, químicas e mineralógicas dos solos, visando o estudo do inter-relacionamento dos mesmos nos perfis e entre os perfis ao longo da vertente, bem como classificar os solos estudados segundo o Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos.

Indiretamente o presente estudo procurou subsidiar a confecção de um levantamento detalhado da área em foco e auxiliar os assentados no planejamento e manejo adequado dos solos que cultivam, com vistas à utilização racional e preservação deste recurso natural para a garantia das condições socioeconômicas das gerações futuras.

### 3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

#### 3.1 PRINCIPAIS FATORES DE FORMAÇÃO DOS SOLOS

Os solos apresentam conceitos diferenciados para diferentes profissionais. Para o agricultor ou o fazendeiro, o solo é o meio para as plantas crescerem; para o engenheiro o solo é um material que deve ser retirado ou removido para que a construção seja efetivada ou pode ser o material usado como substrato para as estradas (SCHAETZL; ANDERSON, 2007).

Para o pedólogo ou geógrafo, no entanto, o solo é um corpo tridimensional formado na superfície terrestre, através da interação de cinco fatores: material de origem, clima, organismos, relevo e tempo (SCHAETZL; ANDERSON, 2007). Dessa forma, as características dos solos dependem da inter-relação desses cinco fatores e cada um deles contribui de forma diferente.

Segundo Reichardt e Timm (2008), da combinação dos quatro últimos fatores (clima, organismos, relevo e tempo) atuando em diferentes intensidades sobre o mesmo material de origem, pode resultar diferentes tipos de solos.

O material de origem dos solos pode ser constituído pelos mais variados minerais; entretanto, os silicatos apresentam extrema importância para a pedologia, pois representam mais de 90 % em massa dos minerais presentes nas rochas, as quais expostas aos agentes da atmosfera, hidrosfera e biosfera sofrem intemperismo originando os sedimentos residuais “*in situ*” formando os solos autóctones ou os sedimentos são transportados podendo dar origem aos solos alóctones.

Os solos existentes na paisagem refletem sua história, desde o primeiro instante de sua gênese até o presente como consequência da atuação dos cinco fatores citados acima e quatro processos primordiais: adição, remoção, translocação e transformação (GHIDIN et al., 2006a).

Esses processos dependem fundamentalmente do clima e do tipo de material de origem presente no sistema; material de origem, por exemplo, com baixo teor de sílica ( $\text{SiO}_2$ ) em clima quente e úmido é mais susceptível ao intemperismo

químico do que material com alto teor em sílica; geralmente, clima seco e/ou árido ou frio e/ou gelado atua com menor intensidade na intemperização química das rochas.

A atuação diferenciada desses processos primordiais, inter-relacionada com as condições bioclimáticas, com o material de origem, com a posição na paisagem e ao longo do tempo, resulta em feições pedológicas peculiares, expressas nos horizontes do solo; estas feições são reconhecidas como diferenciais de processos pedogenéticos gerais e são designadas como classes (RESENDE et al., 2007).

Entre as principais classes de processos pedológicos, pode-se citar a latolização que consiste basicamente na remoção acentuada de sílica (dessilicatização) e de bases do perfil, após a transformação (intemperismo) dos minerais constituintes. Praticamente, não há translocação de material para o horizonte B (RESENDE et al., 2007).

Denomina-se dessilicatização a remoção da sílica ( $\text{SiO}_2$ ) durante a climatização das rochas; tal remoção é comumente tomada como referência no estudo evolutivo do intemperismo. Por ser a sílica um dos principais constituintes das rochas e sedimentos, e por ser lenta a dessilicatização, pode ser usada como referência no estudo de qualquer estágio de meteorização.

Devido à pequena remoção do alumínio, que pode ser considerada desprezível para efeitos práticos, este elemento é utilizado juntamente com o silício, ambos sob a forma de óxidos, para avaliar o grau de intemperização ou de evolução de materiais em decomposição, através da relação molecular sílica/alumina, cujo símbolo é Ki (VERDADE, 1972).

Os processos pedogenéticos acontecem simultaneamente, porém, em geral, dependendo das condições locais de pedogênese, alguns são mais atuantes do que outros.

Em estudos de litossequências, as diferenças nas propriedades dos solos seriam devidas somente às diferenças no material de origem. Entretanto, é difícil que numa sequência ou num grupo de solos, somente o material de origem influencie as suas propriedades (BUCKMAN; BRADY, 1967).

A influência do material de origem também está relacionada com o grau de desenvolvimento dos solos; esta influência é maior em solos jovens, ao

contrário, em solos mais maduros, o material de origem tem relativamente pouca influência (BUCKMAN; BRADY, 1967; BIRKELAND, 1984).

A presença de silicatos com menores teores de sílica, como por exemplos olivinas, piroxênios, anfibólios e até mesmo feldspatos, presentes no material de origem, contribuem na formação de solos mais argilosos, enquanto a presença de quartzo tende a originar solos arenosos.

Dessa forma, a identificação do material de origem é fundamental para uma melhor avaliação do grau de influência dos diferentes fatores e processos pedogenéticos na variabilidade das propriedades dos solos (ARNOLD, 1983).

Para Oliveira (2005),

A superfície da Terra apresenta uma enorme quantidade de solos diferentes com relação à cor, textura, constituição química, mineralogia e comportamento [...], porém cada um deles é resultante, em última análise, de um conjunto de ações a que esteve submetido determinado material de origem. É a partir de um material de origem que se inicia a história de formação do solo tal como o vemos na atualidade. A partir de um “tempo zero” (recente ou extremamente antigo), esse material fica sujeito à ação de vários outros fatores de formação – clima, relevo, organismos -, que em conjunto atuarão ao longo de sua história, promovendo ou acentuando fenômenos físicos e químicos, resultando em diferentes solos que recobrirão a superfície da Terra.

Segundo Birkeland (1984), em qualquer tipo de estudo de solos, o conhecimento do material de origem é imprescindível. Mas nem sempre o material de origem apresenta-se uniforme e contínuo. Diferenças na origem petrológica ou até mesmo mudanças provocadas por algum evento posterior, podem dificultar o conhecimento real do material de origem. Nesses casos, poderá ocorrer descontinuidade litológica, que no geral representa uma desuniformidade do material de origem (BIRKELAND, 1984).

Uma das mais fortes evidências para constatar descontinuidade litológica ou do material de origem ao nível de campo é a constatação da linha de pedras no perfil do solo, embora esta evidência deva ser interpretada com cautela (RUHE, 1960).

Pode-se encontrar na natureza perfis de solos com mudanças texturais abruptas entre horizontes, sem, no entanto encontrar uma evidência de campo para explicar tal fenômeno, como a presença de linhas de pedras, por exemplo. Essas mudanças texturais abruptas podem ser causadas por desuniformidade na sedimentação do próprio material de origem (JIMENES RUEDA;

DEMATTE, 1988) ou podem estar relacionadas à eluviação intensa das argilas ou recobrimentos arenosos superficiais (SCHWERTMANN et al., 1983).

O material de origem tem influência fundamental na pedogênese e a sua distribuição espacial é de grande importância para a compreensão da ocorrência dos solos na paisagem. Assim sendo, estudos estratigráficos tornam-se fundamentais para se estudar a variação dos solos de uma área (TERAMOTO, 1995).

O material de origem e o relevo, entre outros, são importantes fatores de formação dos solos e exercem grande influência na gênese dos mesmos.

O termo "relevo" refere-se às formas do terreno que compõem a paisagem. Sua ação reflete-se diretamente sobre o clima do solo e sobre a dinâmica da água, tanto a superficial como a que transita no interior do solo. A ação sobre o clima do solo se dá diretamente, através da incidência diferenciada da radiação solar, segundo a inclinação e a posição das vertentes, e do decréscimo da temperatura com o aumento da altitude, e indiretamente, sobre os seres vivos, especialmente os tipos de vegetação natural, que são dependentes das condições climáticas locais. Parte da água que atinge o solo, por sua vez, nele se infiltra e parte escorre sobre a superfície, na forma de enxurrada. A parte que se infiltra percola através do solo quer em sentido vertical, quer oblíquo, em seu interior, neste último caso especialmente nos terrenos inclinados (OLIVEIRA, 2005, p. 48).

O relevo influencia a formação do solo muitas vezes interagindo com outros fatores como o clima, organismos, material de origem e tempo. Estas relações têm sido muito importantes para explicar a evolução das propriedades e atributos dos solos (BUCKMAN; BRADY, 1967).

Jenny (1941) afirmou que teoricamente o relevo, como fator de formação do solo, pode ser estudado isoladamente. Esse tipo de estudo é realizado em sequência e pode ser avaliado através de parâmetros topográficos.

O conceito de catena foi introduzido na ciência do solo por Milne que se destacou entre os primeiros autores a estudar as relações existentes entre o relevo e os solos. O autor caracterizou o termo catena como sendo uma unidade de mapeamento conveniente para descrever um grupo de solos que apesar de sofrerem modificações morfológicas e de classificação, estão ainda relacionados em sua ocorrência por condições topográficas e se repetem nas mesmas relações quando as mesmas condições são encontradas (MILNE, 1935). Cada catena é o resultado de uma complexa inter-relação entre solos e processos que ocorrem na

encosta e é governada pela diferenças entre as taxas de erosão e deposição que ocorrem nas diferentes partes da encosta.

Os estudos sobre relações solo-relevo ganharam impulso e o conceito de catena vem sendo utilizado com frequência até os nossos dias. Este conceito foi mudado e agora corresponde com o de sequência. Hall (1983) afirma que os solos em uma catena diferem não apenas na morfologia, mas são considerados diferentes, como um todo, resultado da erosão, transporte e deposição.

Para Hall (1983), sequência apresenta uma conotação morfológica, refletida por alterações nas cores em função da posição ocupada pelo solo na paisagem como consequência não diferem apenas morfológicamente, mas também física, química e mineralogicamente.

Gerrard (1981) acredita que o conceito de catena é facilmente aplicável em áreas com uniformidade geológica, mas tem sido aplicado também com sucesso em áreas de geologia complexa.

Finalizando, Oliveira (2009), afirma que catena é uma sequência de solos aproximadamente da mesma idade, derivados de materiais originários semelhantes e que ocorrem sob condições climáticas similares, mas os solos presentes na catena têm características diferentes devido às variações de relevo e consequentemente de drenagem. Ainda, segundo o autor, sequência é uma sequência de solos relacionados na paisagem e que diferem uns dos outros devido o relevo atuar como fator primordial da formação do solo.

### 3.2 CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS

O Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) inclui em seu primeiro nível categórico (ordem), juntamente com outras doze classes, os Latossolos, que ocupam no Estado do Paraná uma área de 61.406,59 km<sup>2</sup>, o que corresponde a 30,76% de sua área (BHERING; SANTOS, 2008).

A base e o critério envolvidos na conceituação e definição da classe dos Latossolos podem ser assim descritos:

Latosolos – grupamento de solos com B latossólico.

**Base** – evolução muito avançada com atuação expressiva de processo de latolização (ferralitização ou laterização), resultando em intemperização intensa dos constituintes minerais primários, e mesmo secundários menos resistentes, e concentração relativa de argilominerais resistentes e, ou óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio, com inexpressiva mobilização ou migração de argila, ferrólise, gleização ou plintização.

**Critério** – desenvolvimento (expressão) de horizonte B latossólico, em seqüência a qualquer tipo de A e quase nulo, ou pouco acentuado, aumento de teor de argila de A para B. (EMBRAPA, 2006, p.74).

Na área do derrame basáltico da Formação Serra Geral e mais precisamente no norte do Paraná, Bering e Santos (2008), descreveram as seguintes unidades de mapeamento referentes aos Latossolos: LATOSSOLOS VERMELHOS Distroféricos, Eutroféricos, Distróficos e Eutróficos e LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS distróficos.

Os Latossolos são solos profundos, de seqüência de horizontes A, B, C, com espessura de A+B normalmente superior a 3 metros, muito porosos e permeáveis, bem drenados, de textura comumente argilosa, mais raramente média e baixo gradiente textural entre os horizontes (BHERING; SANTOS, 2008).

O grau de coesão que une os pequenos agregados nos horizontes B latossólicos é muito fraco, mesmo em solo seco, transformando-se os torrões com muita facilidade em material pulverulento, conhecido vulgarmente como “pó-de-café”. As amostras de solos que apresentarem efervescimento quando em contato com água oxigenada, revelam teores relativamente elevados de manganês (SILVA, 1985).

Os LATOSSOLOS VERMELHOS são solos com matiz 2,5 YR ou mais vermelho na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA). (EMBRAPA, 2006, p.161).

Os Nitossolos, tais como os Latossolos, são também incluídos no primeiro nível categórico (ordem) segundo o SiBCS.

E, por sua vez, a base e o critério envolvidos na conceituação e definição da classe dos Nitossolos podem ser assim descritos:

Nitossolos – Grupamento de solos com horizonte B nítrico, com argila de atividade baixa ou com caráter alítico.

**Base** - avançada evolução pedogenética pela atuação de ferralitização com intensa hidrólise, originando composição caulínica – oxídica ou virtualmente caulínica ou com hidróxi-Al entre camadas.

**Critério** – desenvolvimento (expressão) de horizonte diagnóstico B nítico, em sequência a qualquer tipo de A, com pequeno gradiente textural, porém apresentando estrutura em blocos subangulares ou angulares, ou prismática, de grau moderado a forte, com cerosidade expressiva nas unidades estruturais. (EMBRAPA, 2006, p.74).

Na maior parte dos casos, o solo é constituído principalmente por matéria mineral sólida, a qual, até profundidade variável, está associada à matéria orgânica.

A matéria mineral sólida do solo pode incluir, em proporções extremamente variáveis, fragmentos de rocha, minerais primários e minerais de origem secundária, isto é, resultantes da alteração dos primeiros, nomeadamente os designados por minerais de argila, óxidos e hidróxidos de alumínio e ferro e, em vários casos, carbonatos de cálcio, magnésio, etc. São fragmentos ou partículas de formas e dimensões extraordinariamente variáveis, desde pedras e cascalhos até materiais tão finos que apresentam propriedades coloidais. Para os de diâmetro inferior a 2 mm utilizam-se as designações areia, silte e argila, consoante o seu diâmetro, respectivamente, de 2 a 0,02 mm, de 0,02 a 0,002 mm, ou menor que 0,002 mm. As proporções relativas destes diversos lotes no solo são muito variáveis, e permitem definir a sua textura. (BOTELHO DA COSTA, 2004, p.15).

A determinação da distribuição dos tamanhos das partículas do solo é conhecida como análise mecânica do solo. A separação das frações em geral é feita por peneiramento do solo seco ao ar (TFSA), com uma sequência de peneiras, até um diâmetro de partículas de cerca de 0,05 mm. A fim de separar as partículas de diâmetro menor, utiliza-se, em geral, o método da sedimentação, que consiste em dispersar uma amostra de solo em suspensão aquosa e medir as velocidades de decantação (ou sedimentação) das partículas de diferentes tamanhos. (REICHARDT; TIMM, 2008, p.19).

Para a obtenção do tempo de sedimentação, os métodos clássicos utilizados para a determinação da granulometria dos solos têm se fundamentado na Lei de Stokes (BOTELHO DA COSTA, 2004).

As partículas do tamanho de areia e silte, sob a ação do intemperismo, transformam-se em fração argila, que é, geralmente, mais resistente e menos rica em reserva de nutrientes (na sua composição) do que o material que lhe deu origem. Os minerais resistentes permanecem sob o tamanho de areia e a fração silte fica então, sendo o ponto de máxima instabilidade, isto é, somente solos mais novos apresentam alto teor de silte, que é mínimo nos Latossolos, os solos mais comuns no Brasil (RESENDE et al., 2007, p.63).

A relação silte/argila tem sido proposta como índice do grau de intemperismo do material de solo: por exemplo, abaixo de 0,15 o material é considerado muito intemperizado (VAN WAMBEKE, 1962).

A atividade da fração argila (T) refere-se à capacidade de troca de cátions correspondente à fração argila e segundo metodologia da Embrapa – Solos, ela pode ser calculada pela expressão:

$$T = \text{CTC } 1000 \text{ g Kg}^{-1} \text{ de argila}$$

Atividade alta (Ta) designa valor igual ou superior a 27 cmol<sub>c</sub>/kg de argila, sem correção para carbono, e atividade baixa (Tb), valor inferior a 27 cmol<sub>c</sub>/kg de argila, sem correção para carbono (EMBRAPA, 2006, p.33).

A atividade dos solos está praticamente concentrada em suas frações mais finas, especialmente na fração argila ( $\varnothing < 0,002$  mm), por serem elas as que apresentam as condições físico-químicas mais adequadas para que ocorram os fenômenos de retenção de cátions e ânions. A atividade da fração silte é diminuta e a das frações maiores, virtualmente inexistentes. Por isso, em pedologia, é considerada, para fins práticos, apenas a atividade da fração argila. A maneira universalmente utilizada para se conhecer a atividade da fração argila do solo é através da determinação da capacidade de troca de cátions (CTC) em certa quantidade de terra fina seca ao ar (TFSA), ou seja, a determinação da quantidade de íons positivos necessários para neutralizar as cargas negativas de determinada quantidade de material. Como a CTC depende do pH do meio, sua determinação foi padronizada a pH igual a 7. Ela inclui todas as cargas permanentes e dependentes de pH... Em geral, solos com predominância de minerais de argila do grupo da esmectita (2:1) apresentam elevada carga líquida negativa, enquanto em solos predominantemente cauliniticos (1:1) ela é baixa. Nos solos argilosos, muito intemperizados, ricos em óxidos de ferro e alumínio, é comum a ocorrência de carga líquida positiva nos horizontes subsuperficiais pobres em matéria orgânica (OLIVEIRA, 2005, p.127).

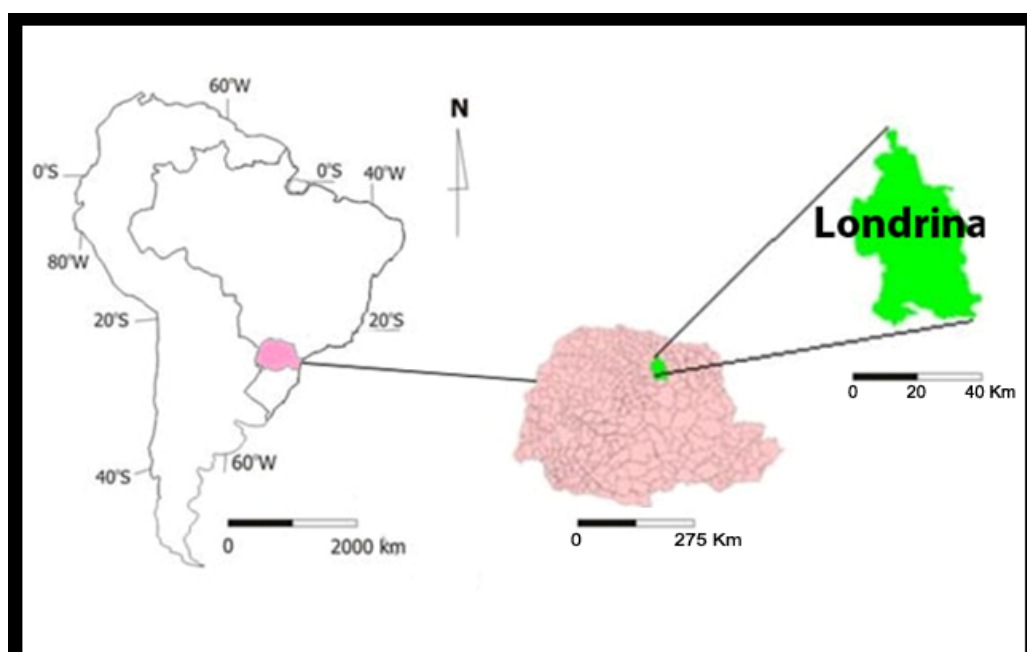
Ainda segundo Oliveira (2005), a atividade da fração argila é um dos atributos diagnósticos do solo de maior importância tanto do ponto de vista agrônomo como geotécnico, devido a sua estreita relação com várias de suas propriedades. A retenção de nutrientes e de água, coesão e adesão e, conseqüentemente, a consistência nos vários estágios de umedecimento, a formação de fendas, o tipo e grau de desenvolvimento da estrutura são atributos dos solos extremamente relacionados com a quantidade e atividade da fração argila.

A caulinita, gibbsita, goethita e a hematita são os principais minerais da fração argila dos Latossolos brasileiros. A cristalinidade desses minerais interfere nos atributos físicos do solo, que são dependentes do relevo (CAMARGO et al., 2008).

As variações dos teores dos principais minerais da fração argila citados por Camargo et al. (2008) são atribuídos às diferenças na composição química e mineralógica dos materiais de origem, clima das áreas de amostragem, condições de drenagem e remoção de sílica do solo (GHIDIN et al., 2006b).

#### 4 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O Estado do Paraná está situado na região Sul do Brasil, entre os paralelos de 22° 29' 30" e 26° 42' 59" de latitude sul e entre as longitudes a oeste de Greenwich de 48° 02' 24" e 54° 37' 38" (Figura 1). Com uma área de 199.658 km<sup>2</sup>, que corresponde a cerca de 2,35 % do território brasileiro, limita-se ao Norte com o Estado de São Paulo, a leste com o Oceano Atlântico, ao sul com o Estado de Santa Catarina e a oeste com o Estado do Mato Grosso do Sul e República do Paraguai (BHERING; SANTOS, 2008).



**Figura 1** - Localização de Londrina no Estado do Paraná.

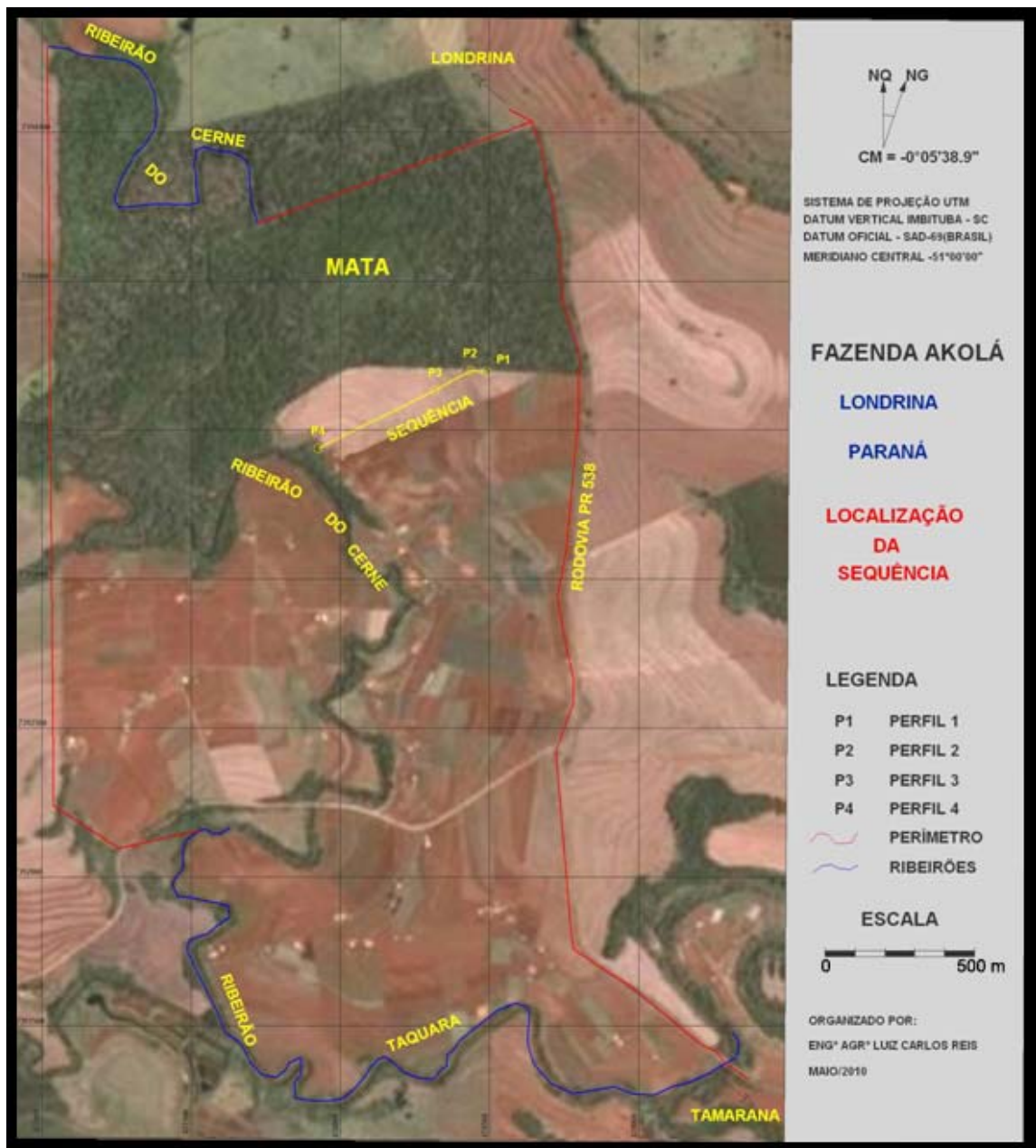
Fonte: Mineropar (2006) adaptado pelo autor.

Londrina está localizada no Terceiro Planalto Paranaense, no setor centro-norte do Estado do Paraná, entre as coordenadas 23°08'47" e 23°55'46" de latitude sul e entre 50°52'23" e 51°19'11" de longitude a oeste de Greenwich e ocupa área de 1650,809 km<sup>2</sup> (Resolução nº 05 – IBGE, 10/10/2002).

O acesso à área de estudo dá-se a partir da zona urbana de Londrina, no sentido sudoeste até a rodovia PR 538; passando pelos distritos Vila Regina e São Luis.

A área de estudo localiza-se no distrito São Luiz, Município de Londrina, Estado do Paraná, no retângulo envolvente dado pelas coordenadas UTM, N = 7394000; E = 477500 e N = 7393000; E = 479500, SAD 69, Meridiano Central 51° W Gr (Figura 2).

A seqüência dos perfis dos solos localiza-se a aproximadamente 300 metros da PR 538, quilômetro 30, lado direito, no sentido Londrina a Tamarana, trecho entre São Luiz e Guaravera.



**Figura 2** - Localização da seqüência dos perfis dos solos estudados e limites da área  
**Fonte:** Google Earth, georreferenciado em UTM SAD 69 e organizado por Luiz Carlos Reis (2010).

## 5 TÉCNICAS E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

### 5.1 TRABALHOS PRELIMINARES

A primeira etapa do trabalho constou de uma revisão bibliográfica dos temas pertinentes que seriam abordados na pesquisa. Em seguida, a partir da extração de elementos de imagem, que correspondem a atributos espaciais como as redes hidrográficas e viárias, uso e ocupação das terras, coordenadas geográficas, unidades de mapeamento, geologia, aliadas às observações de campo foi possível delimitar uma sequência, composta por 4 perfis de solos que melhor representasse àqueles existentes na província pedológica em estudo.

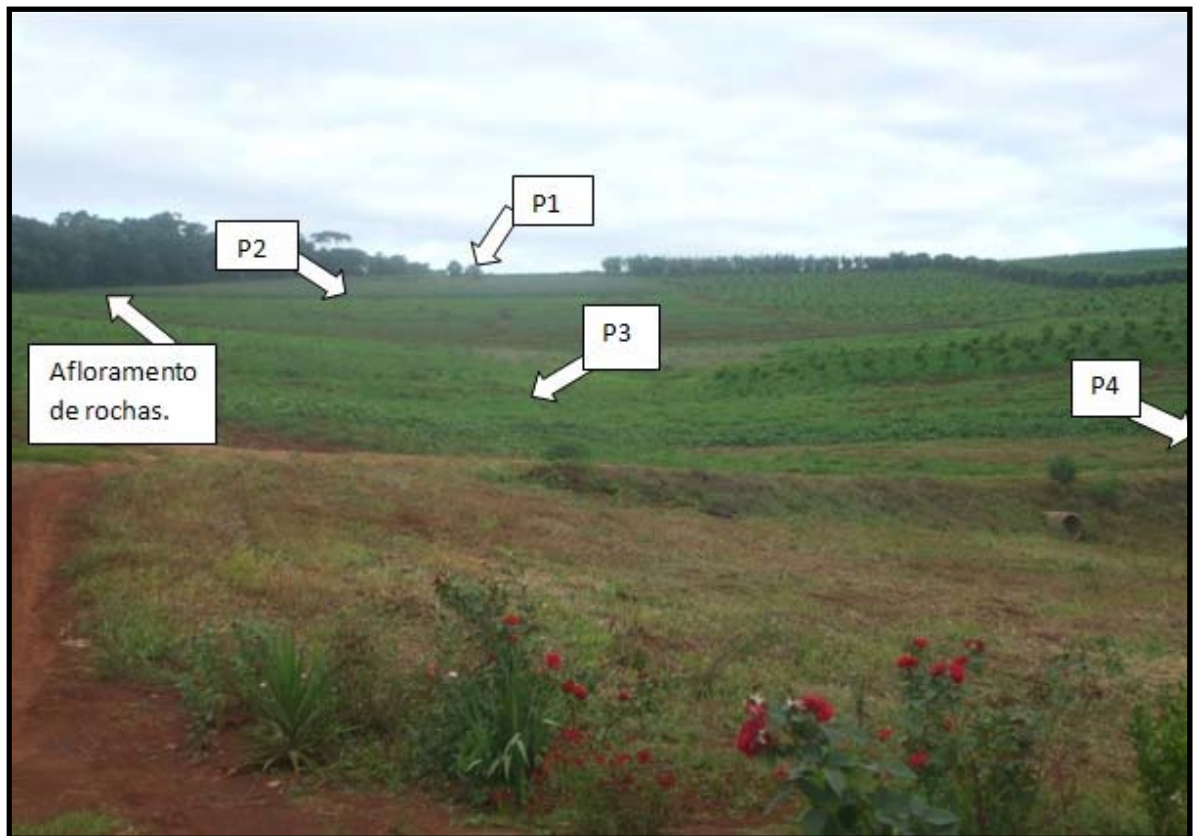
### 5.2 TRABALHO DE CAMPO

Com o objetivo de estudar as características químicas, físicas, morfológicas e mineralógicas de solos desenvolvidos sobre rochas eruptivas básicas na área de estudo, escolheu-se uma sequência com declividade média de 10%, comprimento da rampa de aproximadamente 650 metros e que fosse representativa para toda a área do assentamento.

Em seguida, foram abertas 4 trincheiras com auxílio de ferramentas tais como enxadão, cavadeira e pá, que tiveram a seguinte distribuição na sequência: perfil P1, topo de elevação (TE); perfil P2, terço superior de elevação (TSE); perfil P3, terço médio de elevação (TME) e perfil P4, terço inferior de elevação (TIE) [(Figura 3)].

Após fez-se a divisão dos perfis em seus respectivos horizontes e coletaram-se amostras com estrutura deformada de cada uma dessas seções, e, inclusive dos horizontes Cr, dos perfis P2 e P4.

Ato contínuo os perfis de solos foram descritos morfológicamente segundo Santos et al. (2005), descrições estas que se encontram nos anexos do presente trabalho.



**Figura 3** – Foto mostrando as posições dos perfis e afloramento de rochas.

### 5.3 TRABALHO DE LABORATÓRIO

As amostras coletadas no campo foram então, analisadas em laboratórios especializados, cujas metodologias são descritas a seguir.

#### 5.3.1 Análises Físicas

##### 5.3.1.1 Análise granulométrica (textural)

A análise granulométrica foi realizada pelo método do densímetro que é fundamentado na lei de Stokes; é um dos métodos de determinação textural baseado na sedimentação das partículas que compõem o solo.

Seguiu-se a metodologia preconizada pela EMBRAPA utilizando-se o hidróxido de sódio como dispersante químico (EMBRAPA 1997, p. 32-34).

Para a determinação da argila dispersa em água (ADA), utilizou-se do mesmo método citado anteriormente na ausência do dispersante químico (NaOH).

O grau de floculação (GF), que é a relação entre a argila naturalmente dispersa e a argila total, foi obtido por cálculo, adotando-se a fórmula abaixo. Este índice indica a proporção da fração argila que se encontra floculada, dando ideia sobre o grau de estabilidade dos agregados.

$$\text{Grau de Floculação (GF)} = \frac{100 (\text{ARG} - \text{ADA})}{\text{ARG}}$$

ARG = Argila total ( $\text{g kg}^{-1}$ ).

ADA = Argila dispersa em água ( $\text{g kg}^{-1}$ )

### 5.3.2 Análises Químicas

#### 5.3.2.1 Determinação da matéria orgânica

Empregou-se a metodologia adotada pela EMBRAPA (1997) e o princípio geral do método pode ser assim descrito: oxidação da matéria orgânica via úmida com dicromato de potássio em meio sulfúrico. O excesso de dicromato após a oxidação é titulado com solução padrão de sulfato ferroso amoniacal.

Procedimento básico:

1. Foram adicionados 10 mL de dicromato de potássio  $0,2 \text{ mol L}^{-1}$  a 0,5 g de TFSA num erlenmeyer de 250 mL.
2. Após esta reação, houve a oxidação do carbono orgânico, que se perdeu na forma de  $\text{CO}_2$ .
3. Titulou-se com solução de sulfato ferroso amoniacal  $0,05 \text{ mols L}^{-1}$  até o ponto da viragem da cor.

4. A diferença entre o que foi adicionado de ácido crômico na forma de  $K_2Cr_2O_7$  (dicromato de potássio) e o que sobrou, correspondeu à quantidade de Carbono que foi oxidada.
5. Foi anotado o número de mililitros gastos na titulação.
6. Em seguida foi realizado o cálculo para a quantidade de carbono em  $g\ kg^{-1}$  e feita a conversão para matéria orgânica.

### 5.3.2.2 Determinação do Complexo Sortivo

Empregou-se a metodologia descrita pela EMBRAPA (1997) através da determinação da capacidade de troca catiônica (CTC ou T) do solo que é definida como sendo a soma total dos cátions que o solo pode reter na superfície coloidal prontamente disponível à assimilação pelas plantas; estes cátions adsorvidos são removidos (extraídos) por soluções salinas de amônio, cálcio, potássio, bário e soluções de ácidos diluídas e posteriormente determinadas por métodos volumétricos, de emissão ou absorção atômica.

No presente trabalho, os cátions trocáveis  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  e  $Al^{3+}$  foram extraídos com solução de KCl  $1\ mol\ L^{-1}$  e quantificados por titulometria.

O fósforo foi extraído pela solução Mehlich-1, constituída de  $H_2SO_4\ 0,0125N\ mol\ L^{-1}$  e HCl  $0,05\ mol\ L^{-1}$  e determinado por espectrofotometria através da leitura da intensidade da cor do complexo fosfomolibídico.

O teor de potássio ( $K^+$ ) trocável foi obtido a partir da extração com solução de Mehlich 1 e posterior determinação por fotometria de chama utilizando a escala do aparelho.

A acidez potencial foi obtida através da determinação potenciométrica com solução SMP.

A soma das bases e a capacidade de troca catiônica foram calculadas a partir dos dados obtidos:

$$S(\text{cmol}_c\ \text{dm}^{-3}) = K^+ + Ca^{++} + Mg^{++}$$

$$T = CTC\ (\text{cmol}_c\ \text{dm}^{-3}) = K^+ + Ca^{++} + Mg^{++} + H^+ + Al^{3+}$$

A percentagem de saturação por bases foi obtida indiretamente a partir da fórmula:

$$V(\%) = (S/T) \cdot 100$$

### 5.3.2.3 Determinação da acidez

No estudo pedogeoquímico, várias páginas são dedicadas aos diversos tipos de acidez que se pode determinar nos solos. São vários termos diferentes que podem causar certa insegurança a quem não está familiarizada. O solo, sendo um sistema complexo, pode ocorrer diversos fenômenos e reações concomitantemente.

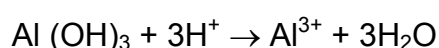
Os principais tipos de acidez citados na literatura são:

#### a) Acidez trocável

- Acidez devida aos íons  $\text{Al}^{3+}$  e  $\text{H}^+$  que estão trocáveis, ou seja, adsorvidos aos colóides do solo e que podem ser trocados por outros cátions, desde que em concentrações mais elevadas; fazem parte da CTC do solo.
- A quantidade de íons  $\text{H}^+$  que existe na forma trocável, nos solos pode ser considerada desprezível. Daí, quando se diz acidez trocável, praticamente se refere ao íon  $\text{Al}^{3+}$ .

$$\text{Acidez trocável} = \text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$$

O alumínio estará na forma trocável quando ele estiver na solução do solo; e neste caso ele será prejudicial para as plantas. Os aluminossilicatos e outros minerais que contêm alumínio somente o liberam em solução quando o meio está ácido, conforme a reação abaixo.



A chamada acidez trocável só ocorre, portanto, em solos com baixo pH; “o alumínio trocável (tóxico para as plantas) é uma consequência da acidez do solo e não sua causa”.

#### b) Acidez não-trocável

Acidez devida aos íons  $H^+$  que estão ligados aos colóides do solo através de ligações covalentes.

c) Acidez potencial (ou titulável ou de reserva)

Acidez resultante das duas anteriores.

Acidez potencial =  $cmol_c dm^{-3}$

d) Acidez ativa (atual livre ou iônica).

Acidez devida aos íons  $H^+$  que estão dissolvidos na solução do solo, num determinado momento e sob determinadas condições.

$$pH = \log \frac{1}{[H^+]}$$

Portanto, o potencial hidrogeniônico é o logaritmo do inverso da concentração de hidrogênio (moles  $L^{-1}$ ).

#### 5.3.2.4 Ataque sulfúrico

Seguiu-se a metodologia descrita pela EMBRAPA (1997), utilizando-se  $H_2SO_4$  ( $d = 1,47$ ). A solubilização de amostras de terra fina secas ao ar (TFSA) com  $H_2SO_4$ , visando à determinação de relações moleculares ( $K_i$  e  $K_r$ ), permite avaliar os estágios de intemperização dos solos.

Os procedimentos básicos para as obtenções dos teores de  $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$  e  $Fe_2O_3$  constaram de: pesagem de 1 g de terra fina seca ao ar (TFSA) e colocada em recipiente de teflon; em seguida foram adicionados 20 mL de ácido sulfúrico ( $d=1,47$ ) e fervidos durante meia hora, usando condensador de refluxo para evitar a evaporação.

Após a fervura, foi deixado a solução esfriar; adicionou-se posteriormente 50 mL de água destilada à solução; em seguida, a solução foi filtrada e colocada em um balão aferido de 250 mL, lavando o resíduo com água destilada até completar o volume, obtendo assim o extrato sulfúrico.

Foi utilizado o filtrado (extrato sulfúrico) para as determinações de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  e  $\text{Al}_2\text{O}_3$  e o resíduo do filtro para a determinação da sílica ( $\text{SiO}_2$ ).

As determinações do ferro e alumínio do extrato sulfúrico foram feitas por complexiometria com EDTA, seguindo ainda os procedimentos recomendados pelo Manual de Métodos de Análise de Solo (EMBRAPA, 1997, p. 131-133).

Para a determinação da sílica, no resíduo mencionado acima, foi utilizado o método de espectrofotometria de absorção de massa recomendado pelo Manual de Métodos de Análise de Solo (EMBRAPA, 1997, p. 127-129).

#### 5.3.2.5 Determinação do ferro livre

Seguiu-se a metodologia preconizada por Embrapa (1997) e utilizou-se o método do citrato-bicarbonato-ditionito de sódio (CBD).

Foi pesado um grama de TFSA, colocado em tubo de centrifuga de 100 mL e adicionado 40 mL de citrato de sódio 0,03 M e 5 mL de solução de bicarbonato de sódio molar.

A solução foi aquecida em banho Maria à temperatura entre 75°C a 80°C. Em seguida, foi juntado um grama de ditionito de sódio em pó e agitado constantemente por um minuto; uma segunda porção de 1g de ditionito foi adicionada ao final do segundo período de 5 minutos.

Em seguida foi adicionado ao complexo 5 mL de solução saturada de cloreto de sódio e mantido em aquecimento em banho maria por algum tempo.

Após, deixou-se esfriar e centrifugou a suspensão durante 10 minutos a 2000 rpm. Em seguida, o sobrenadante foi transferido para balão aferido de 250 mL e repetido a operação até obter um líquido sobrenadante claro.

Foi completado o volume a 250 mL com água destilada e levado à leitura no espectrofotômetro de absorção atômica.

### 5.3.3 Descrição Petrográfica do Material de Origem

Foram utilizadas as descrições petrográficas de duas amostras do material de origem do litotipo dominante na área, pertencente à Formação Serra Geral, e coletadas nos horizontes Cr dos dois perfis, P2 e P4.

As descrições foram obtidas a partir de lâminas delgadas que foram investigadas com auxílio de fotomicroscópio, marca Pol Zeiss-oberkochen.

### 5.3.4 Mineralogia dos Solos

#### 5.3.4.1 Fração argila

O preparo das amostras para a identificação dos minerais baseou-se na metodologia descrita por Jackson (1979) e pode ser descrito da seguinte forma: remoção da matéria orgânica pela adição de água oxigenada, reações com acetato de sódio para remover os sais solúveis adsorvidos; em seguida as amostras dos solos foram desferrificadas através de reações com citrato de sódio – bicarbonato de sódio e ditionito de sódio.

Foi utilizada também solução saturada de cloreto de sódio e acetona e após vários tratamentos, os sobrenadantes foram descartados com o auxílio de centrifugação.

O produto da argila, livre de matéria orgânica, sais solúveis e óxidos de ferro, foi saturado com K e Mg; algumas amostras foram solvatadas com etilenoglicol e colocadas em lâminas de vidro microscópicas, com secagem em temperatura ambiente conforme Jackson (1979).

A mineralogia da fração argila foi determinada por difratometria de raios X (DRX), que também é conhecida como “método do pó”, pois o material a ser analisado deve estar pulverizado.

As estruturas cristalinas que constituem os minerais dos solos se caracterizam por arranjo tridimensional ordenado e pela periodicidade da disposição dos íons ou átomos.

Assim, resultam distâncias constantes entre íons ou átomos dos agrupamentos favorecendo uma distribuição regular e/ou ordenada das lâminas que ocorrem nos filossilicatos.

Os raios X são radiações eletromagnéticas de ondas curtas longitudinais (0,1 a 100Å), as quais ao incidir sobre a superfície de um cristal são refratadas de acordo com a lei de Bragg, que permite calcular a distância entre planos atômicos.

Tendo em vista que cada mineral apresenta pico padrão que corresponde ao valor (espaçamento) em Å (ângstrons), pode-se identificar o mineral a partir de comparação previamente estabelecida.

Os difratogramas foram obtidos no Departamento de Petrologia e Metalogenia da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, campus de Rio Claro e o aparelho usado na irradiação das argilas saturadas com K e Mg foi um Siemens Diffractometer D5000, controlado por computador, com goniômetro vertical e radiação de cobre, operando nas seguintes condições: tensão de 40 kV e corrente de 30 mA; uso de filtro de níquel para eliminação de radiação  $K\beta$ ; faixa de varredura de 3 a 66° (2 $\theta$ ); e passo de 0,02° (2 $\theta$ ), com tempo de acumulação de 1s por passo; para as amostras glicoladas, os difratogramas foram obtidos na faixa de 3° a 36° (2 $\theta$ ).

#### 5.3.4.2 Fração areia

Seguiu-se a metodologia preconizada pelo Manual de Métodos de Análise de Solos (EMBRAPA, 1997). Após dispersão com hidróxido de sódio, as frações grossas (areia fina e grossa) foram separadas por tamisação e secas em estufas. Após nova separação, escolheu-se a fração areia muito fina, que foi colocada sobre lâmina de vidro e coberta por lamínula. Por capilaridade, entre a lâmina e lamínula foi adicionado um líquido de imersão com índice de refração

conhecido, para envolver os grãos e servir de referência de relevo (índice de refração), além diminuir o contraste das fases presentes objetivando melhorar a nitidez das mesmas. Nestas montagens, procedeu-se a análise microscópica utilizando Microscópio Óptico monocular Leitz (Wetzlar, Sm – Lux Pol, com aumentos de 40X, 100X, 250X e 630X), através do método de luz transmitida. Através destas técnicas foi possível identificar os principais minerais presentes na fração areia dos solos presentes na sequência estudada. Com uma câmara fotográfica digital acoplada a este aparelho óptico foram obtidas algumas fotos para ilustrar as observações.

O microscópio petrográfico permite uma observação simples, direta pelo analista, sem cálculos ou outras interferências intermediárias. Sem dúvida as observações requerem para a interpretação e avaliação uma experiência pessoal que desempenha um papel extremamente importante.

## 6 CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO

### 6.1 GEOLOGIA REGIONAL

A Geologia do Estado do Paraná é resultado de diferentes ciclos tectônicos que envolveram a Terra em diferentes épocas geológicas.

Maack (2002), com base em algumas assertivas mais antigas, subdividiu o Paraná em cinco unidades macrogeomorfológicas: Litoral, Serra do Mar, Primeiro Planalto, Segundo Planalto e Terceiro Planalto. Na geografia do território paranaense, a Bacia do Paraná, corresponde aos Segundo Planalto e Terceiro Planalto.

Diversos autores, entre eles Milani et al. (1994) e Zalán et al. (1990 apud PINESE, 2002), afirmam que na sequência juro-cretácica, a Formação Botucatu registra um grande deserto de dunas de areia que recobriu a bacia do Paraná e áreas do embasamento; em seguida a bacia foi recoberta pelo grande derrame de lavas basálticas da Formação Serra Geral, com direção N-NW.

O Terceiro Planalto Paranaense formou-se na Era Mesozoica e se caracterizou no Brasil meridional pela formação de extensas sedimentações e intenso vulcanismo; entre as sedimentações, destacam-se as dunas representadas pela Formação Botucatu, Grupo São Bento e pelas várias formações geológicas do Grupo Caiuá (FERNANDES, 1998); o vulcanismo que teria ocorrido no Terceiro Planalto paranaense, Formação Serra Geral, antecedeu as sedimentações do Grupo Caiuá e, de um modo geral, sucedeu aos extensos desertos da Formação Botucatu.

Esse intenso vulcanismo fissural é uma característica comum das bacias cratônicas sul-americanas que teria ocorrido no Mesozoico ; foi a maior manifestação ígnea não-oceânica durante o Fanerozoico e uma importante contribuição à geração da crosta continental do planeta (MILANI et al., 2007).

Ainda segundo Milani et al. (2007), praticamente nenhuma região da bacia foi poupada pela invasão magmática e, hoje, após mais de 100 milhões de anos de retrabalhamento erosivo, ainda restam cerca de três quartos da área total da bacia recoberto pelas rochas ígneas da Formação Serra Geral, com uma

espessura remanescente que se aproxima dos 2000 metros na região do Pontal do Paranapanema (SP).

De maneira generalizada, a Formação Serra Geral é constituída por basaltos toleíticos e andesitos basálticos, ocorrendo subordinadas quantidades de riolitos e riodacitos (PEATE et al., 1992).

Corroborando tais assertivas Leinz et al. (1966) e Melfi, Piccirillo e Nardy (1988), afirmam que as rochas eruptivas da Formação Serra Geral compreendem, predominantemente, um conjunto de derrames de basaltos toleíticos e, subordinadamente, um conjunto de derrames de riolitos, dacitos e riodacitos. Estes últimos, associados às ocorrências de basaltos pórfiros, constituem segundo a Mineropar (1989), uma subunidade estratigráfica designada Membro Nova Prata.

A composição mineralógica primária é constituída predominantemente por plagioclásios, piroxênios e anfibólios, podendo conter olivina. As rochas presentes na área do assentamento são os basaltos da Formação Serra Geral, de idade jurássico-cretácica.

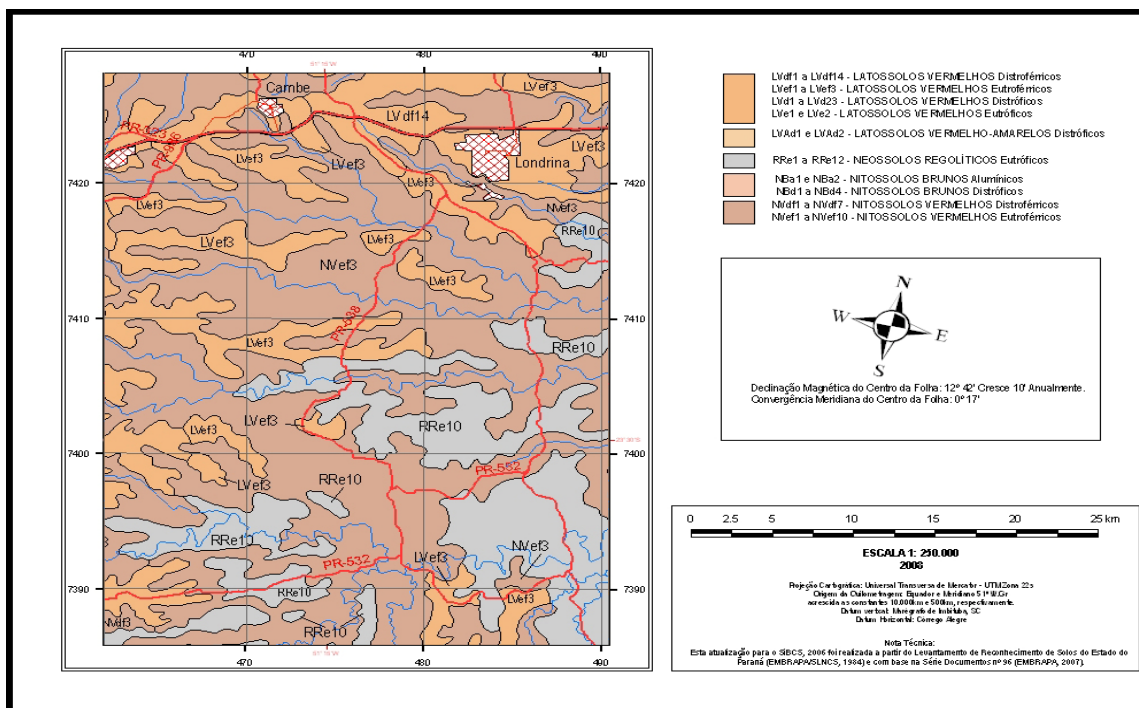
As rochas vulcânicas pertencem ao Grupo São Bento, Formação Serra Geral, área sob domínio da grande Bacia do Rio Paraná são representadas em volume por 90% de rochas básicas, 7% de rochas intermediárias e 3% de rochas ácidas, sendo as últimas no topo dos pacotes vulcânicos da Formação Serra Geral em sobreposição às rochas básicas (BELLIENI et al., 1986).

## 6.2 SOLOS REGIONAIS

Segundo Bhering e Santos (2008), a região de Londrina apresenta, em escala 1:250000, entre as principais classes de solos, os Nitossolos, Latossolos e Neossolos. (Figura 4).

Em Londrina existem dois grupos de Latossolos Vermelhos, os distroféricos, e os eutroféricos. A classe dos Latossolos, segundo o primeiro nível hierárquico, perfaz no Estado do Paraná uma área de 61 406,59 km<sup>2</sup>, e equivale a 30,76 % da superfície deste Estado; são os solos mais comuns no Estado paranaense (BHERING; SANTOS, 2008).

Os Neossolos são constituídos por material mineral ou por material orgânico pouco espesso com pequena expressão dos processos pedogenéticos em consequência da baixa intensidade de atuação destes processos, que não conduziram, ainda, a modificações expressivas do material originário, de característica do próprio material, pela sua resistência ao intemperismo ou composição química, e do relevo, que podem impedir ou limitar a evolução desses solos (EMBRAPA, 2006). Em Londrina aparecem os Neossolos Litólicos eutróficos, distribuídos em manchas pela parte central e rural do município. Em nível de ordem (primeiro nível hierárquico), os Neossolos seguem aos Latossolos, perfazendo 44 365,96 km<sup>2</sup> da área do Estado, em um total de 22,22 % da superfície paranaense (BHERING; SANTOS, 2008).



**Figura 4** - Grupos de solos do município de Londrina.  
**Fonte:** Bhering e Santos (2008).

Os Nitossolos são constituídos por material mineral com horizonte B nítico (reluzente) de argila de atividade baixa, textura argilosa ou muito argilosa, estrutura em blocos subangulares, a angulares ou prismática moderada ou forte, com superfície dos agregados reluzente, relacionada à cerosidade e/ou superfícies de compreensão (EMBRAPA, 2006). No município de Londrina ocorrem dois tipos de Nitossolos Vermelhos: os eutróféricos e os distroféricos. Em nível de ordem no

Estado do Paraná, os Nitossolos ocupam uma área de 30 300,09 km<sup>2</sup> (BHERING; SANTOS, 2008).

Os Cambissolos, embora não contemplados na figura 4, ocorrem em Londrina e são constituídos por material mineral com horizonte B incipiente subjacente a qualquer tipo de horizonte superficial, exceto hístico com 40 cm ou mais de espessura, ou horizonte a chernozêmico, quando o B incipiente apresentar argila de atividade alta e saturação por bases alta (EMBRAPA, 2006). Os Cambissolos no Estado do Paraná ocupam uma área de 21 216,77 km<sup>2</sup> (BHERING; SANTOS, 2008).

A unidade de mapeamento da área do assentamento 'Banco da Terra' (Fazenda Akolá) no último levantamento realizado por Bhering e Santos (2008), em escala de 1:600 000, foi Nvef3, ou seja, Nitossolo Vermelho eutroférico.

### 6.3 GEOMORFOLOGIA

As principais unidades geotectônicas presentes no Estado do Paraná são: embasamento cristalino e a bacia sedimentar; a primeira unidade é constituída principalmente por rochas cristalinas pré-cambrianas e, subordinadamente por rochas eopaleozoicas afossilíferas que constituem a base litoestrutural do relevo do Primeiro Planalto, da Serra do Mar e das bacias sedimentares; a segunda unidade corresponde à Bacia Sedimentar, que no Estado do Paraná, corresponde a uma ampla depressão preenchida por rochas do Fanerozoico que representam o embasamento do Segundo Planalto e Terceiro Planalto (MINEROPAR, 2006).

Segundo Ross (1990), a geomorfologia leva em consideração as influências do substrato geológico na configuração do relevo em unidades morfoestruturais, como também das relações entre a natureza das rochas e a ação intempérica resultando em unidades morfoesculturais.

O Terceiro Planalto corresponde ao maior compartimento de relevo do Estado do Paraná. Seus limites ocorrem entre o reverso de cuesta da Serra Geral a oeste e a calha do rio Paraná a leste, na divisa com o Mato Grosso do Sul.

O município de Londrina situa-se na unidade morfoestrutural da Bacia Sedimentar do Paraná e na unidade morfoescultural do Terceiro Planalto do Estado do Paraná. A maior parte do município está inserida na subunidade morfoescultural do Planalto de Londrina, apresentando um relevo com dissecação média, topos alongados, vertentes convexas e vales em "V". Na porção sudeste, próxima ao rio Tibagi, existem pequenas áreas inseridas na subunidade morfoescultural do Planalto da Foz do Areia, apresentando um relevo com dissecação alta, topos alongados, vertentes retilíneas e côncavas e vales em degraus (MINEROPAR, 2006).

As altitudes variam entre 350 metros e 860 metros acima do nível do mar, sendo que as áreas mais altas estão na porção sul do município nos divisores de água das sub-bacias do Ribeirão Taquara e Apucarantina, e as áreas mais baixas se encontram na calha do rio Tibagi, na porção centro-leste do município, além disso, percebe-se que o município possui uma direção de nível que decresce de oeste para leste.

As áreas mais planas do município estão localizadas ao norte, onde predominam as classes de declividade que não ultrapassam 10%; as regiões centrais e sul são mais acidentadas, com as áreas de maior declividade concentradas na porção sudeste, próximo ao rio Tibagi, onde a maioria das áreas possui declividade acima dos 30%; a região central do município, em sua maioria, apresenta áreas com declividade que variam de 15 a 30%.

O local do trabalho está inserido na subunidade morfoescultural denominada de Planalto de Londrina cuja declividade média é 10% e apresenta um gradiente de aproximadamente 79 metros, com altitude variando de 579 a 500 metros; o topo é alongado, vertente convexa e vale em "V", modelado em rochas basálticas da Formação Serra Geral, segundo a Mineropar (2006).

#### 6.4 CLIMA

O clima no município de Londrina é Subtropical Úmido Mesotérmico (Cfa) em locais de menores altitudes, de verões quentes, geadas pouco frequentes e chuvas com tendência de concentração nos meses de verão (MAACK, 2002).

O resumo climatológico de Londrina de 1976 a 2008 pode ser observado na tabela 1.

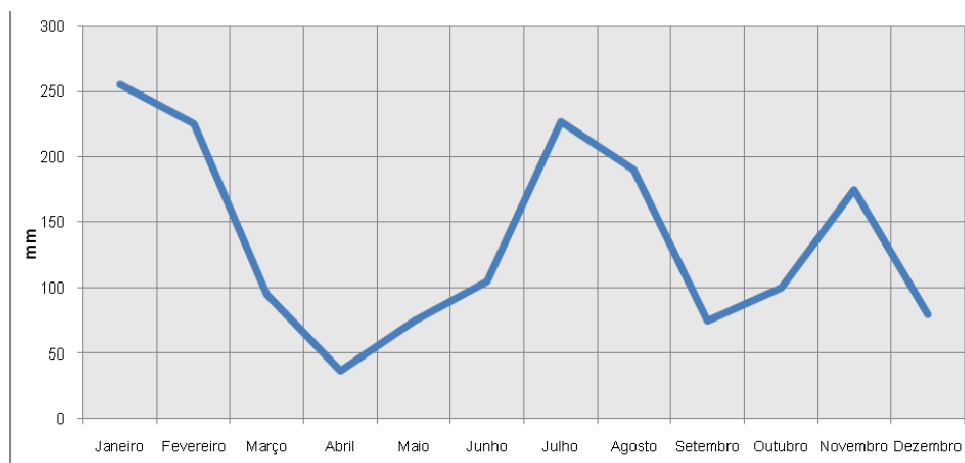
A faixa de precipitação no ano é de 1.400 a 1.600 mm, sendo que a faixa de precipitação nos meses menos chuvosos, junho, julho, agosto é de 225 a 250 mm e nos meses mais chuvosos, dezembro, janeiro e fevereiro, é de 500 a 600 mm (Tabela 1).

O gráfico do balanço pluviométrico do município com base nos dados de 2008 e 2009 fornecidos pelo Instituto Agrônomo do Paraná, ressaltando que este balanço não reflete a média histórica, por se tratar de anos de influência de fenômenos que ocorrem em intervalos de tempo relativamente longos (fenômenos El Niño e La Niña) (Figura 5).

**Tabela 1:** Resumo climatológico de Londrina (1976 a 2008).

EST.: Londrina / CÓD.: 02351003 / LAT.: 23°22'S / LONG.: 51°10'W / ALT.: 585m										PERÍODO: 1976 - 2008	
MÊS	TEMP. DO AR (°C)			U.REL. média (%)	VENTO		PRECIP. (mm)		EVAP. total (mm)	INSOL. total (horas)	
	média	média máxima	média mínima		direção pred.	veloc. (m/s)	total	dias de chuva			
JAN	23,9	29,5	19,6	76	E	2,4	210,1	15	105,9	204,4	
FEV	23,8	29,7	19,5	76	E	2,2	186,4	14	91,3	193,3	
MAR	23,4	29,7	18,7	73	E	2,2	136,9	11	112,9	223	
ABR	21,6	28	16,6	71	E	2,2	111,5	8	108	226,4	
MAI	18,3	24,4	13,4	74	E	2,1	117	8	91,9	216,3	
JUN	16,9	23,1	11,9	75	NE	2	88,5	8	81,2	206,8	
JUL	16,9	23,5	11,5	69	E	2,3	63,7	6	106,7	232,1	
AGO	18,8	25,8	12,8	62	E	2,4	52,8	6	144,5	237,3	
SET	19,9	26,4	14,4	64	E	2,8	120	9	146,7	199,2	
OUT	22,2	28,7	16,7	66	E	2,8	130,6	10	156,8	219,6	
NOV	23,1	29,4	17,8	66	E	2,8	161,8	11	149,6	229,2	
DEZ	23,7	29,4	19	72	E	2,6	204,5	14	126	219,6	
<b>ANO</b>	<b>21</b>	<b>27,3</b>	<b>16</b>	<b>70,4</b>			<b>1584</b>	<b>120</b>	<b>1422</b>	<b>2607</b>	

**Fonte:** Instituto Agrônomo do Paraná – IAPAR (2009).



**Figura 5** - Balanço pluviométrico (2008/2009).  
**Fonte:** IAPAR/PDM Londrina em desenvolvimento.

O regime dos ventos predominantes é de leste e nordeste e apresenta uma velocidade média de 2,6 m/s, devido à situação latitudinal da cidade de Londrina (sob o trópico de Capricórnio) e suas baixas cotas altimétricas, ocorre um intenso fluxo de sistemas atmosféricos de altas e baixas temperaturas, o que produz intensificação na velocidade dos ventos podendo atingir velocidades acima de 120 km/h (acima de 45 km/h são considerados de tempestade - Escala de Beaufort). Em tais condições, registradas principalmente nas estações de primavera e verão, os ventos mudam genericamente de direção, passando a soprar de oeste e sudoeste (Tabela 1).

## 6.5 HIDROGRAFIA

O município de Londrina está inserido na bacia hidrográfica do rio Tibagi, importante afluente da margem esquerda do rio Paranapanema.

Segundo o Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social (IPARDES), existem 16 sub-bacias principais (Tabela 2), com seus cursos de maior ordem correndo de oeste para leste, além de vários pequenos cursos hídricos que deságuam no rio Tibagi.

**Tabela 2:** Principais sub-bacias hidrográficas de Londrina.

<b>SUB-BACIA</b>	<b>ÁREA (km<sup>2</sup>)</b>	<b>EXTENSÃO DO RIO PRINCIPAL (km)</b>
Couro de Boi	110	47
Cágados	96	34
Abóboras	79	29
Jacutinga	238	57
Limoeiro	47	20
Três Bocas	517	81
Remansinho	10	7
Apertados	331	92
Gaviãozinho	34	10
Marrecas	74	29
Tibagi 1	22	13*
Taquara	896	118
Tibagi 2	32	14*
Barra Funda	107	28
Tibagi 3	86	22*
Apucarantina	553	77

\*Trechos do Rio Tibagi

**Fonte:** Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social – IPARDES.

Ainda segundo o IPARDES (2009), a maioria das bacias abaixo citadas está parcialmente compreendida dentro dos municípios limítrofes à Londrina, seja a montante seja à jusante dos cursos hídricos.

As quatro bacias hidrográficas que estão totalmente inseridas no município são: a do ribeirão Remansinho, Água do Gaviãozinho, ribeirão das Marrecas e ribeirão Barra Funda.

A Fazenda Akolá está inserida na sub-bacia do Taquara, estando praticamente à margem do Ribeirão do Cerne, afluente do Rio Taquara.

## 6.6 VEGETAÇÃO

A Fazenda Akolá está inserida morfoestruturalmente no Terceiro Planalto do Estado do Paraná e morfoesculturalmente no planalto de Londrina, que por sua vez está situado na região conhecida como baixo Tibagi, onde as altitudes não ultrapassam 800 metros (TOREZAN, 2002).

A boa distribuição pluviométrica em quase todos os meses do ano contribui para o desenvolvimento de floresta na maior parte do Estado do Paraná; com a expansão da lavoura cafeeira, seguida pelo ciclo da soja e trigo, a floresta quase desapareceu. Diminutas reservas ainda testemunham e retratam o seu comportamento.

O Estado do Paraná compreende vários climas, transições climáticas, acidentes geográficos marcantes e diferentes tipos de solos, portanto, vários tipos de cobertura vegetal.

Da ação conjunta dos fatores geográficos, climáticos, biológicos e pedológicos resultam em decorrência da sua combinação certos e determinados tipos de vegetação.

A vegetação originalmente dominante era a Floresta Estacional Semidecidual, a qual sofreu um processo intenso de fragmentação desde o século XIX, resultando numa paisagem composta por uma miríade de pequenos fragmentos, somando apenas 2 a 4% da área antes ocupada por florestas.

Antes da fragmentação, esse tipo de ecossistema formava um contínuo com a Floresta Ombrófila Densa (Floresta Atlântica) desde a costa atlântica brasileira, sendo por isso, considerado parte do bioma das florestas tropicais (TOREZAN, 2002).

A variação da profundidade do solo e as condições de drenagem nas sequências determinam fisionomias distintas da Floresta Estacional Semidecidual. A fertilidade do solo parece ter importância secundária nesse processo, já que todo o baixo Tibagi compreende solos férteis, originados dos derrames de lavas básicas da Formação Serra Geral (TOREZAN, 2002).

Nas áreas com solo profundo e bem drenado, observa-se uma fisionomia com sub-bosque menos denso, composto principalmente por árvores com dossel mais alto e plantas emergentes acima dos 35 metros (Figura 6).



**Figura 6** – Vegetação nativa mostrando dossel alto e plantas emergentes.

Nas áreas com solos hidromórficos, nas margens do ribeirão Cerne que corta a fazenda, há alterações na composição e estrutura das árvores, levando a um dossel mais baixo (Figura 7).



**Figura 7** – Vegetação ribeirinha mostrando dossel mais baixo.

## 7 ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS DO ASSENTAMENTO

Na Fazenda Akolá, cujos limites podem ser observados na figura 2, com área de 465,84 hectares, procedeu-se ao parcelamento do solo, em lotes destinados à implantação do denominado assentamento Fazenda Akolá, que em dialeto africano, significa forte, resistente.

O assentamento surgiu em 25 de outubro de 2000, com recursos do Ministério do Desenvolvimento Agrário, através do extinto Programa Banco da Terra, atual Crédito Agrário, que liberou recursos de R\$ 1.465.213,40 para aquisição da área.

Os lotes foram adquiridos por 42 famílias de trabalhadores rurais sem terra, selecionados pela vocação agrícola, cujo pagamento ocorre de forma parcelada e em longo prazo.

A propriedade agrícola, no decorrer do tempo, adquiriu grande importância como fator de produção, prejudicando a concepção de seus valores sociais.

O direito de propriedade não pode mais ser entendido como um direito absoluto como o era, uma vez que deverá atender uma função social, não estando mais submetida apenas a vontade individual do proprietário.

O conjunto de requisitos que compõe o cumprimento da função social da propriedade demonstra a existência de relações econômicas, sociais e ambientais, cujo entendimento é fundamental para compreensão dos efeitos dessas relações.

O conceito absolutista que teve seu apogeu no individualismo do século XVIII, sofreu total transformação no sentido de que o domínio particular se vem socializando, no instante em que transforma em problema coletivo o que antes se contituía em problema individual.

Evoluiu-se, assim, da propriedade-direito para a propriedade-função.

Nesta linha, percebe-se que o direito a propriedade foi, por muito tempo, absoluto. Imperava o sentimento de que tendo algo como seu, poder-se-ia usufruir de qualquer modo, sem interferência de alguém ou até mesmo do Estado. A sociedade passou a questionar e rejeitar aquele absolutismo do direito à propriedade, transformando a natureza absoluta desse direito em relativa. Ampliou-

se, portanto, o conceito essencialmente econômico de antes, analisando a propriedade como uma riqueza que se destina à produção de bens necessários à sociedade ao invés do interesse singular e egoísta na utilização da terra.

O direito de propriedade privada perdeu aquela característica de exclusivismo, é encarado hoje sob um critério de relatividade, vinculando-se o direito de propriedade ao dever de usá-la, de acordo com o interesse social, posto este sob a égide do Estado que, dotado de poder de iniciativa para a solução dos problemas sociais, não pode ficar indiferente diante da negligência do indivíduo proprietário, ao usar a coisa conforme sua destinação natural, privando a coletividade.

Neste contexto, percebe-se que no assentamento Fazenda Akolá, há uma boa relação de vizinhança, as propriedades são produtivas e há preocupação com a preservação dos recursos naturais.

### 7.1 Condições de Habitação

As condições de moradia são boas, visto que os lotes são dotados de casas de alvenaria, saneamento básico, energia elétrica e água encanada como se observa na figura 8.



**Figura 8** - Residência em um dos lotes do assentamento

## 7.2 ASPECTOS DA PRODUÇÃO

Observou-se que nos diferentes lotes do assentamento pratica-se agricultura diversificada, com produção de hortaliças, cará, mandioca, batata-doce, fruticultura e culturas tradicionais, como milho e soja, além de pequenas criações para abastecimento familiar, como mostram as figuras 9, 10 e 11.



**Figura 9** - Plantação de citros em lote do assentamento



**Figura 10** - Plantação de citros consorciada com cará



**Figura 11** - Pequena estufa para produção de hortaliças

Constatou-se que em alguns lotes há a preocupação com o embelezamento da propriedade aliada à produção, como pode ser observado na figura 12, onde são mostrados pequenos açudes destinados à piscicultura.



**Figura 12** - Açudes destinados à piscicultura

Considerando tratar-se de agricultores cujas atividades enquadram-se dentro do conceito de agricultura familiar que, segundo o Estatuto da Terra (BRASIL, 1964), é "o imóvel rural que, direta e pessoalmente, explorado pelo agricultor e sua família, lhes absorva toda força de trabalho, garantindo-lhes a subsistência e o progresso social e econômico, com área máxima fixada para cada região e tipo de exploração, e eventualmente trabalhado com ajuda de terceiros", verifica-se que em alguns lotes do assentamento utiliza-se da tração animal para lavrar a terra, como mostra a figura13.



**Figura 13** - Aração do solo com tração animal

Os pequenos produtores que compõe o assentamento estão organizados de forma cooperativista, de forma que a produção, principalmente a de cará, é exportada para outros estados, principalmente da região nordeste do Brasil, como a Paraíba, segundo informações locais.

### 7.3 ÁREAS DE PRESERVAÇÃO E RESERVA LEGAL

Segundo Reis et al. (2008), o modelo fundiário adotado na colonização da região, caracterizou-se por lotes alongados e estreitos, priorizando,

como divisas, os córregos e espigões. Assim também ocorreu no loteamento da Fazenda Akolá, onde os lotes são alongados e têm os Ribeirões do Cerne e Taquara, como linhas divisórias dos imóveis.

O Código Florestal Brasileiro (BRASIL, 1965) instituiu as chamadas Área de Preservação Permanente (APP) e Área de Reserva Legal (RL). A primeira constitui-se, dentre outras, nas faixas marginais ao longo dos cursos d'água, com largura variável, de acordo com a largura do rio e a segunda, constitui-se de uma área preservada com vegetação nativa, correspondente a 20% da área total do imóvel, para a região sul. A fisionomia ecológica da região caracteriza-se por Floresta Estacional Semidecidual (Floresta Tropical Subcaducifólia). No assentamento Fazenda Akolá, as faixas ao longo dos cursos d'água estão devidamente preservadas conforme se observa na figura 14.



**Figura 14** - Área de preservação permanente vegetada

De igual forma, a área de reserva legal está devidamente preservada em um único fragmento florestal, na forma de consórcio, envolvendo todos os lotes do assentamento, como pode ser observado na figura 15.



**Figura 15** - Vista da área de Reserva legal preservada

## 8 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 8.1 DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA DO MATERIAL DE ORIGEM

#### 8.1.1 Descrição Mesoscópica

A litologia predominante presente na fazenda Akolá foi observada nos afloramentos de rochas, cortes de estradas e nas trincheiras dos perfis P2 e P4. Trata-se de rochas basálticas da Formação Serra Geral, Grupo São Bento, de idade neojurássica e eocretácica, originadas por intenso vulcanismo fissural e foi, segundo Milani et al. (2007), a maior manifestação ígnea não-oceânica durante o Fanerozoico e uma importante contribuição à geração da crosta continental do planeta.



**Figura 16** – Corte de estrada na fazenda Akolá.

Os materiais de origem observados no campo apresentam-se predominantemente em forma de blocos; esses materiais têm coloração cinza escura, cobertos por películas marrons avermelhadas, resultantes de alterações dos

silicatos primários ferromagnesianos, com aspectos terrosos em forma de camadas concêntricas (decomposição esferoidal) e são atraídos por imã, acusando a presença de magnetita; secundariamente, observa-se também, nos cortes das estradas, alterações em forma de pastilhamento (Figura 16), o que evidencia locais antigos de fluxos de lava.

As amostras dos materiais de origem dos horizontes Cr dos perfis P2 e P4 demonstraram características mesoscópicas bastante similares; de tal forma que, as descrições expostas no presente trabalho acerca das características do material de origem servem, não somente para os perfis P2 e P4, como muito provavelmente também, para os demais perfis da sequência.

Nas superfícies de fraturas foram observadas películas negras que efervesce em contato com água oxigenada indicando a presença de óxidos de manganês e películas brancas constituídas provavelmente por argilominerais, originados da intemperização dos minerais primários presentes no material de origem.

As estruturas dos materiais de origem são isotrópicas (maciças) e nas superfícies de cortes para a obtenção das lâminas delgadas observam-se pontuações de tonalidades mais claras e formas retangulares a irregulares relativas ao plagioclásio e pontuações milimétricas a submilimétricas de tonalidades mais escuras (verde escuro a preto) correspondente a microamígdalas e/ou pseudomorfos de olivina.

As texturas são granulares finas típicas de rochas básicas cristalizadas na superfície terrestre.

#### 8.1.2 Descrição Microscópica.

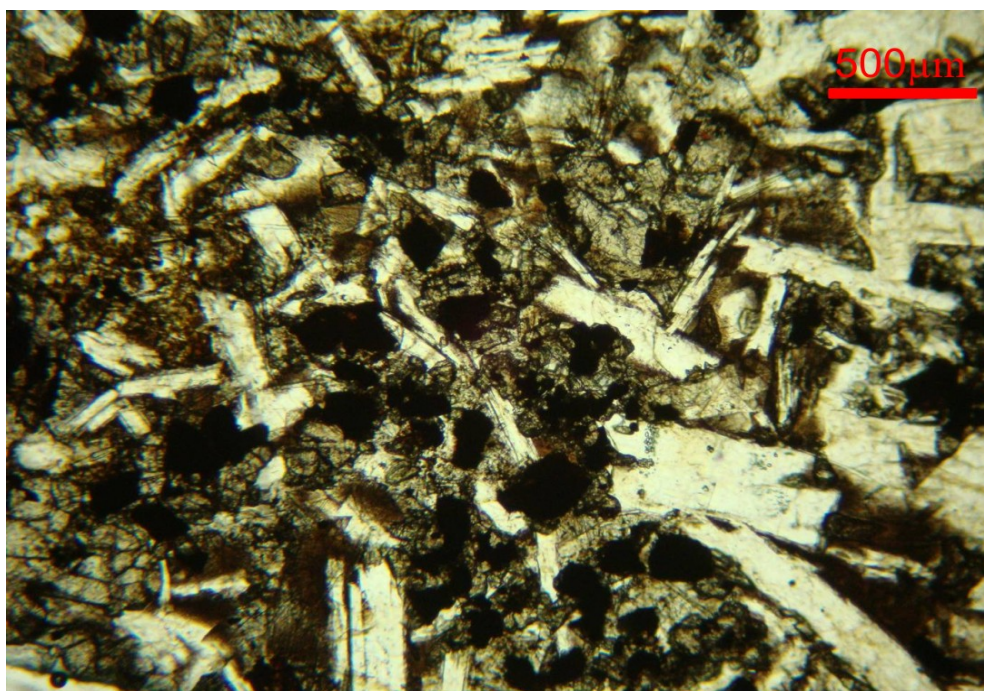
As descrições microscópicas das amostras do material de origem dos solos presentes na área estudada foram obtidas a partir das análises de lâminas delgadas com auxílio de fotomicroscópio, marca Pol Zeiss-oberkochen e os resultados obtidos estão descritos a seguir.

A composição modal estimada visualmente para o material de origem que forma os horizontes Cr dos perfis P2 e P4 pode ser assim descrita: plagioclásio ( $\pm 45\%$ ), augita ( $\pm 20\%$ ), minerais opacos ( $\pm 10\%$ ), vidro e material microcristalino ( $\pm 10\%$ ), pigeonita ( $\pm 5\%$ ), argilominerais e hidróxido de ferro ( $\pm 5\%$ ), pseudomorfos de olivina ( $\pm 5\%$ ) e apatita ( $\pm 1\%$ ).

Os materiais de origem encontram-se levemente alterados aparecendo comumente filetes de óxidos e hidróxidos de ferro e argilominerais dispostos intersticialmente.

As análises microscópicas das amostras dos horizontes Cr dos perfis P2 e P4 detectaram tratar de materiais de origem dos solos que apresentam texturas granulares e ligeiramente inequigranulares (subporfíricas), aparecendo alguns cristais de até 3 mm de comprimento de plagioclásio e 2 mm de augita, em matriz com granulação média da ordem de 300  $\mu\text{m}$ .

A figura abaixo ilustra o aspecto textural do material de origem; observa-se a predominância dos plagioclásios ripiformes seguido dos piroxênios que apresentam cor esverdeada; os minerais opacos de cor preta e os vidros desvitrificados nos interstícios da rocha também podem ser observados (Figura 17).



**Figura 17**– Fotomicrografia exibindo o aspecto textural formado por plagioclásio (ripas claras), piroxênios (relevo alto e cor esverdeada), opacos (pretos) e vidro desvitrificado intersticial (material castanho a marrom). Imagem obtida com luz polarizada e polarizadores descruzados (Horizonte Cr – P4).

Os plagioclásios (labradoritas) e os piroxênios (augita e pigeonita), que juntos perfazem aproximadamente 70% dos componentes da rocha, são os principais minerais responsáveis pela formação de grande quantidade de argila presente nos solos estudados; tais minerais são silicatos ricos em cálcio, magnésio e ferro que transmitem aos solos alto potencial de nutrientes para as plantas.

Os plagioclásios (labradoritas), em particular, ocorrem sob a forma de cristais tabulares com distribuição granulométrica algo serial, sendo raros os cristais com mais de 1,5 mm de comprimento, sendo que os maiores são poiquilíticos (Figura 18). Apresentam bordas sem inclusões e porção central com pequenos cristais de clinopiroxênio arredondados a vermiformes;

Os plagioclásios são originados diretamente do resfriamento do magma e apresentam em sua constituição sílica combinada com óxidos de alumínio, cálcio e sódio; são variedades de feldspatos que apresentam interesse pedológico de várias formas dentre as quais podem ser citadas: susceptibilidade ao intemperismo químico podendo originar os argilominerais, fornecer sílica, alumina, sódio e principalmente cálcio à solução do solo.

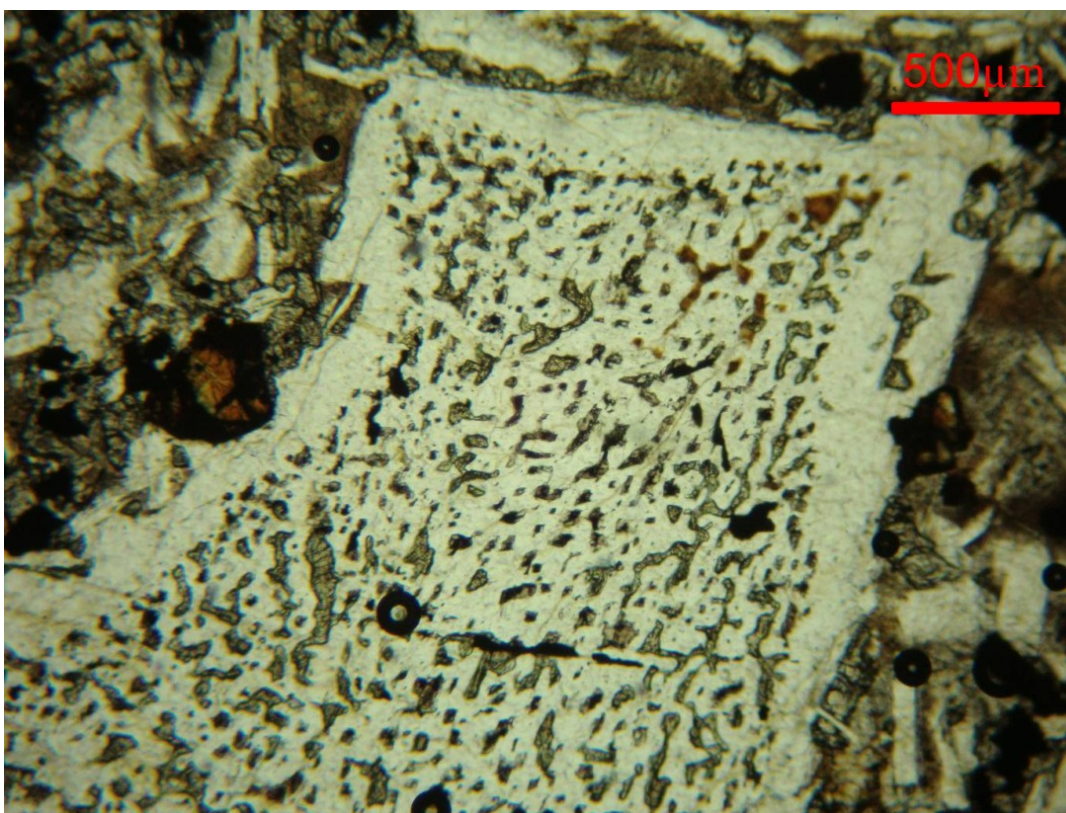


**Figura 18** – Fotomicrografia exibindo fenocristal de plagioclásio poiquilítico, contendo inclusões de clinopiroxênio; secundariamente material vítreo alterado e bordas praticamente sem inclusões evidenciando zoneamento. Imagem obtida com luz polarizada e polarizadores descruzados (Horizonte Cr – P2).

A pigeonita ocorre sob a forma de pequenos cristais tabulares a irregulares corroídos, normalmente, mais alterados que a augita, às vezes, englobados por cristais de augita. É diferenciado da augita pelo hábito, relevo pouco mais alto e figura de interferência (Figura 19).

Tanto a pigeonita quanto a augita são espécies de piroxênios, portanto, apresentam em sua constituição sílica combinada com óxidos; a augita apresenta sílica combinada com óxidos de ferro e de cálcio enquanto a pigeonita além dos óxidos de ferro e de cálcio contém também óxidos de magnésio.

Tais quais os plagioclásios, os piroxênios também apresentam interesse pedológico e constituem uma das principais fontes de ferro que após a oxidação pode colorir os solos de vermelho e/ou amarelo.

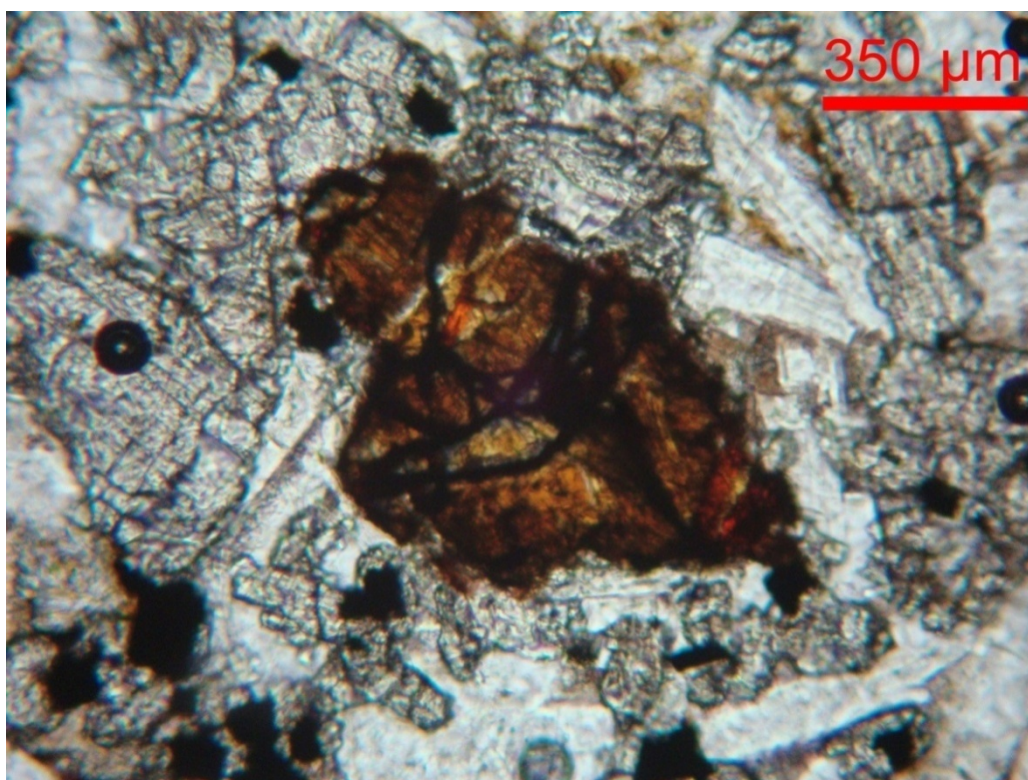


**Figura 19** – Fotomicrografia exibindo fenocristal de plagioclásio poiquilítico, contendo inclusões de clinopiroxênio e bordas praticamente sem inclusões evidenciando zoneamento. Na matriz, os pequenos prismas de relevo mais alto correspondem a pigeonita; o material intersticial marrom é vidro desvitrificado e/ou mesóstase; o material preto constitui os minerais opacos; à direita do fenocristal de plagioclásio aparece um pequeno pseudomorfo de olivina. Imagem obtida com luz polarizada e polarizadores descruzados (Horizonte Cr – P4).

Os pseudomorfos de olivina (Figura 20) exibem formas euédricas a anédricas e estão dispersos mais ou menos homoganeamente pelo material de

origem. São constituídos por filossilicatos de granulação relativamente grossa, como cristais atingindo cerca de 30  $\mu\text{m}$ , de birrefringência alta, cor amarelo a amarelo alaranjado com leve pleocroísmo; esses filossilicatos são cortados por filetes irregulares de óxidos/hidróxidos de ferro (hematita/maghemita/goethita e hidróxido de ferro amorfo).

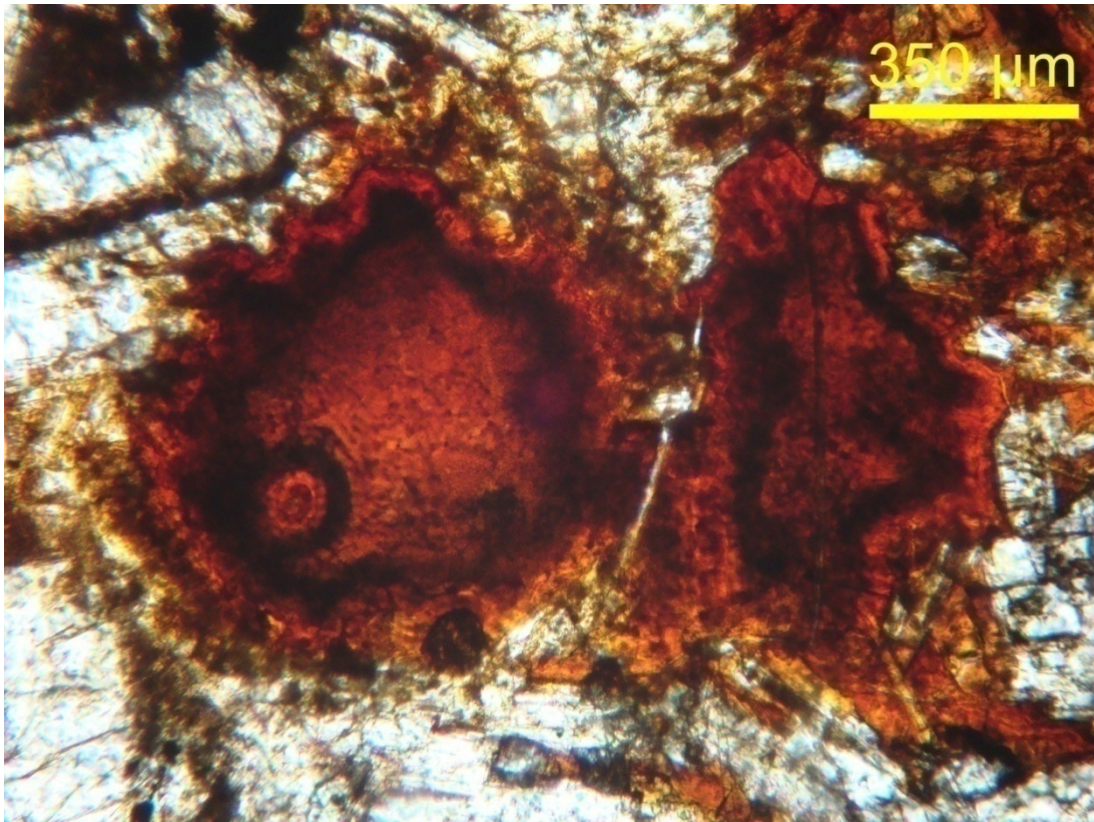
Os óxidos de ferro, principalmente na forma de hematita, são os principais responsáveis pela coloração vermelha dos solos investigados.



**Figura 20** – Fotomicrografia exibindo pseudomorfo de olivina bordejado por piroxênio (relevo maior), plagioclásio (branco de relevo menor) e opacos (preto). O material intersticial de cor marrom amarelado de limites difusos trata-se de produto de alteração (argilominerais e hidróxidos de ferro). Imagem obtida com luz polarizada e polarizadores descruzados (Horizonte Cr – P2).

Os argilominerais, além de aparecerem intersticialmente, ocorrem preenchendo microcavidades (amígdalas) submilimétricas a milimétricas, normalmente, menores que 2 mm, onde apresentam arranjo concêntrico a irregular e mostra ser representada pelo menos por dois tipos de argilominerais, em função da variação de relevo e tonalidade de cor. A cor é marrom alaranjado a amarelo e

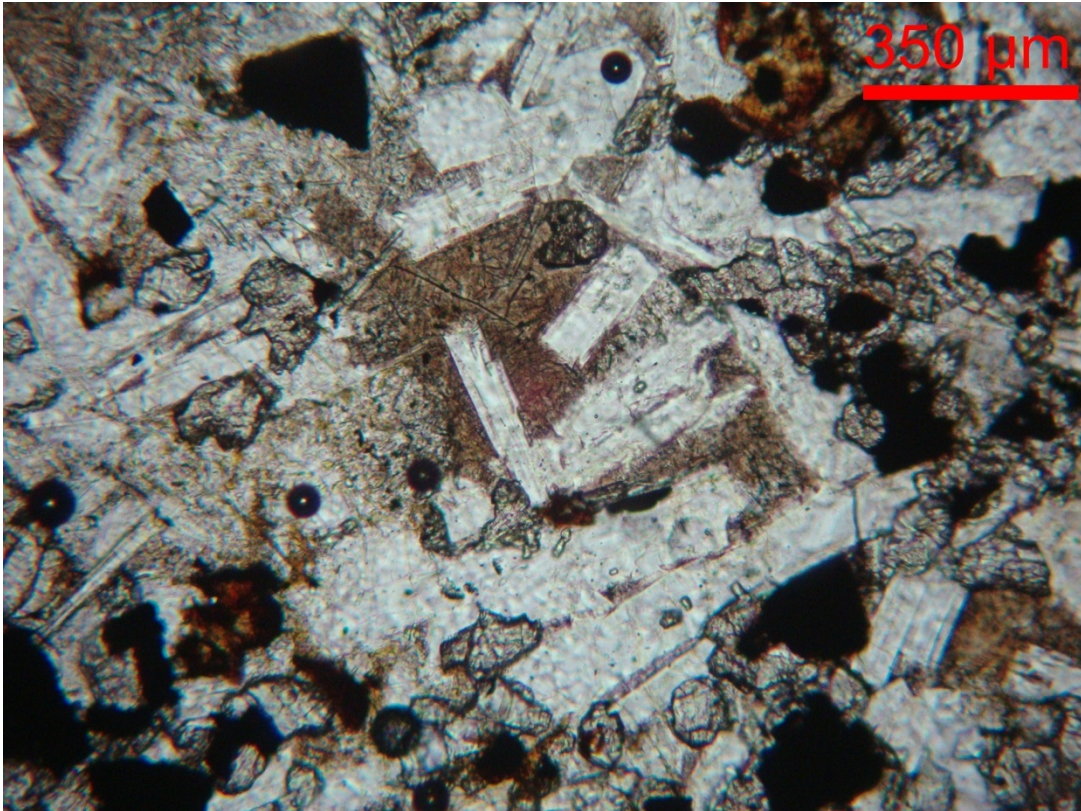
apresenta granulação e birrefringência menor que dos filossilicatos que constituem os pseudomorfos de olivina (Figura 21).



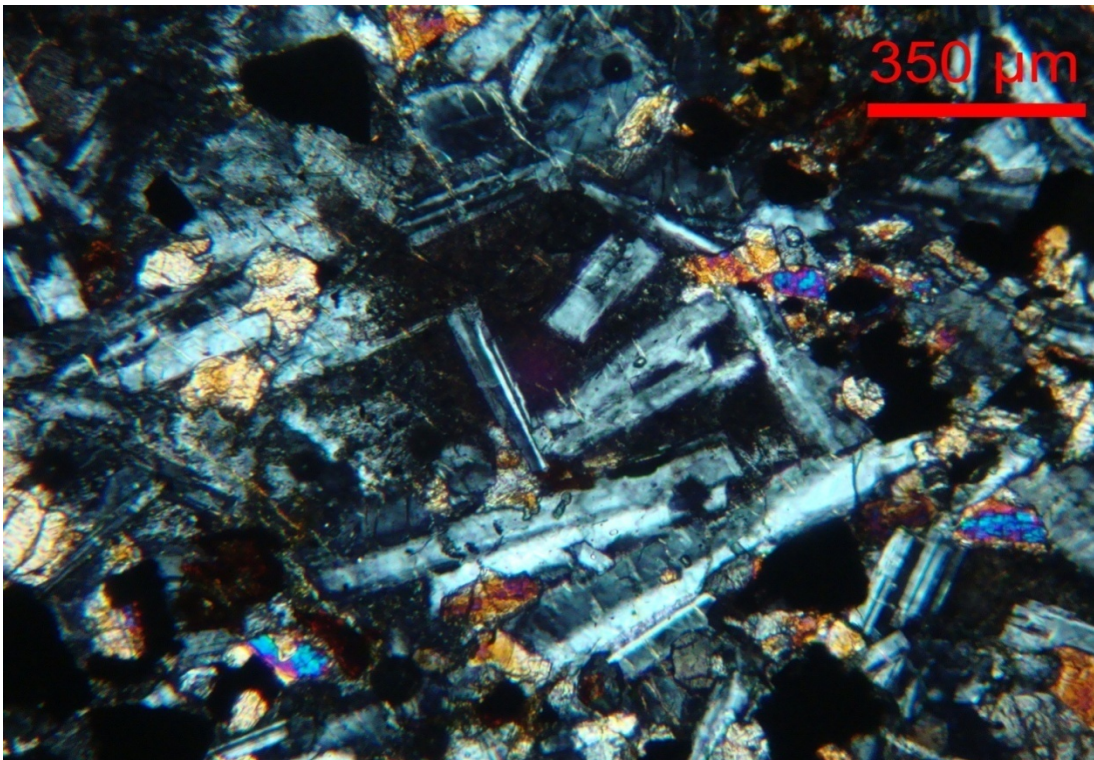
**Figura 21** – Fotomicrografia mostrando amígdalas preenchidas por argilominerais e hidróxidos/óxidos de ferro (ferroargilans). Nota-se o zoneamento *concêntrico*. Imagem obtida com luz polarizada e polarizadores descruzados (Horizonte Cr – P2).

O material vidro desvitrificado (criptocristalino a microcristalino, rico em cristalitos de apatita, piroxênios e minerais opacos) ocorre disposto intersticialmente de forma irregular e, localmente, encontra-se com alteração parcial para argilominerais que exibem coloração verde, amarelo a marrom alaranjado.

Os minerais opacos constituem pequenos cristais eudrais (octaédricos) a irregulares, normalmente menores que 300 μm, e estão dispersos homoganeamente pela rocha (Figuras 22 e 23). A apatita constitui acículas e prismas delgados dispostos intersticialmente na massa vítrea.

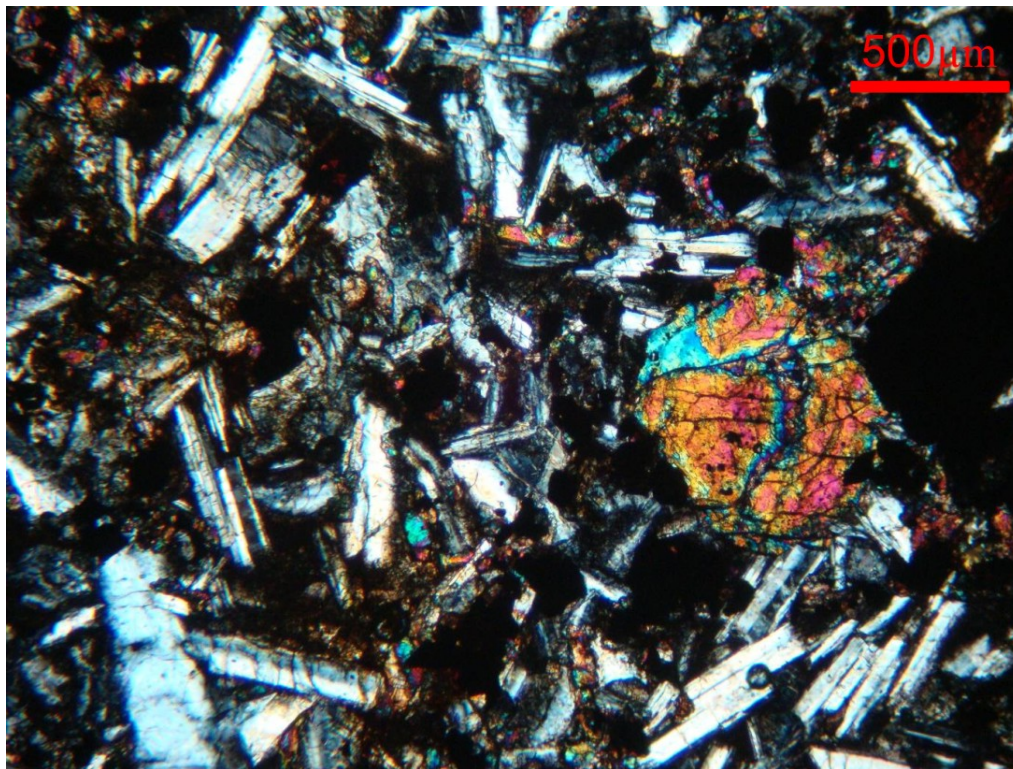


**Figura 22** – Fotomicrografia destacando o vidro intersticial ou mesóstase (matéria intersticial de cor marrom), acículas de apatita e os minerais opacos (cor preta). Imagem obtida com luz polarizada e polarizadores descruzados (Horizonte Cr – P2).



**Figura 23** – Fotomicrografia apresentando a mesma imagem da figura 22 obtida com polarizadores cruzados (Horizonte Cr – P2).

A augita forma pequenos cristais anedrais, normalmente formando agregados dispostos intersticialmente aos cristais de plagioclásios. Os cristais maiores tendem a ser eudrais a subeudrais (Figura 24).



**Figura 24** – Fotomicrografia apresentando aspecto textural do basalto com destaque para um cristal anedral de augita com granulação pouco maior que a média (porção direita da imagem); cristais tabulares curtos de plagioclásios; cristais opacos e vidro desvitrificado ou mesóstase. Imagem obtida com polarizadores cruzados (Horizonte Cr – P4).

Essas rochas, parcialmente alteradas, que constituem o material de origem dos solos presentes na área do assentamento “Banco da Terra” (Fazenda Akolá) podem ser classificadas como basaltos com pseudomorfos de olivina.

## 8.2 CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DOS SOLOS

### 8.2.1 Seção geopedológica

O esboço abaixo (Figura 25) mostra as posições dos perfis P1, P2, P3 e P4 na paisagem. Acima da seção, observam-se as configurações dos horizontes de cada perfil a partir das recomendações segundo Santos et al. (2005).

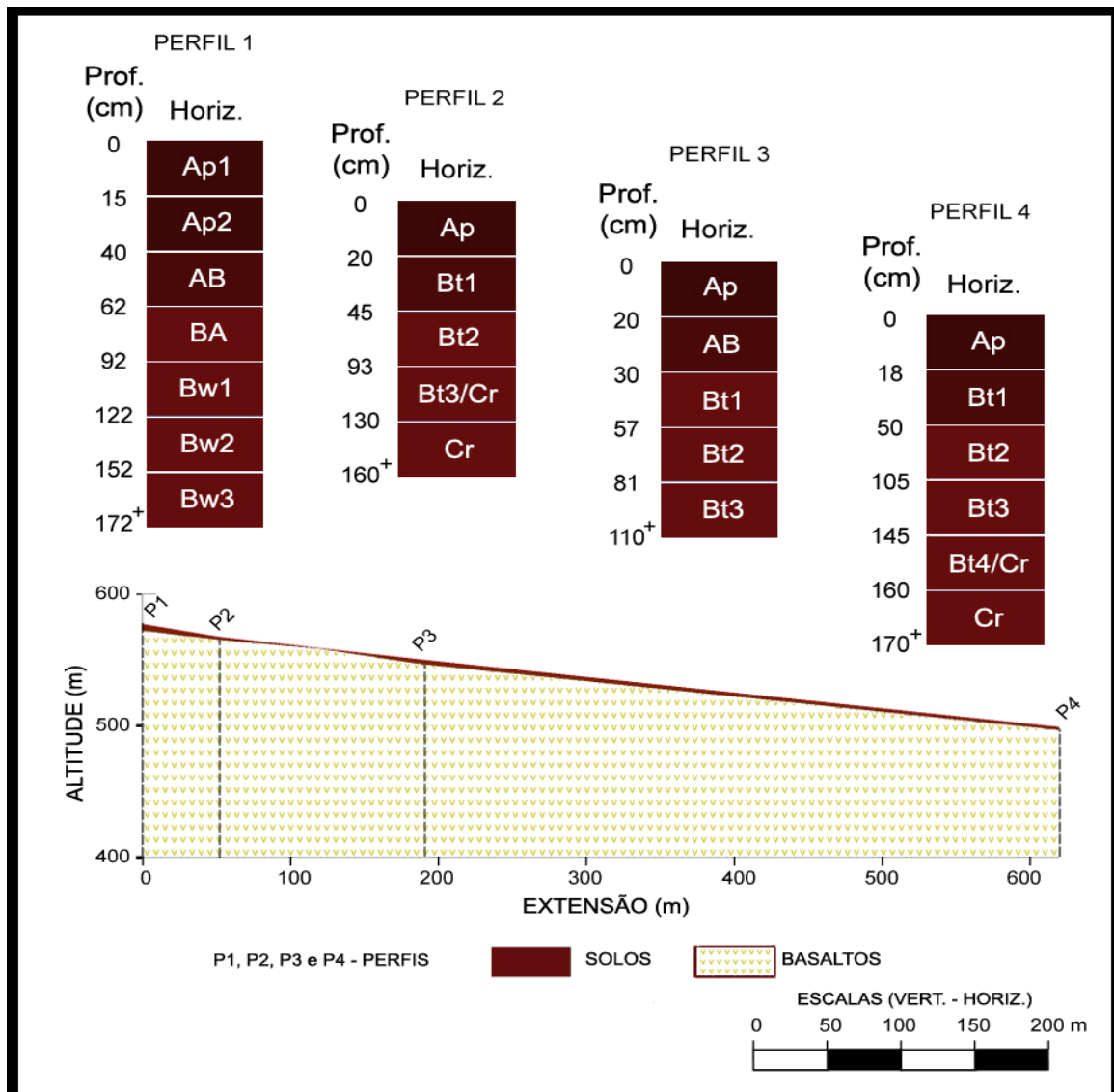


Figura 25 – Seção geopedológica mostrando o posicionamento dos pédon na vertente e acima as representações dos perfis correspondentes.

## 8.2.2 Descrição morfológica

Todos os perfis (P1 a P4) tiveram a morfologia descrita segundo as recomendações de Santos et al. (2005), conforme pode ser observado nos anexos e/ou nas tabelas 3 e 4.

**Tabela 3** – Características morfológicas selecionadas.

Perfil	Hor.	Prof. cm	Estrutura <sup>(1)</sup>			Cerosidade <sup>(2)</sup>		Mn <sup>(3)</sup>
			Desenv.	Tamanho	Tipo	Desenv.	Qtidade	
P1	Ap1	0-15	M	M/G	BS/G	-	-	F
			FT	MP	G			
	Ap2	15-40	M	M/G	BS	-	-	F
			FT	MP	G			
	AB	40-62	F	P	G	-	-	F
			M	G	BS			
	BA	62-92	M	G	BS	-	-	F
			FT	MP	G			
Bw1	92-122	M	G	BS	-	-	F	
		FT	MP	G				
Bw2	122-152	M	G	BS	-	-	F	
		F	MP	G				
Bw3	152-172 <sup>+</sup>	M	G	BS	-	-	F	
		F	MP	G				
P2	Ap	0-20	FT	P/M	G/BS	-	-	F
	Bt1	20-45	M	M	BS	M	C	F
	Bt2	45-930	M/FT	P	BS	M	C	F
	Bt3/Cr	93-130	M/FT	P/G	BS	M	C	F
	Cr	130-160 <sup>+</sup>	-	-	-	-	-	-
P3	Ap	0-20	FT	P/M	G/BS	-	-	F
	AB	20-30	M	P/M	BS	F	C	F
	Bt1	30-57	M	P	BS	M	C	F
	Bt2	57-81	M	P/M	BS	M	C	F
	Bt3	81-110 <sup>+</sup>	M	P/M	BS	M	C	F
P4	Ap	0-18	FT	P/M	G/BS	-	-	F
	Bt1	18-50	M	P/M	BS	M	C	F
	Bt2	50-105	M	P/M	BS	M	C	F
	Bt3	105-145	M	P/M	BS	M	C	F
	Bt4/Cr	145-160	M	P/M	BS	M	C	F
	Cr	160-170 <sup>+</sup>	-	-	-	-	-	-

<sup>(1)</sup>Grau de desenvolvimento: F – fraca, M – moderada, FT – forte; Tamanho: MP – muito pequena, P – pequena, M – média, G – grande, MG – muito grande.; Tipo: BA – blocos angulares, BS – blocos subangulares, G – granular.; <sup>(2)</sup>Grau de desenvolvimento: F – fraca, M – moderada; Quantidade: C – comum; <sup>(3)</sup>Manganês: F – efervescência forte em H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.

**Tabela 4 – Características morfológicas selecionadas**

Perfil	Hor.	Sit. <sup>(1)</sup>	Dec. <sup>(2)</sup> %	Dren. <sup>(3)</sup>	Cor <sup>(4)</sup>	Consistência		
						Seco <sup>(5)</sup>	Úmido <sup>(6)</sup>	Molhado <sup>(7)</sup>
P1	Ap1	TE	0-3	AD	10R 3/4	MAC/LID	MFR	PLA/LPG
	Ap2	TE	0-3	AD	10R 3/4	LID	MFR	PLA/LPG
	AB	TE	0-3	AD	10R 3/5	MAC/LID	MFR	PLA/LPG
	BA	TE	0-3	AD	10R 3/5	MAC/LID	MFR	LIP/LPG
	Bw1	TE	0-3	AD	10R 3/5	MAC/LID	MFR	LIP/LPG
	Bw2	TE	0-3	AD	10R 3/5	MAC/LID	MFR	LIP/LPG
	Bw3	TE	0-3	AD	10R 3/5	MAC/LID	MFR	LIP/LPG
P2	Ap	TSE	12	BD	10R 3/3	DUR	FIR	PLA/MPL/MPG
	Bt1	TSE	12	BD	10R 3/3	DUR	FIR	PLA/PEG
	Bt2	TSE	12	BD	10R 3/4	DUR	FIR	PLA/PEG
	Bt3/Cr	TSE	12	BD	10R 3/4	DUR	FIR	PLA/PEG
	Cr	TSE	12	BD	7,5YR 5/6	-	-	-
P3	Ap	TME	10	BD	10R 3/3	DUR	FIR	PLA/MPL/MPG
	AB	TME	10	BD	10R 3/3	LID	FRI/FIR	PLA/PEG
	Bt1	TME	10	BD	10R 3/3	DUR	FIR	PLA/PEG
	Bt2	TME	10	BD	10R 3/3	DUR	FIR	PLA/PEG
	Bt3	TME	10	BD	10R 3/3	DUR	FIR	PLA/PEG
P4	Ap	TIE	6	BD	10R 3/3	DUR	FIR	PLA/MPL/MPG
	Bt1	TIE	6	BD	10R 3/3	DUR	FIR	PLA/PEG
	Bt2	TIE	6	BD	10R 3/3	DUR	FIR	PLA/PEG
	Bt3	TIE	6	BD	10R 3/3	DUR	FIR	PLA/PEG
	Bt4/Cr	TIE	6	BD	10R 3/3	DUR	FIR	PLA/PEG
	Cr	TIE	6	BD	5 YR 5/3	DUR	FIR	PLA/PEG

<sup>(1)</sup>Situação – posição do perfil na paisagem: TE, TSE, TME, TIE – topo, terço superior, terço médio e inferior de elevação, respectivamente. <sup>(2)</sup>Declive local. <sup>(3)</sup>Drenagem: AD – acentuadamente drenado, BD – bem drenado. <sup>(4)</sup>Cor úmida segundo Munsell. <sup>(5)</sup>Consistência no estado seco: MAC-macia, LID-ligeiramente dura, DUR-dura. <sup>(6)</sup>Consistência no estado úmido: MFR–muito friável, FIR–firme. <sup>(7)</sup>Consistência no estado molhado: PLA-plástica, LIP-ligeiramente plástica, MPL-muito plástica, PEG-pegajosa, LPG-ligeiramente pegajosa, MPG- muito pegajosa.

### 8.2.3 Interpretação das Características Morfológicas

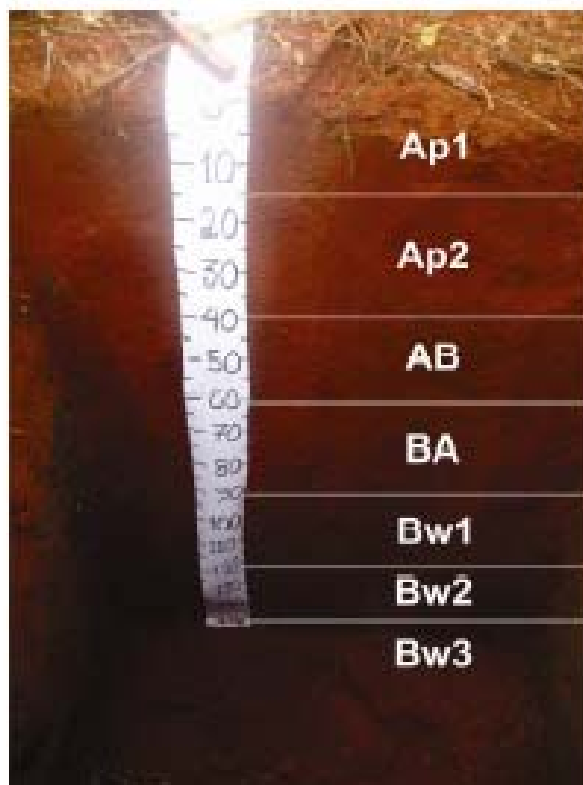
O perfil P1 é profundo e o horizonte diagnóstico de subsuperfície apresenta todas as características morfológicas definidas pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos para B Latossólico (EMBRAPA, 2006, p.51-53).

Nesse sentido tenha-se em conta que no perfil P1, o horizonte diagnóstico de subsuperfície não apresenta qualquer evidência de estrutura da rocha original; além disso, vê-se que em tal horizonte a espessura é maior que 110 cm e não apresenta qualquer cerosidade, mesmo pouca e fraca (Tabela 3).

A estrutura no horizonte B tem predomínio de grau fortemente desenvolvido e do tipo granular, muito pequeno e pequeno (Tabela 3).

Ainda deve ser destacado que o horizonte B apresenta diferenciação pouco nítida entre os seus subhorizontes, com transição plana e gradual (Figura 26).

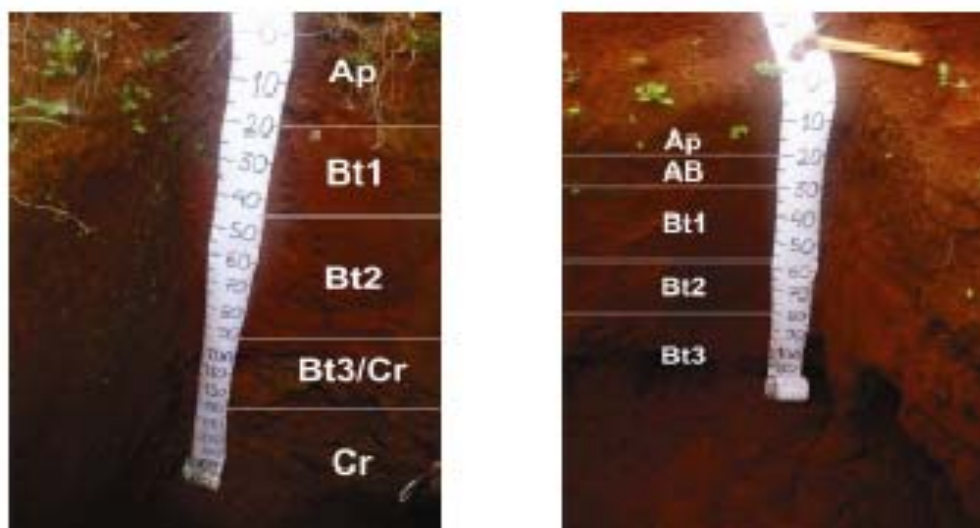
A consistência do material do horizonte B, quando seco, varia de macia a ligeiramente dura e quando úmido, muito friável (Tabela 4).



Os perfis P2, P3 e P4, por sua vez, mostraram-se muito semelhantes no que concerne à morfologia (Tabelas 3 e 4).

A estrutura dos mesmos é de grau de desenvolvimento moderado ou forte em blocos subangulares apresentando superfícies normalmente reluzentes dos agregados, característica esta descrita no campo como cerosidade, que no caso é de quantidade e grau de desenvolvimento comum e moderado (Tabela 3).

Apresentam transição plana e gradual entre os subhorizontes do horizonte B, sendo que estes possuem espessura de no mínimo 110 cm (Figuras 27 e 28).



**Figura 26** - Foto do perfil P2.

**Figura 27** - Foto do perfil P3.

Todos estes atributos morfológicos estão de acordo com a conceituação de Horizonte B Nítico, conforme preconizado pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006, p.55).

### 8.3 ANÁLISES FÍSICAS DOS SOLOS

#### 8.3.1 Textura

Os resultados discutidos neste tópico encontram-se nas tabelas 5, 6, 7, 8 e 9 e figuras 29, 30, 31 e 32.

A textura dos pédon estudados revela alto teor de argila ao longo do perfil, suficiente para o enquadramento de todos os horizontes na classe textural muito argilosa, excetuando os horizontes “Cr” e “Bt/Cr”.

Tais teores bastante elevados de argila demonstram que independentemente do grau de atuação do intemperismo na formação dos solos, o

processo pedogenético de transformação foi suficiente para igualá-los no teor de argila; além disso, tais teores revelam coerência com o material de origem, que deriva de rochas ígneas básicas, as quais possuem baixos teores de sílica na sua composição, o que tende a produzir altos percentuais de argila. Ademais, a análise microscópica do material de origem detectou grande quantidade de minerais primários facilmente intemperizáveis.

**Tabela 5 – Características físicas selecionadas.**

Perfil	Horizonte	Prof. cm	Análise granulométrica <sup>(1)</sup>				S/ARG	B/A <sup>(2)</sup>	GF %
			A	S	ARG	ADA			
			-----g kg <sup>-1</sup> -----						
P1	Ap1	0-15	100	160	740	500	0,2	1,0	32
	Ap2	15-40	60	110	830	600	0,1		28
	AB	40-62	60	110	830	400	0,1		52
	BA	62-92	90	110	800	0	0,1		100
	Bw1	92-122	60	110	830	0	0,1		100
	Bw2	122-152	50	150	800	0	0,1		100
	Bw3	152-172 <sup>+</sup>	60	90	850	0	0,1		100
P2	Ap	0-20	80	130	790	500	0,2	1,2	37
	Bt1	20-45	20	50	930	550	0,1		41
	Bt2	45-93	10	80	910	0	0,1		100
	Bt3/Cr	93-130	410	180	410	0	0,4		100
	Cr	130-160 <sup>+</sup>	430	180	390	0	0,5		100
P3	Ap	0-20	10	160	830	450	0,2	1,1	46
	AB	20-30	10	120	870	500	0,1		43
	Bt1	30-57	10	60	930	0	0,1		100
	Bt2	57-81	10	60	930	0	0,1		100
	Bt3	81-110 <sup>+</sup>	20	70	910	0	0,1		100
P4	Ap	0-18	80	190	730	400	0,3	1,2	45
	Bt1	18-50	20	90	890	0	0,1		100
	Bt2	50-105	20	90	890	0	0,1		100
	Bt3	105-145	10	120	870	0	0,1		100
	Bt4/Cr	145-160	40	130	830	0	0,2		100
	Cr	160-170 <sup>+</sup>	260	190	550	0	0,3		100

<sup>(1)</sup> A = areia, S = silte, ARG = argila, ADA = argila dispersa em água, GF = grau de floculação;

<sup>(2)</sup> Quociente entre os teores médios de Argila nos Horizontes B e os Horizontes A.

O conteúdo de silte é um pouco maior do que o de areia em todos os horizontes de todos os perfis, com exceção dos horizontes Bt3/Cr e Cr do perfil P2 e Cr do perfil P4 que são menos intemperizados, dando a entender que o silte é formado a partir do intemperismo da areia.

Os dados revelam claramente também que a distribuição de argila e silte em profundidade tendem a ser inverso, o que sugere que a argila proveio da intemperização do silte (Tabelas 5, 6, 7, 8 e 9).

A distribuição de argila é muito uniforme com ausência de acúmulo ao longo do perfil P1 (Tabela 5 e figura 29).

Nos perfis P2, P3 e P4, tal distribuição denota pouco acúmulo desta fração no horizonte B, insuficiente para elevar a relação B/A para caracterizar a ocorrência de B textural quando associado às outras características (Tabela 5 e Figuras 30, 31 e 32). Apesar do pouco acúmulo, a maior concentração de argila no horizonte B foi suficiente para a constatação da ocorrência do atributo morfológico “cerosidade” na superfície dos agregados, inclusive com expressão moderada e comum (Tabela 3).

O incremento de argila no horizonte B desses perfis pode resultar de acumulação ou concentração absoluta ou relativa decorrente de várias causas. A Embrapa (2006) atribui como causas possíveis o processo de iluviação e/ou formação “in situ” e/ou herdada do material de origem e/ou infiltração de argila ou argila mais silte e/ou distribuição de argila no horizonte A e/ou perda de argila no horizonte A por erosão diferencial; ou seja, atualmente não se atribui mais o incremento de argila em profundidade apenas à iluviação.

No presente caso, entretanto, estima-se que a iluviação seja o principal processo envolvido na acumulação da argila no horizonte B tendo em vista a ocorrência da cerosidade na superfície dos agregados, conforme reportado anteriormente.

Todos estes perfis também possuem textura muito argilosa com pequeno incremento de argila do horizonte superficial para o subsuperficial, traduzido em relação textural B/A sempre inferior a 1,5 (Tabela 5).

### 8.3.2 Relação Silte/Argila

A relação silte/argila no horizonte B de todos os solos estudados, demonstrou ser inferior a 0,6, típica de solos de mais alto grau de intemperismo (EMBRAPA, 2006; RAUEN, 1980; SILVA, 1985). Tal relação aumenta quando se considera o horizonte Cr ou mesmo o horizonte intermediário Bt3/Cr e Bt4/Cr, estes últimos, respectivamente, pertencentes aos perfis P2 e P4, o que está de acordo com o fato da relação silte/argila servir de base para avaliar o estágio intempérico, pois, evidentemente há menor atuação do intemperismo químico em profundidade (Tabela 5).

### 8.3.3 Argila dispersa em água (ADA)

A ocorrência de argila dispersa em água (ADA) foi constatada apenas nos horizontes superficiais, sugerindo que tal parâmetro tem estreita correlação com a distribuição de matéria orgânica no perfil (tabelas 5 e 11).

Aliás, de observar-se que a ADA abruptamente vai a zero quando há decréscimo do teor de matéria orgânica a determinados valores, variáveis de acordo com o perfil focado. Tal comportamento pode ser visualizado nas tabelas 5, 6, 7, 8, 9 e 11 e nas figuras 29, 30, 31 e 32 e explicado pelo fato de maiores teores de matéria orgânica estar representando mais cargas negativas no sistema, o que é refletido, aliás, em maior CTC, conforme se pode visualizar nas tabelas de correlações sob números 6, 7, 8 e 9. Assim havendo mais cargas negativas no sistema, há também, mais repulsão entre os colóides, favorecendo maiores teores de ADA, tal como, aliás, já foi constatado por Rando (1981).

### 8.3.4 Grau de floculação (GF)

Verificou-se, como esperado, que o grau de floculação (GF) tem comportamento inverso ao observado para ADA, ou seja, correlaciona-se negativamente com o teor e distribuição da matéria orgânica (MO) nos perfis, pela mesma razão já explanada acima (Tabelas 5, 6, 7, 8, 9 e 11 e figuras 29, 30, 31 e 32). Ou seja, a correlação negativa do GF e MO é devida ao fato deste componente da fase sólida introduzir mais cargas negativas no sistema, afastando a possibilidade de floculação dos colóides.

**Tabela 6** – Correlações entre características selecionadas do perfil P1.

	<i>Profund</i>	<i>silte</i>	<i>argila</i>	<i>areia</i>	<i>silte/arg</i>	<i>ADA</i>	<i>GF</i>	<i>GD</i>	<i>MO</i>	<i>CTC</i>
<i>silte</i>	-0,667									
<i>argila</i>	0,547	-0,761								
<i>areia</i>	-0,113	0,078	-0,707							
<i>silte/arg</i>	-0,664	0,994	-0,826	0,186						
<i>ADA</i>	-0,878	0,555	-0,288	-0,162	0,528					
<i>GF</i>	0,891	-0,608	0,347	0,130	-0,585	-0,997				
<i>GD</i>	-0,891	0,608	-0,347	-0,130	0,585	0,997				
<i>MO</i>	-0,845	0,868	-0,750	0,205	0,885	0,755	-0,799	0,799		
<i>CTC</i>	-0,927	0,847	-0,748	0,225	0,860	0,825	-0,860	0,860	0,974	
<i>AFA</i>	-0,887	0,877	-0,813	0,292	0,898	0,762	-0,804	0,804	0,980	0,994

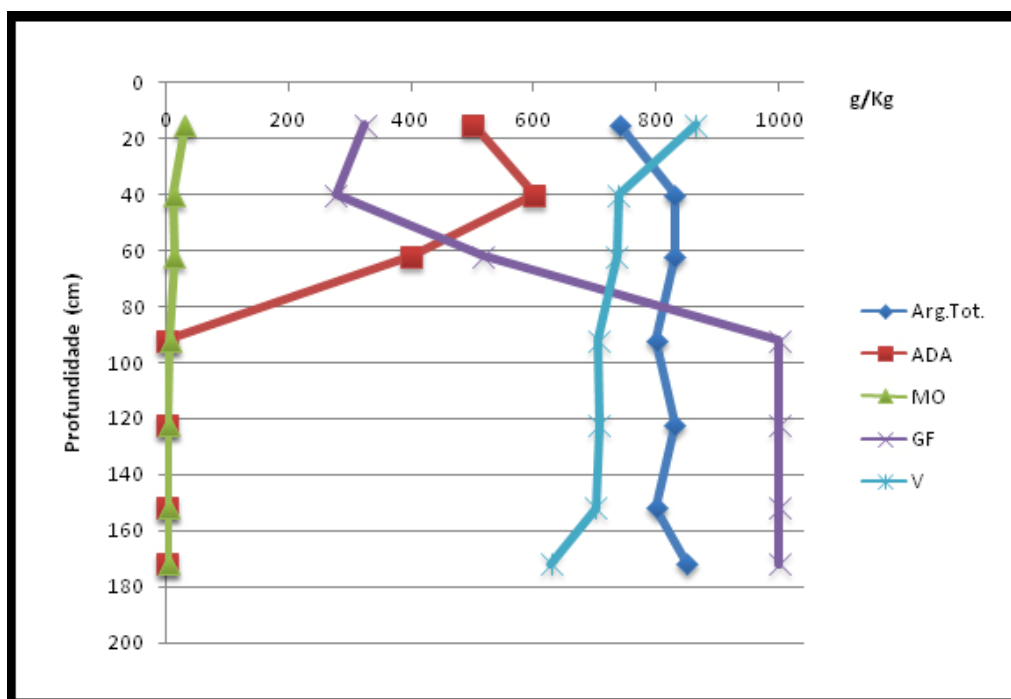


Figura 28 – Gráfico das correlações selecionadas do perfil P1.

Tabela 7 – Correlações entre características selecionadas do perfil P2.

	<i>profund</i>	<i>silte</i>	<i>argila</i>	<i>areia</i>	<i>silte/arg</i>	<i>ADA</i>	<i>GF</i>	<i>GD</i>	<i>M0</i>	<i>CTC</i>
silte	0,658									
argila	-0,799	-0,950								
areia	0,823	0,919	-0,996							
silte/arg	0,811	0,954	-0,999	0,994						
ADA	-0,888	-0,559	0,606	-0,608	-0,630					
GF	0,905	0,508	-0,587	0,599	0,609	-0,994				
GD	-0,905	-0,508	0,587	-0,599	-0,609	0,994				
M0	-0,875	-0,270	0,514	-0,573	-0,520	0,744	-0,807	0,807		
CTC	-0,648	0,139	0,080	-0,140	-0,095	0,650	-0,719	0,719	0,875	
AFA	0,557	0,960	-0,944	0,923	0,937	-0,366	0,328	-0,328	-0,223	0,248

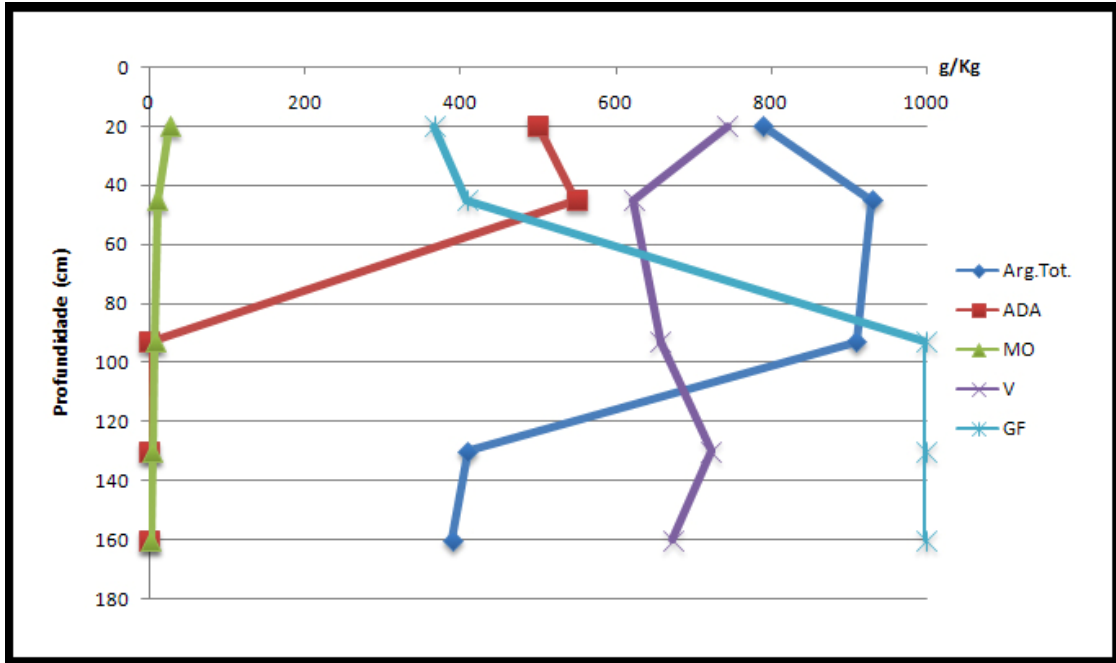
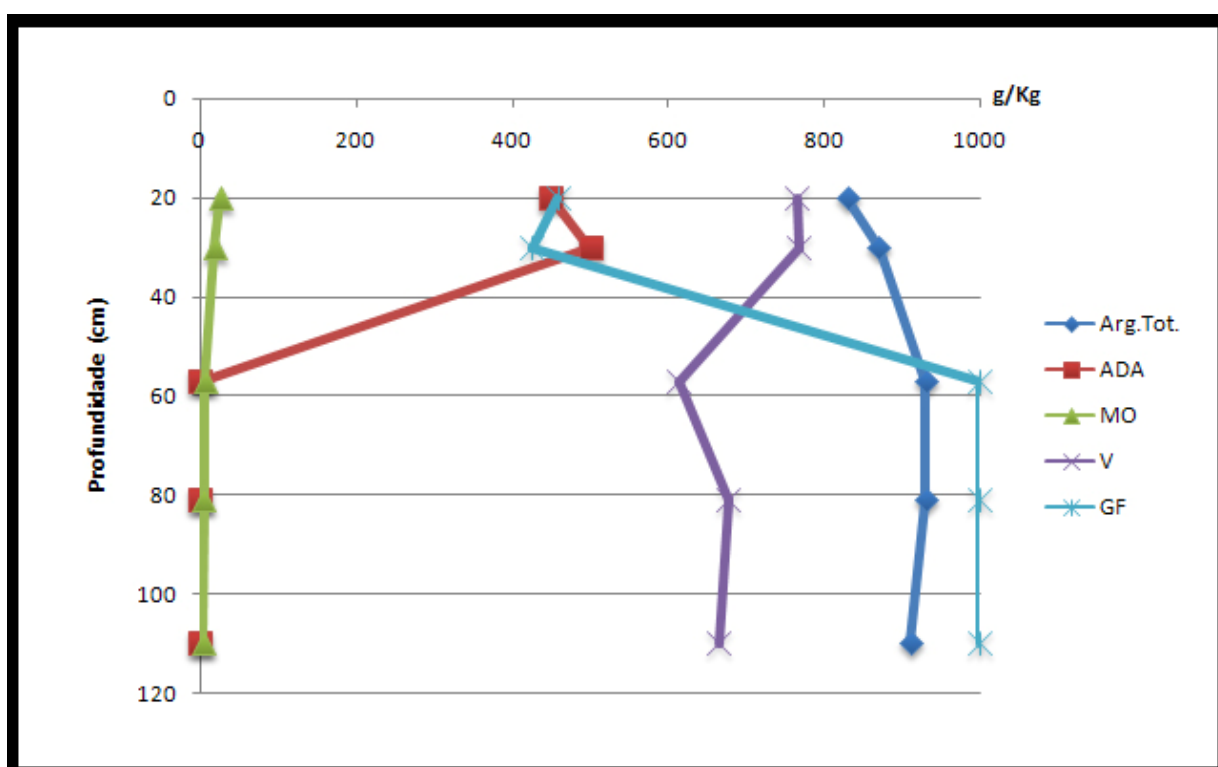


Figura 29 – Gráfico das correlações selecionadas do perfil P2.

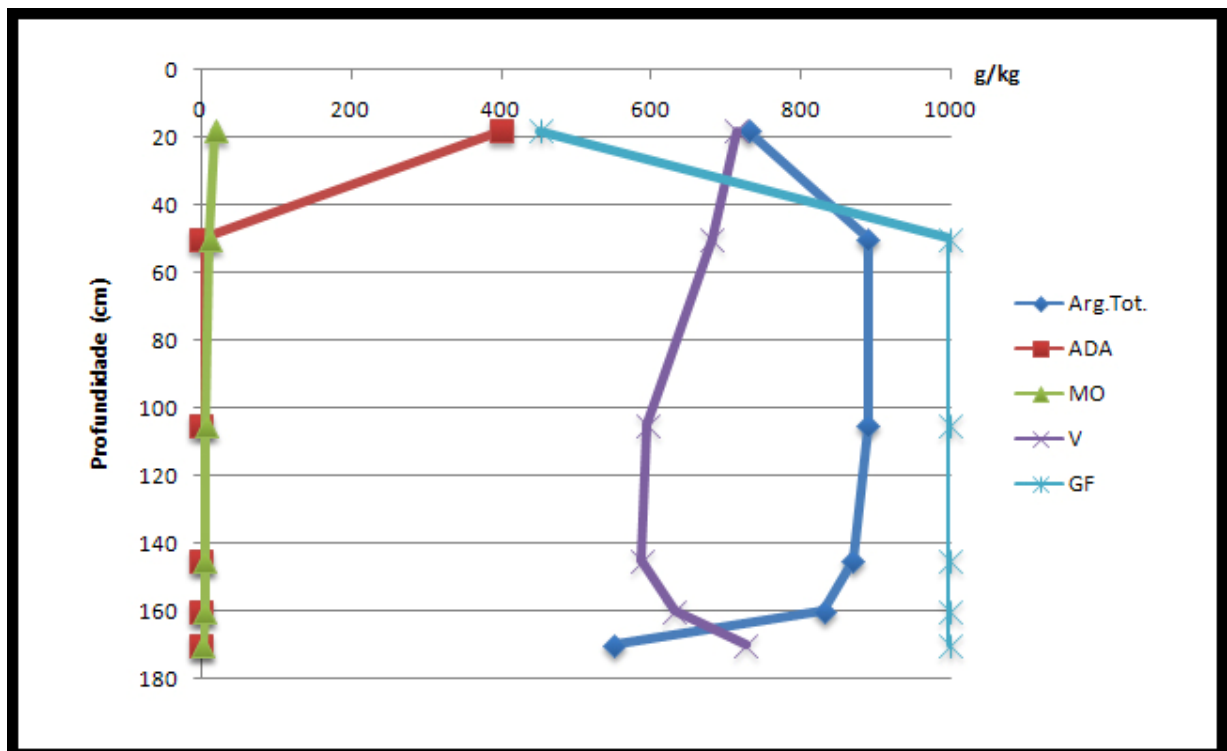
**Tabela 8 – Correlações entre características selecionadas do perfil P3.**

	<i>profund</i>	<i>silte</i>	<i>argila</i>	<i>areia</i>	<i>silte/arg</i>	<i>ADA</i>	<i>GF</i>	<i>GD</i>	<i>M0</i>	<i>CTC</i>
silte	-0,796									
argila	0,739	-0,995								
areia	0,763	-0,302	0,206							
silte/arg	-0,793	1,000	-0,995	-0,300						
ADA	-0,847	0,920	-0,902	-0,407	0,910					
GF	0,852	-0,931	0,913	0,408	-0,922	-1,000				
GD	-0,852	0,931	-0,913	-0,408	0,922	1,000				
M0	-0,892	0,983	-0,961	-0,464	0,982	0,932	-0,942	0,942		
CTC	-0,963	0,929	-0,891	-0,599	0,927	0,911	-0,919	0,919	0,980	
AFA	-0,931	0,960	-0,930	-0,530	0,959	0,918	-0,928	0,928	0,994	0,995

**Figura 30 – Gráfico das correlações selecionadas do perfil P3.**

**Tabela 9 – Correlações entre características selecionadas do perfil P4.**

	<i>profund</i>	<i>silte</i>	<i>argila</i>	<i>areia</i>	<i>silte/arg</i>	<i>ADA</i>	<i>GF</i>	<i>GD</i>	<i>M0</i>	<i>CTC</i>
silte	0,054									
argila	-0,254	<b>-0,870</b>								
areia	0,324	<b>0,733</b>	<b>-0,973</b>							
silte/arg	0,181	<b>0,949</b>	<b>-0,980</b>	<b>0,909</b>						
ADA	<b>-0,708</b>	0,580	-0,232	0,051	0,375					
GF	<b>0,708</b>	-0,580	0,232	-0,051	-0,375	<b>-1,000</b>				
GD	<b>-0,708</b>	0,580	-0,232	0,051	0,375	<b>1,000</b>				
M0	<b>-0,941</b>	0,247	0,039	-0,169	0,070	<b>0,891</b>	<b>-0,891</b>	<b>0,891</b>		
CTC	<b>-0,733</b>	0,427	-0,384	0,331	0,413	0,656	-0,656	0,656	<b>0,794</b>	
AFA	-0,294	<b>0,762</b>	<b>-0,829</b>	<b>0,788</b>	<b>0,830</b>	0,519	-0,519	0,519	0,446	<b>0,833</b>

**Figura 31 – Gráfico das correlações selecionadas do Perfil 4.**

## 8.4 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DOS SOLOS

### 8.4.1 Ataque Sulfúrico

Os resultados do ataque sulfúrico em profundidade nos diversos perfis estudados revelam um alto teor de óxidos de ferro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), suficiente para enquadrar os respectivos solos na classe dos férricos (EMBRAPA, 2006; OLIVEIRA, 2005); também revelam relativa homogeneidade de distribuição, somente sofrendo uma diminuição significativa nos horizontes Bt3/Cr e Cr do perfil P2 e Bt4/Cr e Cr do perfil P4 (Tabela 10).

**Tabela 10** – Teores totais de óxidos de silício, alumínio e ferro da fração argila de amostras dos solos pelo ataque sulfúrico.

Perfil	Hor.	Prof. cm	-----g kg <sup>-1</sup> -----						Relação Molar <sup>(4)</sup>	
			Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Fed <sup>(1)</sup>	AG <sup>(2)</sup>	Fed/AG <sup>(3)</sup>	ki	kr
P1	Ap1	0-15	321	205	200	202	740	0,27	1,66	0,83
	Ap2	15-40	312	208	212	200	830	0,24	1,73	0,88
	AB	40-62	301	207	213	203	830	0,24	1,75	0,91
	BA	62-92	308	210	215	204	800	0,26	1,74	0,90
	Bw1	92-122	325	212	220	202	830	0,24	1,76	0,89
	Bw2	122-152	330	215	232	201	800	0,25	1,83	0,93
	Bw3	152-172 <sup>+</sup>	335	220	242	202	850	0,24	1,87	0,95
P2	Ap	0-20	320	139	190	202	790	0,26	2,32	0,94
	Bt1	20-45	318	180	248	201	930	0,22	2,34	1,10
	Bt2	45-93	295	199	274	200	910	0,22	2,34	1,20
	Bt3/Cr	93-130	270	161	232	140	410	0,34	2,45	1,18
	Cr	130-160 <sup>+</sup>	240	131	220	120	390	0,31	2,85	1,31
P3	Ap	0-20	297	158	214	171	830	0,21	2,30	1,05
	AB	20-30	290	163	236	173	870	0,20	2,46	1,15
	Bt1	30-57	286	176	258	168	930	0,18	2,49	1,22
	Bt2	57-81	290	179	263	174	930	0,19	2,50	1,23
	Bt3	81-110 <sup>+</sup>	294	180	278	175	910	0,19	2,63	1,28
P4	Ap	0-18	290	161	235	162	730	0,22	2,48	1,15
	Bt1	18-50	284	183	270	159	890	0,18	2,50	1,26
	Bt2	50-105	288	185	286	160	890	0,18	2,63	1,32
	Bt3	105-145	290	199	316	158	870	0,18	2,70	1,40
	Bt4/Cr	145-160	281	181	308	122	830	0,15	2,89	1,45
	Cr	160-170 <sup>+</sup>	230	192	328	110	550	0,20	2,90	1,64

<sup>(1)</sup>óxido de ferro extraído pelo ditionito-citrato-bicarbonato (DCB) da fração argila de amostras dos solos; <sup>(2)</sup>Argila Total; <sup>(3)</sup>relação do ferro livre (DCB)/argila total; <sup>(4)</sup>ki=1,7 x SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; Kr = 1,7 x SiO<sub>2</sub>/[Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + (0,64 x Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)].

Tais resultados estão coerentes com a composição da rocha de origem, que é o basalto rico em minerais silicatados ferromagnesianos, originando

solos igualmente ricos em óxidos de ferro na fase sólida do solo.

Nos citados horizontes intermediários Bt3/Cr e Bt4/Cr, bem como nos horizontes Cr, também era esperado que os teores de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  sofressem o noticiado decréscimo, vez que essas seções estão mais protegidas da ação do intemperismo e, conseqüentemente, menos óxidos foram liberados da rocha de origem para compor a fase sólida do solo.

Os teores de óxido de ferro ao longo dos perfis P2, P3 e P4 foram muito semelhantes e um pouco inferiores ao do perfil P1, o que está de acordo com o maior grau intempérico deste solo, posicionado em relevo mais suave, conclusão esta, que, aliás, se confirma pelas relações molares  $K_i$  e  $K_r$  mais baixa deste pédon em relação àqueles outros (Tabela 10).

Os teores de sílica ( $\text{SiO}_2$ ) e alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) aumentaram em profundidade ao longo de todos os perfis da sequência, sendo que tal aumento foi mais discreto no perfil P1 e mais evidente nos horizontes Bt dos perfis P2, P3 e P4.

Este comportamento da sílica e alumina ao longo do perfil provavelmente possa ser creditado ao aumento da fração argila, vez que a distribuição desta fração em profundidade segue uma tendência muito semelhante a dos teores daqueles óxidos.

Comparando-se as relações moleculares  $K_i$  e  $K_r$  no mesmo perfil, por sua vez, percebe-se um aumento destes índices em profundidade, o que está coerente com uma esperada menor atuação do intemperismo no mesmo sentido.

Comparando-se as citadas relações molares entre perfis, também se percebe na sequência ora em estudo, que há no sentido jusante-montante, um crescente grau de intemperismo, o que está em sintonia com a maior suavização da declividade e favorecimento da percolação da água, tornando mais larga a relação Pedogênese/Erosão, ou seja, a tendência do processo de dessilicatização é ser crescente em direção à superfície mais estável.

#### 8.4.2 Ferro Livre (Fed)

A relação Fed/Argila (ferro extraído por ditionito-citrato-bicarbonato de sódio/argila), por sua vez, é bastante uniforme ao longo dos perfis. Tal

característica aliada a pouca variabilidade de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  do ataque sulfúrico, verificada em todos os perfis, sugere que não houve movimentação do óxido de Ferro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) ao longo do perfil (Tabela 10).

Esta movimentação, aliás, não seria esperada; isso porque não existem na província pedológica em estudo, quaisquer condições para dificultar a decomposição da matéria orgânica e/ou favorecer a formação dos ácidos fúlvicos que poderiam complexar o ferro e promover seu transporte no perfil, quais sejam: baixa temperatura, oligotrofismo pronunciado e ambiente saturado por água, conforme salienta Oliveira (2005).

Os óxidos de ferro livre mostraram valores relativamente altos e quase constantes em profundidade em todos os perfis, registrando-se decréscimo acentuado tão somente nos horizontes Bt/Cr e Cr; tal decréscimo nestes horizontes se deve ao fato dos mesmos se encontrarem mais protegidos da ação do intemperismo químico (Tabela 10).

Da mesma forma registrada para o processo de dessilicatização e índices de  $K_i$  e  $K_r$ , o teor de  $\text{Fe}_d$  também cresceu da jusante à montante, ou seja, no sentido das superfícies mais estáveis da sequência ora em estudo, sugerindo uma intensificação do intemperismo químico nesta direção.

Houve grande diferença entre ferro total e ferro livre para todos os perfis ( $\Delta\text{Fe}$ ). Os óxidos de ferro presentes nos minerais magnetita e ilmenita praticamente não são extraídos por DCB (ditionito, citrato e bicarbonato de sódio) e podem ser responsabilizados pelas diferenças, conforme Resende (1976), Rauen (1980) e Silva (1985).

Ferro, como componente estrutural dos silicatos também é mencionado por Jefferson et al. apud Rauen (1980), que encontrou 2,46% de ferro como um componente estrutural da caulinita, o que indica que este mineral de argila também pode ter contribuído para a amplitude da diferença entre ferro total e ferro livre ( $\Delta\text{Fe}$ ).

Os altos valores de óxido de ferro total e ferro livre são devidos ao material de origem, conforme mencionado anteriormente (Tabela 10). Tais solos são em geral, conforme salienta Oliveira (2005) e Curi (1983), bem providos em cobre (Cu), manganês (Mn) e zinco (Zn), em face de grande parte dos óxidos de ferro desses solos serem magnetita, que por oxidação abastece a solução dos solos nestes micronutrientes de plantas.

Outro aspecto relacionado à importância desses solos decorre do fato de tanto a hematita como a goethita apresentarem forte capacidade de adsorver metais pesados, a qual aumenta acentuadamente à medida que o pH sobe (SCHWERTMANN; TAYLOR, apud OLIVEIRA, 2005). Isso interfere na mobilidade dos metais pesados tóxicos no manto do solo e, portanto na poluição dos aquíferos. Esta capacidade, aliada à espessa zona de aeração, típica de solos com altos teores de ferro, tornam-nos particularmente adequados para receber resíduos com metais pesados.

Ainda é de ressaltar-se como fenômeno de importância relacionada a tais solos, ricos em óxidos de ferro, a capacidade dos mesmos em adsorver fosfatos, a qual, diferentemente da tendência apresentada para os metais pesados, é tanto mais intensa quanto menor o pH.

Aliás, existe extensa bibliografia nacional e internacional abordando o fenômeno de adsorção de fosfatos em face dos altos teores de óxidos de ferro e pouca matéria orgânica em solos brasileiros, resultando em compostos insolúveis para as plantas, conforme ressalta Oliveira (2005).

Registra-se ainda, tal como ressalta este último autor, a importância dos óxidos de ferro no balanço das cargas no solo, na agregação, na condutividade hidráulica saturada e erodibilidade do solo.

#### 8.4.3 Complexo Sortivo

Os resultados discutidos neste tópico encontram-se na tabela 11 e indicam que o cálcio trocável predomina no complexo sortivo de todos os perfis, vindo a seguir o magnésio.

Os altos valores de cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) e magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ) são os principais responsáveis pela alta saturação por bases e o caráter de eutrofismo, verificado em todos os solos estudados. Além desse aspecto, seguramente contribui para a alta fertilidade desses solos, a intemperização da magnetita do qual o material parental é rico, agindo como um poder de tamponamento da solução do solo em elementos traços, como relata Curi (1983).

**Tabela 11 – Complexo sortivo e matéria orgânica.**

Perfil	Hor.	Complexo Sortivo								
		MO <sup>(1)</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup>	SB <sup>(2)</sup>	T <sup>(3)</sup>	V <sup>(4)</sup>
		g kg <sup>-1</sup>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>						%	
P1	Ap1	30,9	11,0	2,5	0,43	0,0	2,19	13,93	16,12	86,4
	Ap2	12,1	6,8	1,6	0,25	0,0	3,07	8,65	11,72	73,8
	AB	13,4	6,3	1,7	0,11	0,0	2,92	8,11	11,03	73,5
	BA	6,7	4,6	1,8	0,12	0,0	2,73	6,52	9,25	70,5
	Bw1	4,0	4,1	1,5	0,25	0,0	2,42	5,85	8,27	70,7
	Bw2	2,7	4,0	1,5	0,14	0,0	2,41	5,64	8,05	70,1
	Bw3	4,0	3,0	1,3	0,05	0,0	2,57	4,35	6,92	62,8
P2	Ap	26,8	8,2	2,3	0,32	0,0	3,73	10,82	14,55	74,4
	Bt1	10,7	8,6	1,6	0,06	0,0	3,79	6,26	10,05	62,3
	Bt2	8,1	3,6	1,7	0,04	0,0	2,77	5,34	8,11	65,8
	Bt3/Cr	4,0	5,1	2,2	0,14	0,0	2,85	7,44	10,29	72,3
	Cr	2,7	3,6	1,8	0,44	0,0	3,39	5,84	9,23	67,3
P3	Ap	25,5	8,0	1,9	0,56	0,0	3,22	10,46	13,68	76,5
	AB	17,4	6,5	2,3	0,55	0,0	2,83	9,35	12,18	76,7
	Bt1	5,4	4,3	1,6	0,27	0,0	3,87	6,17	10,04	61,4
	Bt2	4,0	4,4	1,6	0,11	0,0	2,92	6,11	9,03	67,7
	Bt3	2,7	3,2	2,1	0,15	0,0	2,75	5,45	8,20	66,5
P4	Ap	18,8	6,5	1,6	0,55	0,0	3,46	8,65	12,11	71,4
	Bt1	10,7	5,0	2,3	0,31	0,3	3,51	7,61	11,15	68,2
	Bt2	5,4	3,1	0,9	0,20	0,2	2,83	4,20	7,05	59,5
	Bt3	4,0	2,4	0,9	0,68	0,0	2,79	3,98	6,77	58,8
	Bt4/Cr	4,0	2,5	1,3	0,73	0,0	2,65	4,53	7,18	63,1
	Cr	2,7	4,8	1,7	0,57	0,0	2,67	7,07	9,74	72,6

<sup>(1)</sup>MO = Matéria Orgânica; <sup>(2)</sup>SB= soma de bases; <sup>(3)</sup>T= capacidade de troca catiônica a pH 7,0; <sup>(4)</sup>V= saturação por bases.

Os dados relativos ao complexo sortivo também demonstram, de um modo geral, que a soma das bases (SB), capacidade de troca catiônica (T) e a saturação por bases (V) crescem no sentido jusante-montante da sequência estudada.

Tal tendência não era a esperada, tendo em vista que os solos das posições mais estáveis tendem a serem os mais lixiviados em razão do melhor favorecimento à infiltração de água.

A explicação para o fenômeno constatado é provável que esteja ligado ao maior teor de matéria orgânica no horizonte A no mesmo sentido jusante-montante, dado a grande contribuição que este integrante da fase sólida do solo dá para a composição do conjunto de cargas negativas dos colóides nos solos do Brasil, conforme assinalado por Moniz (1972).

O teor de Alumínio ( $Al^{3+}$ ) ficou zerado no horizonte A de todos os solos, em consonância com os altos valores encontrados para pH em água e saturação por bases.

Não se observou a tendência de diminuir ou aumentar o pH e o teor de alumínio ( $Al^{3+}$ ) em direção aos solos mais evoluídos, evidenciando a falta de uma estreita relação entre essas propriedades do solo e o seu grau intempérico. Isto se deve, provavelmente, em função do uso do solo com a administração de corretivos e adubos químicos com maior intensidade nos solos de relevo mais favorável.

Houve, para todos os perfis, um decréscimo da capacidade de troca catiônica (CTC) em profundidade, acompanhando a tendência do teor de matéria orgânica (MO), excetuando para os horizontes Bt/Cr e Cr, encontrados nos perfis P2 e P4, que registraram um aumento; nestes casos, embora não tenha sido quantificado o teor dos argilominerais presentes na fração argila, é provável que os minerais clorita/vermiculita que foram detectados nos horizontes B de todos os solos estudados, aumentem a CTC nos referidos horizontes. Isso viria em detrimento dos teores do argilomineral caulinita, tendo em vista que clorita/vermiculita tratam-se de minerais mais jovens, sendo provável, portanto, a sua ocorrência em maior concentração nos citados horizontes bastante protegidos dos processos intempérico.

Assim sendo, característico dos minerais clorita/vermiculita que apresentam CTC mais elevada, quando comparada à caulinita, nos referidos horizontes não foi seguida a tendência de decréscimo da CTC em profundidade, ainda que neles tenha sido verificado menor teor de argila total.

**Tabela 12 – Atributos químicos e atividade da fração argila.**

Perfil	Hor.	Prof. cm	pH		$\Delta$ pH <sup>(1)</sup>	P <sup>(2)</sup>		T <sup>(3)</sup> cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	ARG <sup>(4)</sup> g kg <sup>-1</sup>	AFA <sup>(5)</sup> cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>
			H <sub>2</sub> O	KCl		mg	kg <sup>-1</sup>			
P1	Ap1	0-15	6,5	6,3	-0,2	8,5	16,12	740	21,8	
	Ap2	15-40	7,4	5,7	-1,7	3,7	11,72	830	14,1	
	AB	40-62	7,1	5,7	-1,4	6,8	11,03	830	13,3	
	BA	62-92	7,3	5,9	-1,4	8,5	9,25	800	11,6	
	Bw1	92-122	7,4	6,1	-1,3	5,5	8,27	830	10,0	
	Bw2	122-152	7,2	5,9	-1,3	4,4	8,05	800	10,1	
	Bw3	152-172 <sup>+</sup>	6,7	5,7	-1,0	3,8	6,92	850	8,1	
P2	Ap	0-20	6,8	4,8	-2,0	5,1	14,55	790	18,4	
	Bt1	20-45	6,6	4,8	-1,8	7,5	10,05	930	10,8	
	Bt2	45-93	6,5	4,9	-1,6	6,4	8,11	910	8,9	
	Bt3/Cr	93-130	6,0	4,1	-1,9	7,1	10,29	410	25,1	
	Cr	130-160 <sup>+</sup>	5,7	3,9	-1,8	11,2	9,23	390	23,7	
P3	Ap	0-20	5,7	4,7	-1,0	6,8	13,68	830	16,5	
	AB	20-30	6,6	4,5	-2,1	5,0	12,18	870	14,0	
	Bt1	30-57	6,4	4,6	-1,8	9,5	10,04	930	10,8	
	Bt2	57-81	6,2	4,7	-1,5	9,3	9,03	930	9,7	
	Bt3	81-110 <sup>+</sup>	6,7	5,0	-1,7	6,1	8,20	910	9,0	
P4	Ap	0-18	6,2	4,1	-2,1	3,0	12,11	730	16,6	
	Bt1	18-50	5,6	3,5	-2,1	4,5	11,15	890	12,5	
	Bt2	50-105	5,7	3,8	-1,9	5,0	7,05	890	7,9	
	Bt3	105-145	6,0	4,6	-1,4	4,6	6,77	870	7,8	
	Bt4/Cr	145-160	5,5	4,8	-0,7	4,5	7,18	830	8,7	
	Cr	160-170 <sup>+</sup>	6,4	4,8	-1,6	6,5	9,74	550	17,7	

<sup>(1)</sup>pH (KCl) – pH (H<sub>2</sub>O); <sup>(2)</sup>fósforo assimilável; <sup>(3)</sup>capacidade de troca catiônica (T); <sup>(4)</sup>argila total; <sup>(5)</sup>atividade da fração argila.

Quanto ao  $\Delta$ pH, verificou-se que para todos os perfis, que o seu sinal é negativo em todos os seus respectivos horizontes ou camadas, indicando o predomínio de cargas superficiais negativas em todos os solos, mesmo em profundidade, fora da influência da matéria orgânica (Tabela 12).

## 8.5 MINERALOGIA DOS SOLOS

### 8.5.1 Fração Argila

Os resultados discutidos nesse item encontram-se nas figuras sob nº. 33 a 44 e tabela 13.

De um modo geral a mineralogia dos horizontes expostos abaixo, apresentou dados bastante similares. Os minerais mais abundantes foram a caulinita, seguida da gibbsita, raros cristais de argilominerais estratificados inexpandíveis, provavelmente variedade de clorita e/ou vermiculita dioctaedral (aluminosa) e quartzo (Tabela 13).

Os difratogramas (Figuras 33 a 44) acusaram a presença de vários minerais supracitados e que podem ser observados nas citadas figuras.

Podem ser vistos nos difratogramas, argilominerais que apresentam pequenos picos correspondentes a espaçamento reticular ao redor de 14,5 Å e que poderiam corresponder a espaçamento basal de argilominerais expandíveis. Entretanto, algumas amostras foram submetidas à atmosfera de etilenoglicol por 48 horas e os picos não sofreram alterações (Figuras 35, 38, 41 e 44), fato este que sugere que os argilominerais presentes na fração argila são inexpandíveis; dentre os argilominerais que apresentam picos principais próximos de 14,5 Å, podem ser citados a clorita (2:1:1) e a vermiculita aluminosa (2:1).

Quando das análises microscópicas do material de origem, foram observados vários agregados de filossilicatos verde que poderiam ser clorita; outro argilomineral que apresenta pico principal na ordem de 14,5 Å é a vermiculita dioctaedral (aluminosa); embora não tenha sido possível determinar o teor de alumínio nas amostras, não está descartado a possibilidade de a vermiculita aluminosa estar presente na constituição mineralógica da fração argila dos solos investigados.

O conteúdo mineralógico da fração argila avaliado nos horizontes diagnósticos subsuperficiais, não demonstra estreita relação com os resultados obtidos com o ataque sulfúrico, pois em todos os perfis foram detectados os

mesmos minerais nesta fração granulométrica, todavia a variação na proporção mineralógica não foi determinada e todos os valores Ki são compatíveis com a mineralogia obtida.

**Tabela 13** – Características selecionadas de horizontes diagnósticos.

Perfi l	Horiz.	Prof. Cm	Relevo	Posição <sup>(1)</sup>	V %	Ki <sup>(2)</sup>	Mineralogia <sup>(3)</sup>			
							Ct	G b	Cl/V e	Qz
P1	Bw2	122-	Plano	TE	70,1	1,83	X	X	X	X
	Bw3	152- 152- 172 <sup>+</sup>			62,8	1,87	X	X	X	X
P2	Bt1	20-45	Suave	TSE	62,3	2,34	X	X	X	X
	Bt2	45-93	Ondulado		65,8	2,34	X	X	X	X
P3	Bt1	30-57	Suave	TME	61,4	2,49	X	X	X	X
	Bt2	57-81	Ondulado		67,7	2,50	X	X	X	X
P4	Bt1	18-50	Suave	TIE	68,2	2,50	X	X	X	X
	Bt2	50-105	Ondulado		59,5	2,63	X	X	X	X

<sup>(1)</sup>Posição – localização do perfil na paisagem: TE, TSE, TME, TIE – topo, terço superior, terço médio e inferior de elevação, respectivamente. <sup>(2)</sup>Índice de Intemperismo; <sup>(3)</sup>Mineralogia: Ct- Caulinita, Gb- Gibbsita, Cl/Ve- Clorita/Vermiculita, Qz- Quartzo.

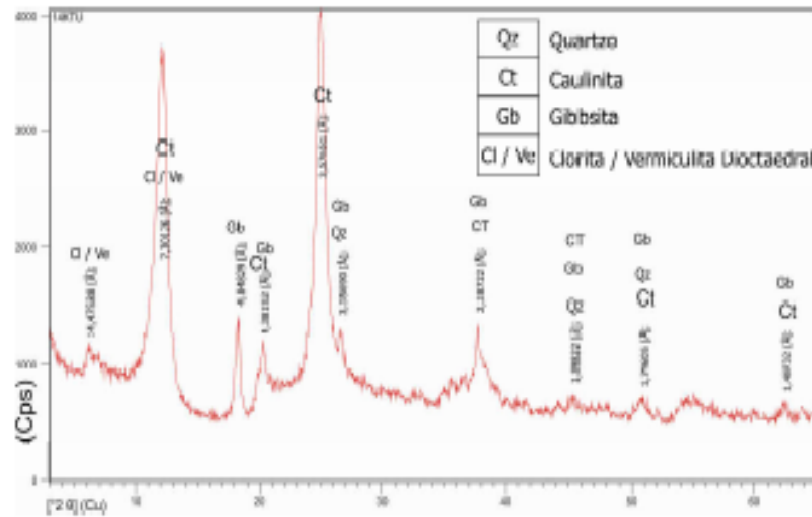
Evidencia-se nos difratogramas (Figuras 33 a 44) que a caulinita não é toda de baixa cristalinidade, não apresentando plena concordância com o estudo de vários autores em solos derivados de rochas básicas (RAUEN, 1980; CURI, 1983; KAMPF; KLANT, 1978).

Sua perfeição cristalográfica, conforme Resende (1976) é inversamente proporcional aos teores de titânio e ferro no sistema, abundante nos solos estudados, conforme revela a mineralogia da fração areia muito fina, que pode ser vista nas imagens estampadas nas fotomicrografias (Figuras 45 a 69)

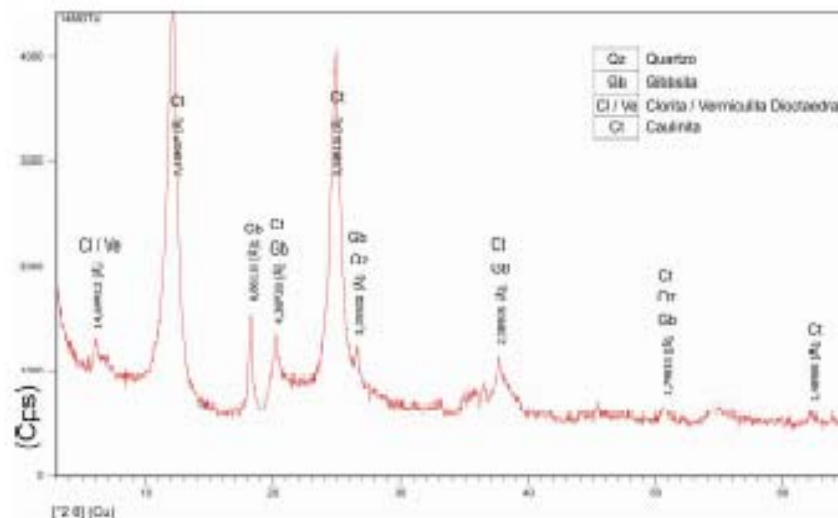
A presença de gibbsita com caulinita atesta o elevado grau de intemperismo de todos os solos da sequência, pois este óxido de alumínio também se faz presente na fração argila mesmo dos solos com Ki mais elevado revelando a necessidade de quantificar tais minerais para relacioná-los a este índice intempérico. Cabe ressaltar que em todas as amostras de areia muito fina analisadas microscopicamente acusaram a presença de agregados (grãos) com argilominerais verdes que podem ser interpretados como clorita.

Na presença de quartzo na fração argila há a tendência de não ocorrer gibbsita, pois segundo Goedert et al. (1975) a habilidade dos solos no fornecimento de  $H_4SiO_4$  à solução a partir de sílica amorfa ou quartzo, origina um

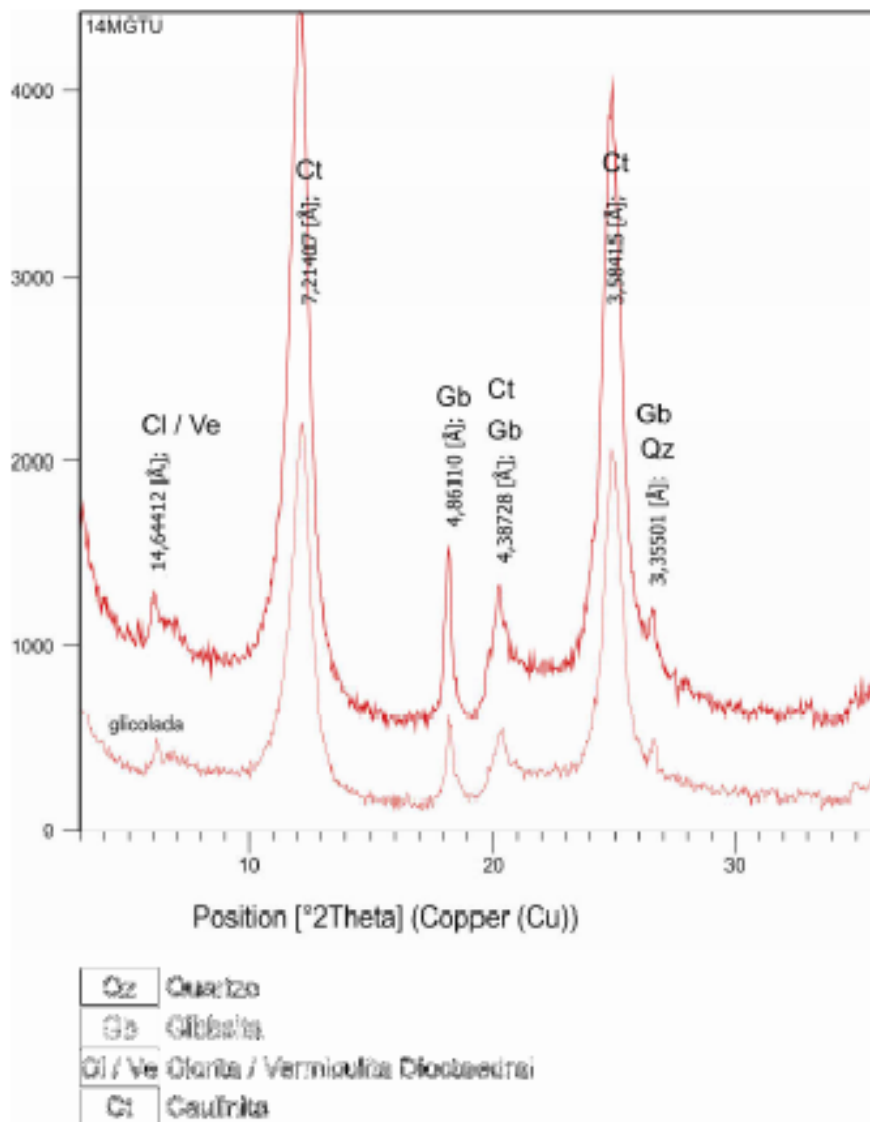
processo de ressilicitação do óxido de alumínio, o que contrabalança o processo de dessilicitação, mantendo caulinita estável; essa tendência foi encontrada, aliás, por Lima (1979), Kampf e Klant (1978) e Silva (1985).



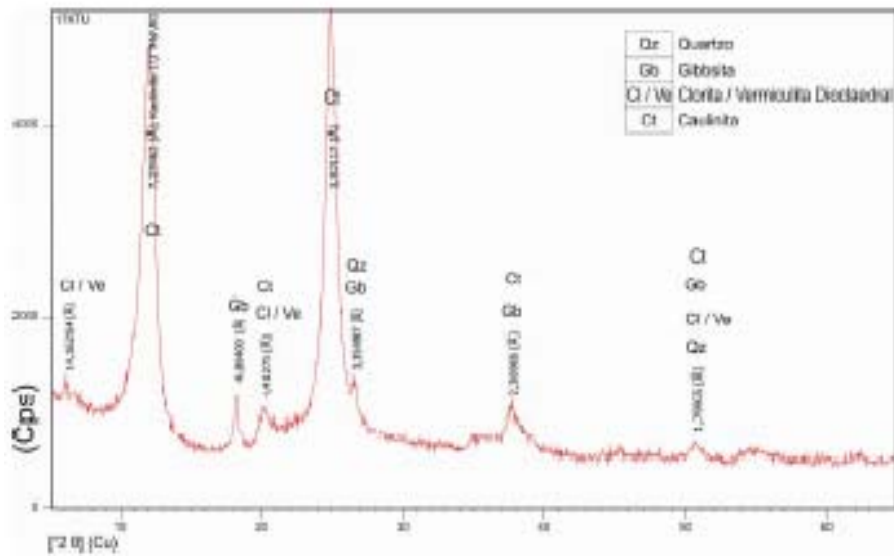
**Figura 32** – Difratoograma de raios-X da fração argila desferrificada, saturada por K, em horizonte Bw3 do perfil P1.



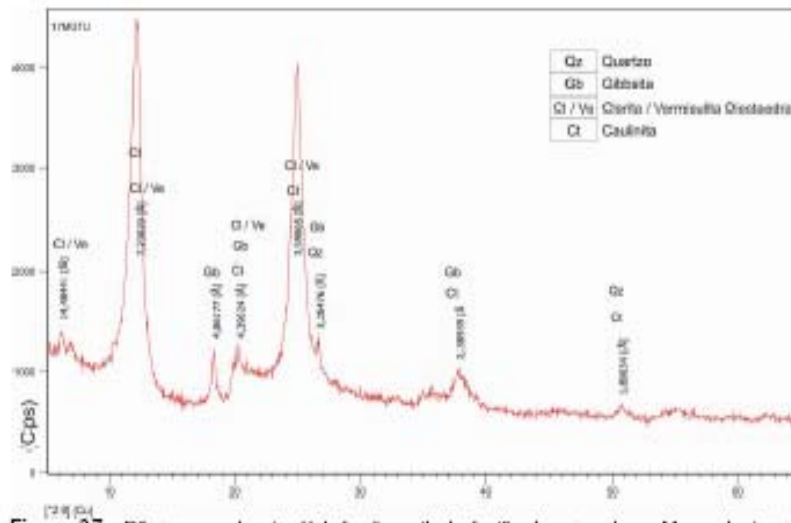
**Figura 33** – Difratoograma de raios-X da fração argila desferrificada, saturada por Mg, em horizonte Bw3 do perfil P1.



**Figura 34** - Difratoograma da fração argila glicolada em horizonte Bw3 do perfil P1.



**Figura 35** – Difratoograma de raios-X da fração argila desferrificada, saturada por K, em horizonte Bt2 do perfil P2.



**Figura 36** – Difratoograma de raios-X da fração argila desferrificada, saturada por Mg, em horizonte Bt2 do perfil P2.

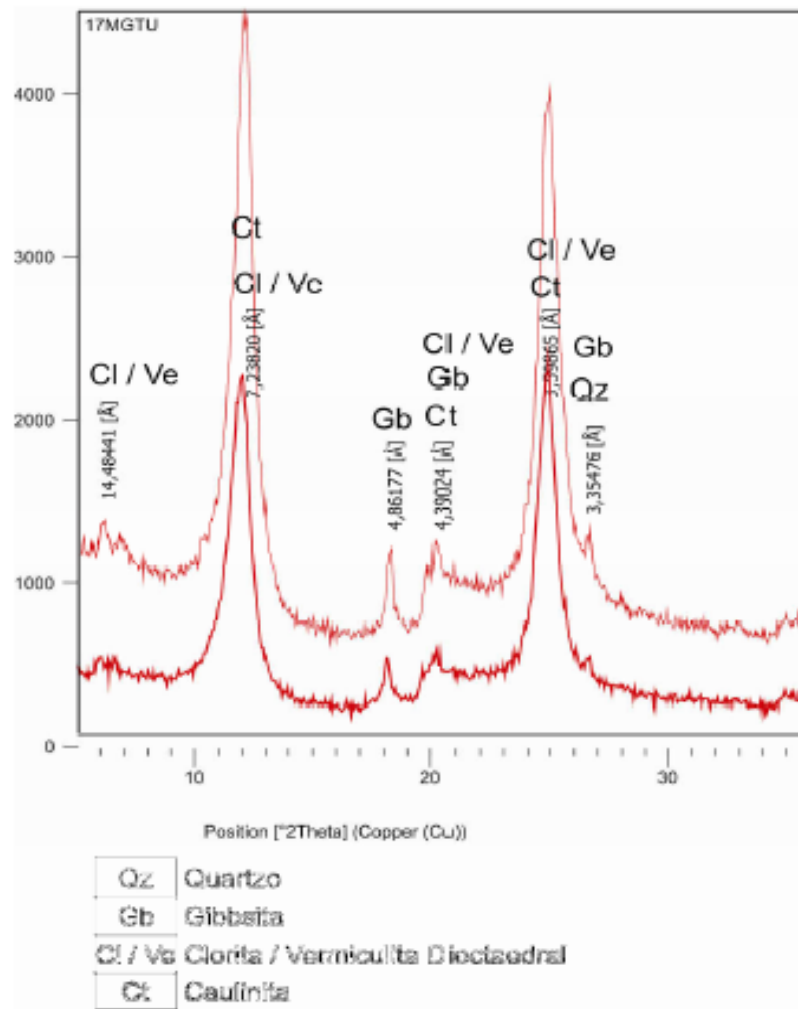
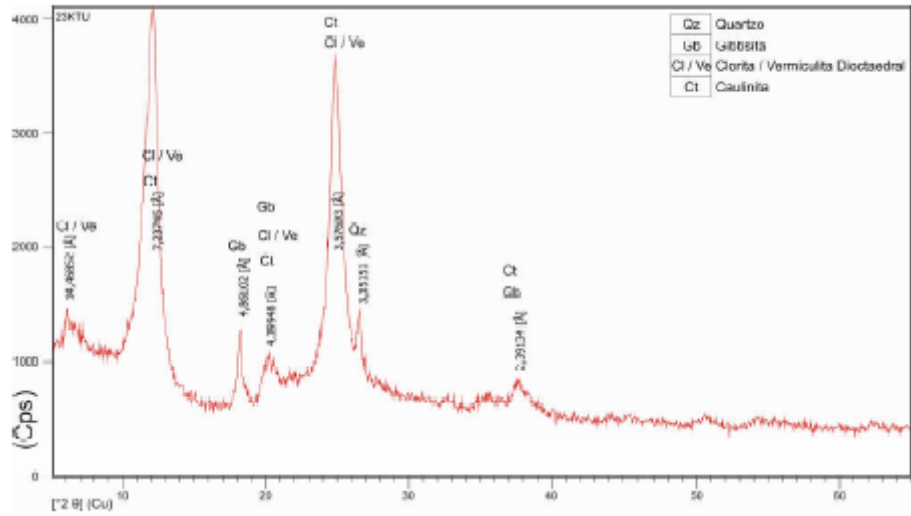
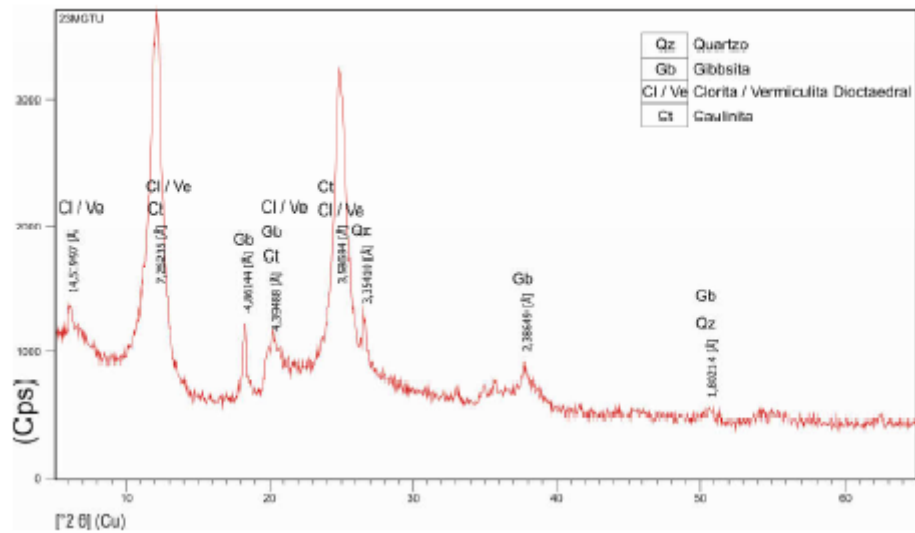


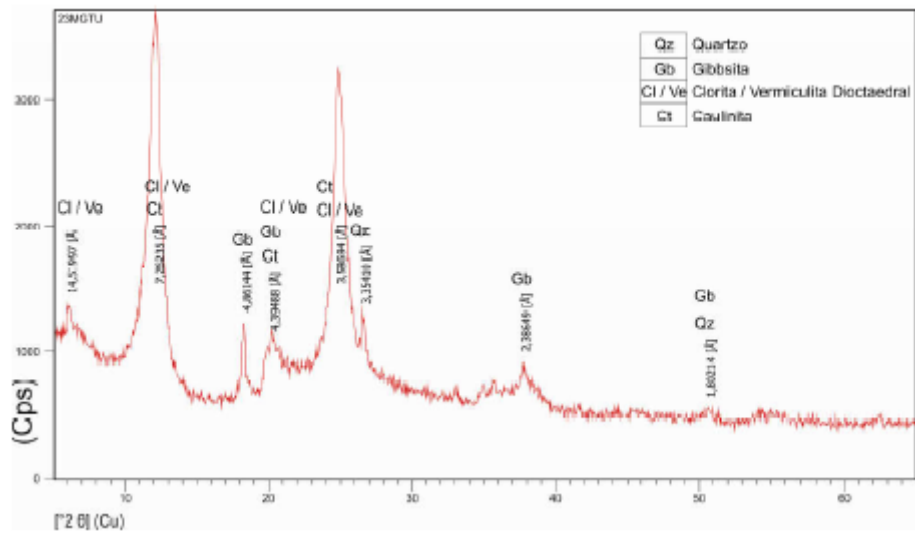
Figura 37 - Difratoograma da fração argila glicolada em horizonte Bt2 do perfil P2.



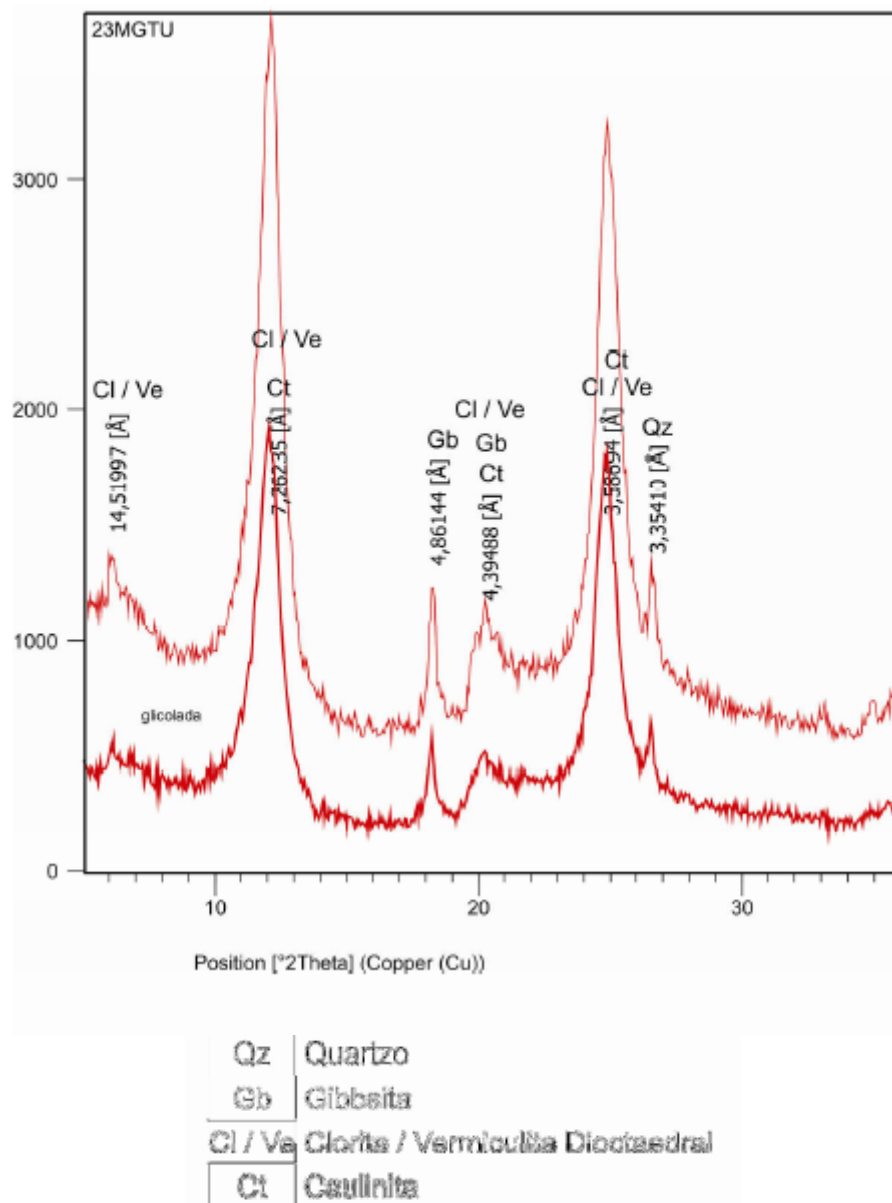
**Figura 38** – Difratoograma de raios-X da fração argila desferrificada, saturada por K, em horizonte Bt2 do perfil P3.



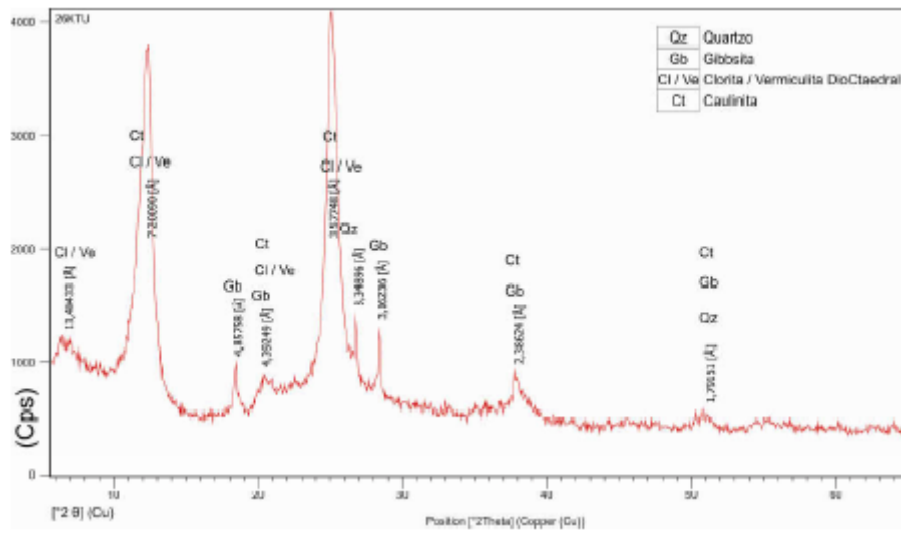
**Figura 39** – Difratoograma de raios-X da fração argila desferrificada, saturada por Mg, em horizonte Bt2 do perfil P3.



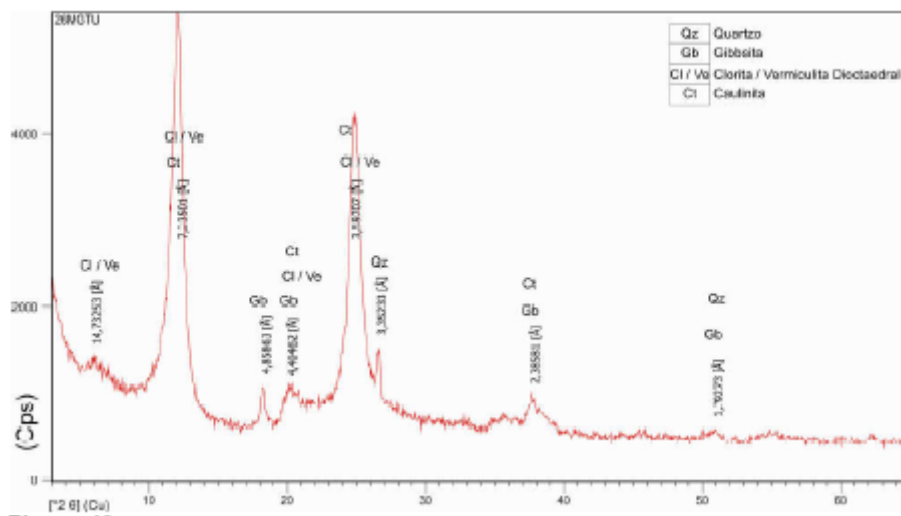
**Figura 40** - Difratoograma da fração argila glicolada em horizonte Bt2 do perfil P3.



**Figura 41** – Difratoograma de raios-X da fração argila desferrificada, saturada por K, em horizonte Bt1 do perfil P4.



**Figura 42** – Difratoograma de raios-X da fração argila desferrificada, saturada por Mg, em horizonte Bt1 do perfil P4.



**Figura 43** - Difratoograma da fração argila glicolada em horizonte Bt1 do perfil P4.

No presente trabalho, embora ocorra quartzo na fração argila, isso não inibiu a presença de gibbsita. O exato mecanismo de tal transformação mineralógica, entretanto, ainda não é bem definido, sendo possível que nos trabalhos nos quais a gibbsita não foi encontrado, este mineral encontrar-se sob a forma “amorfa” ou mal cristalizada, não sendo detectável pela difração de raios X, conforme assinalado por Silva (1985). De qualquer forma, pode-se afirmar que no caso verifica-se um predomínio do processo de dessilicatação sobre o de ressilicatação.

A presença de clorita/vermiculita dioctaedral (aluminosa) em pequenas quantidades na fração argila de todos os solos sugere que caulinita se originou da dessilicatação destes minerais 2:1:1/2:1 ou a partir da intemperização química dos feldspatos (labradoritas) e/ou piroxênios presentes no material de origem.

Assim, em consonância com o processo mais comum citado na literatura, há evidência de um processo de dessilicatação no sentido minerais 2:1, 1:1 e gibbsita.

Já em relação aos óxidos/hidróxidos de ferro, como hematita, maghemita e goethita, que são os principais pigmentos dos solos estudados, há evidência que se originaram do intemperismo químico dos minerais primários presentes na rocha basáltica, piroxênios, vez que tais minerais não foram encontrados na composição da fração areia muito fina como será visto adiante. Ademais, existem na literatura, trabalhos que sugerem que a origem dos óxidos e hidróxidos de ferro supracitados deva-se á intemperização da magnetita.

A composição mineralógica semelhante da fração argila de todos os solos estudados, aparentemente, não se coaduna com a clara diferenciação no estágio intempérico revelado pelas relações molares  $K_i$  e  $K_r$ , as quais decrescem no sentido jusante/montante. Cabe ressaltar que as variações dos valores  $K_i$  e  $K_r$  são pequenas, podendo ser explicada por pequena variação na proporção dos minerais presentes e/ou fases amorfas não avaliadas.

Dessa forma, genericamente pode-se afirmar que a taxa Pedogênese/Erosão teve uma influência maior na diferenciação morfológica e análise química total (ataque sulfúrico) do que nas características mineralógicas, tal como sugerido no trabalho de Curi, Kampf e Resende (1984) e Silva (1985).

### 8.5.2 Fração Areia Muito Fina

A mineralogia da fração areia muito fina mostrou-se homogênea em todos os perfis dos solos da sequência avaliada. De um modo geral, ocorreu um amplo predomínio de minerais opacos representados por magnetita que pode estar parcialmente alterada para maghemita, hematita e goethita; ilmenita, grãos de argilominerais resultantes provavelmente de uma dispersão inconsistente e raros cristais de quartzo entre outros minerais foram devidamente fotomicrografados (Figuras 45 a 69).

A presença de grãos arredondados de quartzo na fração areia muito fina e minerais pesados a exemplo da turmalina, conforme revelado nas fotomicrografias, sugere que houve contaminação de outras formações geológicas na formação dos solos. A quantidade de grãos de quartzo encontrado mostra que esta contaminação foi pequena e até mesmo desprezível. Não foi possível precisar de qual unidade esses quartzos teriam originados; pode ser tanto de areia inter “trapp” ou unidades posteriores (Grupo Caiuá) ou coberturas mais recentes; especula-se até mesmo da possibilidade dos quartzos serem provenientes dos materiais que preenchem as amígdalas do basalto da Formação Serra Geral.

Silva (1985), estudando alguns solos da região de Bandeirantes (PR), distante 100 quilômetros de Londrina, concluiu que os mesmos eram originados de material basáltico erodido e redepositado, com adição de material sedimentar arenoso, provavelmente originado do Arenito Botucatu.

Foram observados também, na fração areia muito fina dos solos investigados, agregados de filossilicatos e/ou hidróxidos de alumínio microcristalinos incolores (caulinita e gibbsita) e coloridos de alta e baixa birrefringência, podendo ser clorita/ilita trioctaédrica/biotita verde, saponita/nontronita, etc.

No geral, os minerais presentes na fração areia muito fina também comprovam o elevado estágio intempérico que os solos estudados apresentam.

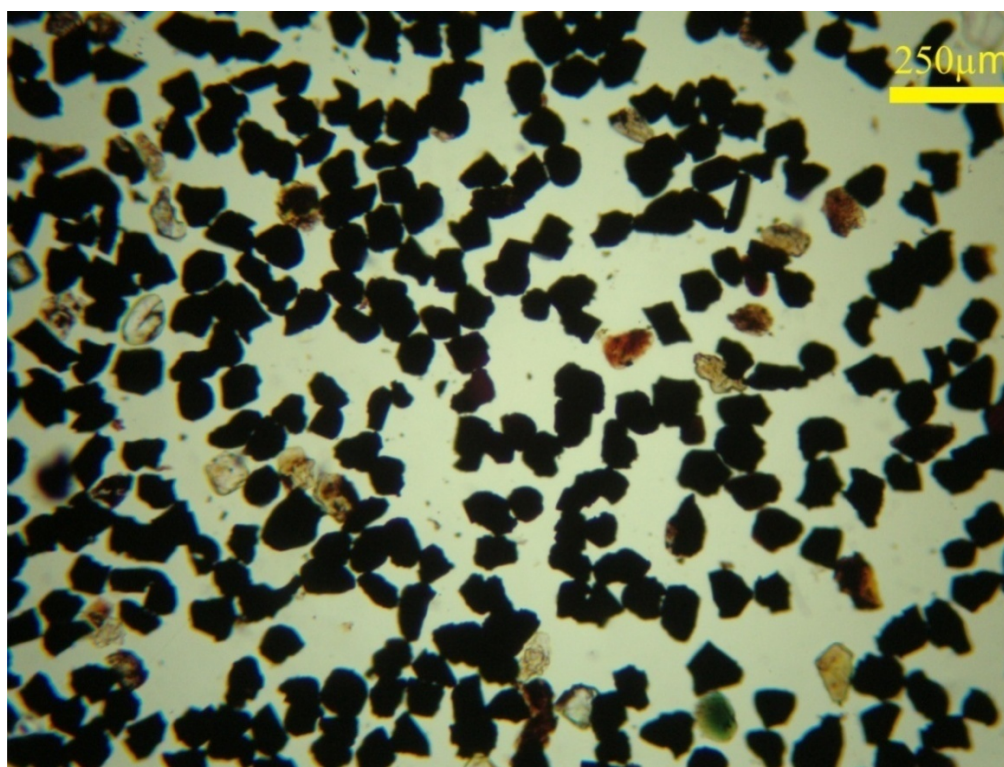
A identificação da origem dos solos do magma básico fica evidente observando-se a espécie e, principalmente, a quantidade de minerais opacos encontrados na fração areia (magnetita, hematita, goethita e ilmenita) com evidente predomínio sobre os transparentes, turmalina, zircão, anatásio e quartzo anguloso e

subarredondado, o que sugere que seja detrítico, atestando transporte e envolvimento na gênese dos solos da sequência, porém com pequena expressão.

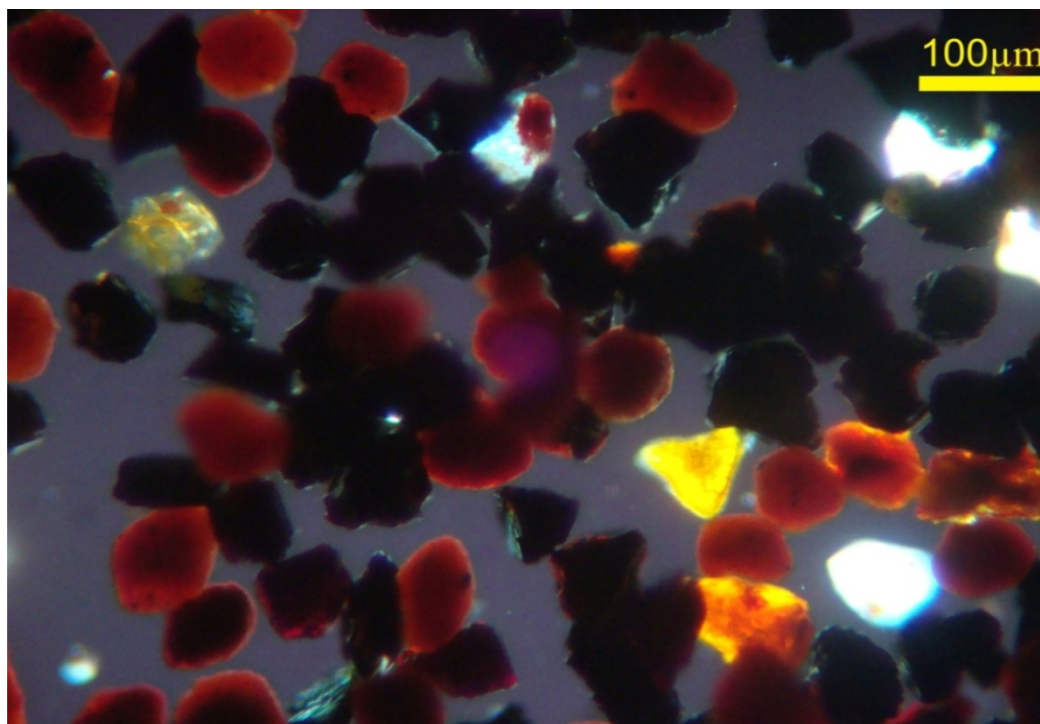
Cabe ressaltar, que várias amostras analisadas microscopicamente acusaram a presença de agregados (grãos) com argilominerais verde interpretados como filossilicatos.

As fotomicrografias a seguir (Figuras 45 a 53) mostram a mineralogia da fração areia muito fina presentes nos horizontes B do perfil P1; a ausência de minerais primários facilmente intemperizáveis, aliado a outras características anteriormente investigadas, tais como estrutura granular, Ki relativamente baixo, mineralogia da fração argila, etc., sugere tratar de solo com alto grau intempérico.

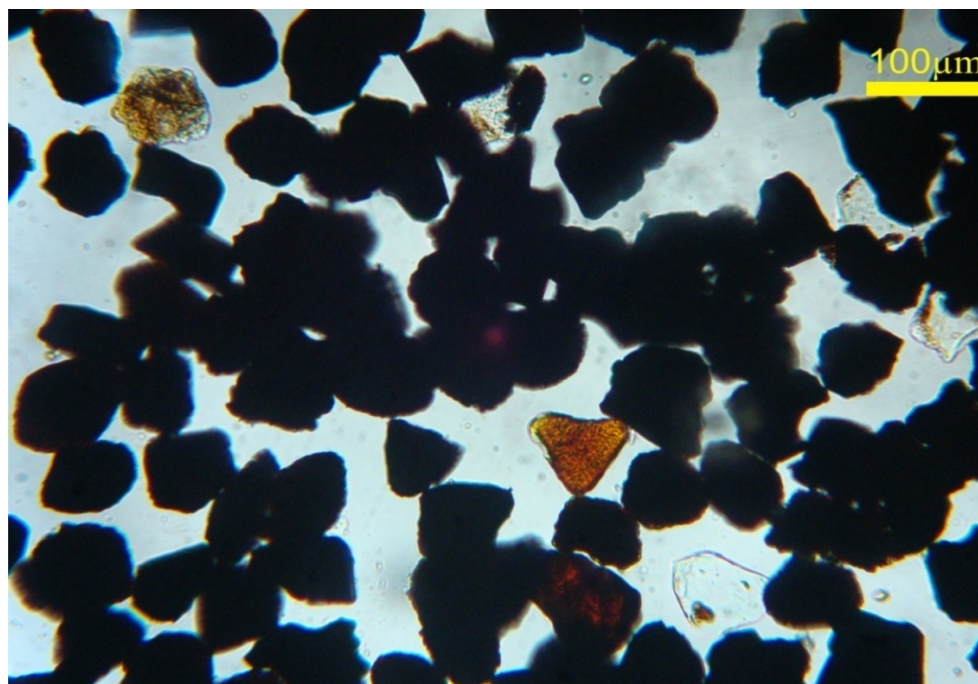
Os horizontes subsuperficiais do perfil P1 mostram predomínio de magnetita, ilmenita, maghemita/hematita, goethita e raros grãos de quartzo, turmalina, zircão e anatásio; apresentam também agregados de filossilicatos microcristalinos, verde a incolor.



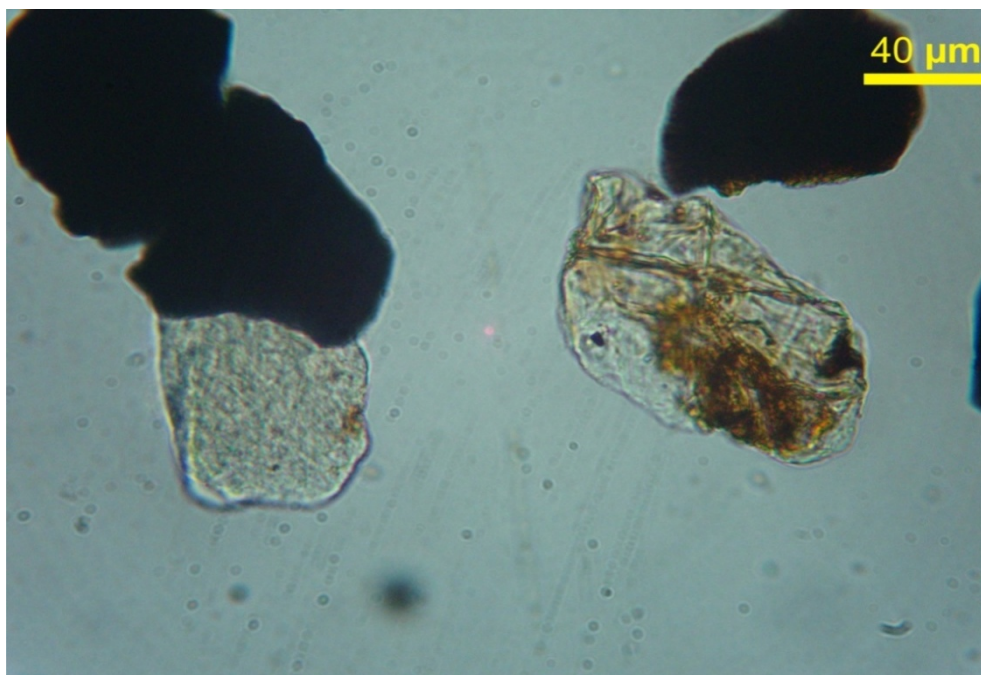
**Figura 44**– Fotomicrografia da fração areia muito fina que apresenta aspecto geral mostrando o amplo predomínio de grãos de minerais opacos, vários grãos de filossilicatos microcristalinos incolores tingidos ou não por hidróxidos e óxidos de ferro, mais raramente verdes e raros grãos de quartzo. Polaroides descruzados em horizonte Bw2 do perfil P1.



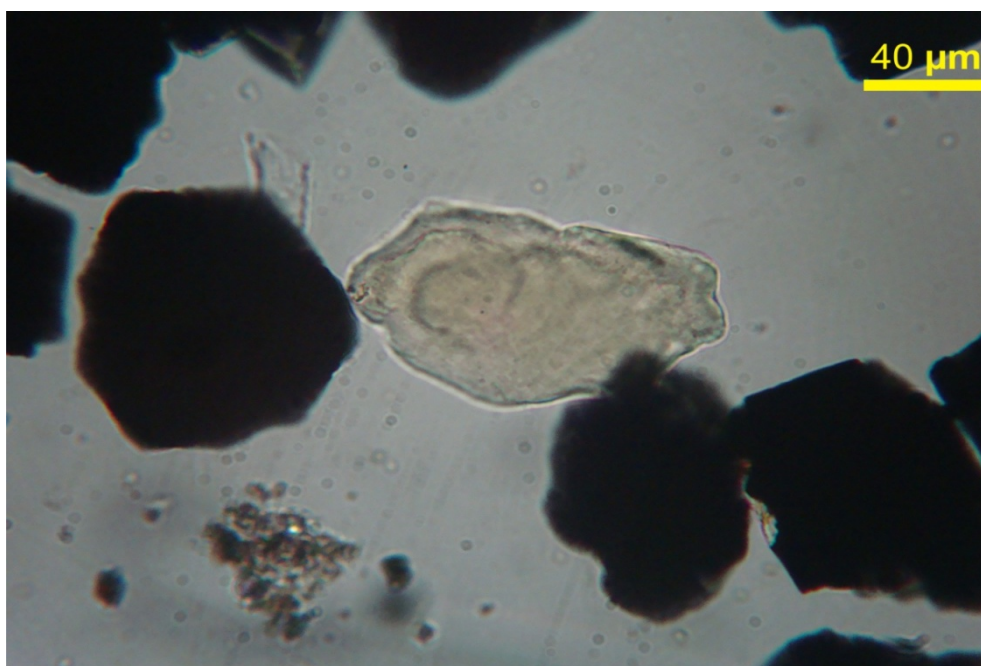
**Figura 45**– Fotomicrografia mostrando aspecto geral dos grãos que compõem a fração areia muito fina representada predominantemente por grãos de magnetita, maghemita/hematita, ilmenita e alguns grãos de agregado de argilominerais (caulinita), quartzo e goethita. Imagem obtida com polaroides descruzados em horizonte Bw3 do perfil P1.



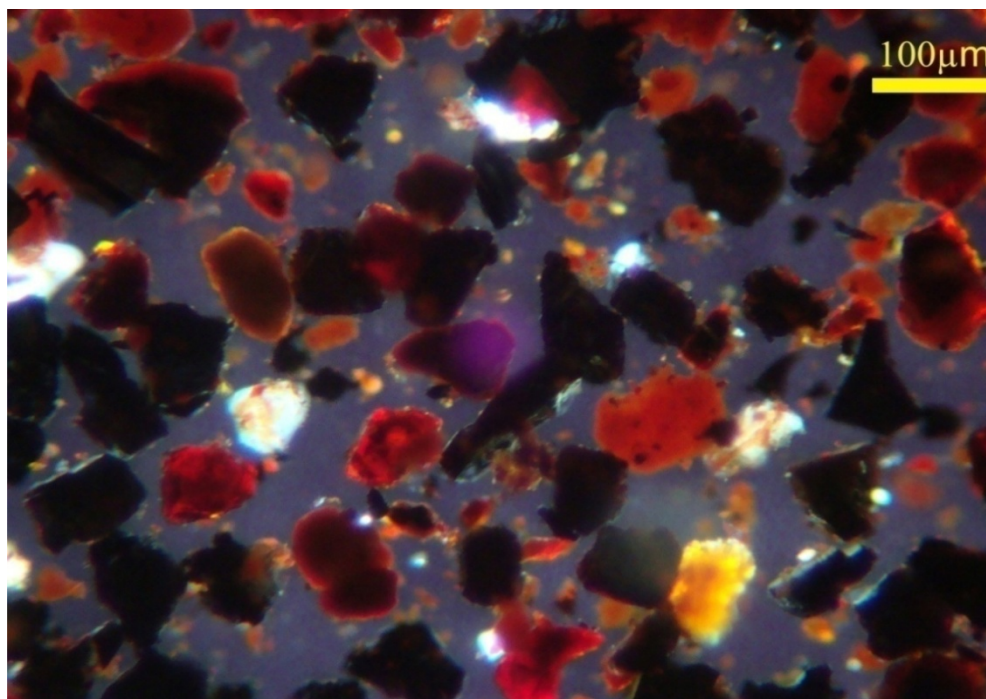
**Figura 46** - Mesma foto da figura anterior obtida com luz conoscópica (concentrada e convergente) e polaroides cruzados para destacar os grãos constituídos basicamente por hematita (vermelho) goethita (amarelo) e hematita e goethita (vermelho com matiz amarela).



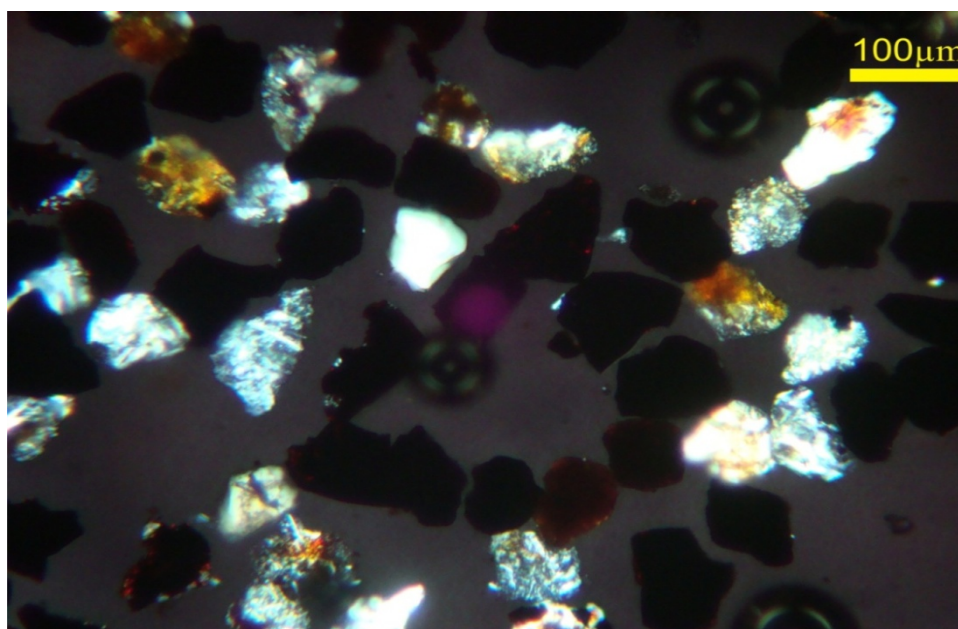
**Figura 47** - Fotomicrografia da fração areia muito fina exibindo dois grãos de agregados de argilominerais com textura e composição diferente; o da esquerda granular e constituído por caulinita e gibbsita e o da direita oriundo da alteração de plagioclásio contituindo basicamente por caulinita com filetes de goethita. Aparecem também três grãos de magnetita, o da direita apresentando bordas alteradas para maghemita e/ou hematita e/ou goethita. Imagem obtida com polaróides descruzados em horizonte Bw3 do perfil P1.



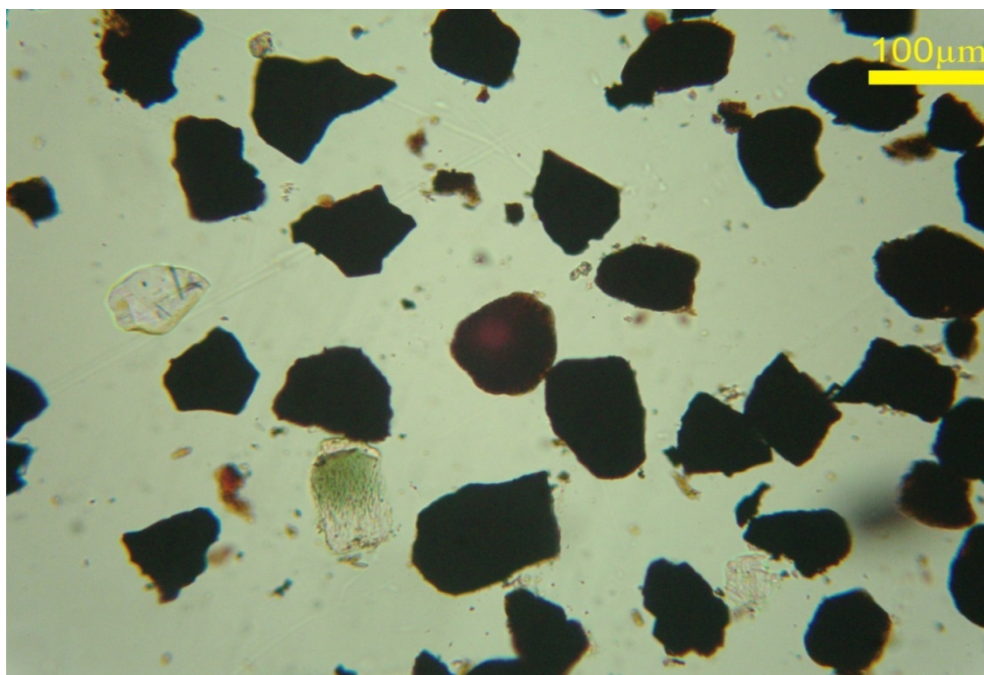
**Figura 48** – Fotomicrografia da fração areia muito fina que mostra grão de caulinita e grãos de magnetita; alguns com bordas alteradas para maghemita/hematita. Imagem obtida com polaroides descruzados em horizonte Bw3 do perfil P1.



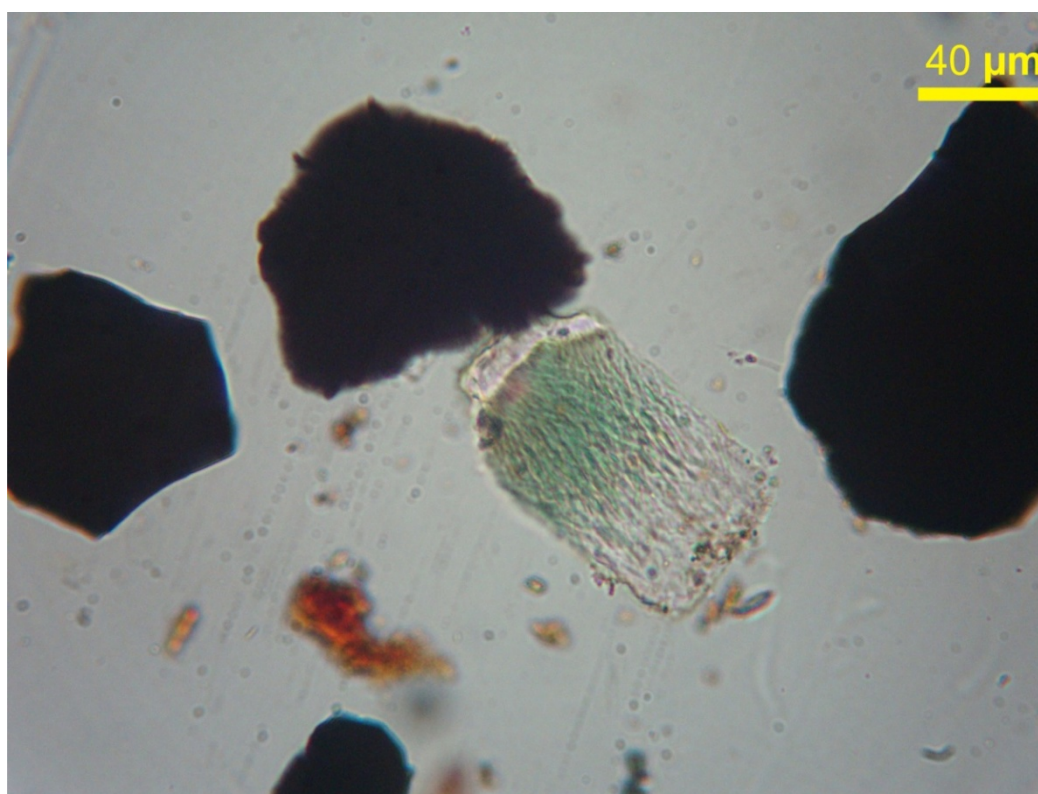
**Figura 49** – Fotomicrografia da fração areia muito fina que mostra predomínio de minerais opacos representados por magnetita, hematita, anatásio, zircão, goethita e minerais transparentes, entre outros, quartzo e turmalina. Horizonte Bw2 no perfil P1.



**Figura 50** – Fotomicrografia da fração areia muito fina mostrando o amplo predomínio de minerais opacos (magnetita, hematita e goethita), seguido por grãos constituídos por agregados de filossilicatos microcristalinos incolores ou impregnados/tingidos por hidróxidos e óxidos de ferro (predomina caulinita sobre gibbsita e outros argilominerais) e alguns grãos de quartzo, na maioria detrítico. Polaroides descruzados em horizonte Bw2 do perfil P1.



**Figura 51** – Fotomicrografia da fração areia muito fina que apresenta predomínio de minerais opacos representados por magnetita que pode estar parcialmente alterada para maghemita, hematita e goethita, poucos grãos de quartzo anguloso a subarredondado em horizonte Bw2 do perfil P1.

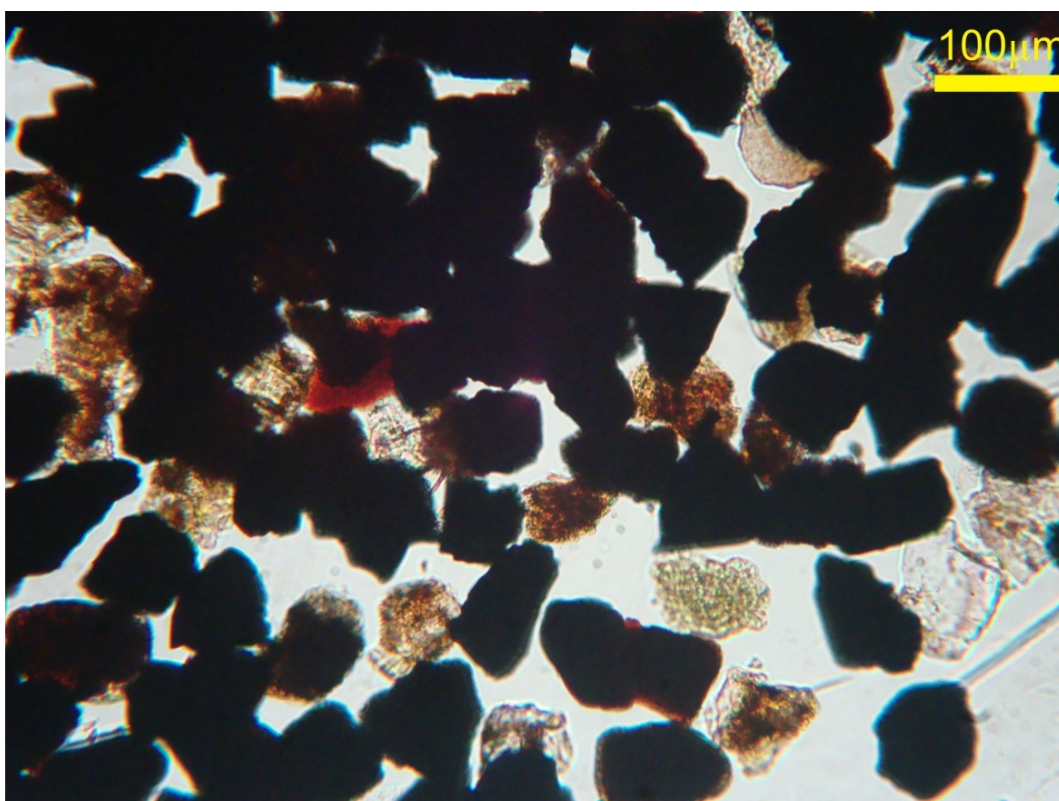


**Figura 52** – Fotomicrografia da fração areia muito fina que mostra grão de turmalina e grãos de minerais opacos com polaroides descruzados no horizonte Bw2 no perfil P1.

Os minerais presentes na fração areia muito fina dos horizontes subsuperficiais dos perfis P2, P3 e P4 foram semelhantes aos do perfil P1 e foram devidamente fomicrografados e legendados (Figuras 54 a 69).

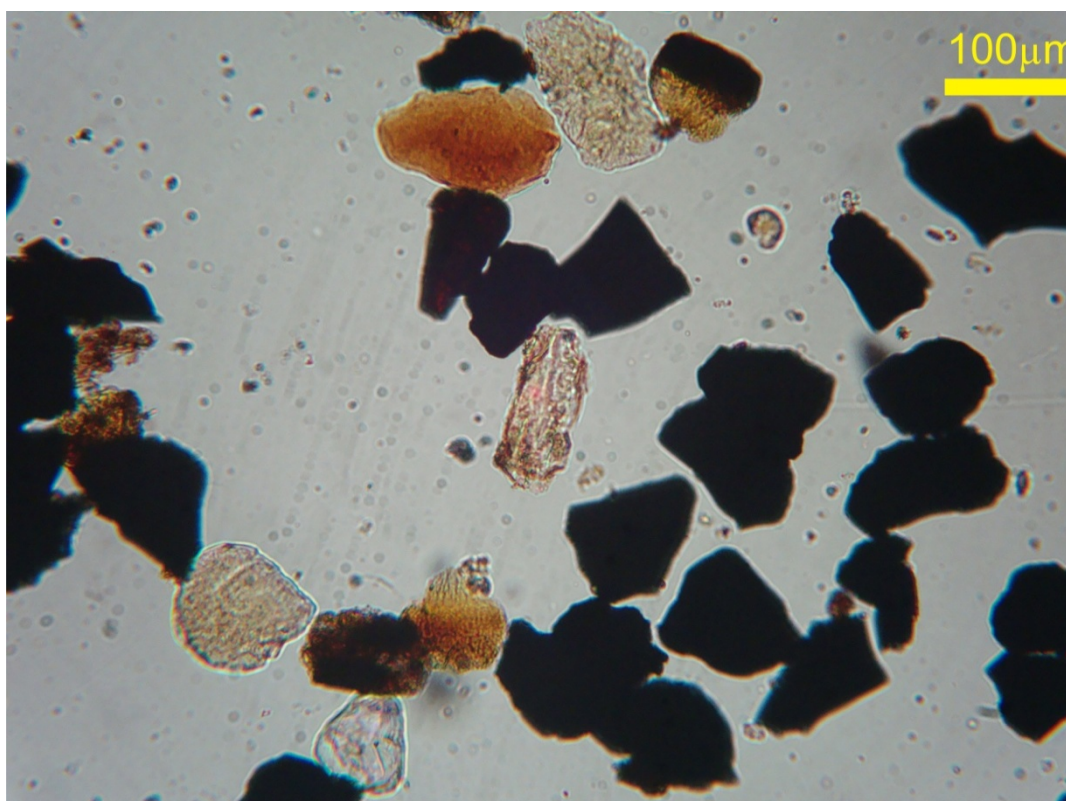
De um modo geral, houve amplo predomínio de minerais opacos e secundariamente agregados de filossilicatos de baixa e alta birrefringência, sendo que os grãos de agregados de cor verde são raros, sendo mais comum os de cor laranja a marrom avermelhado. Grãos de turmalina e quartzo detríticos, que são muito raros, quase desprezíveis, evidenciam também, uma pequena contaminação na formação desses solos com material oriundo de outras formações geológicas que não a Serra Geral, como citado anteriormente.

Entre os minerais opacos, ocorre predomínio de magnetita, que pode estar parcialmente alterada para maghemita, hematita e goethita.

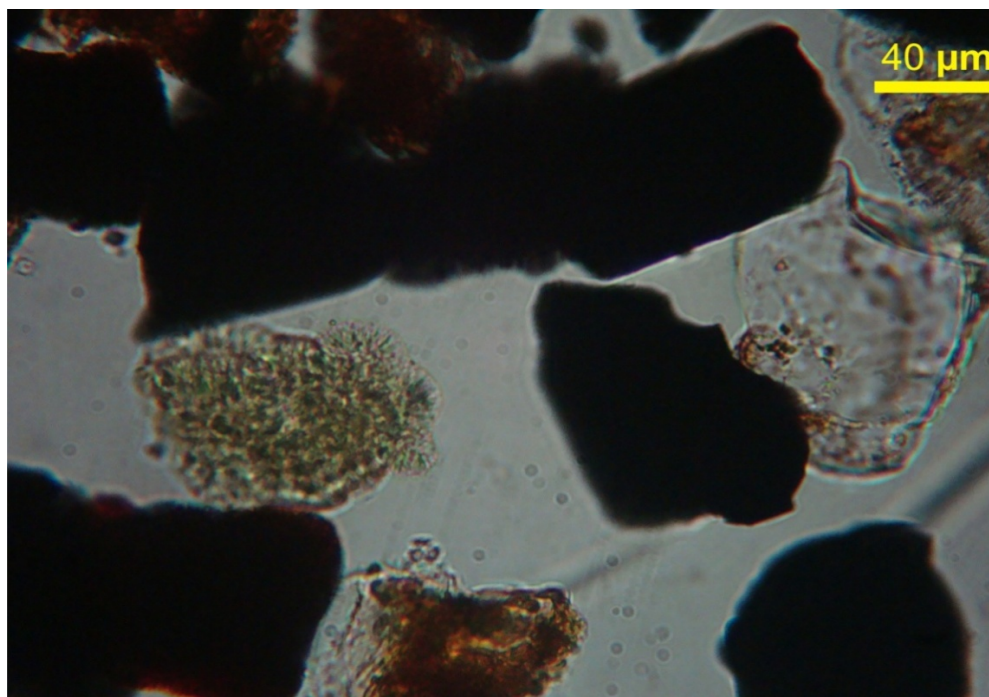


**Figura 53** – Fotomicrografia da fração areia muito fina que apresenta o aspecto geral mostrando o amplo predomínio de grãos de minerais opacos e secundariamente agregados de argilominerais incolores com ou sem intercrescimento com hidróxidos/óxidos de ferro (goethita/hematita/maghemita), grãos de quartzo e raros de filossilicatos microcristalinos de cor verde. Polaroides descruzados em horizonte Bt1 do perfil P2.

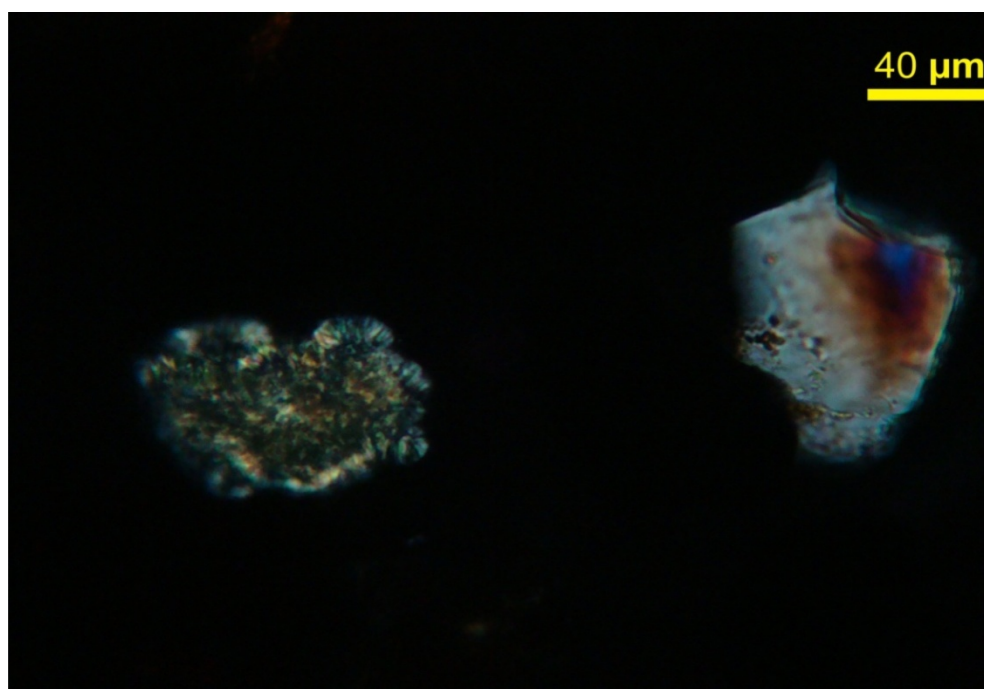
A caulinita é o filossilicato dominante em forma de grãos de agregados; não seria comum a presença de substâncias agregantes tais como caulinita, hematita, goethita, etc., na fração areia muito fina, entretanto, esta possibilidade existiu, talvez em função de uma dispersão inconsistente obtida através do hidróxido de sódio (NaOH).



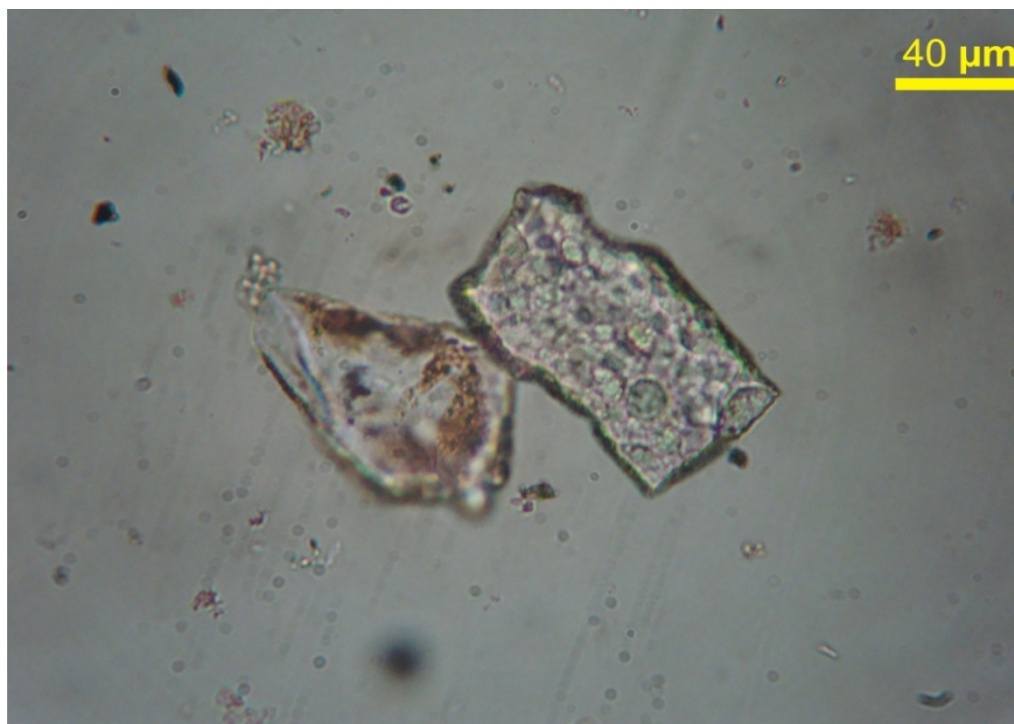
**Figura 54** – Fotomicrografia da fração areia muito fina que apresenta aspecto geral mostrando predomínio de grãos de minerais opacos, aparecendo um grão de quartzo na parte inferior, e vários grãos de filossilicatos microcristalinos, alguns contendo impregnação ou intercrescimento de hidróxidos de ferro. Polaroides descruzados em horizonte Bt1 no perfil 2.



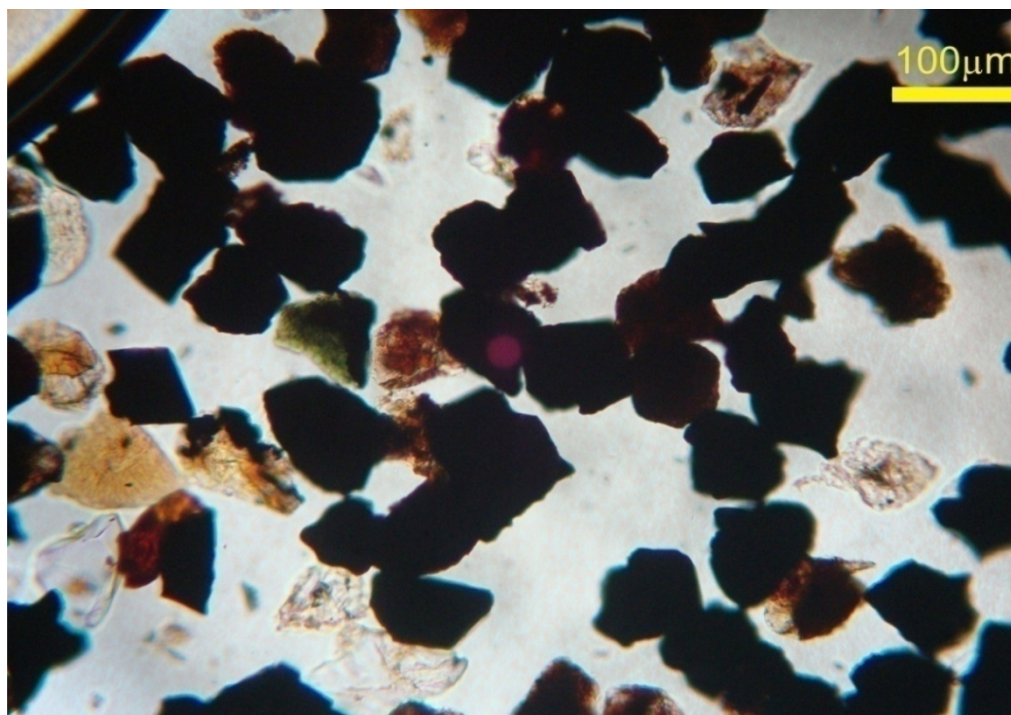
**Figura 55** – Fotomicrografia da fração areia muito fina que mostra detalhe da imagem anterior mostrando o agregado de filossilicato verde, um grão de quartzo (porção direita da imagem), dois grãos de caulinita com hidróxido de ferro (porção inferior e canto superior direito) e vários grãos de minerais opacos. Polaroides descruzados em horizonte Bt1 no perfil P2.



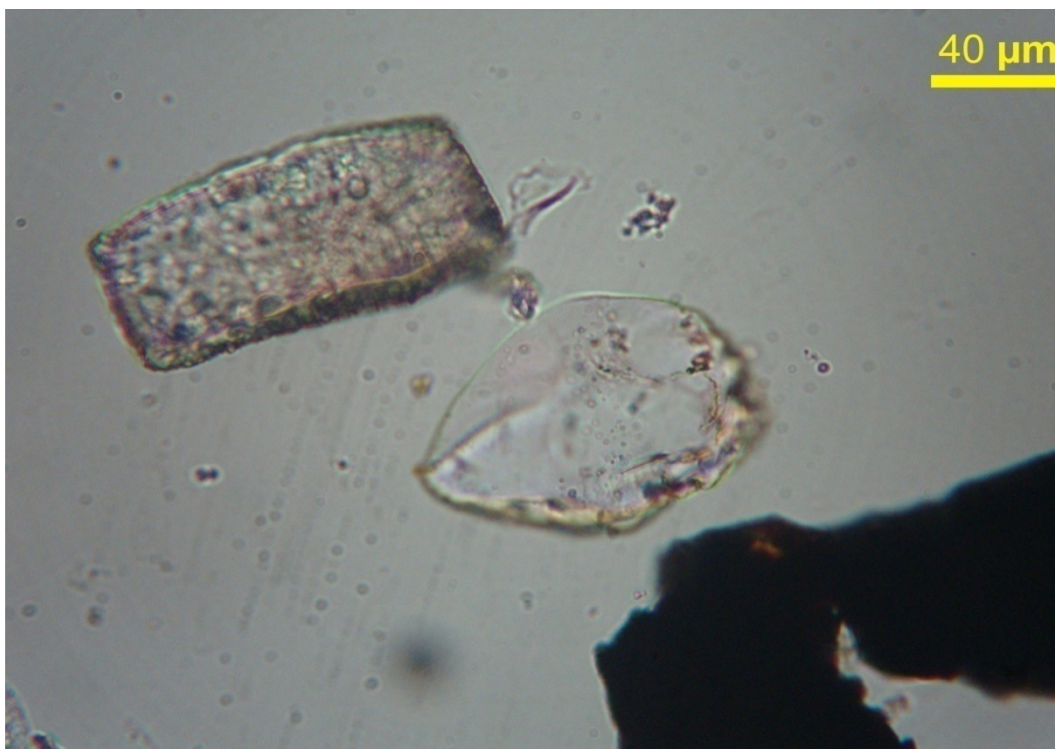
**Figura 56** - Fotomicrografia que mostra a mesma imagem anterior, obtida com os polaroides cruzados, mostrando que o agregado de filossilicato de cor verde exibe birrefringência baixa a moderada podendo ser saponita/nontronita e/ou illita trioctaédrica.



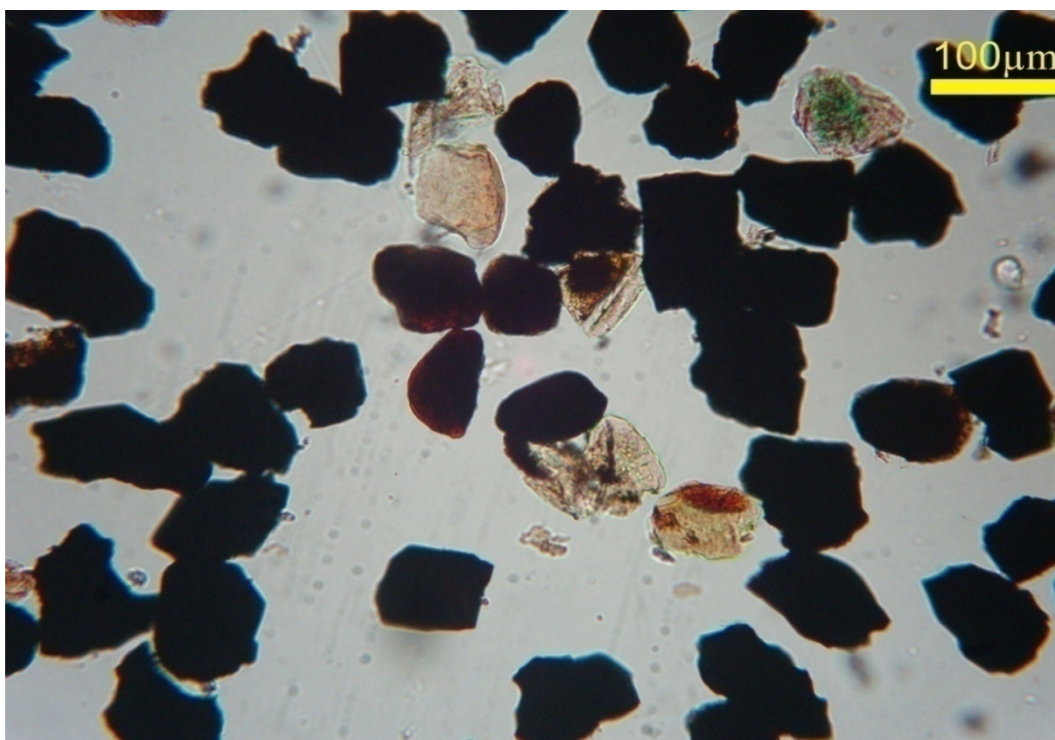
**Figura 57** – Fotomicrografia da fração areia muito fina que mostra grãos de fitólito e de quartzo com película de hidróxidos/óxidos de ferro. Polaroides descruzados em horizonte Bt1 no perfil P2.



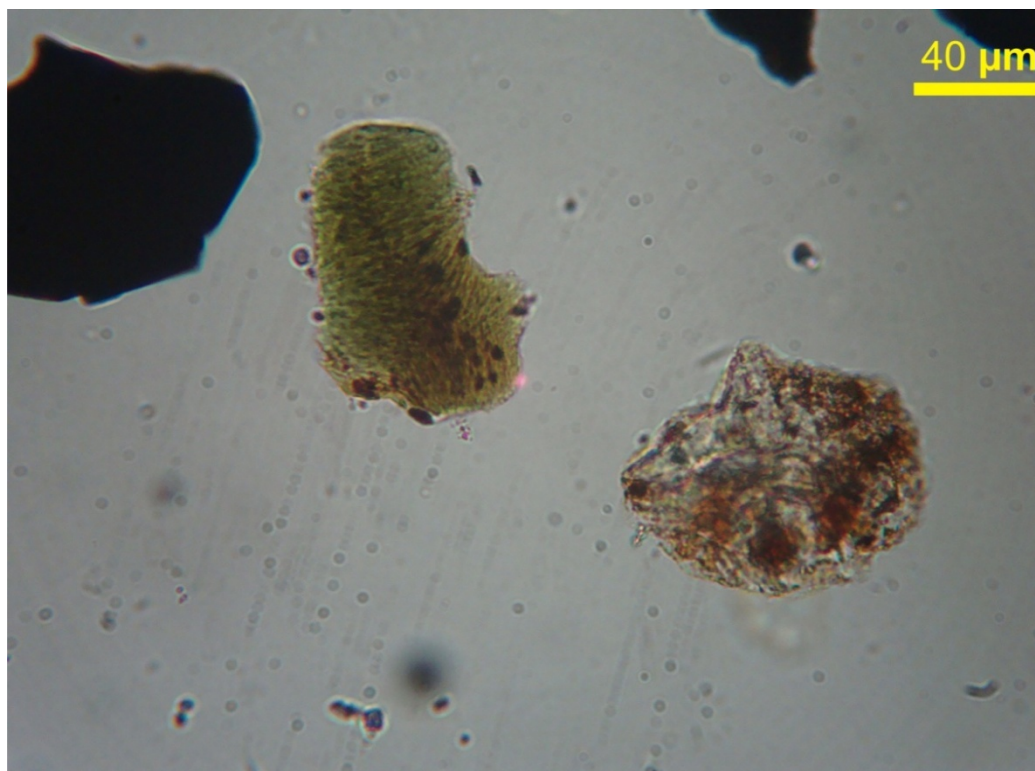
**Figura 58** – Fotomicrografia da fração areia muito fina mostrando predomínio de grãos de minerais opacos, aparecendo um grão de filossilicato microcristalino de cor verde (porção central esquerda da imagem), vários grãos de argilominerais com ou sem impregnação de hidróxido/óxido de ferro e poucos grãos de quartzo. Polaroides descruzados em horizonte Bt2 no perfil P2.



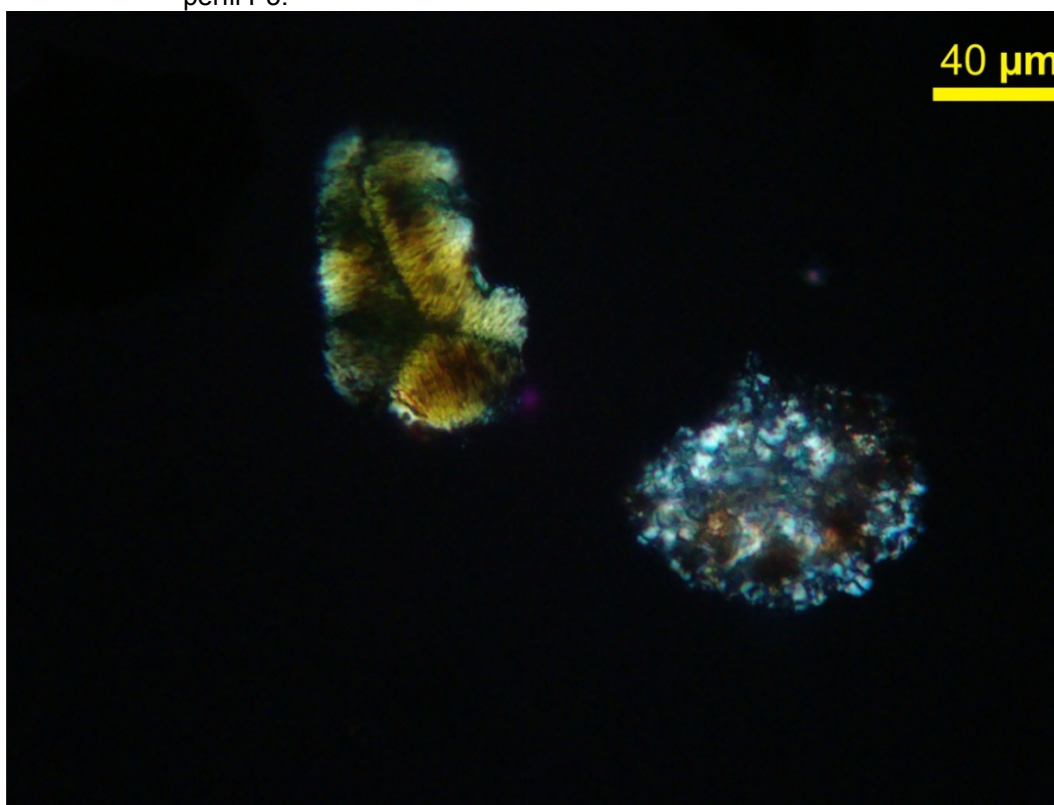
**Figura 59** – Fotomicrografia da fração areia muito fina mostrando um grão de fitólito, um de quartzo e vários de magnetita com borda de alteração para hematita/goethita. Polaroides descruzados em horizonte Bt1 no perfil P3.



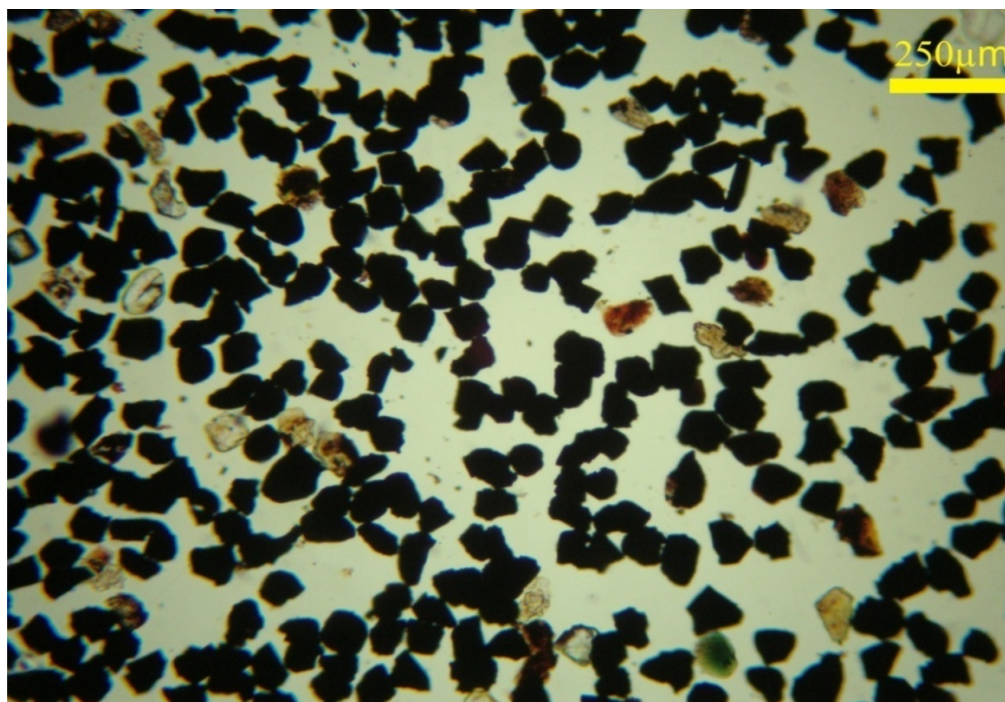
**Figura 60** – Fotomicrografia da fração areia muito fina que mostra o aspecto geral exibindo o amplo predomínio de minerais opacos, seguido por grãos de maghemita/hematita/goethita e argilominerais incolores, como ou sem hidróxidos de ferro e um grão com filossilicato verde. Polaroides descruzados em horizonte Bt1 no perfil P3.



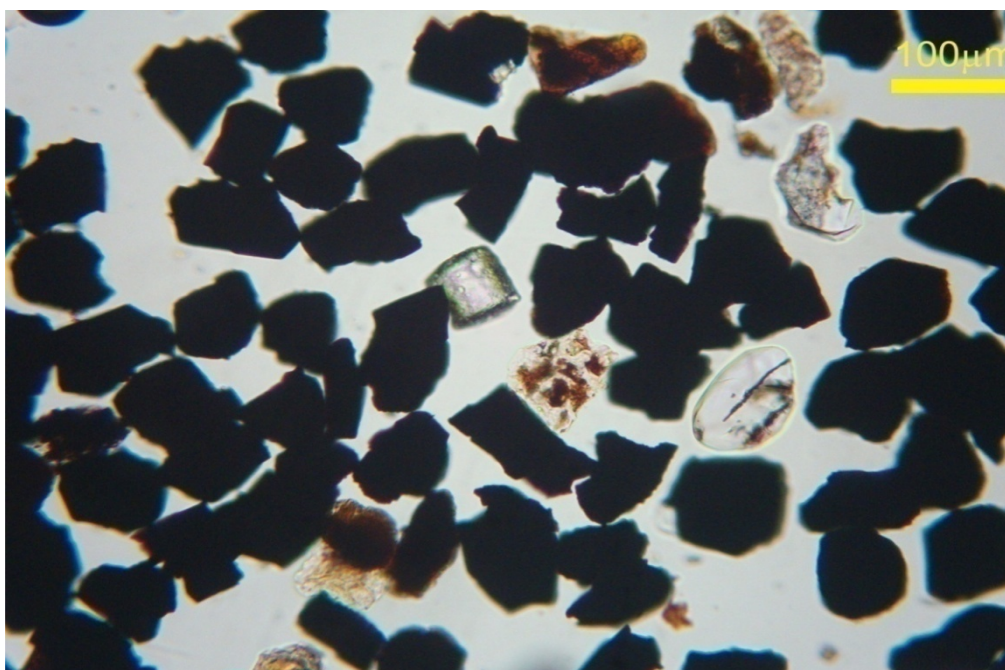
**Figura 61** – Fotomicrografia da fração areia muito fina mostrando um grão constituído por filossilicato microcristalino fibroso com arranjo em domínios, típico de material de preenchimento de cavidades de basalto (microamígdala), outro de quartzo microcristalino (calcedônia granular) impregnado por óxidos/hidróxidos de ferro e vários grãos de minerais opacos. Polaroides descruzados em horizonte Bt1 no perfil P3.



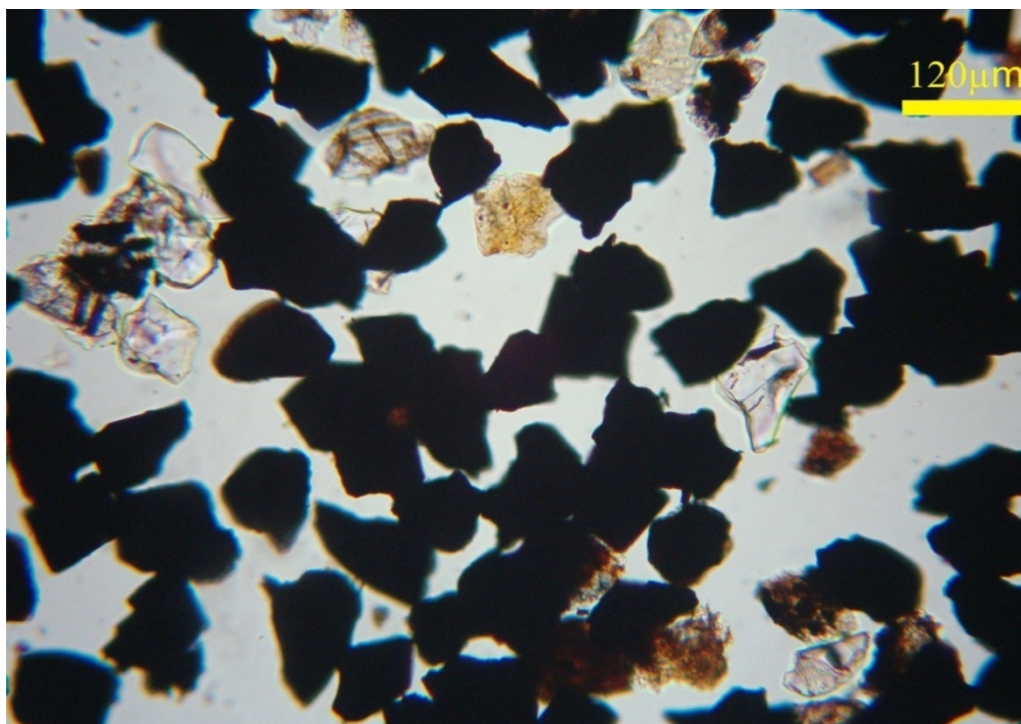
**Figura 62** – Fotomicrografia que mostra mesma imagem da anterior, obtida com polaroides cruzados em horizonte Bt1 no perfil P3.



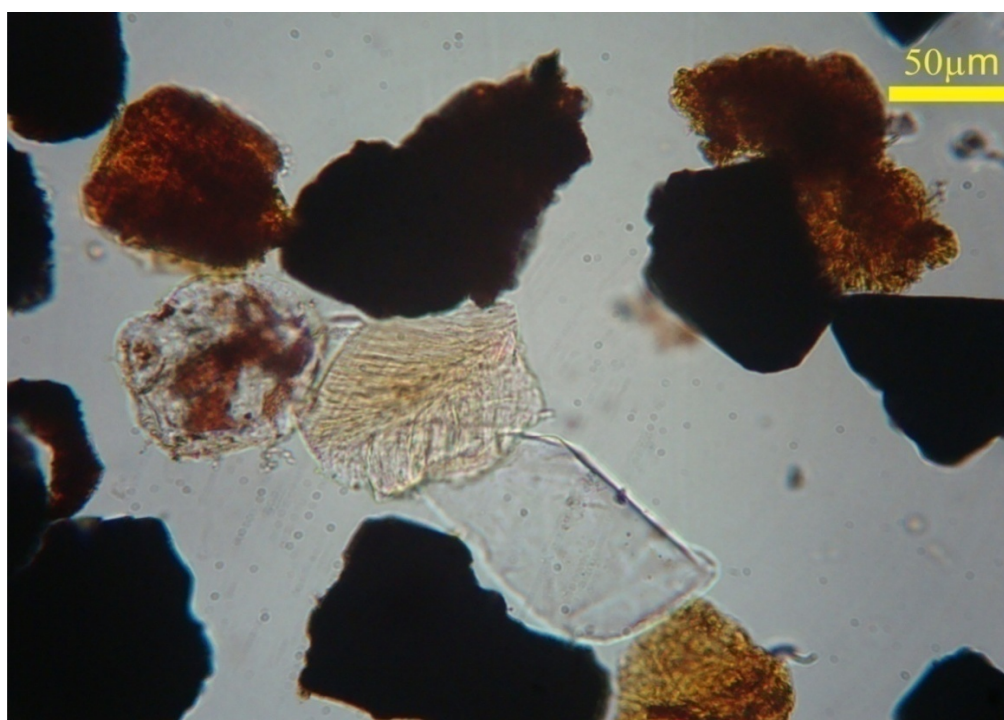
**Figura 63** – Fotomicrografia da fração areia muito fina que apresenta aspecto geral mostrando o amplo predomínio de grãos de minerais opacos, vários grãos de filossilicatos microcristalinos incolores tingidos ou não por hidróxidos e óxidos de ferro, mais raramente verdes e raros grãos de quartzo. Polaroides descruzados em horizonte Bt2 no perfil P3.



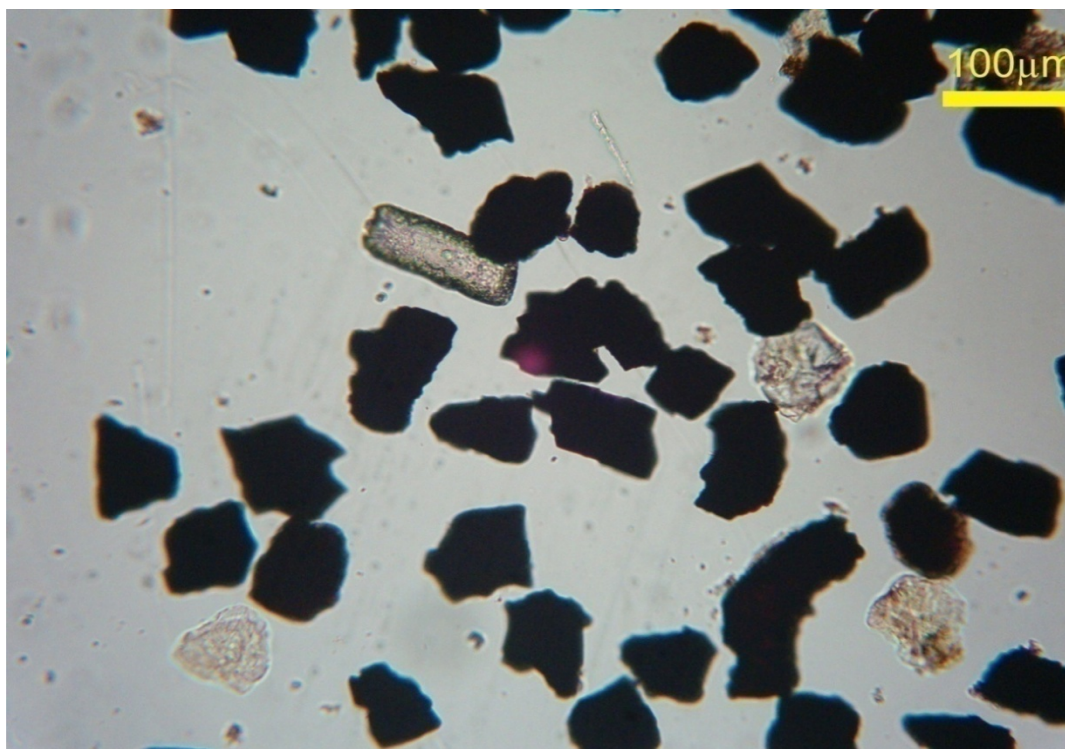
**Figura 64** – Fotomicrografia da fração areia muito fina que mostra um grão de fitólito (porção central da imagem), um grão de quartzo bem arredondado (porção centro direita da imagem), outro grão de quartzo e vários grãos de filossilicatos microcristalinos. Polaroides descruzados em horizonte Bt2 no perfil P3.



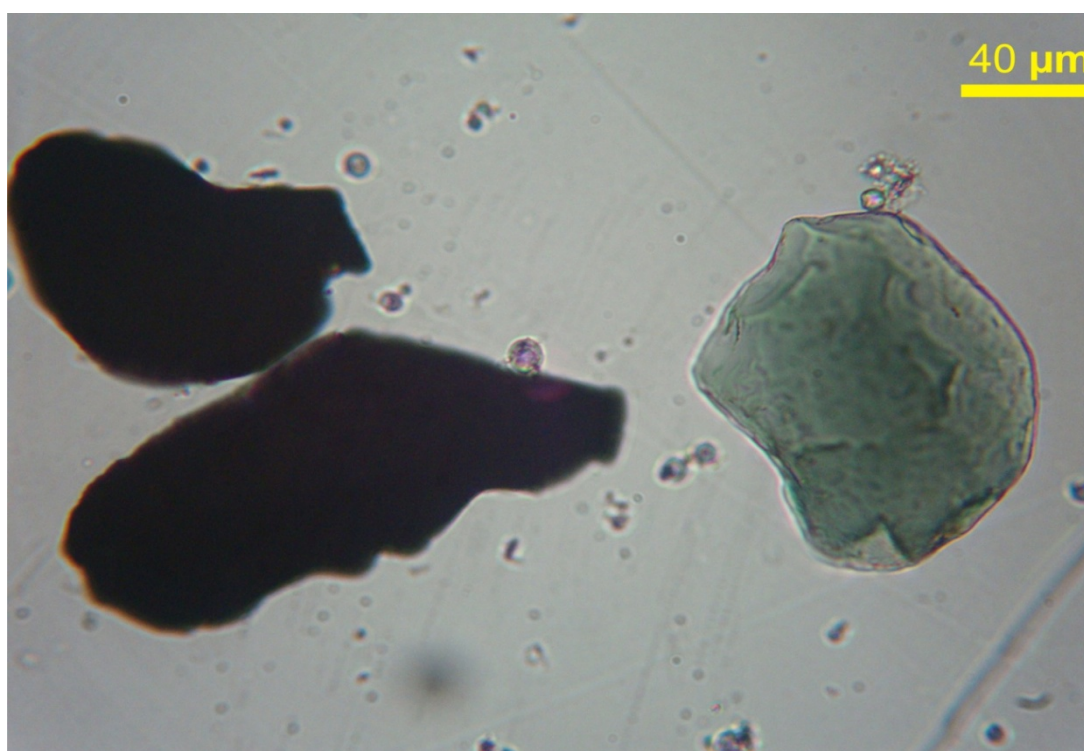
**Figura 65** – Fotomicrografia da fração areia muito fina que apresenta aspecto geral mostrando o predomínio de grãos de minerais opacos e a presença subordinada de grãos constituídos por agregados de filossilicatos microcristalinos e quartzo. Polaroides descruzados em horizonte Bt4/Cr no perfil P4.



**Figura 66** – Fotomicrografia da fração areia muito fina mostrando um grão constituído por saponita e/ou nontronita (porção central), um grão de quartzo e vários de opacos e hidróxidos com ou sem argilominerais. Imagem obtida com polarizadores descruzados. (P4-Bt4/Cr).



**Figura 67** – Fotomicrografia da fração areia muito fina que apresenta aspecto geral mostrando o predomínio de grãos de minerais opacos e a presença de um grão de fitólito. Polaroides descruzados em horizonte Bt4/Cr no perfil P4.



**Figura 68** – Fotomicrografia da fração areia muito fina mostrando grão de turmalina e grãos de minerais opacos. Polaroides descruzados em horizonte Bt4/Cr no perfil P4.

## 8.6 CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS DA SEQUÊNCIA

A classificação dos solos da sequência estudada seguiu as normas estabelecidas pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) em sua 2ª edição publicada em 2006.

O uso da classificação dos solos dentro de um sistema taxonômico uniforme, associado ao conhecimento da distribuição e ocorrência espacial dos solos permite a extrapolação dos resultados da pesquisa para outras áreas de condições ambientais similares (BHERING; SANTOS, 2008).

Conforme os dados obtidos, o perfil P1 representa um solo com B latossólico. Isso fica claro em razão de seus constituintes evidenciarem avançado estágio intemperização, pois revelam alteração quase completa dos minerais primários menos resistentes ao intemperismo químico e/ou de minerais de argila 2:1; possuem concentração residual de sesquióxidos, argila do tipo 1:1 e minerais primários resistentes ao intemperismo químico.

Ademais, na massa latossólica do perfil P1, inexistem qualquer estrutura da rocha original e o horizonte B latossólico tem espessura muito maior que a mínima necessária de 50 cm, pois a sua descrição inicia-se aos 62 cm de profundidade, com o subhorizonte BA, e vai até 172 cm, com o subhorizonte Bw3, sem que ainda tenha se findado (Tabela 5).

A textura por sua vez, é muito argilosa, em todos os subhorizontes do perfil P1, com baixos teores de silte ( $90-150 \text{ g kg}^{-1}$ ) e a relação silte/argila não ultrapassa 0,1 em toda a sua extensão (Tabela 5).

A capacidade de troca catiônica (CTC) no B latossólico do perfil P1 é sempre menor que  $17 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  de argila, sem correção para carbono e a relação molar  $K_i$  é inferior a 2,0 (Tabelas 10 e 11).

Quanto à morfologia do perfil P1, a transição entre os subhorizontes é difusa e a sua estrutura fortemente desenvolvida, com elementos de estrutura granular, de tamanho muito pequeno e moderado com estrutura em blocos subangulares, de tamanho grande, todos com ausência de cerosidade (Tabela 3).

A consistência do solo presente no horizonte B do perfil P1, quando seco, varia de macia a ligeiramente dura e quando úmido é muito friável (Tabela 4).

Por outro lado, todos os subhorizontes B analisados do perfil P1 apresentam grau de floculação (GF) de 100% (Tabela 5) e não houve argila dispersa em água (ADA) em nenhum subhorizonte deste perfil.

Até a profundidade de 172 cm referente à trincheira do perfil P1 não ocorrem sinais do horizonte "C" e/ou da rocha matriz (Tabela 5).

A relação  $K_i$  do perfil P1, por sua vez, varia de 1,74 a 1,87 (Tabela 10) e os teores de minerais primários alteráveis na fração areia muito fina, embora não quantificados, são insignificantes como se pode observar nas fotomicrografias (Figuras 45 a 69), certamente inferiores a 4% e, na fração argila inexistem mais do que traços de clorita/vermiculita aluminosa (Figuras 33 a 44).

Assim, de concluir-se que, como todas as características do horizonte B acima expostas, são perfeitamente compatíveis com as do horizonte B latossólico.

Dessa forma, considerando-se que este horizonte diagnóstico encontra-se dentro de 200 cm da superfície do solo, iniciando-se aos 62 cm de profundidade, com horizonte A com espessura menor que 150 cm, no caso 40 cm (Tabela 5), logo se pode concluir que o solo representado pelo perfil P1 pertence à ordem dos LATOSSOLOS.

Por outro lado, tendo em vista que em todo horizonte B latossólico, o matiz é mais vermelho que 2,5 YR, no caso 10 R, conforme tabela 4, pode-se concluir pela chave de classificação do SiBCS que a subordem do LATOSSOLO em questão é a dos VERMELHOS.

Quanto ao 3º nível categórico, o solo em questão pertence à classe dos Eutroféricos, pois todo o horizonte B latossólico apresenta saturação por bases alta ( $V > 50\%$ ) e teores de  $Fe_2O_3$  pelo  $H_2SO_4$  compreendidos na faixa de 180 g  $kg^{-1}$  a 360 g  $kg^{-1}$ , no caso 308 a 335 g  $kg^{-1}$  (Tabela 10 e 11).

Quanto ao 4º nível categórico, o solo em questão seguramente pertence à classe dos típicos, eis que incompatível com as classes dos cambissólicos e dos chernossólicos.

Dos cambissólicos, porquanto a relação silte/argila não fica compreendida dentro da faixa de menor que 0,6 e maior que 0,5 dentro de 200 cm da superfície do solo, conforme exigido para enquadramento nesta classe, eis que tal relação, ao longo de todo o perfil ficou sempre abaixo de 0,2 (Tabela 5).

Dos chernossólicos, porquanto o solo em questão não possui A chernozêmico, eis que a cor do solo úmido, neste horizonte, visualizada em amostras indeformadas, não é de croma igual ou inferior a 3, como exigido pelo SiBCS, mas sim de croma igual a 4, o que o exclui do horizonte diagnóstico em questão (Tabela 4).

Assim, conclui-se que o solo representado pelo perfil P1, pode ser classificado até o nível de subgrupo, pelas normas do SiBCS, em LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico típico.

Os perfis P2, P3 e P4 representam solos que possuem B nítico. Se não, analise-se que todos são de textura muito argilosa em toda sua extensão excetuando o horizonte Bt3/Cr do perfil P2 e Cr dos perfis P2 e P4, em face do decréscimo da intensidade do intemperismo em profundidade favorecendo o predomínio das frações areia e silte (Tabela 5). Entretanto, o teor de argila de tais seções não é levado em conta para o cálculo da relação textural B/A, não interferindo na classificação.

O incremento de argila do horizonte superficial para o subsuperficial, por sua vez, é pequeno nos perfis P2, P3 e P4, traduzindo assim em relação textural B/A sempre inferior a 1,5 (Tabela 5).

Todos os horizontes dos perfis P2, P3 e P4 apresentam, ordinariamente, argila de baixa atividade, variando de 7,8  $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  de argila encontrado no horizonte Bt3 do perfil P4 a 25,1  $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  de argila no horizonte intermediário Bt3/Cr do perfil P2 (Tabela 12).

A estrutura é do tipo blocos subangulares e grau de desenvolvimento moderado/forte, tal como encontrado no Bt2 do perfil P2 e moderado, encontrado nos demais horizontes B dos perfis em questão (Tabela 3).

Na superfície das unidades estruturais dos perfis P2, P3 e P4 vê-se o atributo morfológico cerosidade em quantidade e grau de desenvolvimento no mínimo comum e moderado (Tabela 3).

Os perfis P2, P3 e P4 apresentam transição gradual e plana entre os subhorizontes do horizonte B e este possui espessura superior a 30 cm, variando de 80 cm no P3 a 142 cm no P4 (Tabela 3).

Dessa forma, não resta dúvida que os perfis P2, P3 e P4 possuem um horizonte diagnóstico B nítico; eis que todos os requisitos do SiBCS foram obedecidos, permitindo tal conclusão.

Por outro lado, tendo-se em conta que nos perfis analisados (P1, P2 e P3) há mais de  $350 \text{ g kg}^{-1}$  de argila, inclusive no A que varia de 730 a  $830 \text{ g kg}^{-1}$ ; que o horizonte B nítico abaixo do horizonte A está presente em todos os perfis (Tabela 5); que tais horizontes diagnósticos possuem argila de atividade baixa em toda a sua extensão (Tabela 12); que tanto o horizonte A como B, exceto BC, possuem o mesmo matiz (10R) em todos os perfis (Tabela 4), inexistindo variação de valor e apenas uma variação para croma, logo é de concluir-se que os solos representados pelos perfis P2, P3 e P4 se enquadram na classe dos NITOSSOLOS.

Considerando que, em toda a extensão de tais perfis, P2, P3 e P4, o matiz da cor é mais vermelho que 2,5 YR, no caso 10R, pode-se concluir pela chave de classificação do SiBCS que a subordem dos solos em questão pertence à classe dos VERMELHOS (Tabela 4).

No 3º nível categórico, por sua vez, os solos dos perfis P2, P3 e P4 em questão, podem ser enquadrados na classe dos Eutroféricos, eis que todos possuem em todo o horizonte B o caráter eutrófico ( $V \geq 50\%$ ) e teores de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  pelo Ataque Sulfúrico, dentro da faixa de 150 a  $360 \text{ g kg}^{-1}$  de argila, no caso, 270 a  $318 \text{ g kg}^{-1}$  de argila (Tabelas 10 e 11).

No 4º nível categórico, por sua vez, os solos dos perfis P2, P3 e P4 podem ser enquadrados na classe dos típicos, vez que não possuem A chernozêmico, nem plintita, nem B latossólico abaixo do horizonte B nítico, características que poderiam ensejar um enquadramento diferente.

Assim, qualquer dos solos representados pelos perfis P2, P3 e P4 na sequência estudada é classificado como NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico típico, o que vem corroborar com Bhering e Santos (2008), quando do levantamento dos solos no Estado do Paraná.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

### A) ASPECTOS TECNOCIENTÍFICOS:

1. Os materiais de origem dos solos da sequência são tipicamente derivados de rochas basálticas da Formação Serra Geral, Grupo São Bento, tratando-se de materiais cujas características podem ser descritas da seguinte forma:

- a) apresentam cor cinza escura cobertas por películas marrons avermelhadas resultantes de alterações.
- b) os materiais alterados apresentam aspectos terrosos em forma de camadas concêntricas e são atraídos pelo imã indicando a presença de magnetita.
- c) nas superfícies de fraturas foram observadas películas negras que efervesce em contato com água oxigenada indicando a presença de manganês e películas brancas constituídas provavelmente por argilominerais originados da intemperização dos minerais primários presentes nos materiais de origem.
- d) as estruturas dos materiais de origem são isotrópicas e nas superfícies de cortes para a obtenção das lâminas delgadas observam-se pontuações de tonalidades mais claras e formas retangulares a irregulares relativas ao plagioclásio (labradorita) e pontuações milimétricas a submilimétricas de tonalidades mais escuras (verde escuro a preto) correspondente a microamígdalas e/ou pseudomorfos de olivina.
- e) as texturas dos materiais de origem são granulares finas típicas de rochas básicas cristalizadas na superfície terrestre.
- f) as análises petrográficas de amostras dos horizontes Cr dos perfis P2 e P4, detectaram tratar de material de origem de textura granular intersticial a intersertal, ligeiramente inequigranular (subporfírica), aparecendo alguns cristais de até 3mm de comprimento de plagioclásio, 2mm de augita, em matriz com granulação média da ordem de 300 $\mu$ m.

**g)** a composição modal estimada visualmente para o material de origem constitutivo das camadas Cr dos perfis P2 e P4 pode ser assim descrita: plagioclásio ( $\pm 45\%$ ), augita ( $\pm 20\%$ ), minerais opacos ( $\pm 10\%$ ), vidro e material microcristalino ( $\pm 10\%$ ), pigeonita ( $\pm 5\%$ ), argilominerais e hidróxidos de ferro ( $\pm 5\%$ ), pseudomorfos de olivina ( $\pm 5\%$ ) e apatita ( $\pm 1\%$ ).

2. A morfologia dos solos estudados tem associação com o posicionamento que os mesmos ocupam na sequência, sendo que a mais evoluída aparece no relevo mais estável, que corresponde ao topo da elevação (P1).

3. As posições dos pédonos na paisagem evidenciam uma maior influência do relevo nas características morfológicas dos solos do que nas características mineralógicas e químicas.

4. Os perfis P2, P3 e P4, posicionados respectivamente nos terços superior, médio e inferior da sequência em estudo são muito semelhantes quanto à morfologia.

5. As relações molares  $K_i$  e  $K_r$  e o teor de Fed revelam que o grau intempérico dos solos estudados é crescente é no sentido: P4  $\rightarrow$  P3  $\rightarrow$  P2  $\rightarrow$  P1 e decrescente em profundidade em cada um desses perfis.

6. Os dados relativos ao complexo sortivo demonstram de um modo geral, que os solos estudados são quimicamente mais ricos no sentido jusante-montante, o que não seria esperado, fenômeno este que certamente está relacionado com um maior teor de matéria orgânica e menor favorecimento ao processo erosivo no mesmo sentido.

7. De um modo geral a mineralogia dos solos estudados é bastante similar, sendo que na fração argila os principais minerais encontrados são: caulinita, seguido de gibbsita, raros cristais de quartzo e , provavelmente, traços de clorita/vermiculita aluminosa; na fração areia muito fina, há predomínio de minerais opacos: magnetita, ilmenita, hematita/maghemita e goethita e em menor proporção os transparentes e/ou translúcidos: quartzo detrítico, turmalina, anatásio e zirconita.

8. O conteúdo mineralógico das frações argila e areia não demonstram estreita relação com os resultados obtidos através do ataque sulfúrico, pois em todos os perfis foram detectados os mesmos minerais nestas frações granulométricas.

9. A presença de quartzo na fração argila não inibiu a ocorrência de gibbsita nesta fração, revelando que provavelmente há em nível de solução do solo, um predomínio de dessilicatação sobre o de ressilicatação.

10. Os minerais presentes no material de origem e na fração argila dos solos estudados sugerem um processo de dessilicatação no sentido dos minerais 2:1:1/2:1, 1:1 e óxidos de ferro e alumínio.

11. Os óxidos de ferro como hematita/maghemita e goethita provavelmente tiveram sua origem diretamente da alteração dos minerais primários (piroxênios e/ou olivinas) presentes no material de origem, vez que tais minerais não foram encontrados na fração areia dos solos estudados e/ou do intemperismo químico dos minerais opacos presentes na fração areia muito fina.

12. A taxa pedogênese/erosão teve uma influência maior na diferenciação morfológica e na análise química total (ataque sulfúrico) do que nas características mineralógicas.

13. A presença de quartzo na fração argila e quartzo detrítico na fração areia sugere que houve contaminação de outras formações geológicas na formação dos solos, podendo ser originado do arenito da Formação Botucatu, ou do arenito do Grupo Caiuá, ou de sedimentos mais recentes (cenozoicos) ou até mesmo, proveniente do material que preenche as amígdalas do basalto da Formação Serra Geral.

14. Os solos estudados podem ser classificados segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) da seguinte forma: o perfil P1, localizado no topo de elevação, LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico típico e os perfis P2, P3 e P4, localizados nos terços superior, médio e inferior, NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico típico.

## **B) ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS:**

Quanto aos possíveis benefícios diretos e indiretos trazidos pelo presente trabalho aos agricultores assentados, pode-se, certamente, enumerar os seguintes:

1. Os dados e discussões existentes constituem subsídio para um posterior levantamento detalhado dos solos da área de estudo, o que, por sua vez, é importante para direcionar o manejo de solos obedecendo-se as suas respectivas características e propriedades (aptidão agrícola), com vistas à racionalização de seus usos e, mormente, visando a preservação ambiental. E, tal objetivo, certamente vem ao encontro do interesse da população de assentados na área de estudo, pois o solo é um dos principais fatores ambientais envolvidos na produção agrícola, que, portanto, deve ter sua sustentabilidade preservada, uma vez que representa a sobrevivência e desenvolvimento social desta comunidade.

2. As informações inventariadas pelo trabalho de campo e laboratório, apresentadas no presente trabalho, mormente quando vierem a serem associadas ao uso de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto, com o emprego de imagens de satélite e aerofotos, além do conhecimento que poderá representar para técnicos e agricultores, poderão se constituir em referenciais temporais e, portanto, em ferramentas úteis na identificação de áreas degradadas em nível local e regional e no diagnóstico das causas de degradação, possibilitando, assim, a propositura de soluções econômicas e ecologicamente viáveis.

## REFERÊNCIAS

- ARNOLD, R. W. Concepts of soils and pedology. In: WILDING, L.P.; SMECK, N.E.; HALL, G.F. (Ed.). **Pedogenesis and soil taxonomy: concepts and interactions**. New York: Elsevier, 1983. v.1, p. 21-50.
- BELLIENI, G. et al. Petrogenetic aspects of acid and basaltic lavas from the Paraná plateau (Brazil): Geological, mineralogical and petrochemical relationships. **Journal of Petrology**, Oxford, v. 27, n.4, p. 915-944, 1986.
- BHERING, S. B.; SANTOS, H.G. (Ed.). **Mapa de Solos do Estado do Paraná: legenda atualizada**. Rio de Janeiro: Embrapa Florestas: Embrapa Solos: Instituto Agrônômico do Paraná, 2008. CD-ROM.
- BIRKELAND, P. W. **Soil and geomorphology**. New York: Oxford University Press, 1984.
- BOTELHO DA COSTA, J.V. **Caracterização e constituição do solo**. 7. ed. (rev.). Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2004.
- BUCKMAN, H. O.; BRADY, N.C. **Natureza e propriedades dos solos**. Rio de Janeiro: Programa de Publicações Didáticas da USAID, 1967.
- CAMARGO, L. A. et al. Variabilidade espacial de atributos mineralógicos de um Latossolo sob diferentes formas de relevo. II – Correlação espacial entre mineralogia e agregados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 32, p. 2279-2288, 2008.
- CURI, N. **Lithosequence and toposequence of oxisols from Goiás and Minas Gerais states, Brasil**. 1983. Thesis (PhD) - Purdue University, Purdue.
- CURI, N.; KAMPF, N; RESENDE, M. Mineralogia, química, morfologia e geomorfologia de solos originados de rochas efusivas das encostas superior e inferior do nordeste, no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 8, n. 3, p. 269-276, set. 1984.
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Paraná**. Londrina: Imprensa Oficial. 1984. t. I e II. (Publicação com IAPAR).
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.
- FERNANDES, L.A. **Estratigrafia e evolução da parte oriental da bacia Bauru (Ks, Brasil)**. 1998. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Balço pluviométrico da região de Londrina durante os anos 2008 e 2009**. Londrina: Imprensa Oficial. 2010.

GERRARD, J. **Soils and landform: an integration of geomorphology and pedology**. London, 1981.

GHIDIN, A.A.; MELO, V.F.; LIMA, V.C.; LIMA, J.M.J.C. Toposseqüências de Latossolos originados de rochas basálticas do Paraná. I – Mineralogia da fração argila. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 30, p. 293-306, 2006a.

GHIDIN, A.A.; MELO, V.F.; LIMA, V.C.; LIMA, J.M.J.C. Toposseqüências de Latossolos originados de rochas basálticas no Paraná. II – Relação entre mineralogia da fração argila e propriedades físicas dos solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 30, p. 307-319. 2006b.

GOEDERT, W.J.; SYERS, J.K.; COREY, R.B. Relações caulinita-quartzo-gibbsita em solos desenvolvidos de basaltos no Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 15, 1975, Campinas. **Anais...** Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1975. p. 495-498.

HALL, G.F. Pedology and geomorphology. In: WILDING, L.P.; SMECK, N.E.; HALL, G.F. (Ed.). **Pedogenesis and soil taxonomy: concepts and interactions**. New York: Elsevier, 1983. v.1, p.117-140.

INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. **Principais sub-bacias hidrográficas do Estado do Paraná**. Disponível em: <[http://www.ipardes.gov.br/pdf/mapas/meio\\_ambiente/hidrografia.pdf](http://www.ipardes.gov.br/pdf/mapas/meio_ambiente/hidrografia.pdf)> . Acesso em: 16 dez. 2009.

JACKSON, M.L. **Soil chemical analysis: advanced course**. Madison: Prentice-Hall, 1979.

JENNY, H. **Factors of soil formation**. New York: McGraw-Hill, 1941.

JIMENES RUEDA, J.R.; DEMATTE, J.L.I. Solos originados de lamitos da Formação Marília (Grupo Bauru) da região de Monte Alto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.12, p.161-170, 1988.

KAMPF, N.; KLANT, E. Mineralogia e gênese de latossolos (oxisols) e solos podzólicos da região nordeste do Planalto Sul Riograndense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 2, n.1, p. 68-73, jan. 1978.

LEINZ, V.; BARTORELLI, G.; ISOTTA, C. A. L. Contribuição ao estudo do magmatismo basáltico mesozóico da Bacia do Paraná. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 40, (sup); p.167-181, 1966.

LIMA, V. C. **Caracterização e classificação de solos derivados de eruptivas básicas do terceiro planalto paranaense**. 1979. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná**. 3. ed. Curitiba: Imprensa Oficial, 2002.

MELFI, A. J.; PICCIRILLO, E. M.; NARDY, A. J. R. Geological and magmatic aspects of the Paraná Basin - an introduction. In: PICCIRILLO, E.M.; MELFI, A.J. (Ed.). **The mesozoic flood volcanism of the Paraná basin**: petrogenetic and geophysical aspects. São Paulo: IAG/USP, 1978. p.1-13.

MILANI, E. J. et al. Bacia do Paraná. **Boletim de Geociências da Petrobrás**, Rio de Janeiro, v.15, n. 2, p. 287, 2007.

MILNE, G. **Provisional soil map of East Africa**. Amani, Tanzânia: Agricultural Research Station, 1935.

MINEROPAR. Minerais do Paraná. **Atlas geomorfológico do Estado do Paraná**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2006.

MINEROPAR. Minerais do Paraná. **Mapa geológico do Estado do Paraná**. Escala 1:650000. Curitiba: Secretaria da Ciência e Tecnologia e Desenvolvimento do governo do Paraná, 1989.

MONIZ, A. C. **Elementos de pedologia**. São Paulo: Polígono, 1972.

MUNSELL COLOR. **Munsell soil color charts**. Revised edition. New Windsor, 1994.

OLIVEIRA, J.B. **Vocabulário ilustrado de termos pedológicos e afins**. Piracicaba: FEALQ, 2009. CDROM.

OLIVEIRA, J.B. **Pedologia aplicada**. 2. ed. Piracicaba: FEALQ, 2005. 574 p.

PEATE, D. W.; HAWKESWORT, C. J.; MANTOVANI, M. S. M. Chemical stratigraphy of the Paraná lavas (South America): classification of magma types and their spatial distribution. **Bulletin of Volcanology**, Berlin, v. 55, p. 119-139, 1992.

PINESE, J.P.P. Síntese geológica da bacia do rio Tibagi. In: MEDRI, M.E; BIANCHINI, E.; SHIBATA, O.A.; PIMENTA, J.A. (Ed.) **A bacia do rio Tibagi**. Londrina, 2002. p. 21-38.

RANDO, E. M. **Alterações nas características e propriedades físicas de um latossolo roxo distrófico, ocasionadas pelo cultivo convencional**. 1981. Dissertação (Mestrado em Agronomia)- Escola Superior de Agricultura de Lavras. Lavras.

RAUEN, M.J. **Mineralogical identification of a toposequence of soils from basaltic rocks in the state of Parana, Brazil.** 1980. Thesis (Ms) - Purdue University, Purdue.

REICHARDT, K.; TIMM, L.C. **Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações.** Barueri: Manole, 2008.

REIS, L. C.; REIS, T. E. S.; ABI SAAB, O. J. G. Caracterização da estrutura fundiária do município de Bandeirantes – PR, utilizando geoprocessamento. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 28, n. 2, p. 345-354, abr./jun. 2008.

RESENDE, M. **Mineralogical, chemistry, morphology and geomorphology of some soils of the Central Plateau of Brazil.** 1976. Thesis (PhD) - Purdue University, Purdue.

RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S. B.; CORRÊA, G.F. **Pedologia: base para distinção de ambientes.** 5. ed. rev. Lavras: Editora UFLA, 2007.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia, ambiente e planejamento.** São Paulo: Ed. Contexto, 1990.

RUHE, R. V. Elements of soil landscape. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF SOIL SCIENCE, 7, 1960, Madison, Wisc. USA. **Anais...** Madison, 1960. p.165-171.

SANTOS, R. D. et al. **Manual de descrição e coleta de solo no campo.** 5. ed. rev. e ampl. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/Centro Nacional de Pesquisa de Solos/EMBRAPA, 2005.

SCHAETZL, R.; ANDERSON, S. **Soils: genesis and geomorphology.** New York: Cambridge University Press, 2005.

SCHWERTMANN, U. et al. Observações pedogenéticas em solos do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 8, n. 2, p. 39-43, 1983.

SIMONSON, R. W. Outline of a generalized theory of soil. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v. 23, p.147-156. 1959.

SILVA, F. C. M. **Mineralogia e gênese de uma seqüência de solos no município de Bandeirantes-PR.** 1985. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras.

TERAMOTO, E. R. **Relações solo, substrato geológico e superfícies geomórficas na microbacia do ribeirão Marins (Piracicaba, SP).** 1995. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

TOREZAN, J. M. D. Nota sobre a vegetação da bacia do rio Tibagi. In: MEDRI, M.E. et al. (Ed.). **A bacia do rio Tibagi.** Londrina, 2002. p.103-107.

VAN WAMBEKE, A.R. Criteria for classifying soils by age. **The Journal of soil science**, Oxford, v.1, p. 124-132, 1962.

VERDADE, F. C. Análise química total. In: MONIZ, A.C. (Coord.). **Elementos de Pedologia**. São Paulo: Polígono-EDUSP, 1972. p. 209-229.

**ANEXOS**

## PERFIL 1 DESCRIÇÃO GERAL

**DATA:** 03/06/2009.

### **CLASSIFICAÇÃO SiBCS**

**UNIDADE DE MAPEAMENTO** – NVef3 (EMBRAPA – IAPAR, 2008)

**LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS** – Trincheira a aproximadamente 300 metros do km 30 da rodovia Álvaro Lázaro de Godoy (PR 538), trecho entre os distritos de São Luiz a Guaravera, lado direito. Distrito de São Luiz, Londrina (PR), 23°34'1,6" S e 51°12'40,8"W.

**SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL** – Descrito e coletado em trincheira, em topo de elevação com relevo plano sob ação antrópica (cultivo).

**ALTITUDE** – 579 metros.

**LITOLOGIA** – Basalto.

**FORMAÇÃO GEOLÓGICA** - Serra Geral (JKsg)

**CRONOLOGIA** – Neojurássico-eocretácica

**MATERIAL ORIGINÁRIO** – Produto de alteração do material supracitado.

**PEDREGOSIDADE** - Não pedregosa.

**ROCHOSIDADE** – Não rochosa

**RELEVO LOCAL** – Plano

**RELEVO REGIONAL** – Suave ondulado

**EROSÃO** - Não aparente

**DRENAGEM** – Acentuadamente drenado

**VEGETAÇÃO PRIMÁRIA** – Floresta tropical subperenefólia.

**USO ATUAL** – Cultivo convencional de milho, soja, batata-doce, etc.

**CLIMA** – Cfa, da classificação de Köppen.

**DESCRITO E COLETADO POR** – Francisco Carlos Mainardes da Silva e Tulio Roberto Pavelhão

## **B – DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA**

<b>Ap<sub>1</sub></b>	0-15 cm, vermelho-escuro-acinzentado (10R 3/4, úmida e 10R 3/4,5, seca); muito argilosa; fraca pequena granular; macia a ligeiramente dura, muito friável, plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e difusa.
<b>Ap<sub>2</sub></b>	15-40 cm, vermelho-escuro-acinzentado (10R 3/4, úmida e 10R 3/4,5, seca); muito argilosa; fraca pequena granular; macia a ligeiramente dura, muito friável, plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e difusa.
<b>AB</b>	40-62 cm, vermelho-escuro-acinzentado (10R 3/5, úmida e 10R 3/5,5, seca); muito argilosa; fraca pequena granular; macia a ligeiramente dura, muito friável, plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e difusa.
<b>BA</b>	62-92 cm, vermelho-escuro (10R 3/5,5, úmida e 10R 3/6, seca); muito argilosa; moderada a forte grandes blocos e forte muito pequena granular; macia a ligeiramente dura muito friável ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e difusa.
<b>Bw1</b>	92-122 cm, vermelho-escuro (10R 3/5,5, úmida e 10R 3/6, seca); muito argilosa; moderada a forte grandes blocos e forte muito pequena granular; macia a ligeiramente dura muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e difusa.
<b>Bw2</b>	122-152 cm, vermelho-escuro (10R 3/5,5, úmida e 10R 3/6, seca); muito argilosa; moderada a forte grandes blocos e forte muito pequena granular; macia a ligeiramente dura muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e difusa.
<b>Bw3</b>	152-172 cm <sup>+</sup> , vermelho-escuro (10R 3/5,5, úmida e 10R 3/6, seca); muito argilosa; moderada a forte grandes blocos e forte muito pequena granular; macia a ligeiramente dura muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e difusa.
<b>RAÍZES</b>	Muitas raízes no Ap <sub>1</sub> , comuns no Ap <sub>2</sub> , AB e BA e poucas no Bw2 e BW3.
<b>OBSERVAÇÕES</b>	Muitos poros pequenos e muito pequenos a muito pequenos ao longo de todo o perfil.

## **PERFIL 2**

### **DESCRIÇÃO GERAL**

**DATA:** 04/12/2009.

**CLASSIFICAÇÃO SiBCS**

**UNIDADE DE MAPEAMENTO** – NVef3 (EMBRAPA – IAPAR, 2008)

**LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS** – Trincheira a aproximadamente a 350 metros do km 30 da rodovia Álvaro Lázaro de Godoy (PR 538), trecho entre os distritos de São Luiz a Guaravera, lado direito. Distrito de São Luiz, Londrina (PR), 23°34'1,8" S e 51°12'42,5"W.

**SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL** – Descrito e coletado em trincheira no terço superior de elevação com aproximadamente 12% de declive, sob cultivo.

**ALTITUDE** – 569 metros.

**LITOLOGIA** – Basalto.

**FORMAÇÃO GEOLÓGICA** - Serra Geral (JKsg)

**CRONOLOGIA** – Neojurássico-eocretácica

**MATERIAL ORIGINÁRIO** – Produto de alteração do material supracitado.

**PEDREGOSIDADE** - Não pedregosa.

**ROCHOSIDADE** – Não rochosa

**RELEVO LOCAL** – Suave ondulado

**RELEVO REGIONAL** – Suave ondulado

**EROSÃO** - Não aparente

**DRENAGEM** - Bem drenado

**VEGETAÇÃO PRIMÁRIA** – Floresta tropical subperenefólia.

**USO ATUAL** – Cultivo convencional de milho, soja, batata-doce, etc.

**CLIMA** – Cfa, da classificação de Köppen.

**DESCRITO E COLETADO** – Francisco Carlos Mainardes da Silva

Túlio Roberto Pavelhão

**B – DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA**

- Ap** 0-20 cm, vermelho-escuro-acinzentado (10R 3/3, úmida e 10R 3/4 seca); muito argilosa; forte pequena a média granular; e em blocos subangulares; dura, firme, plástica a muito plástica e muito pegajosa; transição plana e gradual.
- Bt<sub>1</sub>** 20-45 cm, vermelho-escuro-acinzentado (10R 3/3, úmida e 10R 3/4, seca); muito argilosa; moderada a média blocos subangulares; cerosidade moderada e comum; dura, firme, plástica e pegajosa; transição plana e gradual.
- Bt<sub>2</sub>** 45-93 cm, vermelho-escuro-acinzentado (10R 3/4, úmida e 10R 3/5, seca); muito argilosa; moderada a forte pequena a grandes blocos subangulares; cerosidade moderada e comum; dura, firme, plástica e pegajosa; transição plana e gradual.
- Cr/Bt<sub>3</sub>** 93-130 cm, vermelho-escuro-acinzentado (10R 3/4, úmida e 10R 3/5, seca); muito argilosa cascalhenta, moderada a forte pequena a grandes blocos subangulares; cerosidade moderada e comum; dura, firme, plástica e pegajosa; saprolito inconsistente.
- Cr** 130-160 cm<sup>+</sup>, bruno forte (7,5 YR 5/6); argila; saprolito inconsistente; plástica e pegajosa.

### **PERFIL 3 CLASSIFICAÇÃO GERAL**

**DATA:** 05/12/2009.

#### **CLASSIFICAÇÃO SiBCS**

**UNIDADE DE MAPEAMENTO** – NVef3 (EMBRAPA – IAPAR, 2008)

**LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS** – Trincheira a 500 metros do km 30 da rodovia Álvaro Lázaro de Godoy (PR 538), trecho entre os distritos de São Luiz a Guaravera, lado direito. Distrito de São Luiz, Londrina (PR), 23°34'3,7" S e 51°12'46,7"W.

**SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL** – Descrito e coletado em trincheira no terço médio da encosta com 10% de declive, sob cultivo.

**ALTITUDE** – 552 metros.

**LITOLOGIA** – Basalto.

**FORMAÇÃO GEOLÓGICA** - Serra Geral (JKsg)

**CRONOLOGIA** – Neojurássico-eocretácica

**MATERIAL ORIGINÁRIO** – Produto de alteração do material supracitado.

**PEDREGOSIDADE** - Não pedregosa.

**ROCHOSIDADE** – Não rochosa

**RELEVO LOCAL** – Suave ondulado

**RELEVO REGIONAL** – Suave ondulado

**EROSÃO** - Não aparente

**DRENAGEM** – Acentuadamente drenado

**VEGETAÇÃO PRIMÁRIA** – Floresta tropical subperene-fólia.

**USO ATUAL** – Reserva de vegetação nativa.

**CLIMA** – Cfa, da classificação de Köppen.

**DESCRITO E COLETADO POR** – Francisco Carlos Mainardes da Silva e Túlio Roberto Pavelhão.

## B – DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- Ap** 0-20 cm, vermelho-escuro-acinzentado (10R 3/3, úmida e 10R 3/4, seca); muito argilosa; forte pequena a média granular e em blocos subangulares; dura, firme, plástica a muito plástica e muito pegajosa; transição plana e gradual.
- AB** 20-30 cm, vermelho-escuro-acinzentado (10R 3/3, úmida e 10R 3/4, seca); muito argilosa; moderada pequena a média blocos subangulares que se quebram em moderada grande e muito grande granular; cerosidade fraca e comum; ligeiramente dura, friável a firme, plástica e pegajosa; transição plana e gradual.
- Bt<sub>1</sub>** 30-57 cm, vermelho-escuro-acinzentado (10R 3/3, úmida e 10R 3/4, seca); muito argilosa; moderada pequena a médias blocos subangulares; cerosidade moderada a comum; dura, firme, plástica e pegajosa; transição plana e gradual.
- Bt<sub>2</sub>** 57-81 cm, vermelho-escuro-acinzentado (10R 3/3, úmida e 10R 3/4, seca); muito argilosa; moderada pequena a médias blocos subangulares; cerosidade moderada a comum; dura, firme, plástica e pegajosa; transição plana e gradual.
- Bt<sub>3</sub>** 81-110 cm<sup>+</sup>, vermelho-escuro-acinzentado (10R 3/3, úmida e 10R 3/4, seca); muito argilosa; moderada pequena a médias blocos subangulares; cerosidade moderada a comum; dura, firme, plástica e pegajosa; transição plana e gradual.
- RAÍZES** Muitas raízes no Ap, comuns no AB e poucas no Bt.

## **PERFIL 4**

### **DESCRIÇÃO GERAL**

**DATA:** 05/06/2009.

#### **CLASSIFICAÇÃO SiBCS**

**UNIDADE DE MAPEAMENTO** – NVef3 (EMBRAPA – IAPAR, 2008)

**LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS** – Trincheira a 900 metros do km 30 da rodovia Álvaro Lázaro de Godoy (PR 538), trecho entre os distritos de São Luiz a Guaravera, lado direito. Distrito de São Luiz, Londrina (PR), 23°34'10,1" S e 51°13'0,05"W.

**SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL** – Descrito e coletado em trincheira no terço inferior da encosta com 6% de declive, sob cultivo.

**ALTITUDE** – 500 metros.

**LITOLOGIA** – Basalto.

**FORMAÇÃO GEOLÓGICA** - Serra Geral (JKsg)

**CRONOLOGIA** – Neojurássico-eocretácica

**MATERIAL ORIGINÁRIO** – Produto de alteração do material supracitado.

**PEDREGOSIDADE** - Não pedregosa.

**ROCHOSIDADE** – Não rochosa

**RELEVO LOCAL** – Suave ondulado

**RELEVO REGIONAL** – Suave ondulado

**EROSÃO** - Não aparente

**DRENAGEM** – Acentuadamente drenado

**VEGETAÇÃO PRIMÁRIA** – Floresta tropical subperene-fólia.

**USO ATUAL** – Reserva de vegetação nativa.

**CLIMA** – Cfa, da classificação de Köppen.

**DESCRITO E COLETADO POR** – Francisco Carlos Mainardes da Silva e Túlio Roberto Pavelhão.

**B – DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA**

- Ap** 0-18 cm, vermelho-escuro-acinzentado (10R 3/3, úmida e 10R 3/4, seca); muito argilosa; forte pequena a média granular e em blocos subangulares; dura, firme, plástica a muito plástica e muito pegajosa; transição plana e gradual.
- Bt<sub>1</sub>** 18-50 cm, vermelho-escuro-acinzentado (10R 3/3, úmida e 10R 3/4, seca); muito argilosa; moderada pequena a médias blocos subangulares; cerosidade moderada a comum; dura, firme, plástica e pegajosa; transição plana e gradual.
- Bt<sub>2</sub>** 50-105 cm, vermelho-escuro-acinzentado (10R 3/3, úmida e 10R 3/4, seca); muito argilosa; moderada pequena a médias blocos subangulares; cerosidade moderada a comum; dura, firme, plástica e pegajosa; transição plana e gradual.
- Bt<sub>3</sub>** 105-145 cm<sup>+</sup>, vermelho-escuro-acinzentado (10R 3/3, úmida e 10R 3/4, seca); muito argilosa; moderada pequena a médias blocos subangulares; cerosidade moderada a comum; dura, firme, plástica e pegajosa; transição plana e gradual.
- Bt<sub>4</sub>/Cr** 145-160 cm, vermelho-escuro-acinzentado (10R 3/3, úmida e 10R 3/4, seca); muito argilosa; moderada pequena a média blocos subangulares; cerosidade moderada e comum; dura, firme, plástica e pegajosa; saprolito consistente bruno-avermelhado (5YR 5/3); transição plana e gradual.
- Cr** 160-170 cm<sup>+</sup>, saprolito consistente, bruno avermelhado (5 YR 5/3).