



Revista Brasileira de Ciência do Solo

ISSN: 0100-0683

revista@sbc.org.br

Sociedade Brasileira de Ciência do Solo  
Brasil

de Freitas Melo, Vander; Henrique Toledo, Fernando; de Moura, Rodrigo; Costa Lima, Valmiqui;  
Ghidin, André Ademir

**CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E MINERALÓGICA DE AGREGADOS DE DIFERENTES CLASSES  
DE TAMANHO DE LATOSSOLOS BRUNO E VERMELHO LOCALIZADOS NO ESTADO DO  
PARANÁ**

Revista Brasileira de Ciência do Solo, vol. 32, núm. 1, 2008, pp. 67-83

Sociedade Brasileira de Ciência do Solo  
Viçosa, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180214230008>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica  
Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal  
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

# SEÇÃO II - QUÍMICA E MINERALOGIA DO SOLO

## CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E MINERALÓGICA DE AGREGADOS DE DIFERENTES CLASSES DE TAMANHO DE LATOSSOLOS BRUNO E VERMELHO LOCALIZADOS NO ESTADO DO PARANÁ<sup>(1)</sup>

Vander de Freitas Melo<sup>(2)</sup>, Fernando Henrique Toledo<sup>(3)</sup>, Rodrigo de Moura<sup>(3)</sup>, Valmiqui Costa Lima<sup>(4)</sup> & André Ademir Ghidin<sup>(5)</sup>

### RESUMO

O teor e a forma dos minerais da fração argila são determinantes na definição da morfologia dos agregados do solo. Objetivando estudar a mineralogia da fração argila e as propriedades químicas de diferentes classes de agregados de Latossolos (Latossolo Bruno Ácrico húmico - LBd e Latossolo Vermelho Distroférico húmico - LVdf) originados de rochas basálticas no Estado do Paraná, coletaram-se amostras indeformadas em diferentes profundidades (horizontes Bw1 e Bw2) em perfis de solos localizados em duas topossequências (quatro perfis no LBd e três no LVdf). Após secagem e separação das amostras indeformadas em seis classes de agregados (2-4; 1-2; 0,5-1; 0,25-0,5; 0,105-0,25; < 0,105 mm) determinaram-se os teores de Si solúvel em ácido acético 0,5 mol L<sup>-1</sup> e de K, Ca, Mg e Al trocáveis. A fração argila das diferentes classes de agregados também foi estudada por diferentes técnicas: difratometria de raios X, análise térmica e análises químicas. Verificou-se homogeneidade nos teores trocáveis de elementos entre as classes de tamanho de agregados dos horizontes Bw1 e Bw2 dos perfis dos Latossolos Bruno e Vermelho. A intensa e contínua pedogênese dos Latossolos não foi suficiente para homogeneizar a mineralogia da fração argila (característica mais estável que a dos teores trocáveis) dos agregados. A maior variação nos teores de minerais, em função da classe de tamanho dos agregados, foi para o perfil localizado na posição mais alta da topossequência do LBd: variação de 35 % nos teores de gibbsita no

---

<sup>(1)</sup> Recebido para publicação em outubro de 2006 e aprovado em setembro de 2007.

<sup>(2)</sup> Professor do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Paraná – UFPR. Rua dos Funcionários 1540 CEP 80035-050 Curitiba (PR). Bolsista CNPq. E-mail: vanderfm@ufpr.br

<sup>(3)</sup> Acadêmico do Curso de Agronomia, UFPR. Bolsista PIBIC/CNPq. E-mails: zumbi@ufpr.br; rodemoura@ufpr.br

<sup>(4)</sup> Professor do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, UFPR. E-mail: valmiqui@ufpr.br

<sup>(5)</sup> Professor do Curso de Gestão Ambiental, Faculdade Palas Atena – FPA. CEP 85560-000 Chopinzinho (PR). E-mail: andreghidin@fpa.com.br

**horizonte Bw1 e 44 % nos teores de caulinita no horizonte Bw2. Considerando, ainda, o efeito da classe de tamanho dos agregados sobre a mineralogia dos horizontes Bw1 e Bw2 do LBd e LVdf, verificaram-se variações em algumas características cristalográficas da goethita e hematita – diâmetro médio do cristal (DMC) e intensidade de substituição isomórfica de Fe por Al – e da caulinita (DMC).**

**Termos de indexação: silício, caulinita, óxidos de ferro, gibbsita, características cristalográficas.**

**SUMMARY: CHEMICAL AND MINERALOGICAL CHARACTERIZATION OF THE DIFFERENT STRUCTURE SIZE CLASSES OF RED-YELLOW AND DUSKY RED LATOSOLS IN PARANÁ, BRAZIL**

*The content and shape of clay minerals are important in the definition of soil structure morphology. To evaluate the clay mineralogy and chemical properties of different aggregate size-classes of Latosols (Red-Yellow - LBd and Dusky Red - LVdf) derived from basalt in the state of Paraná, Brazil, soil samples of the Bw1 and Bw2 horizons were collected in four LBd and three LVdf profiles, distributed across two distinct toposequences. Dried and undisturbed soil samples were separated into six size-classes (2–4; 1–2; 0.5–1; 0.25–0.5; 0.105–0.25; < 0.105 mm) and the soluble Si in 0,5 mol L<sup>-1</sup> acetic acid and exchangeable K, Ca, Mg and Al contents were determined. The clay fraction extracted from each aggregate size-class was investigated by X-ray diffraction, thermal analysis and chemical analysis. The content of exchangeable elements did not vary among the aggregate size-classes in the Bw1 and Bw2 horizons for Red-Yellow and Dusky Red Latosol profiles. In spite of the high and continuous weathering of these soils the mineralogical characteristics of the aggregate clay fraction were not homogenized. The highest variation in the mineral contents, according to the aggregate size class, was observed for the profile in the highest position of the LBd toposequence; the gibbsite contents varied 35 % in a sample of the Bw1 horizon and the kaolinite contents 44 % in the Bw2 horizon. Additionally, changes in crystallographic characteristics of the goethite and hematite (mean crystal diameter (MCD) and isomorphic substitution level of Fe by Al) and the kaolinite (MCD) were observed among aggregate size classes of the same horizon, for both soils.*

*Index terms: crystallographic characteristics, gibbsite, iron oxide, kaolinite, silicon.*

## INTRODUÇÃO

As características intrínsecas ao material de origem, condições climáticas, atividade biológica e posição do perfil na paisagem, podem determinar a maior ou menor transformação dos minerais do solo. Nos Latossolos, geralmente há nas posições mais altas da topossequência (área mais bem drenada) predomínio de minerais como gibbsita e hematita e, nas partes mais inferiores, mais úmidas e com maior concentração de silício, removido das posições superiores, predomínio de caulinita e goethita (Curi & Franzmeir, 1984; Ghidin et al., 2006a). As características físicas dos Latossolos, determinadas pelo tipo, tamanho e grau de desenvolvimento dos agregados, dependem muito das proporções e da cristalografia dos minerais da fração argila, onde a forma do mineral irá influenciar fortemente a morfologia dos agregados. A hematita, gibbsita e

filossilicatos (efeito desorganizador), como a caulinita, o que favorece a formação de estruturas menores e com formato esférico (Resende, 1985; Resende et al., 1992, 1997; Ferreira et al., 1999). Por essas razões Ghidin et al. (2006b) observaram que os maiores teores de caulinita nos horizontes mais profundos e nos perfis das posições mais baixas em uma topossequência de Latossolo Bruno favoreceram o desenvolvimento de estruturas maiores (maior diâmetro médio geométrico dos agregados). Como resultado, a análise micromorfológica dessas amostras evidenciou a presença de plasma denso, com trama porfírica fechada.

Com relação aos aspectos químicos dos agregados, mesmo se tratando de solos altamente intemperizados, Moura Filho (1970) encontrou relação inversa entre tamanho de agregado e teor de bases em Latossolo Roxo do Triângulo Mineiro. Segundo o autor, as bases se concentram no interior dos agregados e, devido a

Melo et al. (2002) consideraram esses microambientes mais ricos quimicamente (agregados menores) como responsáveis pela manutenção de partículas de biotita na fração argila dos Latossolos de diferentes regiões do Brasil. Mesmo com baixos teores na fração argila dos Latossolos (menor que  $10 \text{ g kg}^{-1}$ ), os autores observaram que os minerais micáceos foram responsáveis por mais de 50 % do K total dessa fração. Com a possível ocorrência desses diferentes microambientes em um mesmo horizonte do solo, pode-se ter uma composição mineralógica distinta da fração argila em função da classe dos agregados, o que ajudaria a explicar a existência de estruturas mistas em tamanho normalmente observadas nos Latossolos. A comprovação dessa hipótese implicaria prever que as raízes explorariam microambientes distintos (classes de agregados) em relação à composição química e mineralógica do solo durante o crescimento das plantas.

Por outro lado, devido ao intenso e contínuo processo pedogenético sofrido pelos Latossolos, é esperado que haja homogeneização das características químicas e mineralógicas no interior das diferentes classes de agregados. Uma teoria hierárquica de agregação propõe que os microagregados ( $< 250 \mu\text{m}$ ) se juntam para formar macroagregados ( $> 250 \mu\text{m}$ ) (Edwards & Bremner, 1967), e as ligações dentro dos microagregados são mais fortes que as ligações entre eles. Já os ciclos de umedecimento e secagem podem quebrar os agregados maiores em momentos de expansão (Singer et al., 1992). Estes ciclos têm influência mais positiva na formação das estruturas do solo nos estádios iniciais de agregação e nos macroagregados (Denef et al., 2002; Six et al., 2004). A atividade biológica também pode ser importante para formação das estruturas e homogeneização dos constituintes sólidos dos solos. Segundo Schaefer (2001), a atividade da mesofauna tropical afeta a estrutura do solo pela ingestão seletiva de partículas minerais e orgânicas e eliminação destas como coprólitos ou pelotas fecais, misturando as partículas do solo e formando agregados organominerais estáveis. Espera-se que esse efeito seja ainda mais pronunciado em solos mais velhos, como os Latossolos.

Devido a essas incertezas quanto à homogeneidade das características químicas e mineralógicas das diferentes classes de tamanho de agregados de um mesmo horizonte do solo, Ghidin et al. (2006b) não estabeleceram correlações entre os teores dos minerais da fração argila da TFSA de dois Latossolos com a percentagem de agregados retidos em diferentes peneiras na análise de estabilidade em água (classes 2 a 1 mm; 1 a 0,5 mm; 0,5 a 0,25 mm; 0,25 a 0,105 mm; e  $< 0,105 \text{ mm}$ ). As correlações foram feitas apenas com o diâmetro médio geométrico (DMG) dos agregados. Nesse caso, apenas a determinação mineralógica da fração argila dos agregados também retidos em cada classe de peneira seria adequada para estabelecer correlações entre os teores de minerais e a

Assim, o objetivo do presente trabalho foi estudar as variações nas propriedades químicas e mineralógicas da fração argila, incluindo a cristalografia dos minerais, de diferentes classes de tamanho de agregados dos horizontes Bw1 e Bw2 de perfis de Latossolos Bruno e Vermelho, localizados em Guarapuava e Cascavel, Paraná.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Descrição geral das áreas e amostragem dos solos

Com o objetivo de estudar as características químicas e mineralógicas dos agregados em condições naturais, selecionaram-se duas classes de Latossolos provenientes de rochas eruptivas básicas em área de preservação permanente, em Guarapuava (Latosolo Bruno distrófico húmico - LBd - Embrapa (1999)) e Cascavel (Latosolo Vermelho distroférico húmico - LVdf), Paraná. Escolheram-se duas topossequências com declividade média de 5 % e comprimento médio de rampa de 400 m, e abriram-se quatro trincheiras no LBd e três no LVdf, coletando-se amostras indeformadas dos horizontes Bw1 e Bw2. Obteve-se a seguinte distribuição das trincheiras nos segmentos da topossequência: LBd – P1, terço superior da encosta (TSE); P2, terço médio/superior da encosta (TMSE); P3, terço médio da encosta (TME); e P4, terço inferior da encosta; e LVdf – P1, TSE; P2, TME; e P3, TIE. As características morfológicas dos perfis e as análises químicas das amostras deformadas dos horizontes (TFSA) podem ser obtidas em Ghidin et al. (2006a).

As topossequências estudadas situam-se na latitude de  $25^\circ 21' 50''$  sul e longitude de  $51^\circ 28' 33''$  oeste e altitude de 1.068 m, no município de Guarapuava, e latitude de  $24^\circ 27' 21''$  sul e longitude de  $53^\circ 27' 19''$  oeste e altitude de 781 m, em Cascavel.

As rochas de origem dos solos pertencem ao Grupo São Bento, Formação Serra Geral, área sob domínio da grande Bacia do Rio Paraná. Esses derrames são representados em volume como (Bellieni et al., 1986) 90 % de rochas básicas, 7 % de rochas intermediárias e 3 % de rochas ácidas, sendo as últimas no topo dos pacotes vulcânicos da Formação da Serra Geral em sobreposição às rochas básicas. Segundo Schneider (1970), em área próxima a Cascavel, a rocha é o basalto vacuolar, o qual apresenta coloração preta, brilho resinoso, com predomínio de plagioclásio, piroxênios, magnetita e presença de alguns secundários (cloritas esverdeadas e óxidos e hidróxidos de Fe). Já em Guarapuava foi identificado o andesi-basalto pórfiro (rocha mais ácida), o qual apresenta coloração cinza clara a cinza-escura, com predomínio de plagioclásio (andesina), piroxênio (hinerstênio e augita), opacitos

O clima, segundo classificação de Köppen, em Cascavel é o Cfa, sem estação seca e clima mesotérmico, apresentando verões quentes e sem estação seca definida (IAPAR, 2000). Em Guarapuava tem-se o tipo Cfb, caracterizado pelo clima mesotérmico, úmido e superúmido, com verões frescos e sem estação seca definida.

### **Separação dos agregados**

As amostras indeformadas dos horizontes Bw1 e Bw2 foram destorroadas manualmente no campo, aplicando-se leve pressão para causar o mínimo de mudança em sua estrutura original, sendo, a seguir, acondicionadas em jornal para o transporte. Após a secagem ao ar, foram pesados cerca de 500 g de amostras (torrões) dos horizontes Bw1 e Bw2 dos perfis P1 a P4 do LBd e dos perfis P1 a P3 do LVdf; em seguida, foram separadas seis classes de tamanhos de agregados (4–2; 1–2; 0,5–1; 0,25–0,5; 0,105–0,25; e < 0,105 mm), utilizando-se um sistema de peneiras acopladas a um agitador orbital, com agitação por 5 min (estabilidade de agregados via seca – Embrapa, 1997). A velocidade de trabalho do aparelho foi na escala 7, quando este oferece opções na faixa de 0 a 10. A quantidade de amostra (torrões) usada na separação das classes de agregados foi definida com base em testes prévios para distribuição adequada dos agregados na primeira peneira e para submeter as amostras às mesmas condições experimentais.

### **Análises químicas dos agregados**

#### **Análise de rotina**

Analisaram-se as amostras de agregados, conforme método proposto por Pavan et al. (1992), determinando-se o pH em água (relação solo/solução 1:2,5), teores de  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  (extração com solução de KCl 1 mol  $\text{L}^{-1}$ ),  $\text{K}^{+}$  (extração com solução Mehlich-1) e acidez potencial (H + Al) (extração com solução de acetato de amônio 1 mol  $\text{L}^{-1}$ , pH 7).

#### **Extração de silício solúvel**

Para extração do Si solúvel utilizou-se o método do ácido acético 0,5 mol  $\text{L}^{-1}$  (Korndörfer et al., 1999). Em erlenmeyer, adicionaram-se 25 mL de solução do ácido em 2,5 g de amostra de agregado e, após 2 h de agitação, filtrou-se o sobrenadante.

Os extratos foram então preparados para leitura de Si, utilizando-se 10 mL de extrato, juntamente com 1 mL de solução sulfomolibdica 7,5 % (7,5 g de molibdato de amônio mais 10 mL de ácido sulfúrico 9 mol  $\text{L}^{-1}$ , em 100 mL de água deionizada). A solução final ficou em repouso por 10 min para então crescer 2 mL de solução de ácido tartárico 20 %, com novo repouso por 5 min e adição de 1 mL de solução de ácido ascórbico 0,3 %. Após 1 h de repouso, procedeu-se à leitura de Si em espectrofotômetro UV-visível com

### **Análises mineralógicas da fração argila dos agregados**

#### **Preparação das amostras**

Pesaram-se 50 g de cada amostra de agregados para remoção da matéria orgânica, utilizando-se solução de peróxido de hidrogênio 30 % (v/v) (Gee & Bauder, 1986). Logo após, passou-se o conteúdo em peneira com malha de 0,05 mm, retendo-se a fração areia. Para obter a fração argila, tomou-se a velocidade de sedimentação das partículas de silte, de acordo com a lei de Stokes (Jackson, 1979).

#### **Difratometria de raios X (DRX)**

Para identificar os minerais por DRX, amostras da fração argila foram montadas em placa de Koch (amostras não orientadas). Os difratogramas foram obtidos em goniômetro vertical Philips, modelo PW1050/70, com velocidade de  $1^\circ 2\theta/\text{min}$  e amplitude de  $4$  a  $65^\circ 2\theta$ . O difratômetro, equipado com filtro de Ni e utilizando radiação  $\text{CuK}\alpha$ , foi operado a 20 mA e 40 kV.

#### **Extração de óxidos de Fe e Al de baixa cristalinidade e dos óxidos de Fe mais cristalinos**

Para determinar os teores e a composição química dos óxidos de Fe e Al de baixa e óxidos de Fe de alta cristalinidade (goethita e hematita), foram utilizados o método do oxalato de amônio 0,2 mol  $\text{L}^{-1}$ , pH 3,0 (OA) (McKeague, 1978), e o do ditionito-citrato-bicarbonato (DCB) (Mehra & Jackson, 1960), respectivamente conforme detalhes apresentados por Melo et al. (2001a). Após as extrações, os teores de Fe e Al foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica.

Após lavagem do resíduo para remover o excesso de sais (uma lavagem com solução de  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  1 mol  $\text{L}^{-1}$  e outra com água deionizada), obteve-se o peso da amostra seca, utilizado para calcular a percentagem de massa da amostra de argila removida pelas extrações com OA e DCB. O mesmo resíduo de DCB foi submetido à DRX, para estudo das características cristalográficas da caulinita. O diâmetro médio do cristal (DMC) do mineral foi calculado a partir da LMA da reflexão (001), utilizando-se NaCl como padrão interno para correção das distorções instrumentais (posição e largura à meia altura dos picos) e obtenção do valor de  $\beta$  (Melo et al., 2001a). A mistura (em torno de 50 mg  $\text{g}^{-1}$ ) foi feita triturando-se a amostra em almofariz na presença de NaCl. Para obtenção da largura à meia altura corrigida, utilizou-se a equação ajustada por Melo et al. (2001b) a partir dos dados apresentados por Klug & Alexander (1954). Devido aos altos teores de gibbsita nas amostras e à forte interferência desse mineral, não se estimou a cristalinidade da caulinita por DRX nas amostras tratadas com DCB. A reflexão (110) da gibbsita em  $20,3^\circ 2\theta$  (radiação  $\text{CuK}\alpha$ ) inviabiliza a medição do parâmetro h1 da fórmula



### Extração de gibbsita (Gb) e caulinita (Ct)

O estudo dos óxidos de Fe mais cristalinos (goethita - Gt e hematita - Hm) foi realizado por DRX em amostras da fração argila concentrada, pela remoção de Ct e Gb por meio da fervura com NaOH 5 mol L<sup>-1</sup>, pelo período de 1,5 h em banho-de-areia a 250 °C, seguida de extração com HCl 0,5 mol L<sup>-1</sup> (Norrish & Taylor, 1961; Kämpf & Schwertmann, 1982; Singh & Gilkes, 1991). Após lavagem para retirar o excesso de sal e secagem, o resíduo foi analisado por DRX (amostra não orientada) numa amplitude de 10 a 40 ° 2  $\theta$  e velocidade de 0,5 ° 2  $\theta$ /min. Utilizou-se também o NaCl como padrão interno.

A relação (R) entre Gt e Hm [ $R = Gt/(Gt + Hm)$ ] foi estimada com base na área dos picos dos minerais, segundo Torrent & Cabedo (1986). Para quantificar a Hm e Gt na fração argila, promoveu-se a alocação do Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> obtido com DCB nestes minerais, considerando a fórmula da cela unitária, a relação Gt/(Gt + Hm) e o nível de substituição isomórfica de Fe por Al (SI) na estrutura (Netto, 1996; Melo et al., 2001a). A SI na Hm e Gt foi estimada pela posição dos picos destes minerais, utilizando-se as fórmulas descritas por Schwertmann et al. (1979) e Schulze (1984), respectivamente. O DMC da Hm e Gt foi calculado, de maneira análoga à Ct, a partir da largura à meia altura (LMA) das reflexões (104) e (110) da Hm e (110) e (111) da Gt, utilizando-se a equação de Scherrer (Klug & Alexander, 1954).

### Análise termogravimétrica (TG) e análise térmica diferencial (ATD)

As amostras da fração argila tratadas com DCB foram analisadas num derivatógrafo SHIMADZU DTG-60, Simultâneo DTA-TG APPARATUS. A interpretação qualitativa foi feita pelas características dos picos endotérmicos e exotérmicos dos minerais (ATD), e a quantificação da Ct e Gb foi feita de acordo com a redução de massa da amostra, em decorrência da desidroxilação dos minerais (TG) (Jackson, 1979).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Características químicas dos agregados

Verificou-se grande homogeneidade das características químicas das classes de agregados de ambos os solos (Quadro 1). Apenas os teores de Ca<sup>2+</sup> trocáveis reduziram ligeiramente com o tamanho dos agregados para as amostras 1 a 6. Por se tratar de característica mais dinâmica, o fluxo de água no solo promoveu homogeneização dos teores de elementos trocáveis nas classes de agregados dos horizontes Bw1 e Bw2 dos perfis. Dessa forma, os dados do presente trabalho não confirmaram as observações de Moura Filho (1970), o qual verificou maior riqueza química nas menores classes de agregados de um Latossolo

Maiores valores de Si solúvel foram observados no Latossolo Bruno (Quadro 1), que são atribuídos à característica básica intermediária do material de origem (Schneider, 1970). Não se verificou fluxo lateral expressivo de Si solúvel nos dois solos, dada a proximidade dos teores do elemento nos horizontes Bw2 dos diferentes perfis.

### Extração de óxidos de Fe e Al de baixa cristalinidade (OA) e extração dos óxidos de Fe cristalinos (DCB) da fração argila dos agregados

Ambos os solos apresentaram teores baixos de material amorfo (Quadro 2), o que se deve ao alto grau evolutivo dos solos, que favorece a cristalinidade dos minerais. Foram observados, também, elevados teores de água no material amorfo; um dos processos envolvidos na transformação dos minerais amorfos em óxidos cristalinos é a desidratação dos minerais (Schwertmann & Taylor, 1989). O material amorfo foi composto principalmente de óxidos de Al (68 a 86 % do total de óxidos extraídos) (Quadro 2).

Nos dois primeiros perfis do LBd e do LVdf, verifica-se a tendência de os teores totais de óxidos de baixa cristalinidade (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – OA) aumentarem com a redução do tamanho dos agregados (Quadro 2). Provavelmente, nessa condição de maior drenagem (topo da paisagem), os menores agregados apresentam condições mais favoráveis para manutenção de água no interior dos microporos por mais tempo (retenção mais forte das moléculas de água nos microporos). De acordo com os resultados obtidos por Wowk (2003) e Pires (2004), a maior umidade retarda a cristalização dos óxidos e favorece o aumento da quantidade de material amorfo no solo.

Os teores de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-DCB ficaram entre 97,5 e 171,3 g kg<sup>-1</sup> para o LBd e entre 171,9 e 237,8 g kg<sup>-1</sup> para o LVdf (Quadro 2), o que evidencia a maior riqueza da rocha de origem do segundo solo em minerais primários ferromagnesianos (Schneider, 1970). Na topossequência do LBd, o menor teor de Fe cristalino foi obtido para os agregados do perfil 4 (amostras 37 a 48 – Quadro 2), localizado na parte mais baixa da topossequência, onde há maior umidade no solo, o que acelera o processo de desferrificação. Ghidin et al. (2006a) constataram em campo a presença de mosqueado e coloração variegada (10YR 7/3, 7,5YR 5/6, 2,5YR 5/8) no horizonte Bw2 do perfil 4 desse solo. Não houve variações consistentes entre os teores de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-DCB com a classe de tamanho de agregados para um mesmo horizonte do LBd e do LVdf (Quadro 2).

### Composição mineralógica da fração argila dos agregados

Foi observado nas amostras o predomínio de caulinita (Ct), gibbsita (Gb), goethita (Gt) e hematita (Hm) (Quadro 3). A variação na quantidade dos minerais nas diferentes amostras pode ser atribuída à composição química e mineralógica do material de origem, ao clima

**Quadro 1. Análises químicas das diferentes classes de agregados dos horizontes Bw1 e Bw2 dos perfis do Latossolo Bruno (LBd) e Latossolo Vermelho (LVdf)**

Nº	Solo, perfil e horizonte	Classe <sup>(1)</sup>	pH H <sub>2</sub> O	Al <sup>3+</sup>	(H + Al)	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	CTC		V	m	Si		
									Efetiva	Total			Solúvel		
————— cmolc kg <sup>-1</sup> —————														——— % ———	mg kg <sup>-1</sup>
Latossolo Bruno (LBd)															
1	LBd P1 Bw1	1	5,4	0,2	6,9	0,2	1,8	0,1	2,3	9,1	26	7	78,0		
2	LBd P1 Bw1	2	5,3	0,1	6,7	0,2	1,8	0,1	2,3	9,0	25	6	72,1		
3	LBd P1 Bw1	3	5,4	0,2	6,8	0,2	1,7	0,1	2,2	9,1	25	6	80,5		
4	LBd P1 Bw1	4	5,5	0,2	6,7	0,2	1,4	0,1	2,0	8,7	23	9	78,0		
5	LBd P1 Bw1	5	5,5	0,1	6,9	0,2	1,5	0,1	2,0	8,9	22	7	84,1		
6	LBd P1 Bw1	6	5,5	0,2	6,9	0,2	1,5	0,1	2,0	8,9	22	7	77,0		
7	LBd P1 Bw2	1	5,5	0,0	2,6	0,0	1,5	0,1	1,7	4,3	39	0	110,6		
8	LBd P1 Bw2	2	5,5	0,0	2,7	0,0	1,5	0,2	1,7	4,4	38	0	82,4		
9	LBd P1 Bw2	3	5,5	0,0	2,6	0,0	1,5	0,2	1,7	4,3	39	0	125,6		
10	LBd P1 Bw2	4	5,4	0,0	2,7	0,0	1,6	0,1	1,7	4,5	39	0	112,5		
11	LBd P1 Bw2	5	5,4	0,0	2,6	0,0	1,5	0,1	1,7	4,3	39	0	106,7		
12	LBd P1 Bw2	6	5,4	0,0	2,3	0,0	1,6	0,1	1,8	4,1	43	0	110,3		
13	LBd P2 Bw1	1	5,3	0,3	6,9	0,1	1,8	0,0	2,2	9,2	24	13	60,2		
14	LBd P2 Bw1	2	5,2	0,3	7,4	0,0	1,5	0,0	1,8	9,2	19	13	58,2		
15	LBd P2 Bw1	3	5,2	0,3	7,6	0,0	1,5	0,0	1,8	9,5	19	14	63,0		
16	LBd P2 Bw1	4	5,2	0,3	7,6	0,0	1,5	0,0	1,8	9,5	19	13	63,2		
17	LBd P2 Bw1	5	5,1	0,2	7,6	0,0	1,5	0,0	1,7	9,4	19	11	56,2		
18	LBd P2 Bw1	6	5,2	0,4	7,2	0,0	1,5	0,0	1,9	9,2	21	16	59,7		
19	LBd P2 Bw2	1	4,8	0,0	2,7	0,1	1,5	0,0	1,5	4,3	36	0	123,9		
20	LBd P2 Bw2	2	4,8	0,0	2,6	0,1	2,5	0,0	2,6	5,3	50	0	125,5		
21	LBd P2 Bw2	3	4,9	0,0	2,8	0,1	1,5	0,0	1,6	4,5	37	0	124,0		
22	LBd P2 Bw2	4	4,6	0,0	2,9	0,1	1,5	0,0	1,5	4,5	34	0	119,5		
23	LBd P2 Bw2	5	4,7	0,0	2,9	0,1	1,4	0,0	1,5	4,5	34	0	106,3		
24	LBd P2 Bw2	6	4,8	0,0	2,9	0,1	1,5	0,0	1,6	4,5	35	0	109,8		
25	LBd P3 Bw1	1	4,9	0,1	5,6	0,1	1,5	0,0	1,7	7,4	23	7	88,1		
26	LBd P3 Bw1	2	5,0	0,1	6,0	0,1	1,7	0,0	1,9	7,9	24	7	90,6		
27	LBd P3 Bw1	3	5,1	0,2	6,4	0,1	1,7	0,0	2,0	8,4	23	10	74,3		
28	LBd P3 Bw1	4	5,0	0,2	5,8	0,1	1,6	0,0	1,9	7,7	24	10	101,6		
29	LBd P3 Bw1	5	5,3	0,2	5,9	0,1	1,6	0,0	1,9	7,8	24	9	84,8		
30	LBd P3 Bw1	6	5,3	0,2	5,8	0,1	1,7	0,0	2,0	7,9	26	10	84,5		
31	LBd P3 Bw2	1	4,9	0,0	2,8	0,1	1,7	0,0	1,8	4,7	39	2	119,4		
32	LBd P3 Bw2	2	4,9	0,0	3,0	0,0	1,6	0,0	1,7	4,7	36	0	121,6		
33	LBd P3 Bw2	3	4,9	0,0	2,8	0,0	1,6	0,0	1,7	4,6	38	0	121,9		
34	LBd P3 Bw2	4	4,7	0,0	2,7	0,0	1,6	0,0	1,7	4,4	38	0	112,1		
35	LBd P3 Bw2	5	4,8	0,0	2,6	0,0	1,7	0,0	1,7	4,4	40	0	114,9		
36	LBd P3 Bw2	6	4,8	0,0	2,6	0,1	1,8	0,0	1,9	4,6	42	0	117,5		
37	LBd P4 Bw1	1	5,3	0,0	4,6	0,0	1,7	0,0	1,8	6,4	28	1	98,8		
38	LBd P4 Bw1	2	5,3	0,0	5,0	0,0	1,6	0,0	1,7	6,8	25	1	103,3		
39	LBd P4 Bw1	3	5,4	0,0	4,8	0,1	2,2	0,0	2,3	7,2	33	1	111,7		
40	LBd P4 Bw1	4	5,4	0,0	4,8	0,0	1,6	0,0	1,7	6,5	26	3	106,8		
41	LBd P4 Bw1	5	5,4	0,0	4,8	0,0	1,6	0,0	1,7	6,6	26	2	107,1		
42	LBd P4 Bw1	6	5,5	0,0	4,8	0,1	1,8	0,0	1,9	6,8	28	2	96,1		
43	LBd P4 Bw2	1	5,5	0,2	5,0	0,1	1,6	0,0	1,9	7,0	28	8	101,6		
44	LBd P4 Bw2	2	5,4	0,2	4,8	0,1	1,7	0,0	2,0	6,9	30	9	98,9		
45	LBd P4 Bw2	3	5,3	0,2	4,5	0,2	1,6	0,0	2,1	6,6	31	10	103,3		
46	LBd P4 Bw2	4	5,2	0,3	5,1	0,1	1,5	0,0	2,0	7,1	28	13	98,2		
47	LBd P4 Bw2	5	5,2	0,3	5,2	0,1	1,6	0,0	2,0	7,3	28	13	99,3		
48	LBd P4 Bw2	6	5,4	0,2	4,9	0,1	1,7	0,0	2,1	7,0	30	10	97,9		

Quadro 1. Continuação

Nº	Solo, perfil e horizonte	Classe <sup>(1)</sup>	pH	Al <sup>3+</sup>	(H + Al)	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	CTC		V	m	Si		
			H <sub>2</sub> O						Efetiva	Total			Solúvel		
————— cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> —————														——— % ——	mg kg <sup>-1</sup>
Latossolo Vermelho (LVdf)															
49	LVdf P5 Bw1	1	5,5	0,0	3,3	0,1	1,6	0,0	1,7	5,1	34	1	68,8		
50	LVdf P5 Bw1	2	5,4	0,0	3,7	0,1	1,6	0,0	1,7	5,4	31	2	66,9		
51	LVdf P5 Bw1	3	5,4	0,0	3,5	0,0	1,6	0,0	1,7	5,2	32	1	67,3		
52	LVdf P5 Bw1	4	5,6	0,0	3,6	0,1	1,7	0,0	1,8	5,4	33	1	64,8		
53	LVdf P5 Bw1	5	5,7	0,0	3,3	0,0	1,6	0,0	1,7	5,0	33	2	63,2		
54	LVdf P5 Bw1	6	5,7	0,0	3,4	0,0	1,6	0,0	1,7	5,1	33	1	59,3		
55	LVdf P5 Bw2	1	5,3	0,0	2,0	0,1	1,7	0,0	1,9	3,9	48	1	63,4		
56	LVdf P5 Bw2	2	5,3	0,0	1,9	0,2	1,9	0,0	2,1	4,1	52	1	71,0		
57	LVdf P5 Bw2	3	5,4	0,0	2,1	0,2	1,8	0,0	2,0	4,2	49	2	64,1		
58	LVdf P5 Bw2	4	5,0	0,0	2,9	0,1	2,2	0,0	2,4	5,3	45	2	67,1		
59	LVdf P5 Bw2	5	5,0	0,1	1,9	0,1	1,6	0,0	1,8	3,7	48	3	62,5		
60	LVdf P5 Bw2	6	5,1	0,0	1,7	0,1	1,7	0,0	1,9	3,6	52	2	68,1		
61	LVdf P6 Bw1	1	5,9	0,0	2,7	0,1	2,1	0,0	2,2	5,0	45	2	63,3		
62	LVdf P6 Bw1	2	5,7	0,0	3,2	0,1	1,9	0,0	2,1	5,3	39	2	60,5		
63	LVdf P6 Bw1	3	5,6	0,0	3,0	0,1	1,9	0,0	2,0	5,1	40	2	58,3		
64	LVdf P6 Bw1	4	5,7	0,1	3,3	0,1	1,8	0,0	2,0	5,3	37	3	58,6		
65	LVdf P6 Bw1	5	5,7	0,1	3,1	0,1	1,7	0,0	1,8	5,0	37	3	59,4		
66	LVdf P6 Bw1	6	5,8	0,1	3,6	0,1	1,9	0,0	2,1	5,7	36	3	56,1		
67	LVdf P6 Bw2	1	5,5	0,1	2,2	0,1	1,8	0,0	1,9	4,2	46	4	67,6		
68	LVdf P6 Bw2	2	5,5	0,1	1,9	0,1	1,8	0,0	1,9	3,8	50	3	65,2		
69	LVdf P6 Bw2	3	5,3	0,0	2,1	0,1	1,8	0,0	1,9	4,1	48	2	66,7		
70	LVdf P6 Bw2	4	5,3	0,1	2,4	0,1	1,8	0,0	2,0	4,4	45	3	63,3		
71	LVdf P6 Bw2	5	5,2	0,1	2,1	0,1	1,8	0,0	2,0	4,1	48	3	61,5		
72	LVdf P6 Bw2	6	5,2	0,1	2,4	0,1	1,8	0,0	2,0	4,4	44	3	63,4		
73	LVdf P7 Bw1	1	5,5	0,1	5,8	0,2	3,1	0,0	3,4	9,2	37	2	78,6		
74	LVdf P7 Bw1	2	5,5	0,1	5,9	0,2	3,0	0,0	3,4	9,3	36	3	77,7		
75	LVdf P7 Bw1	3	5,6	0,1	5,2	0,2	2,7	0,0	3,0	8,2	36	2	66,3		
76	LVdf P7 Bw1	4	5,6	0,1	5,8	0,1	2,8	0,0	3,0	8,9	34	2	70,5		
77	LVdf P7 Bw1	5	5,6	0,1	5,8	0,2	3,1	0,0	3,4	9,3	37	2	68,9		
78	LVdf P7 Bw1	6	5,7	0,1	6,1	0,0	3,1	0,0	3,3	9,4	35	3	75,8		
79	LVdf P7 Bw2	1	5,5	0,1	3,2	0,4	2,0	0,0	2,5	5,8	44	3	70,8		
80	LVdf P7 Bw2	2	5,7	0,1	3,0	0,4	1,9	0,0	2,4	5,5	44	4	66,9		
81	LVdf P7 Bw2	3	5,9	0,1	2,6	0,0	1,7	0,0	1,9	4,5	42	5	56,3		
82	LVdf P7 Bw2	4	5,8	0,1	3,0	0,4	2,6	0,0	3,1	6,1	51	3	69,3		
83	LVdf P7 Bw2	5	5,8	0,1	2,9	0,4	1,9	0,0	2,4	5,4	45	3	70,2		
84	LVdf P7 Bw2	6	5,9	0,1	2,9	0,4	2,0	0,0	2,5	5,4	46	3	64,0		

<sup>(1)</sup> Classes de agregados 1–2 a 4 mm; 2–1 a 2 mm; 3–0,5 a 1 mm; 4–0,25 a 0,5 mm; 5–0,105 a 0,25 mm; e 6– < 0,105 mm.

Observou-se que o maior teor de Si (Quadro 1) nos horizontes Bw2 favoreceu a formação de Ct no LBd (teores médios maiores do mineral no horizonte mais profundo). Esse comportamento também foi observado por Curi & Franzmeier (1984) em Latossolo Vermelho originado de basalto no Planalto Central do Brasil. Por outro lado, a quantidade dos óxidos de Fe e Al reduziu em profundidade no LBd; a soma dos óxidos cristalinos foi maior no horizonte Bw1 (Quadro 3). Para o LVdf, os teores médios dos minerais foram mais homogêneos em relação ao horizonte e à posição do

Verificou-se expressiva variação entre os teores de minerais em função do tamanho dos agregados para um mesmo horizonte, principalmente para o LBd (Quadro 3). Tomando a Ct e a Gb como exemplos, dada a maior exatidão da termogravimetria como análise quantitativa, as diferenças entre o maior e o menor teor desses minerais nas classes de agregados de 1 a 6 mm para o LBd, oscilaram entre 8 e 44 % e entre 4 e 35 % respectivamente (números entre parênteses no quadro 3). A maior variação ocorreu nos horizontes do perfil mais alto na topossequência (P1 – terço superior



**Quadro 2. Teores de óxidos de Fe e Al de baixa cristalinidade (extração com oxalato de amônio - OA) e teores de Fe mais cristalino (extração com ditionito-citrato-bicarbonato - DCB) da fração argila das amostras das diferentes classes de agregados dos perfis do Latossolo Bruno (LBd) e Latossolo Vermelho (LVd).**

Nº	Solo, perfil e horizonte	Classe <sup>(1)</sup>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Total <sup>(2)</sup>	Remoção <sup>(3)</sup>	H <sub>2</sub> O <sup>(4)</sup>	Relação total <sup>(5)</sup>		Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Relação
			O A	O A				Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	DCB	FeOA/FeDCB
<div>————— g kg<sup>-1</sup> —————</div> <div>Latossolo Bruno (LBd)</div>											
1	LBd P1 Bw1	1	2,3	9,0	11,3	44,2	74,5	21	79	138,2	0,017
2	LBd P1 Bw1	2	2,2	9,1	11,2	55,0	79,6	19	81	126,0	0,017
3	LBd P1 Bw1	3	2,2	10,2	12,5	29,2	57,3	18	82	139,3	0,016
4	LBd P1 Bw1	4	2,2	10,6	12,8	28,8	55,5	17	83	115,1	0,019
5	LBd P1 Bw1	5	2,4	11,2	13,6	31,4	56,8	18	82	132,4	0,018
6	LBd P1 Bw1	6	2,8	11,9	14,7	38,3	61,7	19	81	134,4	0,021
7	LBd P1 Bw2	1	1,5	8,9	10,4	35,0	70,3	14	86	127,0	0,012
8	LBd P1 Bw2	2	1,6	10,0	11,6	18,1	35,8	14	86	133,1	0,012
9	LBd P1 Bw2	3	1,6	9,4	11,1	30,2	63,3	15	85	135,6	0,012
10	LBd P1 Bw2	4	1,9	9,9	11,8	34,7	66,0	16	84	134,1	0,014
11	LBd P1 Bw2	5	1,9	10,1	12,0	27,4	56,2	16	84	125,8	0,015
12	LBd P1 Bw2	6	1,8	10,3	12,1	25,5	52,5	15	85	129,3	0,014
13	LBd P2 Bw1	1	2,0	12,1	14,1	19,2	26,5	14	86	132,4	0,015
14	LBd P2 Bw1	2	2,4	12,4	14,8	25,2	41,3	16	84	132,7	0,018
15	LBd P2 Bw1	3	2,4	12,1	14,5	19,7	26,7	17	83	132,8	0,018
16	LBd P2 Bw1	4	2,3	12,4	14,7	24,7	40,5	16	84	132,3	0,017
17	LBd P2 Bw1	5	2,5	13,1	15,6	26,0	39,8	16	84	137,7	0,019
18	LBd P2 Bw1	6	2,4	13,3	15,7	28,0	43,7	15	85	171,3	0,014
19	LBd P2 Bw2	1	2,1	10,4	12,6	18,5	31,9	17	83	126,6	0,017
20	LBd P2 Bw2	2	2,5	11,7	14,2	20,9	32,4	18	82	126,6	0,020
21	LBd P2 Bw2	3	1,9	10,5	12,4	22,0	43,6	15	85	125,1	0,015
22	LBd P2 Bw2	4	1,9	10,8	12,7	21,7	41,6	15	85	125,3	0,015
23	LBd P2 Bw2	5	1,8	10,7	12,5	15,5	19,3	15	85	118,9	0,015
24	LBd P2 Bw2	6	1,7	10,3	12,0	26,9	55,4	14	86	119,1	0,014
25	LBd P3 Bw1	1	3,1	17,7	20,8	43,8	52,4	15	85	138,0	0,023
26	LBd P3 Bw1	2	3,5	15,1	18,5	39,1	52,6	19	81	134,9	0,026
27	LBd P3 Bw1	3	3,3	16,2	19,5	53,0	63,2	17	83	131,2	0,025
28	LBd P3 Bw1	4	3,5	16,2	19,7	49,3	60,1	18	82	131,4	0,026
29	LBd P3 Bw1	5	3,5	17,7	21,2	49,3	56,9	16	84	129,7	0,027
30	LBd P3 Bw1	6	3,9	18,1	21,9	51,5	57,4	18	82	130,9	0,030
31	LBd P3 Bw2	1	2,6	13,4	16,1	38,8	58,6	16	84	127,0	0,021
32	LBd P3 Bw2	2	2,5	15,0	17,5	37,6	53,4	14	86	134,0	0,019
33	LBd P3 Bw2	3	2,6	14,6	17,2	18,5	6,7	15	85	133,4	0,019
34	LBd P3 Bw2	4	2,6	15,5	18,2	24,4	25,5	15	85	133,1	0,020
35	LBd P3 Bw2	5	2,8	15,1	18,0	23,6	24,0	16	84	138,2	0,021
36	LBd P3 Bw2	6	2,8	14,3	17,2	22,9	25,1	16	84	137,1	0,021
37	LBd P4 Bw1	1	6,5	15,9	22,4	38,7	42,2	29	71	110,1	0,059
38	LBd P4 Bw1	2	6,7	17,5	24,3	50,9	52,3	28	72	116,5	0,058
39	LBd P4 Bw1	3	6,5	18,1	24,6	43,4	43,2	26	74	119,7	0,054
40	LBd P4 Bw1	4	6,8	17,0	23,7	47,0	49,5	28	72	114,6	0,059
41	LBd P4 Bw1	5	6,7	18,0	24,7	44,4	44,4	27	73	110,8	0,060
42	LBd P4 Bw1	6	6,6	17,2	23,9	43,2	44,7	28	72	106,8	0,062
43	LBd P4 Bw2	1	3,9	12,2	16,1	18,2	11,4	24	76	100,0	0,039
44	LBd P4 Bw2	2	3,4	12,5	15,9	42,2	62,3	21	79	98,0	0,035
45	LBd P4 Bw2	3	4,0	12,8	16,8	37,9	55,8	24	76	102,3	0,039
46	LBd P4 Bw2	4	3,3	13,3	16,7	24,0	30,5	20	80	100,4	0,033
47	LBd P4 Bw2	5	3,7	12,9	16,6	33,9	51,0	22	78	97,5	0,038
48	LBd P4 Bw2	6	3,4	12,5	15,8	28,4	44,3	21	79	99,4	0,034

Quadro 2. Continuação

Nº	Solo, perfil e horizonte	Classe <sup>(1)</sup>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Total <sup>(2)</sup>	Remoção <sup>(3)</sup>	H <sub>2</sub> O <sup>(4)</sup>	Relação total <sup>(5)</sup>		Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Relação
			O A	O A				Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	DCB	FeOA/FeDCB
			g kg <sup>-1</sup>					%	%	g kg <sup>-1</sup>	
Latossolo Vermelho (LVdf)											
49	LVdf P5 Bw1	1	4,0	12,7	16,7	37,9	56,0	24	76	182,9	0,022
50	LVdf P5 Bw1	2	3,8	12,3	16,1	37,0	56,5	24	76	226,1	0,017
51	LVdf P5 Bw1	3	4,7	13,0	17,7	39,6	55,2	27	73	216,8	0,022
52	LVdf P5 Bw1	4	4,5	13,7	18,2	35,7	49,1	25	75	224,9	0,020
53	LVdf P5 Bw1	5	4,1	12,3	16,4	31,5	48,0	25	75	219,9	0,018
54	LVdf P5 Bw1	6	4,3	13,8	18,0	33,7	46,5	24	76	201,1	0,021
55	LVdf P5 Bw2	1	5,0	12,2	17,2	30,9	44,2	29	71	200,4	0,025
56	LVdf P5 Bw2	2	5,5	12,4	17,9	32,4	44,8	30	70	206,5	0,026
57	LVdf P5 Bw2	3	5,0	12,6	17,6	27,2	35,2	28	72	197,7	0,025
58	LVdf P5 Bw2	4	4,9	13,8	18,8	32,3	41,8	26	74	207,5	0,024
59	LVdf P5 Bw2	5	5,4	12,8	18,1	35,3	48,7	30	70	182,5	0,029
60	LVdf P5 Bw2	6	5,4	13,1	18,5	32,4	43,1	29	71	171,9	0,031
61	LVdf P6 Bw1	1	3,6	11,8	15,4	16,1	4,3	24	76	189,8	0,019
62	LVdf P6 Bw1	2	3,6	12,2	15,8	18,7	15,4	23	77	208,3	0,017
63	LVdf P6 Bw1	3	3,7	12,4	16,1	17,6	8,9	23	77	202,4	0,018
64	LVdf P6 Bw1	4	3,6	12,1	15,7	26,9	41,7	23	77	193,3	0,019
65	LVdf P6 Bw1	5	4,0	12,7	16,7	25,7	35,1	24	76	214,6	0,019
66	LVdf P6 Bw1	6	4,2	12,6	16,8	18,7	10,0	25	75	211,2	0,020
67	LVdf P6 Bw2	1	4,0	11,8	15,8	31,7	50,1	25	75	226,7	0,018
68	LVdf P6 Bw2	2	3,9	12,0	15,9	16,2	2,1	25	75	237,8	0,016
69	LVdf P6 Bw2	3	4,0	11,0	15,0	21,5	30,2	27	73	234,9	0,017
70	LVdf P6 Bw2	4	4,1	11,9	16,0	19,2	16,8	26	74	228,8	0,018
71	LVdf P6 Bw2	5	4,0	11,4	15,5	32,6	52,5	26	74	211,2	0,019
72	LVdf P6 Bw2	6	3,9	12,3	16,2	19,6	17,6	24	76	232,8	0,017
73	LVdf P7 Bw1	1	5,5	14,9	20,4	28,7	28,8	27	73	227,9	0,024
74	LVdf P7 Bw1	2	5,2	15,2	20,4	22,0	7,2	26	74	205,5	0,025
75	LVdf P7 Bw1	3	5,4	15,1	20,5	26,2	21,6	26	74	205,9	0,026
76	LVdf P7 Bw1	4	5,3	16,4	21,6	26,2	17,3	24	76	222,5	0,024
77	LVdf P7 Bw1	5	5,6	15,0	20,6	22,1	6,6	27	73	227,1	0,025
78	LVdf P7 Bw1	6	5,5	15,5	21,0	28,4	26,2	26	74	232,9	0,023
79	LVdf P7 Bw2	1	7,1	15,1	22,1	23,9	7,4	32	68	210,0	0,034
80	LVdf P7 Bw2	2	6,3	14,3	20,6	25,9	20,4	31	69	228,4	0,028
81	LVdf P7 Bw2	3	6,3	15,5	21,8	32,6	33,2	29	71	206,3	0,031
82	LVdf P7 Bw2	4	6,9	15,3	22,3	33,4	33,3	31	69	199,8	0,035
83	LVdf P7 Bw2	5	6,3	15,9	22,2	33,5	33,7	29	71	194,6	0,033
84	LVdf P7 Bw2	6	5,5	15,5	21,0	37,2	43,6	26	74	196,2	0,028

<sup>(1)</sup> Classes de agregados 1–2 a 4 mm; 2–1 a 2 mm; 3–0,5 a 1 mm; 4–0,25 a 0,5 mm; 5–0,105 a 0,25 mm; e 6 - < 0,105 mm. <sup>(2)</sup> Total = soma dos óxidos amorfos extraídos pelo OA (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). <sup>(3)</sup> Remoção: redução em massa da amostra pelo tratamento com OA [(peso inicial - peso final)/peso inicial x 1.000]. <sup>(4)</sup> H<sub>2</sub>O (teor de água do material amorfo) = [remoção em massa (OA) - soma dos óxidos ]/remoção em massa (OA)] x 100. <sup>(5)</sup> Participação de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> extraídos pelo OA em relação ao total (soma dos óxidos).

contínua entre agregados menores e maiores, por processos pedogenéticos de união de microagregados e ruptura de macroagregados (Edwards & Bremner, 1967; Singer et al., 1992; Deneff et al., 2002; Six et al., 2004), não tenha sido suficiente para homogeneizar os teores dos minerais das diferentes classes de agregados de um mesmo horizonte. Entretanto, de maneira geral, não se observou consistência nas variações dos teores

contínuo em direção aos maiores ou menores agregados). A única variação sistemática ocorreu para os teores de Gb no horizonte Bw2 do perfil 2 do LBo, onde a quantidade do mineral aumentou dos maiores para os menores agregados (Quadro 3). Variação em sentido oposto foi constatada para os teores de Si solúvel no mesmo horizonte do perfil 2 do LBo (Quadro 1). Menores teores de Si na solução do solo

**Quadro 3. Composição mineralógica da fração argila das amostras das diferentes classes de agregados dos perfis do Latossolo Bruno (LBd) e Latossolo Vermelho (LVdf) <sup>(1)</sup>**

Nº	Solo, perfil e horizonte	Classe	Caulinita	Gibbsita	Goethita	Hematita	Amorfo	Total
g kg <sup>-1</sup>								
Latossolo Bruno (LBd)								
1	LBd P1 Bw1	1	423	311	103	69	44	483
2	LBd P1 Bw1	2	408	307	100	58	55	465
3	LBd P1 Bw1	3	510	314	111	66	29	491
4	LBd P1 Bw1	4	423	310	103	41	29	454
5	LBd P1 Bw1	5	490	314	106	57	31	477
6	LBd P1 Bw1	6	361	232	122	47	38	401
Média			441 (41 %)	303 (35 %)	106	56	37	462
7	LBd P1 Bw2	1	405	247	78	73	35	398
8	LBd P1 Bw2	2	512	282	93	71	18	446
9	LBd P1 Bw2	3	499	295	84	86	30	465
10	LBd P1 Bw2	4	585	306	84	84	35	474
11	LBd P1 Bw2	5	471	297	76	77	27	450
12	LBd P1 Bw2	6	489	300	75	71	25	446
Média			499 (44 %)	288 (24 %)	82	78	29	447
13	LBd P2 Bw1	1	425	296	121	42	19	459
14	LBd P2 Bw1	2	519	330	138	33	25	501
15	LBd P2 Bw1	3	517	321	147	37	20	505
16	LBd P2 Bw1	4	442	312	134	43	25	489
17	LBd P2 Bw1	5	475	312	158	31	26	501
18	LBd P2 Bw1	6	486	323	187	46	28	556
Média			475 (22 %)	315 (11 %)	146	38	24	502
19	LBd P2 Bw2	1	560	269	77	70	18	416
20	LBd P2 Bw2	2	508	273	80	77	21	430
21	LBd P2 Bw2	3	482	276	86	64	22	426
22	LBd P2 Bw2	4	502	275	79	72	22	426
23	LBd P2 Bw2	5	550	295	73	67	15	435
24	LBd P2 Bw2	6	560	295	64	75	27	434
Média			525 (16 %)	277 (10 %)	78	71	20	428
25	LBd P3 Bw1	1	435	317	98	70	44	485
26	LBd P3 Bw1	2	410	321	125	46	39	492
27	LBd P3 Bw1	3	414	322	105	57	53	484
28	LBd P3 Bw1	4	457	320	95	57	49	472
29	LBd P3 Bw1	5	453	333	113	55	49	501
30	LBd P3 Bw1	6	447	323	103	65	52	491
Média			437 (11 %)	323 (5 %)	106	57	48	488
31	LBd P3 Bw2	1	507	299	78	83	39	460
32	LBd P3 Bw2	2	499	297	78	81	38	456
33	LBd P3 Bw2	3	536	296	80	82	18	458
34	LBd P3 Bw2	4	496	303	85	70	24	458
35	LBd P3 Bw2	5	535	299	99	70	24	468
36	LBd P3 Bw2	6	522	308	74	83	23	465
Média			512 (8 %)	300 (4 %)	81	79	31	461
37	LBd P4 Bw1	1	509	298	98	41	39	437
38	LBd P4 Bw1	2	538	309	102	46	51	457
39	LBd P4 Bw1	3	597	305	97	52	43	454
40	LBd P4 Bw1	4	571	318	0	108	47	426
41	LBd P4 Bw1	5	502	294	93	45	44	432
42	LBd P4 Bw1	6	659	329	89	43	43	461
Média			550 (31 %)	307 (12 %)	81	56	44	445

Quadro 3. Continuação

Nº	Solo, perfil e horizonte	Classe	Caulinita	Gibbsita	Goethita	Hematita	Amorfo	Total
g kg <sup>-1</sup>								
43	LBd P4 Bw2	1	557	204	100	21	18	325
44	LBd P4 Bw2	2	543	194	109	22	42	325
45	LBd P4 Bw2	3	572	203	97	29	38	329
46	LBd P4 Bw2	4	567	201	106	28	24	335
47	LBd P4 Bw2	5	628	217	98	17	34	332
48	LBd P4 Bw2	6	587	205	83	41	28	329
Média			569 (16 %)	203 (12 %)	100	25	29	329
Latossolo Vermelho (LVdf)								
49	LVdf P1 Bw1	1	388	350	38	166	38	554
50	LVdf P1 Bw1	2	375	351	58	200	37	609
51	LVdf P1 Bw1	3	375	352	64	179	40	595
52	LVdf P1 Bw1	4	377	353	40	222	36	615
53	LVdf P1 Bw1	5	362	344	56	197	31	597
54	LVdf P1 Bw1	6	416	359	50	185	34	594
Média			380 (15 %)	351 (4 %)	51	195	36	594
55	LVdf P1 Bw2	1	393	371	34	192	31	597
56	LVdf P1 Bw2	2	421	373	2	222	32	597
57	LVdf P1 Bw2	3	403	372	23	197	27	592
58	LVdf P1 Bw2	4	376	366	18	206	32	590
59	LVdf P1 Bw2	5	410	374	32	166	35	572
60	LVdf P1 Bw2	6	412	367	15	175	32	557
Média			400 (12 %)	370 (2 %)	21	191	32	584
61	LVdf P2 Bw1	1	412	377	32	240	16	649
62	LVdf P2 Bw1	2	375	381	39	197	19	617
63	LVdf P2 Bw1	3	364	360	15	204	18	579
64	LVdf P2 Bw1	4	383	353	35	186	27	574
65	LVdf P2 Bw1	5	361	366	34	207	26	607
66	LVdf P2 Bw1	6	380	371	40	195	19	606
Média			378 (14 %)	366 (8 %)	32	203	22	605
67	LVdf P2 Bw2	1	426	367	25	220	32	612
68	LVdf P2 Bw2	2	429	367	43	228	16	638
69	LVdf P2 Bw2	3	414	372	37	310	22	719
70	LVdf P2 Bw2	4	401	363	33	228	19	624
71	LVdf P2 Bw2	5	400	346	31	201	33	578
72	LVdf P2 Bw2	6	414	370	25	243	20	638
Média			414 (7 %)	364 (8 %)	33	236	24	635
73	LVdf P3 Bw1	1	411	308	53	199	29	560
74	LVdf P3 Bw1	2	367	302	56	180	22	538
75	LVdf P3 Bw1	3	416	314	48	188	26	550
76	LVdf P3 Bw1	4	357	298	60	191	26	549
77	LVdf P3 Bw1	5	399	309	60	205	22	574
78	LVdf P3 Bw1	6	410	307	68	200	28	575
Média			389 (17 %)	306 (5 %)	57	194	25	558
79	LVdf P3 Bw2	1	328	346	44	189	24	579
80	LVdf P3 Bw2	2	348	351	50	198	26	599
81	LVdf P3 Bw2	3	328	341	41	192	33	574
82	LVdf P3 Bw2	4	326	346	44	176	33	566
83	LVdf P3 Bw2	5	313	341	36	182	33	559
84	LVdf P3 Bw2	6	345	342	43	179	37	564
Média			328 (11 %)	344 (3 %)	42	184	32	574

(1) Classes de agregados 1–2 a 4 mm; 2–1 a 2 mm; 3–0,5 a 1 mm; 4–0,25 a 0,5 mm; 5–0,105 a 0,25 mm; e 6 - < 0,105 mm. Caulinita e gibbsita: determinadas com base na análise termogravimétrica; hematita e goethita: quantificadas com base no teor de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> DCB e características obtidas por difratometria de raios X; Material Amorfo: determinado pela redução em massa da amostra pelo tratamento com oxalato de amônio; Total: soma dos óxidos de Fe e Al mais cristalinos (gibbsita + goethita + hematita); Média: média ponderada dos teores dos minerais no solo (conjunto de todas as classes de agregados), considerando a quantidade de mineral em cada classe de agregado e o percentual de agregados retidos na respectiva faixa de peneira (separação dos agregados via caca). Valores entre parênteses: diferença percentual entre o maior e o menor teor de caulinita e gibbsita para um mesmo agregado.

Para o LVdf, os teores de Ct e Gb foram mais uniformes em relação ao tamanho dos agregados (Quadro 3), o que é compatível com o maior grau de pedogênese dessa classe de solo, em relação ao LBd.

### Características cristalográficas da Hm, Gt e Ct da fração argila dos agregados

Observou-se que nas amostras 10, 13, 19, 20, 21, 23, 24, 28 e 30, com destaque para as amostras 23, 24 e 28, pertencentes ao LBd, e nas amostras 50, 51, 56,

57, 58, 59, 60, 62, 63 e 64, com destaque para a 62 e a 63, do LVdf, a Gt apresentou valores de DMC na direção (111) superiores aos da direção (110) (relação entre os DMC do mineral – Quadro 4), o que pode caracterizar o formato acicular do mineral (Melo et al., 2001a). No restante das amostras dos dois solos a Gt apresentou valores próximos de DMC nas direções (110) e (111), o que indica tendência para o formato isodimensional. De acordo com a mesma técnica observa-se que a Hm é mais esferoidal que a Gt na fração argila das amostras de agregados do LVdf.

**Quadro 4. Distância interplanar (d) corrigida, substituição isomórfica (SI) de Fe por Al na goethita (Gt) e hematita (Hm), relação Gt/(Gt + Hm), diâmetro médio do cristal (DMC) e relações entre DMC para a fração argila das amostras das diferentes classes de agregados dos perfis do Latossolo Bruno (LBd) e Latossolo Vermelho (LVdf)<sup>(1)</sup>**

Nº	Solo, perfil e horizonte	Classe <sup>(2)</sup>	d – corrigido				Gt/ (Gt + Hm)	DMC				SI		Relação DMC <sup>(3)</sup>						
			Gt	Gt	Hm	Hm		Gt	Gt	Hm	Hm	Gt	Hm	A	B					
			(110)	(111)	(104)	(110)		(110)	(111)	(104)	(110)	mmol	mol <sup>-1</sup>							
nm															nm		mmol mol <sup>-1</sup>		A	B
Latossolo Bruno (LBd)																				
1	LBd P1 Bw1	1	0,413	0,241	0,267	0,251	0,6	9,6	10,4	7,6	10,7	276	141	0,9	0,7					
2	LBd P1 Bw1	2	0,413	0,241	0,268	0,251	0,6	8,8	10,0	7,1	11,0	287	125	0,9	0,6					
3	LBd P1 Bw1	3	0,410	0,241	0,267	0,251	0,6	11,4	11,1	9,4	10,5	286	167	1,0	0,9					
4	LBd P1 Bw1	4	0,412	0,242	0,268	0,251	0,7	9,3	10,1	8,7	14,7	257	138	0,9	0,6					
5	LBd P1 Bw1	5	0,412	0,241	0,266	0,251	0,6	9,3	14,5	8,7	15,6	269	93	0,6	0,6					
6	LBd P1 Bw1	6	0,408	0,241	0,266	0,251	0,7	10,9	9,6	9,1	27,2	244	167	1,1	0,3					
7	LBd P1 Bw2	1	0,413	0,242	0,268	0,251	0,5	11,4	13,4	10,4	20,4	253	82	0,8	0,5					
8	LBd P1 Bw2	2	0,411	0,241	0,269	0,251	0,6	14,0	12,6	14,3	33,9	239	167	1,1	0,4					
9	LBd P1 Bw2	3	0,414	0,241	0,269	0,251	0,5	10,2	15,7	13,3	26,4	340	145	0,7	0,5					
10	LBd P1 Bw2	4	0,412	0,241	0,268	0,251	0,5	7,4	13,8	13,6	23,4	334	146	0,5	0,6					
11	LBd P1 Bw2	5	0,413	0,241	0,270	0,251	0,5	7,9	11,4	10,7	15,8	270	146	0,7	0,7					
12	LBd P1 Bw2	6	0,414	0,243	0,268	0,251	0,5	12,8	18,5	9,3	30,6	152	82	0,7	0,3					
13	LBd P2 Bw1	1	0,409	0,241	0,266	0,251	0,7	7,2	13,5	7,4	15,6	202	167	0,5	0,5					
14	LBd P2 Bw1	2	0,412	0,241	0,267	0,250	0,8	11,6	15,7	8,8	30,5	248	188	0,7	0,3					
15	LBd P2 Bw1	3	0,413	0,241	0,267	0,251	0,8	9,7	12,7	7,7	27,1	347	167	0,8	0,3					
16	LBd P2 Bw1	4	0,411	0,241	0,267	0,250	0,8	12,3	11,2	10,0	23,7	306	188	1,1	0,4					
17	LBd P2 Bw1	5	0,412	0,241	0,267	0,250	0,8	9,4	10,7	6,6	37,3	316	187	0,9	0,2					
18	LBd P2 Bw1	6	0,409	0,240	0,267	0,250	0,8	9,7	14,4	7,7	38,4	312	188	0,7	0,2					
19	LBd P2 Bw2	1	0,410	0,242	0,268	0,251	0,5	10,3	19,1	13,3	19,9	200	104	0,5	0,7					
20	LBd P2 Bw2	2	0,409	0,241	0,267	0,251	0,5	8,8	15,3	9,0	16,4	298	167	0,6	0,5					
21	LBd P2 Bw2	3	0,410	0,241	0,268	0,251	0,6	8,8	17,6	10,0	38,4	224	125	0,5	0,3					
22	LBd P2 Bw2	4	0,416	0,242	0,270	0,251	0,5	10,1	16,9	15,3	26,3	280	102	0,6	0,6					
23	LBd P2 Bw2	5	0,417	0,242	0,268	0,251	0,5	11,1	26,3	15,2	36,8	249	82	0,4	0,4					
24	LBd P2 Bw2	6	0,411	0,242	0,269	0,251	0,5	14,1	38,5	14,4	27,0	193	146	0,4	0,5					
25	LBd P3 Bw1	1	0,413	0,242	0,269	0,251	0,6	10,1	14,4	10,4	16,8	234	167	0,7	0,6					
26	LBd P3 Bw1	2	0,413	0,242	0,268	0,251	0,7	8,3	11,1	9,4	46,2	262	146	0,8	0,2					
27	LBd P3 Bw1	3	0,410	0,241	0,267	0,251	0,6	9,2	13,5	8,7	23,1	268	123	0,7	0,4					
28	LBd P3 Bw1	4	0,415	0,243	0,269	0,251	0,6	7,5	18,4	11,5	46,3	163	113	0,4	0,2					
29	LBd P3 Bw1	5	0,408	0,240	0,266	0,250	0,7	7,8	10,6	8,7	15,5	308	188	0,7	0,6					
30	LBd P3 Bw1	6	0,410	0,240	0,266	0,251	0,6	6,3	13,5	0,2	18,6	336	167	0,5	0,0					
31	LBd P3 Bw2	1	0,412	0,241	0,267	0,250	0,5	8,1	11,2	9,1	14,3	334	188	0,7	0,6					
32	LBd P3 Bw2	2	0,409	0,241	0,267	0,251	0,5	7,4	12,3	9,8	16,2	247	124	0,6	0,6					
33	LBd P3 Bw2	3	0,411	0,241	0,269	0,251	0,5	9,9	15,8	10,6	31,0	306	124	0,6	0,3					
34	LBd P3 Bw2	4	0,411	0,242	0,269	0,251	0,5	7,0	9,9	9,8	16,3	175	146	0,7	0,6					
35	LBd P3 Bw2	5	0,415	0,242	0,268	0,251	0,6	9,2	11,8	10,4	30,5	259	146	0,8	0,3					
36	LBd P3 Bw2	6	0,409	0,241	0,267	0,251	0,5	8,9	11,2	9,1	12,5	251	61	0,8	0,7					
37	LBd P4 Bw1	1	0,410	0,240	0,265	0,251	0,7	8,4	10,6	6,9	14,4	327	146	0,8	0,5					
38	LBd P4 Bw1	2	0,411	0,241	0,267	0,251	0,7	8,4	12,1	8,2	17,3	337	146	0,7	0,5					
39	LBd P4 Bw1	3	0,410	0,241	0,266	0,251	0,7	7,1	12,5	7,3	20,5	303	167	0,6	0,4					
40	LBd P4 Bw1	4	0,410	0,240	0,266	0,251	0,7	7,7	10,6	7,2	14,8	320	167	0,7	0,5					

Quadro 4. Continuação

Nº	Solo, perfil e horizonte	Classe <sup>(2)</sup>	d – corrigido				Gt/ (Gt + Hm)	DMC				SI		Relação DMC <sup>(3)</sup>	
			Gt	Gt	Hm	Hm		Gt	Gt	Hm	Hm	Gt	Hm		
			(110)	(111)	(104)	(110)		(110)	(111)	(104)	(110)				
			nm				nm				mmol mol <sup>-1</sup>		A	B	
41	LBd P4 Bw1	5	0,408	0,240	0,266	0,251	0,7	8,2	9,3	7,2	11,4	326	125	0,9	0,6
42	LBd P4 Bw1	6	0,409	0,240	0,265	0,251	0,7	6,9	9,5	6,7	9,9	296	167	0,7	0,7
43	LBd P4 Bw2	1	0,410	0,242	0,267	0,251	0,8	7,0	8,5	6,3	14,4	190	165	0,8	0,4
44	LBd P4 Bw2	2	0,413	0,241	0,266	0,251	0,8	8,0	9,9	6,2	21,6	331	83	0,8	0,3
45	LBd P4 Bw2	3	0,412	0,242	0,267	0,251	0,8	8,8	11,0	6,3	15,0	242	125	0,8	0,4
46	LBd P4 Bw2	4	0,413	0,241	0,266	0,250	0,8	8,1	11,9	8,3	27,0	314	188	0,7	0,3
47	LBd P4 Bw2	5	0,412	0,242	0,266	0,251	0,9	6,7	11,2	6,5	30,6	145	146	0,6	0,2
48	LBd P4 Bw2	6	0,415	0,242	0,267	0,250	0,7	7,2	10,6	8,7	10,6	254	188	0,7	0,8
Latossolo Vermelho (LVdf)															
49	LVdf P5 Bw1	1	0,414	0,242	0,270	0,251	0,2	9,4	13,6	15,6	18,7	257	131	0,7	0,8
50	LVdf P5 Bw1	2	0,411	0,242	0,270	0,250	0,2	10,3	18,8	18,6	31,0	123	189	0,5	0,6
51	LVdf P5 Bw1	3	0,412	0,242	0,270	0,251	0,3	8,4	18,5	30,3	45,8	148	155	0,5	0,7
52	LVdf P5 Bw1	4	0,413	0,241	0,269	0,250	0,2	11,6	10,8	18,6	23,2	320	187	1,1	0,8
53	LVdf P5 Bw1	5	0,413	0,241	0,269	0,251	0,2	7,9	13,5	15,5	18,6	288	154	0,6	0,8
54	LVdf P5 Bw1	6	0,413	0,241	0,269	0,250	0,2	10,2	15,6	22,9	23,1	296	188	0,7	1,0
55	LVdf P5 Bw2	1	0,413	0,242	0,270	0,251	0,2	15,2	12,0	15,6	18,7	267	162	1,3	0,8
56	LVdf P5 Bw2	2	0,415	0,242	0,270	0,251	0,0	9,4	18,8	18,6	23,2	278	152	0,5	0,8
57	LVdf P5 Bw2	3	0,411	0,241	0,269	0,251	0,1	9,8	21,0	12,6	26,9	264	154	0,5	0,5
58	LVdf P5 Bw2	4	0,409	0,241	0,269	0,251	0,1	14,9	30,6	22,7	45,9	185	125	0,5	0,5
59	LVdf P5 Bw2	5	0,409	0,241	0,269	0,251	0,2	7,6	18,4	22,7	45,9	300	103	0,4	0,5
60	LVdf P5 Bw2	6	0,410	0,241	0,268	0,251	0,1	10,1	18,4	18,2	30,3	289	158	0,5	0,6
61	LVdf P6 Bw1	1	0,410	0,242	0,268	0,251	0,1	9,4	13,7	18,7	23,3	189	125	0,7	0,8
62	LVdf P6 Bw1	2	0,410	0,241	0,269	0,251	0,2	9,9	30,3	28,1	89,2	216	167	0,3	0,3
63	LVdf P6 Bw1	3	0,410	0,242	0,269	0,251	0,1	9,3	31,3	15,6	31,2	182	124	0,3	0,5
64	LVdf P6 Bw1	4	0,410	0,241	0,268	0,251	0,2	11,2	30,4	18,1	36,4	308	167	0,4	0,5
65	LVdf P6 Bw1	5	0,412	0,242	0,269	0,251	0,1	12,8	18,3	18,1	30,1	217	156	0,7	0,6
66	LVdf P6 Bw1	6	0,412	0,243	0,269	0,251	0,2	7,9	13,6	18,6	23,2	131	156	0,6	0,8
67	LVdf P6 Bw2	1	0,408	0,242	0,269	0,251	0,1	7,9	13,6	30,3	24,6	122	124	0,6	1,2
68	LVdf P6 Bw2	2	0,413	0,242	0,269	0,251	0,2	8,6	9,7	15,6	23,2	213	174	0,9	0,7
69	LVdf P6 Bw2	3	0,410	0,241	0,269	0,251	0,1	11,6	12,0	23,1	19,7	234	124	1,0	1,2
70	LVdf P6 Bw2	4	0,410	0,241	0,269	0,251	0,1	9,4	10,7	22,9	18,6	270	173	0,9	1,2
71	LVdf P6 Bw2	5	0,410	0,242	0,269	0,251	0,1	9,4	12,0	23,0	23,2	137	145	0,8	1,0
72	LVdf P6 Bw2	6	0,414	0,241	0,270	0,250	0,1	7,9	13,6	23,0	30,7	299	188	0,6	0,8
73	LVdf P7 Bw1	1	0,415	0,242	0,269	0,251	0,2	11,6	18,8	15,6	18,7	261	110	0,6	0,8
74	LVdf P7 Bw1	2	0,414	0,241	0,268	0,251	0,2	15,1	15,7	15,5	18,6	307	148	1,0	0,8
75	LVdf P7 Bw1	3	0,412	0,242	0,268	0,250	0,2	10,5	19,0	18,8	18,9	197	191	0,6	1,0
76	LVdf P7 Bw1	4	0,415	0,241	0,270	0,251	0,2	10,4	13,7	15,7	18,8	309	123	0,8	0,8
77	LVdf P7 Bw1	5	0,410	0,241	0,268	0,250	0,2	15,1	13,5	15,5	15,6	275	188	1,1	1,0
78	LVdf P7 Bw1	6	0,412	0,241	0,269	0,251	0,3	11,6	13,7	15,6	18,7	258	167	0,9	0,8
79	LVdf P7 Bw2	1	0,414	0,243	0,269	0,251	0,2	11,6	18,7	45,3	23,2	170	167	0,6	2,0
80	LVdf P7 Bw2	2	0,413	0,243	0,269	0,251	0,2	11,6	15,8	15,6	23,2	131	124	0,7	0,7
81	LVdf P7 Bw2	3	0,411	0,241	0,268	0,251	0,2	22,2	30,6	30,3	30,5	257	167	0,7	1,0
82	LVdf P7 Bw2	4	0,414	0,242	0,269	0,251	0,2	11,6	12,0	15,6	19,6	187	146	1,0	0,8
83	LVdf P7 Bw2	5	0,410	0,241	0,269	0,251	0,2	16,8	11,5	20,9	21,0	234	167	1,5	1,0
84	LVdf P7 Bw2	6	0,413	0,242	0,269	0,251	0,2	22,5	23,3	15,6	23,2	251	167	1,0	0,7

<sup>(1)</sup> Distância interplanar corrigida usando NaCl como padrão interno. Relação Gt/(Gt + Hm), DMC e SI calculados com base nos difratogramas de raios X, segundo métodos apresentados por Melo et al. (2001a). <sup>(2)</sup> Classes de agregados 1–2 a 4 mm; 2–1 a 2 mm; 3–0,5 a 1 mm; 4–0,25 a 0,5 mm; 5–0,105 a 0,25 mm; e 6 - < 0,105 mm. <sup>(3)</sup> Relação com base nos valores de DMC: A = DMC Gt(110)/DMC Gt(111) e B = DMC Hm(104)/DMC Hm(110).

A substituição isomórfica (SI) de Fe por Al na estrutura da Gt e Hm (Quadro 4) diminui tanto a cristalinidade quanto o tamanho dos minerais (Kämpf & Schwertmann, 1982). Provavelmente, os maiores valores de SI, principalmente para a Gt, refletem condições pretéritas de maior teor de Al<sup>3+</sup> no interior de determinadas classes de agregados dos

condições supostamente diferenciadas não foram preservadas nas condições atuais, uma vez que foi pequena a variação nos teores de Al<sup>3+</sup> entre as classes de agregados para um mesmo horizonte (Quadro 1).

A menor temperatura de desidroxilação (TD) da Gt dos solos (valores oscilando entre 461 e 496 °C)



**Quadro 5. Características com base nos difratogramas de raios X e temperaturas de desidroxilação (TD) da caulinita da fração argila das amostras das diferentes classes de agregados dos horizontes Bw1 e Bw2 dos perfis do Latossolo Bruno (LBd) e Latossolo Vermelho (LVdf)**

Nº	Solo, perfil e horizonte	Classe <sup>(1)</sup>	d(001) <sup>(2)</sup>	d(002) <sup>(2)</sup>	LMH(001) <sup>(2)</sup>	DMC(001) <sup>(3)</sup>	NMC(001) <sup>(4)</sup>	TD <sup>(5)</sup>
			nm	nm	°2 θ	nm		°C
Latossolo Bruno (LBd)								
1	LBd P1 Bw1	1	0,708	0,354	0,68	14,9	21,1	470
2	LBd P1 Bw1	2	0,710	0,356	0,70	12,8	18,0	472
3	LBd P1 Bw1	3	0,713	0,354	0,70	14,5	20,3	470
4	LBd P1 Bw1	4	0,709	0,355	0,63	17,3	24,3	466
5	LBd P1 Bw1	5	0,710	0,354	0,70	12,8	18,0	467
6	LBd P1 Bw1	6	0,706	0,354	0,62	21,6	30,6	467
7	LBd P1 Bw2	1	0,712	0,355	0,62	17,4	24,4	468
8	LBd P1 Bw2	2	0,709	0,354	0,62	17,3	24,4	474
9	LBd P1 Bw2	3	0,708	0,355	0,70	12,8	18,0	474
10	LBd P1 Bw2	4	0,706	0,354	0,70	12,7	18,0	472
11	LBd P1 Bw2	5	0,718	0,357	0,63	16,8	23,4	497
12	LBd P1 Bw2	6	0,715	0,355	0,61	17,7	24,7	495
13	LBd P2 Bw1	1	0,708	0,353	0,70	14,5	20,5	496
14	LBd P2 Bw1	2	0,715	0,356	0,62	17,3	24,2	471
15	LBd P2 Bw1	3	0,716	0,356	0,70	14,4	20,1	466
16	LBd P2 Bw1	4	0,711	0,356	0,85	12,4	17,5	472
17	LBd P2 Bw1	5	0,713	0,355	0,78	14,3	20,0	465
18	LBd P2 Bw1	6	0,709	0,355	0,70	15,9	22,5	472
19	LBd P2 Bw2	1	0,705	0,353	0,62	21,5	30,5	475
20	LBd P2 Bw2	2	0,710	0,354	0,71	14,4	20,3	473
21	LBd P2 Bw2	3	0,706	0,353	0,71	14,4	20,4	470
22	LBd P2 Bw2	4	0,714	0,355	0,70	14,6	20,4	475
23	LBd P2 Bw2	5	0,706	0,354	0,71	15,7	22,3	472
24	LBd P2 Bw2	6	0,709	0,355	0,70	14,6	20,6	477
25	LBd P3 Bw1	1	0,706	0,354	0,76	12,9	18,2	471
26	LBd P3 Bw1	2	0,712	0,355	0,78	12,6	17,6	469
27	LBd P3 Bw1	3	0,710	0,351	0,71	12,6	17,8	469
28	LBd P3 Bw1	4	0,709	0,351	0,84	11,2	15,8	468
29	LBd P3 Bw1	5	0,718	0,354	0,86	11,0	15,3	467
30	LBd P3 Bw1	6	0,718	0,353	0,78	12,5	17,4	466
31	LBd P3 Bw2	1	0,715	0,356	0,78	11,6	16,3	468
32	LBd P3 Bw2	2	0,715	0,356	0,78	12,5	17,4	472
33	LBd P3 Bw2	3	0,713	0,356	0,71	14,4	20,2	470
34	LBd P3 Bw2	4	0,713	0,356	0,64	16,9	23,6	470
35	LBd P3 Bw2	5	0,710	0,354	0,67	13,4	18,9	476
36	LBd P3 Bw2	6	0,712	0,356	0,78	11,2	15,7	470
37	LBd P4 Bw1	1	0,709	0,356	0,76	12,8	18,0	468
38	LBd P4 Bw1	2	0,715	0,355	0,70	14,4	20,2	466
39	LBd P4 Bw1	3	0,706	0,354	0,70	14,5	20,5	466
40	LBd P4 Bw1	4	0,714	0,355	0,76	12,8	18,0	467
41	LBd P4 Bw1	5	0,708	0,352	0,78	12,5	17,6	467
42	LBd P4 Bw1	6	0,718	0,355	0,69	14,6	20,4	466
43	LBd P4 Bw2	1	0,709	0,354	0,78	14,3	20,2	471
44	LBd P4 Bw2	2	0,712	0,356	0,78	11,2	15,7	473
45	LBd P4 Bw2	3	0,723	0,358	0,78	12,5	17,2	476
46	LBd P4 Bw2	4	0,712	0,353	0,94	9,8	13,8	468
47	LBd P4 Bw2	5	0,710	0,357	0,86	11,0	15,4	474
48	LBd P4 Bw2	6	0,714	0,356	0,78	12,5	17,5	472

Quadro 5. Continuação

Nº	Solo, perfil e horizonte	Classe <sup>(1)</sup>	d(001) <sup>(2)</sup>	d(002) <sup>(2)</sup>	LMH(001) <sup>(2)</sup>	DMC(001) <sup>(3)</sup>	NMC(001) <sup>(4)</sup>	TD <sup>(5)</sup>
			nm	nm	°2 θ	nm		°C
Latossolo Vermelho (LVdf)								
49	LVdf P5 Bw1	1	0,703	0,349	0,77	13,9	19,7	465
50	LVdf P5 Bw1	2	0,715	0,353	0,84	12,2	17,0	463
51	LVdf P5 Bw1	3	0,712	0,355	0,63	16,3	22,9	459
52	LVdf P5 Bw1	4	0,708	0,355	0,62	16,3	23,1	465
53	LVdf P5 Bw1	5	0,710	0,351	0,76	13,9	19,6	462
54	LVdf P5 Bw1	6	0,718	0,353	0,75	13,5	18,8	466
55	LVdf P5 Bw2	1	0,709	0,353	0,69	16,1	22,8	461
56	LVdf P5 Bw2	2	0,711	0,354	0,76	12,5	17,6	467
57	LVdf P5 Bw2	3	0,713	0,354	0,76	12,5	17,5	462
58	LVdf P5 Bw2	4	0,712	0,357	0,69	16,3	22,8	458
59	LVdf P5 Bw2	5	0,713	0,353	0,67	17,3	24,2	465
60	LVdf P5 Bw2	6	0,713	0,356	0,69	16,3	22,8	461
61	LVdf P6 Bw1	1	0,709	0,351	0,74	14,3	20,1	460
62	LVdf P6 Bw1	2	0,714	0,352	0,69	14,0	19,6	463
63	LVdf P6 Bw1	3	0,708	0,353	0,62	16,3	23,1	462
64	LVdf P6 Bw1	4	0,709	0,355	0,67	17,3	24,4	462
65	LVdf P6 Bw1	5	0,713	0,352	0,68	15,6	21,9	463
66	LVdf P6 Bw1	6	0,715	0,355	0,70	14,0	19,6	467
67	LVdf P6 Bw2	1	0,714	0,353	0,69	16,3	22,8	463
68	LVdf P6 Bw2	2	0,720	0,354	0,63	19,2	26,6	463
69	LVdf P6 Bw2	3	0,718	0,356	0,62	16,4	22,8	464
70	LVdf P6 Bw2	4	0,715	0,356	0,70	15,2	21,2	458
71	LVdf P6 Bw2	5	0,710	0,354	0,75	14,1	19,8	461
72	LVdf P6 Bw2	6	0,713	0,353	0,76	14,0	19,6	462
73	LVdf P7 Bw1	1	0,713	0,356	0,70	14,0	19,6	463
74	LVdf P7 Bw1	2	0,708	0,351	0,83	12,3	17,4	463
75	LVdf P7 Bw1	3	0,703	0,354	0,69	14,0	20,0	465
76	LVdf P7 Bw1	4	0,713	0,356	0,83	12,2	17,1	462
77	LVdf P7 Bw1	5	0,714	0,355	0,75	14,2	19,9	470
78	LVdf P7 Bw1	6	0,705	0,353	0,76	12,4	17,6	465
79	LVdf P7 Bw2	1	0,714	0,356	0,76	13,9	19,5	465
80	LVdf P7 Bw2	2	0,714	0,353	0,68	14,2	19,9	464
81	LVdf P7 Bw2	3	0,712	0,353	0,83	11,1	15,6	462
82	LVdf P7 Bw2	4	0,708	0,355	0,76	12,4	17,6	465
83	LVdf P7 Bw2	5	0,715	0,352	0,83	12,2	17,1	462
84	LVdf P7 Bw2	6	0,711	0,355	0,80	12,9	18,2	462

<sup>(1)</sup> Classes de agregados 1–2 a 4 mm; 2–1 a 2 mm; 3–0,5 a 1 mm; 4–0,25 a 0,5 mm; 5–0,105 a 0,25 mm; e 6 - < 0,105 mm. <sup>(2)</sup> d(001), d(002), e LMH(001): distância interplanar e largura à meia altura corrigida pelo uso do NaCl como padrão interno. <sup>(3)</sup> DMC(001): diâmetro médio do cristal. <sup>(4)</sup> NMC: número médio de camadas [DMC(001)/d(001)]. <sup>(5)</sup> TD: temperatura de desidroxilação determinada pela análise térmica diferencial.

em minas de caulim (valores superiores a 540 °C) pode ser atribuída ao reduzido tamanho e à baixa cristalinidade dos cristais (SmyKatz-Kloss, 1975; Singh & Gilkes, 1992; Melo et al., 2001b). Dessa forma, pode-se inferir que a caulinita no LBd apresenta maior cristalinidade que no LVdf.

As condições de crescimento da Ct na direção (001)

posições dos perfis na paisagem (valores próximos de DMC(001) e NMC(001) – Quadro 5).

Ainda utilizando a TD como indicativo da cristalinidade da Ct, para um mesmo horizonte, as seis classes de agregados apresentaram valores próximos para esse atributo; a diferença entre o maior e o menor valor oscilou de 0,5 a 6,7 % para o LBd e de

## CONCLUSÕES

1. Verificou-se homogeneidade nos teores trocáveis de elementos entre as seis classes de tamanho dos agregados (2–4 mm; 1–2 mm; 0,5–1 mm; 0,25–0,5 mm; 0,105–0,25 mm; e < 0,105 mm) dos horizontes Bw1 e Bw2 dos perfis dos Latossolos Bruno (LBd) e Vermelho (LVdf).

2. A intensa e contínua pedogênese dos Latossolos não foi suficiente para homogeneizar a mineralogia da fração argila (característica mais estável que a dos teores trocáveis) dos agregados. A maior variação nos teores de minerais, em função da classe de tamanho dos agregados, foi para o perfil localizado na posição mais alta da topossequência do LBd: de 35 % nos teores de gibbsita no horizonte Bw1 e 44 % nos teores de caulinita no horizonte Bw2. Considerando, ainda, o efeito da classe de tamanho dos agregados sobre a mineralogia dos horizontes Bw1 e Bw2 do LBd e LVdf, verificaram-se variações em algumas características cristalográficas da goethita e hematita – diâmetro médio do cristal (DMC) e intensidade de substituição isomórfica de Fe por Al – e da caulinita (DMC).

3. A coleta de amostras deformadas dos horizontes Bw1 e Bw2 do LBd e do LVdf para obtenção da TFSA e estudos mineralógicos implicaria na determinação dos teores médios dos minerais da fração argila e não representaria os micro ambientes (classes de agregados) dos horizontes.

## LITERATURA CITADA

- BELLIENI, G.; COMIN-CHIARAMONTI, P.; MARQUES, L.S.; MELFI, A. J.; NARDY, A.J.R.; PAPATRECHAS, C.; PICCIRILLO, E.M.; ROISEMBERG, A. & STOLFA, D. Petrogenetic aspects of and acid and basaltic lavas from the Paraná plateau (Brazil): Geological, mineralogical and petrochemical relationships. *J. Petrol.*, 27:915-944, 1986.
- CURI, N. & FRANZMEIER, D.P. Toposequence of Oxisols from the central plateau of Brazil. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 48:341-346, 1984.
- DENEFF, K.; SIX, J.; MERCKX, R. & PAUSTIAN, K. Short-term effects of biological and physical forces on aggregates formation in soil with different clay mineralogy. *Plant Soil*, 246:185-200, 2002.
- EDWARDS, A.P. & BREMNER, J.M. Microaggregates in soils. *J. Soil Sci.*, 18:64-73, 1967.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. Rio de Janeiro, Sistema Brasileiro de classificação de solos. Brasília, Serviço de Produção de Informação, 1999. 412p.
- EMPRESA NACIONAL DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. Rio de Janeiro, Centro Nacional de Pesquisas de Solos, 2002. 210p.
- FERREIRA, M.M.; FERNANDES, B. & CURI, N. Mineralogia da fração argila e estrutura de Latossolos da Região Sudeste do Brasil. *R. Bras. Ci. Solo*, 23:507-514, 1999.
- GEE, G.W. & BAUDER, J.W. Particle-size analysis. In: KLUTE, A., ed. *Methods of soil analysis*. 2.ed. Madison, American Society of Agronomy, 1986. p.383-412.
- GHIDIN, A.A.; MELO, V.F.; LIMA, V.C. & LIMA, J.M.J.C. Topossequências de Latossolos originados de rochas basálticas no Paraná. I – Mineralogia da fração argila. *R. Bras. Ci. Solo*, 30:293-306, 2006a.
- GHIDIN, A.A.; MELO, V.F.; LIMA, V.C. & LIMA, J.M.J.C. Topossequências de Latossolos originados de rochas basálticas no Paraná. II – Relação entre mineralogia da fração argila e propriedades físicas dos solos. *R. Bras. Ci. Solo*, 30:307-319, 2006b.
- HSU, P.H. Aluminium oxides and oxyhydroxides. In: DIXON, J.B. & WEED, S.B., eds. *Minerals in soil environments*. 2.ed. Madison, Soil Science Society of America, 1989. p.331-378.
- HUGHES, J.C. & BROWN, G. A crystallinity index for soil kaolinite and its relation to parent rock, climate and soil maturity. *J. Soil Sci.*, 30:557-563, 1979.
- INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ - IAPAR. Cartas climáticas do Paraná. Londrina, v.1.0. 2000. CD ROOM.
- JACKSON, M.L. *Soil chemical analysis: Advanced course*. Madison, Prentice-Hall, 1979. 895p.
- KÄMPF, N. & SCHWERTMANN, U. The 5 M NaOH concentration treatment for iron oxides in soils. *Clays Clay Miner.*, 30:40-408, 1982.
- KLUG, H.P. & ALEXANDER, L.E. *X-ray diffraction procedures for polycrystalline and amorphous materials*. New York: John Wiley & Sons, 1954. 716p.
- KORNDÖRFER, G.H.; COELHO, N.M.; SNYDER, G.H. & MIZUTANI, C.T. Avaliação de métodos de extração de silício em solos cultivados com arroz de sequeiro. *R. Bras. Ci. Solo*, 23:101-106, 1999.
- McKEAGUE, J.A. *Manual on soil sampling and methods of analysis*. Madison, Canadian Society of Soil Science, 1978. 212p.
- MEHRA, O.P. & JACKSON, M.L. Iron oxide removal from soils and clay by a dithionite-citrate system buffered with sodium bicarbonate. *Clays Clay Miner.*, 7:317-327, 1960.
- MELO, V.F.; FONTES, M.P.F.; NOVAIS, R.F.; SINGH, B. & SCHAEFER, C.E.G.R. Características dos óxidos de ferro e de alumínio de diferentes classes de solos. *R. Bras. Ci. Solo*, 25:19-32, 2001a.
- MELO, V.F.; SCHAEFER, C.E.G.R.; NOVAIS, R.F.; SINGH, B. & FONTES, M.P.F. Potassium and magnesium in clay minerals of some Brazilian soil as indicated by a sequential extraction procedure. *Comm. SoilSci. Plant Anal.* 23:292-304, 2001b.

- MELO, V.F.; SINGH, B.; SCHAEFER, C.E.G.R.; NOVAIS, R.F. & FONTES, M.P.F. Chemical and mineralogical properties of kaolinite-rich Brazilian soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 65:1324-1333, 2001b.
- MOURA FILHO, W. Studies of a Latosol Roxo (Eutrustox) in Brazil: Clay mineralogy, micromorphology effect on ion release, and phosphate reactions. Raleigh, Faculty of North Carolina State University at Raleigh, 1970. 57p. (Tese de Doutorado)
- NETTO, A.R. Influência da mineralogia da fração argila sobre propriedades físico-químicas de solos brasileiros. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 1996. 144p. (Tese de Mestrado)
- NORRISH, K. & TAYLOR, M. The isomorphous replacement of iron by aluminium in soil goethites. *J. Soil Sci.*, 12:294-306, 1961.
- PAVAN, M.A.; BLOCH, M.F.; ZEMPUSKI, H.C.; MIYAZAWA, M. & ZOCOLER, D.C. Manual de análise química do solo e controle de qualidade. Londrina, Instituto Agrônômico do Paraná, 1992. (Circular, 76)
- PIRES, A.C.D. Interação de íons  $Zn^{2+}$  e  $Pb^{2+}$  com os constituintes orgânicos e minerais de solos de Curitiba, PR. Curitiba, Universidade Federal do Paraná, 2004. 92p. (Tese de Mestrado)
- RESENDE, M. Aplicações de conhecimentos pedológicos à conservação de solos. *Inf. Agropec.*, 11:3-18, 1985.
- RESENDE, M.; CARVALHO FILHO, A. & LANI, J.L. Características do solo e da paisagem que influenciam a suscetibilidade à erosão. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO NO CERRADO, Goiânia, 1990. Anais. Campinas, Fundação Cargill, 1992. p.32-67.
- RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S.B. & CORRÊA, G.F. Pedologia: Base para distinção de ambientes. Viçosa, MG, NEPUT, 1997. 367p.
- SCHAEFER, C.E.G.R. Brazilian Latosolos and their B horizon microstructure as long-term biotic constructs. *Austr. J. Soil Res.*, 39:909-926, 2001.
- SCHNEIDER, A.W. Vulcanismo basáltico da bacia do Paraná: Perfil Foz do Iguaçu – Serra da Esperança. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 26., Brasília 1970. Anais. Brasília, Sociedade Brasileira de Geologia, 1970. p.211-217.
- SCHULZE, D.G. The influence of aluminium on iron oxides VIII – Unit-cell dimensions of Al-substituted goethites and estimation of Al from them. *Clays Clay Miner.*, 32:36-44, 1984.
- SCHWERTMANN, U. & TAYLOR, R.M. Iron oxides. In: DIXON, J.B. & WEED, S.B., eds. Minerals in soil environments. 2.ed. Madison, Soil Science Society of America, 1989. p.380-427.
- SCHWERTMANN, U.; FITZPATRICK, R.W.; TAYLOR, R.M. & LEWIS, D.G. The influence of aluminium on iron oxides. Part II. Preparation and properties of Al substituted hematites. *Clays Clay Miner.*, 29:269-276, 1979.
- SINGER, M.J.; SOUTHARD, R.J.; WARRINGTON, D.J. & JANITZKY, P. Stability of synthetic sand clay aggregates after wetting and drying cycles. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 56:1843-1848, 1992.
- SINGH, B. & GILKES, R.J. Concentration of iron oxides from soil clays by 5 M NaOH treatment: The complete removal of sodalite and kaolin. *Clay Miner.*, 26:463-472, 1991.
- SINGH, B. & GILKES, R.J. Properties of soil kaolinites from south-western Australia. *J. Soil Sci.*, 43:645-667, 1992.
- SIX, J.; BOSSUYT, H.; DEGRYSE, S. & DENEFF, K. A history of research on the link between (micro)aggregates, soil biota and organic matter dynamics. *Soil Till. Res.*, 79:7-31, 2004.
- SMYKATZ-KLOSS, W. The DTA determination of the degree of (dis-) order of kaolinites: Method and application to some kaolin deposits of Germany. In: INTERNATIONAL CLAY CONFERENCE, Wilmette, 1975. Proceedings Wilmette, 1975. p.429-438.
- TORRENT, J. & CABEDO, A. Sources of iron oxides in reddish brown soil profiles from calcarenites in Southern Spain. *Geoderma*, 37:5766, 1986.
- WOWK, G.I.T. Avaliação da contaminação do solo por chumbo proveniente da reciclagem de sucatas de baterias em área de várzea no município de Paula Freitas (PR). Curitiba, Universidade Federal do Paraná, 2003. 74p. (Tese de Mestrado)