

# SEÇÃO V - GÊNESE, MORFOLOGIA E CLASSIFICAÇÃO DO SOLO

## CARACTERIZAÇÃO DE SOLOS COM A CHERNOZÊMICO NA ZONA DA MATA NORTE DO ESTADO DE PERNAMBUCO<sup>(1)</sup>

C. S. S. MIRANDA<sup>(2)</sup> & M. G. V. X. FERREIRA<sup>(3)</sup>

### RESUMO

O presente trabalho, realizado, em 1995, no município de Nazaré da Mata, teve como objetivo caracterizar morfológica, física, química, mineralógica e micromorfológicamente perfis com horizonte A chernozêmico na Zona da Mata Norte de Pernambuco. Foram descritos morfológicamente e coletados três perfis de solo com horizontes A chernozêmico, pertencentes às seguintes classes: Solo Litólico, Brunizém Avermelhado e Podzólico Vermelho-Amarelo, e realizadas análises físicas, químicas (incluindo quantificação das frações húmicas), mineralógicas e pedográficas. Os atributos pedológicos e as condições ambientais permitiram estabelecer a hipótese de que os horizontes superficiais têm sua formação ligada a interações de clima e vegetação, haja vista que, apesar das condições tropicais chuvosas, esses solos mantêm boa reserva química, provavelmente, graças à ocorrência de uma estação mais seca, que se estende por 5 meses, a qual provoca a queda das folhas e reduz a lixiviação de bases, conferindo, assim, significativa incorporação do material orgânico. Tal reserva química parece contribuir para a preservação da mica (biotita) nesses horizontes, a qual, ante as condições tropicais chuvosas, degradar-se-ia. Entretanto, a riqueza química da solução do solo refreraria o processo intempérico, na medida em que a existência do potássio na solução circundante às partículas sólidas minerais não ocasionaria a retirada do referido elemento da estrutura cristalina da biotita. Dessa feita, tal mineral se mantém preservado no ambiente pedológico. Qualitativamente, as diferenças observadas nas frações húmicas mostram-se decorrentes da influência da erosão, sendo encontrados maiores valores de frações menos resistentes no perfil mais erodido (Solo Litólico). Os horizontes subsuperficiais, por sua vez, são caracterizados, inicialmente, por um processo de formação de argila *in situ*, sendo compostos de alguma caulinita e interestratificados irregulares envolvendo minerais do tipo 2:1 e 1:1. Com a continuidade da pedogênese, tais horizontes são dominados por minerais mais estáveis (caulinitização), havendo movimentação da fração mais fina, o que leva à formação do horizonte B iluvial, onde ocorre também a formação de argila *in situ*. Fatores como variação quantitativa da mineralogia do material de origem, padrão estrutural do gnaíse e relevo, parecem controlar a formação e evolução dos solos estudados.

**Termos de indexação:** A chernozêmico, pedografia, mineralogia.

<sup>(1)</sup> Parte da Tese de Mestrado do primeiro autor. Recebido para publicação em novembro de 1997 e aprovado em outubro de 1998.

<sup>(2)</sup> Professor Substituto Assistente, Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE, Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, CEP 52171-900 Recife (PE).

<sup>(3)</sup> Professor Visitante Titular, UFRPE. Bolsista do CNPq.

**SUMMARY:** *CHARACTERIZATION OF SOILS WITH MOLLIC EPIPEDON AT THE NORTHERN FOREST ZONE OF THE STATE OF PERNAMBUCO*

*This study was conducted to characterize the morphology, physics, chemistry, mineralogy and pedography of soil profiles with Mollic horizon at Nazaré da Mata, Pernambuco, Brazil, 1995. Three soil profiles involving Litosol, Reddish Brunizém and Red Yellow Podzolic were morphologically described. Samples were taken from each horizon to determine the physical, chemical (including humic fraction quantification), mineralogical and pedographycal properties. Based on soil properties and environmental conditions, it could be assumed that the surface horizons were developed from climate - vegetation interactions, since the soils showed a good chemical reserve, regardless of the rainy tropical conditions. This reserve was due to a 5-month dry season which induces leaf drop and reduces base leaching, resulting in significant organic matter incorporation. Such chemical reserves seem to contribute to mica preservation on these horizons, which would otherwise degrade under those rainy conditions. However, the soil solution chemical reserve would decrease the weathering process by chemical equilibrium between soil particles and solution, preserving biotite. Qualitatively, the differences among humic fractions were due to erosion, where higher values were found on the more eroded soil profile (Litosol). The genesis of the subsurface horizons was initially characterized by in situ formation of some kaolinite and irregular interstratified clay minerals, involving 2:1 and 1:1 phases. In the sequence of pedogenesis, more stable minerals (predominantly kaolinite), were formed, giving rise to an illuvial B horizon, as a result of both processes, illuviation and in situ formation. Quantitative mineral variation and foliation planes of the parent material and relief seem to control the formation and evolution of these soils.*

*Index terms: pedography, mineralogy.*

## INTRODUÇÃO

A ocorrência de solos com espessos horizontes superficiais escurecidos pela matéria orgânica, numa pequena porção da Zona da Mata do estado de Pernambuco, constitui aspecto de importância significativa para tal região, em virtude da riqueza química que apresentam. Por conseguinte, os atributos característicos desses pedoambientes instigam a elucidação dos processos relacionados com a formação e evolução desses solos. Tais considerações permitem compreender as potencialidades agrícolas desta área num contexto econômico sustentável.

Esses solos, caracterizados pela presença do horizonte A chernozêmico, distribuem-se em pequenas áreas da parte norte da Zona da Mata e em áreas bem menores a nordeste, no Agreste. Abrangem parte dos municípios de Nazaré da Mata, Limoeiro, João Alfredo, Bom Jardim, Orobó e Surubim (Jacomine et al., 1973).

Tais solos podem apresentar feições relativamente distintas no tocante à morfologia, física, química e mineralogia, dependendo da classe na qual estão inseridos. Englobam desde Podzólicos Vermelho-Amarelos até Solos Litólicos, sendo, contudo, de maior expressão os Brunizéns Avermelhados (intermediários).

Este trabalho objetivou esclarecer a pedogênese de perfis com A chernozêmico, abordando atributos morfológicos e micromorfológicos, mineralógicos, físicos e químicos.

## MATERIAL E MÉTODOS

O sítio de amostragem pertence à zona fisiográfica do Litoral e Mata de Pernambuco, município de Nazaré da Mata. Segundo SUDENE (1990), este município está a 7° 44' S e 35° 14' W Gr e a 75 m de altitude. A vegetação primária na região é a floresta subcaducifólia, sendo as áreas amostradas atualmente cultivadas com cana-de-açúcar. O clima, segundo a classificação de Köppen, é do tipo *As'*, ou seja: *clima tropical chuvoso com verão seco*, estação chuvosa se adiantando para o outono, com temperatura média anual de 24°C (Jacomine et al., 1973) e precipitação média anual de 1.250 mm (SUDENE, 1990).

Na área estudada, ocorrem biotita-gnaisses pertencentes ao complexo gnaíssico-migmatítico do pré-cambriano indiviso (Barbosa, 1990), estruturalmente dominados por um conjunto de deformações, dobras e falhas, que determinam a drenagem da área.

Do ponto de vista geoquímico, as informações disponíveis são principalmente de rochas de áreas adjacentes, encontradas na Folha Vitória de Santo Antão. De modo geral, são ortognaisses de composição predominantemente tonalítica a monzonítica, com variações para termos mais máficos, num extremo, e mais félsicos, até graníticos, no outro lado. São rochas metaluminosas com valores de sílica variando entre 51,50 e 72,50%, alumina entre 13,20 e 16,10%, total de álcalis entre 7,20 e 9,70%, com razão  $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$  em torno de 1, caindo para 0,6% nos diferenciados félsicos. Geralmente, apresentam teores elevados de CaO (entre 4,20 e 5,5%), baixos de MgO (entre 0,4 e 2,8%) e da razão  $\text{MgO}/(\text{MgO} + \text{FeO} + \text{MnO})$ , além da baixa razão de  $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO}$  (Barbosa, 1990).

O relevo é ondulado, constituído por um conjunto de colinas de topos arredondados, vertentes ligeiramente convexas com dezenas a centenas de metros e vales em forma de V (Jacomine et al., 1973).

Descreveram-se morfologicamente, segundo Lemos & Santos (1996), os perfis do Solo Litólico eutrófico Ta A chernozêmico textura média e do Brunizém Avermelhado textura média/argilosa, localizados, respectivamente, no terço médio e superior de uma catena (ponto de amostragem nº 1 – Figura 1), e o perfil do Podzólico Vermelho-Amarelo eutrófico Tb A chernozêmico textura média/argilosa, situado no terço médio de outra catena (ponto de amostragem nº 2 – Figura 1), distante cerca de 2 km da anterior.

Foram coletadas amostras indeformadas em caixas de Kubiena para estudos pedográficos e amostras deformadas para realização de análises físicas (exceto densidade aparente do solo - torrão), químicas e mineralógicas. Amostrou-se, também, o material de origem praticamente inalterado do Solo Litólico.

As análises físicas e químicas seguiram basicamente o método preconizado pela EMBRAPA (1979). As determinações físicas compreenderam granulometria (método da pipeta), argila dispersa em água, densidade aparente do solo (método do torrão parafinado) e densidade de partículas, tendo sido calculados os valores de grau de flocculação, relação silte/argila e porosidade total.

As determinações químicas compreenderam fósforo (determinado por colorimetria usando solução extratora de Mehlich-1), potássio e sódio trocáveis (determinados por espectrofotometria de emissão atômica); cálcio e magnésio trocáveis (determinados por espectrofotometria de absorção atômica); acidez trocável ( $\text{H}^+$  e  $\text{Al}^{3+}$  - extração com acetato de cálcio 1 N a pH 7,0 e titulação com NaOH 0,06 N); alumínio trocável (extração com KCl 1 N e titulação com NaOH 0,025 N) e pH ( $\text{H}_2\text{O}$  e KCl). Os valores de soma de bases, hidrogênio, CTC, saturação por bases, atividade de argila e relação C/N foram obtidos por meio de cálculos. As determinações de ferro livre (extração por citrato-ditionito) e ferro pouco cristalino/amorfo (extração por oxalato de

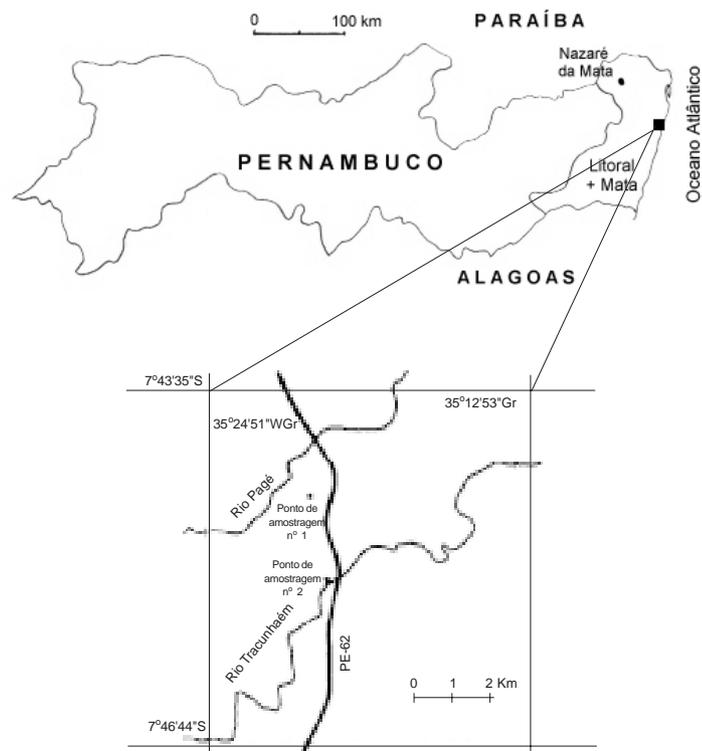


Figura 1. Localização da Área de Amostragem.

amônio ácido) foram feitas por espectrofotometria de absorção atômica, de acordo com o método proposto por Sheldrick (1984a,b).

Após separação das subfrações cascalho, areia grossa e areia fina por tamisação, partículas minerais contidas nessas frações foram identificadas por processos óticos com emprego de lupa binocular. As análises mineralógicas das frações silte e argila seguiram o método de Jackson (1975). Os espécimes minerais foram identificados a partir de difratogramas de raios-X obtidos em um aparelho do tipo Rigaku com radiação de Cu e monocromador de C, operando a uma tensão de 40 KV, corrente de 20 mA e velocidade de rotação de 4°/min. A preparação das lâminas para análise micropedológica seguiu o método descrito por Murphy (1986). A análise e a descrição das lâminas foram feitas em microscópio petrográfico Zeiss, conforme conceitos de Brewer (1976) e Bullock et al. (1985).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Atributos morfológicos

A morfologia dos perfis estudados mostra as seguintes feições: transição entre os horizontes abrupta e clara no Solo Litólico e Brunizém Avermelhado e gradual e difusa no Podzólico Vermelho-Amarelo; estrutura granular nos horizontes superficiais e em blocos nos subsuperficiais nos três perfis, além de cerosidade nos horizontes B<sub>t</sub>. O número e a espessura dos horizontes e a

profundidade dos perfis, maiores com a evolução genética, mostram o grau de desenvolvimento desses solos (Quadro 1).

A cor avermelhada nos horizontes inferiores indica boas condições de drenagem. Já o intenso escurecimento superficial reflete os altos teores de matéria orgânica, que torna o solo mais friável. O solo úmido torna-se mais firme com a profundidade; tal comportamento está ligado tanto ao seu enriquecimento em argila (horizontes B<sub>t</sub>), quanto à natureza consolidada do material parcialmente alterado (horizontes C) (Quadro 1).

### Atributos físicos

A distribuição granulométrica dos solos mostra um padrão relativamente regular, em que predominam as frações grossas nos horizontes A, as mais finas (argila) nos horizontes B e novamente as grossas nos horizontes C.

A dominância da fração areia em superfície (horizontes A) indica a presença de minerais residuais e resistentes ao processo de alteração pedogenética, como o quartzo. Já em subsuperfície (horizontes C), isto se deve à ocorrência de fragmentos pouco intemperizados do material de origem (gnaisse).

Os teores de silte são elevados ao longo dos três perfis, alcançando menores valores apenas nos horizontes B<sub>t</sub> (Quadro 2). Nas camadas superficiais, tal quadro se deve, basicamente, à presença de minerais resistentes (quartzo) e, em menor proporção, a anfibólios provenientes da fração grossa. Embora os anfibólios sejam termodinamicamente instáveis nessas condições ambientais, especula-se

Quadro 1. Atributos morfológicos dos perfis amostrados

Horizonte	Profundidade (cm)	Transição	Cor úmida	Cons. úmida	Estrutura	Cerosidade
<b>Solo Litólico</b>						
A <sub>p</sub>	0-25	cl. e ond.	7,5 YR 3/2	Friável	Fr. peq. gran. e mod. méd. bl. subang.	-
C <sub>r</sub>	25-80	ab. e pl.	-	-	-	-
R	80-90 <sup>+</sup>	-	-	-	-	-
<b>Brunizém Avermelhado</b>						
A <sub>p</sub>	0-20	cl. e pl.	10 R 2/1	Friável	Forte peq./méd. gran.	-
A <sub>2</sub>	20-49	ab. e pl.	10 R 2/1	Friável	Fr. méd. bl. ang./subang.	-
B <sub>t</sub>	49-70	cl. e pl.	7,5 YR 3/2	Firme	Mod. méd. prism. e fr. méd./gr. bl. ang.	mod/com
C <sub>r1</sub>	70-85	-	-	-	-	-
C <sub>r2</sub>	85-130 <sup>+</sup>	-	-	-	-	-
<b>Podzólico Vermelho-Amarelo</b>						
A <sub>p</sub>	0-20	gr. e pl.	10 YR 2/2	Friável	Fr. peq./méd. gran. e bl. subang.	-
A <sub>2</sub>	20-44	cl. e pl.	10 YR 2/2	Firme	Fr. peq./méd. bl. subang.	-
B <sub>t1</sub>	44-90	dif. e pl.	2,5 YR 3/4	Firme	Fr. méd./grande prism. e mod. peq./méd. bl. ang./subang.	mod/com
B <sub>t2</sub>	90-150	gr. e pl.	2,5 YR 4/6	Firme	Forte m. peq./méd. bl. ang./subang.	mod/abun
BC	150-195	gr. e pl.	5 YR 5/6	Muito firme	Fraca méd./grande bl. ang.	-
C	195-220 <sup>+</sup>	-	-	-	-	-

Cons. = consistência; cl = clara; ond = ondulada; ab = abrupta; pl = plana; gr. = gradual; dif. = difusa; fr. = fraca; peq. = pequena; gran. = granular; mod. = moderada; méd. = média; bl. = blocos; subang = subangulares; ang. = angulares; prism. = prismática; com = comum; abun = abundante.

que o revestimento de seus grãos por óxidos de ferro formados a partir do intemperismo da biotita, observados nos horizontes C<sub>r</sub>, permite esse comportamento atípico. Outro aspecto que possivelmente contribui para o enriquecimento da fração silte é o crescimento cristalino da caulinita, abundante na fração argila (Figuras 3, 4 e 5). No perfil do Podzólico, ainda há a contribuição do processo de eluviação (Figura 8). Nas camadas inferiores, os altos valores de silte se devem à grande quantidade de minerais em incipiente alteração (particularmente mica) herdados do material de origem, bem como à contribuição da caulinita formada às custas daqueles nos primeiros estádios de degradação mineral. A relação silte/argila apresenta, por conseguinte, valores altos, exceto nos horizontes mais argilosos.

A argila dispersa em água decresce com a profundidade, exceto no Brunizém Avermelhado. Esta atinge um valor máximo no horizonte B<sub>t</sub>, para depois decrescer nos horizontes subseqüentes. Tal comportamento pode ser atribuído à ocorrência de minerais expansivos, que tendem a dispersar, apesar de ocorrerem também fases minerais floculantes (caulinita) e da cobertura das partículas por óxidos de Fe. O grau de floculação, por conseguinte, exhibe o comportamento inverso (Quadro 2); os altos valores, no Podzólico, mostram sua estruturação, o que contribui para a boa percolação da água ao longo do perfil.

A densidade aparente do solo não exhibe um quadro uniforme nos três perfis. No Solo Litólico, aumenta no C<sub>r</sub>, enquanto, no Brunizém Avermelhado e no Podzólico, percebe-se leve acréscimo nas porções intermediárias (decorrente da compactação - cultivo),

seguido de decréscimo no C<sub>r</sub>. Apesar de o adensamento natural favorecer o acréscimo da densidade aparente do solo com a profundidade, a variação quantitativa da mineralogia (nestes perfis, há maior quantidade dos minerais biotita e anfibólios) e, por conseguinte, a instabilidade frente ao intemperismo isovolume podem conferir tal comportamento. A porosidade, por sua vez, mostra o padrão contrário, sendo maior nos horizontes menos densos. A densidade de partículas varia entre 2,63 e 2,78 kg dm<sup>-3</sup>, confirmando o predomínio de silicatos (Quadro 2).

**Atributos químicos**

Os solos apresentam reação ácida a moderadamente ácida, com alumínio praticamente ausente e teores de hidrogênio menores com o aumento da profundidade. Os valores de pH em água são sempre maiores que os de pH em KCl, indicando predominância de cargas negativas no complexo de troca, apesar do quadro de moderada acidez, mostrando, assim, a influência de cargas pH-independentes. Os solos são saturados por bases, com dominância de cálcio e magnésio, tanto em superfície quanto em subsuperfície (Quadro 3).

Os conteúdos de sódio tendem a aumentar com a profundidade. Diferentemente, os níveis de potássio tendem a diminuir, por causa da menor alteração da biotita, que o liberaria, e das práticas de fertilização (Brunizém Avermelhado). A soma de bases e a capacidade de troca de cátions mostram a boa reserva química e o caráter eutrófico desses solos. O teor de fósforo é baixo, exceto no horizonte A<sub>p</sub> do Brunizém Avermelhado, possivelmente devido à adubação mineral (Quadro 3).

**Quadro 2. Atributos físicos de solos com A chernozêmico**

Horizonte	AG	AF	Silte	Argila total	Classe textural	% Silte %Argila	Argila dispersa em água	Grau de floculação	Dg	Dp	Porosidade
	g kg <sup>-1</sup>						g kg <sup>-1</sup>	%	- kg dm <sup>-3</sup> -		m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>
<b>Solo Litólico</b>											
A <sub>p</sub>	210	220	370	200	Franco	1,85	160	23	1,42	2,68	0,47
C <sub>r</sub>	440	280	180	100	Fr. arenoso	1,80	20	79	1,86	2,74	0,32
<b>Brunizém Avermelhado</b>											
A <sub>p</sub>	270	280	330	120	Fr. arenoso	2,75	80	35	1,43	2,67	0,46
A <sub>2</sub>	260	260	280	200	Fr. arg.-aren.	1,40	130	35	1,54	2,67	0,42
B <sub>t</sub>	210	170	210	410	Argila	0,51	260	38	1,53	2,68	0,43
C <sub>r1</sub>	410	190	240	160	Fr. arenoso	1,50	40	73	1,63	2,65	0,38
C <sub>r2</sub>	390	290	180	140	Fr. arenoso	1,28	10	93	1,56	2,68	0,42
<b>Podzólico Vermelho-Amarelo</b>											
A <sub>p</sub>	340	180	320	160	Fr. arenoso	2,00	150	7	1,48	2,68	0,45
A <sub>2</sub>	300	160	320	220	Franco	1,45	180	19	1,45	2,63	0,45
B <sub>t1</sub>	210	100	180	510	Argila	0,35	10	98	1,58	2,76	0,43
B <sub>t2</sub>	90	40	370	500	Argila	0,74	10	98	1,52	2,76	0,45
BC	80	40	560	320	Fr. arg.-silt.	1,75	10	96	1,34	2,68	0,50
C	120	100	590	190	Fr. siltoso	2,95	10	94	1,30	2,74	0,53

AG = areia grossa; AF = areia fina; Fr. = franco; arg.-aren. = argilo-arenoso; arg.-silt. = argilo-siltoso; Dg = densidade global; Dp = densidade de partículas.

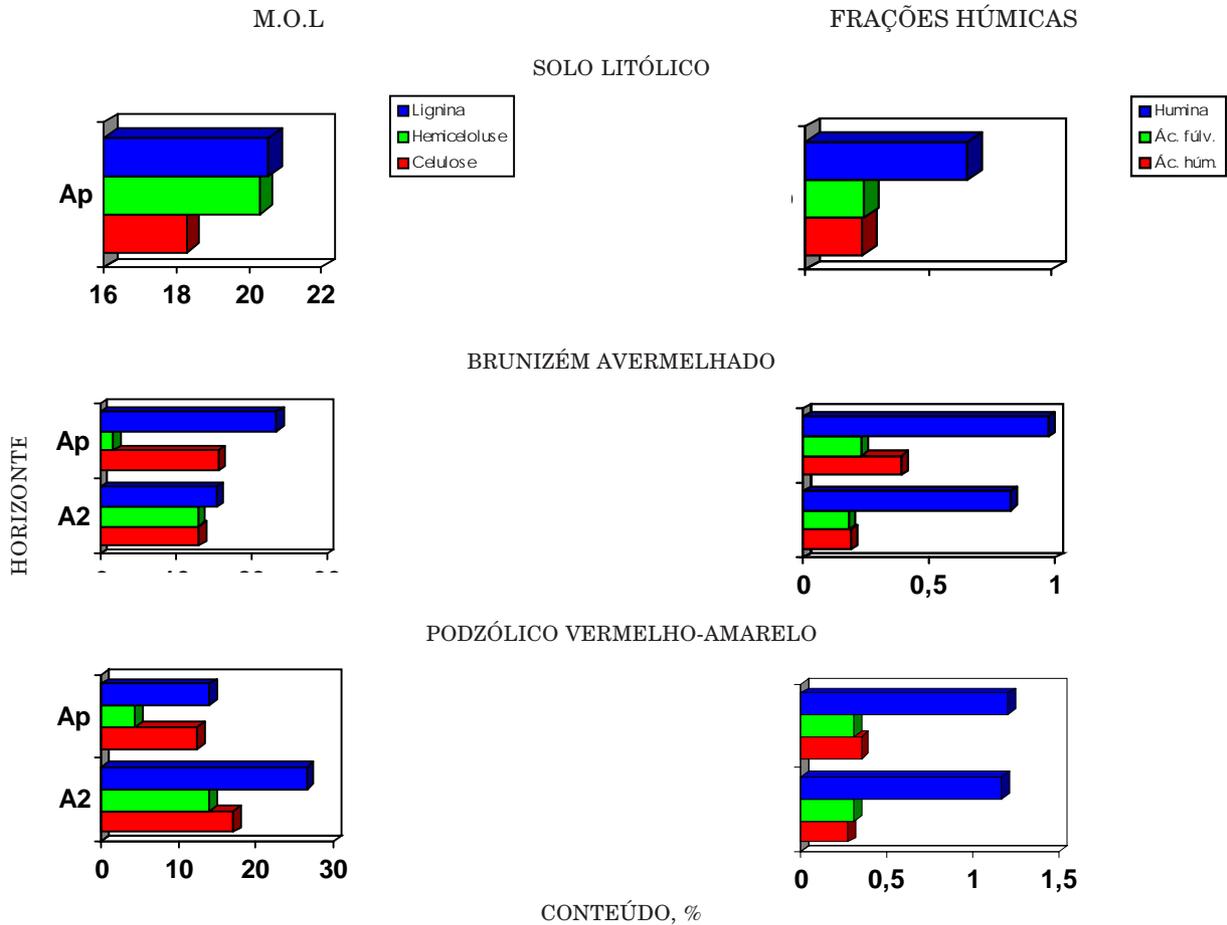


Figura 2. Composição da matéria orgânica leve (M.O.L.) e frações húmicas dos perfis estudados.

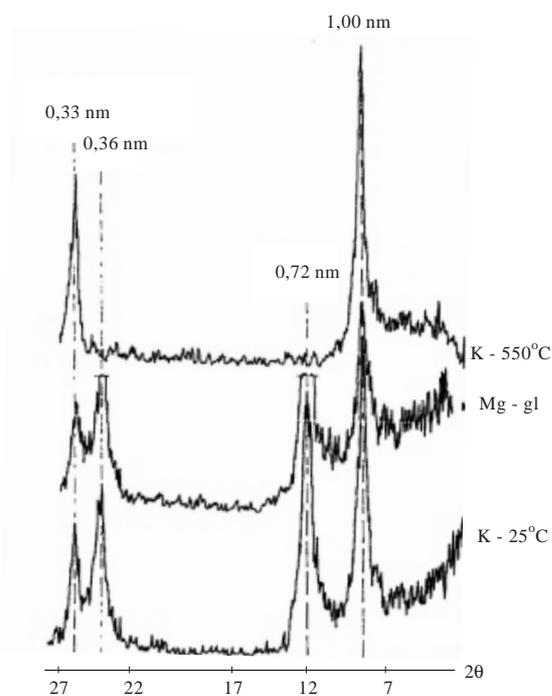


Figura 3. Mineralogia da fração argila do horizonte  $A_p$  do Solo Litólico. M = Mica; Ka = Caulinita.

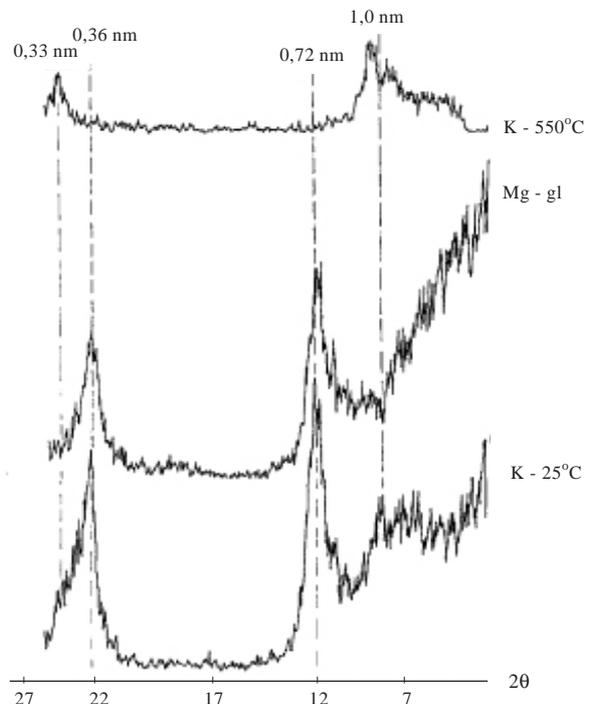
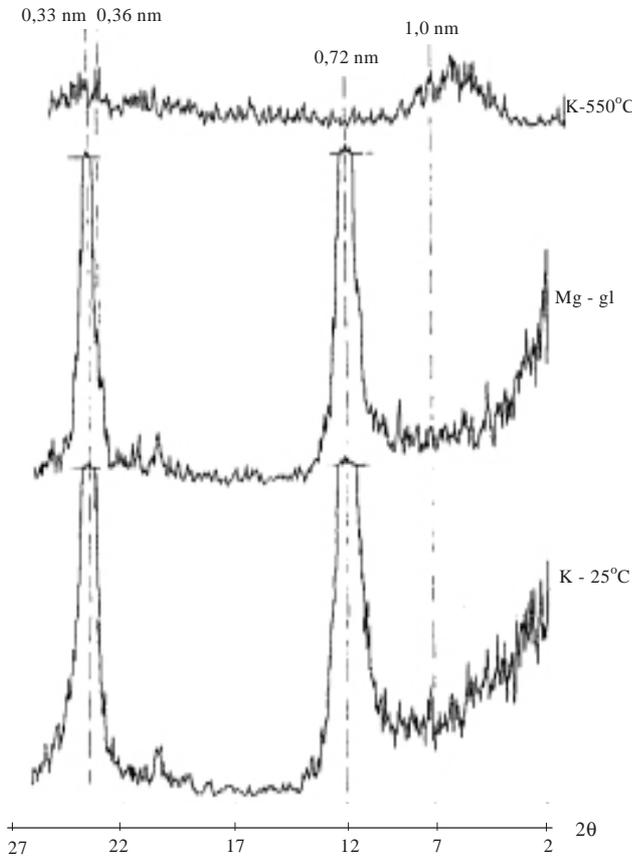


Figura 4. Mineralogia da fração argila do horizonte  $B_t$  do Brunizém Avermelhado. M = Mica; Ka = Caulinita.



**Figura 5. Mineralogia da fração argila do horizonte B<sub>t</sub> do Podzólico Vermelho-Amarelo. M = Mica; Ka = Caulinita.**

Os conteúdos de ferro extraído com citrato-ditionito de sódio (livre) são maiores nos horizontes B<sub>t</sub>, principalmente no Podzólico (Quadro 3). Esse comportamento pode estar associado à liberação do ferro, via intemperização de biotita e alguma hornblenda, além da contribuição da iluviação. Nestes horizontes, o ferro encontra condições favoráveis à sua estabilidade, estando segregado em concreções e associado aos argilominerais. Os valores inferiores verificados nos horizontes de superfície podem ser devidos aos processos de remoção, uma vez que a superfície específica das partículas grossas quartzosas não o reteriam satisfatoriamente.

O ferro extraído com oxalato de amônio ácido (amorfo) mostra uma tendência semelhante à do ferro livre, com maior percentagem no B<sub>t</sub>, sendo seus conteúdos sempre inferiores aos deste (Quadro 3).

Quanto à composição da matéria orgânica leve (M.O.L.), verifica-se que a hemicelulose é menor no Brunizém Avermelhado e Podzólico, comparada à do Solo Litólico. Já a celulose, apesar de mostrar valores mais próximos, decresce com o desenvolvimento dos perfis (Re > BV > PV). O teor de lignina mantém um padrão de distribuição mais uniforme nos três perfis e quantidades maiores que as outras frações (Figura 2).

A menor expressão quantitativa da M.O.L do Solo Litólico parece estar ligada à situação deste na paisagem, uma vez que a maior intensidade da erosão neste ponto (retirando massas de material orgânico e inorgânico) condicionaria menor profundidade do perfil, e sendo o pleno crescimento vegetal função da área a ser explorada pelo sistema

**Quadro 3. Atributos químicos de solos com A chernozêmico**

Horizonte	pH		Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	S	H	Al <sup>3+</sup>	CTC	T	V	Fe		P	C	N	C/N
	H <sub>2</sub> O	KCl											Fed	Feo				
Solo Litólico																		
A <sub>p</sub>	5,4	4,5	7,6	1,7	0,28	0,22	9,8	5,0	0	14,8	53	66	10,82	7,02	2,1	9,2	1,08	8
Brunizém Avermelhado																		
A <sub>p</sub>	5,4	4,6	8,3	2,2	0,19	0,57	11,3	4,8	0	16,1	81	70	9,49	3,67	18,9	14,2	1,41	10
A <sub>2</sub>	5,8	4,7	11,5	2,6	0,27	0,11	14,5	3,8	0	18,3	65	79	11,72	4,01	1,1	11,7	1,20	10
B <sub>t</sub>	6,0	4,3	12,1	4,6	0,56	0,14	17,4	3,2	0,2	20,8	45	84	17,04	8,96	< 1,0	5,2	0,80	6
C <sub>r1</sub>													12,41	0,64				
C <sub>r2</sub>													14,89	0,59				
Podzólico Vermelho-Amarelo																		
A <sub>p</sub>	5,4	4,8	9,4	2,1	0,34	0,23	12,1	5,4	0	17,5	53	69	13,41	5,38	< 1,0	20,0	1,78	11
A <sub>2</sub>	5,6	4,8	9,7	2,2	0,29	0,11	12,3	5,6	0	17,9	46	69	19,00	7,01	< 1,0	17,0	1,52	11
B <sub>t1</sub>	6,0	5,0	4,4	2,2	0,42	0,26	7,3	2,6	0	9,9	16	74	41,02	16,88	0	3,4	0,66	5
B <sub>t2</sub>	6,0	5,4	3,8	3,2	0,36	0,05	7,4	1,7	0	9,1	16	81	66,84	19,77	0	2,3	0,46	5
BC	5,8	4,6	5,6	5,6	0,63	0,10	11,9	2,4	0,1	14,4	43	83	47,1	16,46	0	1,2	0,33	4
C	5,7	4,0	10,7	9,5	0,99	0,11	21,3	2,0	0,4	23,7	117	90	31,76	14,11	0	0,8	0,28	3

CDNa = citrato-ditionito de sódio.

radical, este seria diretamente reduzido, refletindo na quantidade de material incorporado ao solo.

Este quadro parece ser corroborado por aspectos qualitativos da M.O.L., haja vista que quantidades expressivas de hemicelulose revelam presença de material orgânico relativamente preservado, ainda sob ataque microbiano. Essa consideração decorre do fato de que os carboidratos estruturais são prontamente degradados pela microflora, comportamento verificado nos outros perfis, que mostram maiores valores de lignina, composto mais resistente à decomposição. A não-observância de aumento correspondente nas frações húmicas neste perfil parece confirmar a retirada de material mais estável, via erosão.

Quanto às frações húmicas, nota-se uma predominância, principalmente da fração humina, secundada pelo ácido húmico, em relação ao grupo fracional ácido fúlvico. O padrão é comum aos três perfis estudados, porém em menor proporção no Solo Litólico (Figura 2); isto indica que a matéria orgânica está bastante humificada ou estabilizada. O comportamento do Solo Litólico confirma, novamente, a importância da erosão em sua formação, uma vez que, só neste perfil, a fração de menor estabilidade (ácido fúlvico) mostra valor

quase idêntico ao daquela mais estável (ácido húmico), indicando que a matéria orgânica ainda está se estabilizando.

A fração humina aumenta com a evolução genética dos perfis (Figura 2), levando a pensar que, quanto maior o desenvolvimento pedogenético, maior a estabilidade da matéria orgânica. Os valores superiores das frações orgânicas no Podzólico (Figura 2) podem estar ligados à maior contribuição da pastagem na incorporação de matéria orgânica, aspecto sugerido, principalmente, pelos níveis de ácido fúlvico.

#### Micropedologia e mineralogia das frações areia, silte e argila

A mineralogia da fração cascalho mostra uniformidade qualitativa nos três perfis, sendo comumente encontrados, em ordem de abundância, quartzo, biotita, minerais acessórios (opacos), além de algum feldspato.

Na fração areia grossa (Quadro 4), há predominância de quartzo em todos os horizontes, cujos grãos tornam-se mais arestados com a profundidade. Nos horizontes inferiores, são frequentes os fragmentos de rocha. À medida que diminui a profundidade, os grãos de feldspato tornam-se pouco comuns e os de

**Quadro 4. Características micropedológicas e mineralógicas da fração areia dos solos estudados**

Horizonte	Mineralogia dos grãos		Padrão de distribuição relacionado/plasma	Poros	Feição pedológica
	Areia grossa	Areia fina			
<b>Solo Litólico</b>					
<b>Ap</b>	Quartzo policristalino (hialino e leitoso) revestido por películas de óxidos de Fe intercrystalais, traços de biotita, material concrecionário, fragmentos de rocha e minerais acessórios (opacos)	Quartzo (hialino e leitoso), impregnados por massa de óxidos de Fe), pouca biotita e algumas concreções de Fe	PDR: Porfírico, ocorrência de material vegetal em vários estágios de decomposição/Inundúlica	Aplanados e cavidades	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Revestimento típico de grãos (óxidos de ferro e argila)</li> <li>▪ Pedofeição textural: argila empoeirada (formação de argila <i>in situ</i> - cor amarelada)</li> <li>▪ Pedofeição de depleção: cor vermelho-amarelada (remoção do ferro)</li> </ul>
<b>Cr</b>	Idem ao anterior, porém sem concreção e com muita biotita e fragmento de rocha e algum feldspato impregnado por óxidos de Fe	Dominância de biotita, quartzo (hialino e leitoso); ambos uniformes e finamente divididos	PDR: idem ao anterior, sem material vegetal/ Vo-granossépica e latissépica; cor amarela e amarelo-avermelhada	Cavidades	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Pedofeição textural: empoeirada (formação de argila <i>in situ</i> - argila orientada) - cor amarela</li> <li>▪ Pedofeição amorfa impregnativa (grãos de hornblenda por óxidos de Fe)</li> </ul>
<b>Brunizém Avermelhado</b>					
<b>Ap</b>	Quartzo policristalino (hialino e leitoso, sendo uma parte revestida por uma massa densa, e outra por películas de óxidos de Fe - vermelho), traços de minerais acessórios (opacos) e concreções	Dominância de quartzo hialino (sendo parte revestido por óxidos de Fe), algumas concreções enegrecidas e traços de minerais acessórios (opacos)	PDR: Quito-enauli-porfírico; ocorrência de material vegetal em vários estágios de decomposição/ Undúlica	Poros do empacotamento	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Pedofeição amorfa impregnativa (fraturas e superfícies de grãos de quartzo preenchidas por óxidos de ferro)</li> </ul>
<b>A2</b>	Idem ao anterior, porém concreções ausentes	Idem ao anterior	PDR: idem ao anterior/ Inundúlica	Idem ao anterior	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Idem ao anterior</li> <li>▪ Nódulos típicos (hematíticos)</li> </ul>
<b>Bt</b>	Idem ao horizonte Ap, porém com alguma biotita	Proporção igual de Quartzo e biotita uniforme e finamente divididos	PDR: Porfírico; ocorrência de material vegetal em vários estágios de decomposição/ Latissépica (cores amarela e vermelho-amarelada)	Aplanados entre agregados, sendo bastante amplos, além de cavidades e canais	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Nódulos típicos (hematíticos)</li> <li>▪ Pedofeição textural: argila empoeirada (cor amarelada - formação de argila <i>in situ</i>)</li> </ul>
<b>Cr1</b>	Dominância de quartzo (hialino - amarelo - e leitoso), alguma biotita, feldspato e fragmentos de rocha	Dominância de biotita e menor proporção de quartzo (hialino e leitoso)	PDR: idem ao anterior/ Idem ao anterior, sendo a cor amarela	Aplanados	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Idem ao anterior, sem nódulos</li> </ul>
<b>Cr2</b>	Idem ao anterior, porém com mais biotita e fragmentos de rocha	Idem ao anterior	-	-	-

Continua...

**Quadro 4. Continuação,**

Horizonte	Mineralogia dos grãos		Padrão de distribuição relacionado/plasma	Poros	Feição pedológica
	Areia grossa	Areia fina			
<b>Podzólico Vermelho-Amarelo</b>					
<b>Ap</b>	Dominância de quartzo policristalino (hialino, sendo uma parte revestida por uma massa densa e outra por películas de óxidos de Fe - vermelho), algumas concreções de ferro enegrecidas (corroídas) e traços de minerais acessórios (opacos)	Dominância de quartzo hialino (revestidos - avermelhados e amarelados), concreções enegrecidas e raros minerais acessórios (opacos)	PDR: Porfírico/Undúlico (cor brunada).	Poros específicos do tipo canal, com pelotas fecais	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Nódulos típicos na base da lâmina</li> <li>▪ Pedofeição amorfa impregnativa (fraturas e superfícies de grãos de quartzo preenchidas por óxidos de ferro)</li> <li>▪ Pedofeição textural: argila impura (cor amarelada - argila <i>in situ</i>)</li> <li>▪ Pedofeição de depleção: cor amarelada e agregação mais densa (alteração "<i>in situ</i>" de minerais ferromagnesianos, com remoção do ferro)</li> <li>▪ Pedofeição de excremento: intensa atividade biológica com canais preenchidos com pelotas fecais e resíduos vegetais em decomposição</li> </ul>
<b>A2</b>	Idem ao anterior, porém grãos de tamanho menor	Idem ao anterior, sendo os grãos finamente divididos e as concreções também são avermelhadas; pouca biotita	PDR: idem ao anterior/ Inundúlica (cor brunada e nuances amarelados) e silassépica	Idem ao anterior	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Nódulos e pedofeição amorfa impregnativa semelhantes ao anterior</li> <li>▪ Pedofeição textural: argila empoeirada (formação de argila <i>in situ</i>) e límpida (iluviação) - cor amarela</li> </ul>
<b>Bt1</b>	Dominância de quartzo (leitoso e hialino - amarelo e policristalino avermelhado), as fraturas são preenchidas por material fino e grande ocorrência de concreções de Fe (avermelhadas e enegrecidas)	Idem ao anterior	PDR: Porfírico/ Granovossépica e latissépica - cores amarela e amarelo-avermelhada	Aplanados	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Revestimento típico de grãos e poros;</li> <li>▪ Enchimento de poros aplanados (denso completo e incompleto)</li> <li>▪ Alguns nódulos típicos (hematíticos);</li> <li>▪ Pedofeição textural: argila empoeirada (formação de argila <i>in situ</i>) e límpida (iluviação) - cor amarela</li> </ul>
<b>Bt2</b>	Idem ao anterior, sendo menor a quantidade de concreção; presença de opacos	Dominância de quartzo (hialino e leitoso, revestidos), menor proporção de biotita, muitas concreções e traços de opacos	PDR: idem ao anterior/ Idem ao anterior	Aplanados interligados e fissuras, além de cavidades interconectadas	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Idem ao anterior, sendo mais intenso o revestimento típico de grãos e poros, o enchimento de poros e a ocorrência de nódulos típicos avermelhados (hematíticos)</li> <li>▪ Pedofeição amorfa impregnativa (fraturas e superfícies de grãos de quartzo policristalino preenchidas por óxidos de ferro - parece ser a fase anterior à formação de nódulos)</li> <li>▪ Pedofeição de depleção: cor amarelada (alteração "<i>in situ</i>" de minerais ferro-magnesianos, com remoção do ferro)</li> </ul>
<b>BC</b>	Quartzo anguloso hialino (revestidos por um "pó" de óxidos de Fe e, nas fraturas, por uma massa densa destes); ocorrência de concreções de Fe, pouca biotita e traços de minerais acessórios	Dominância de biotita, quartzo hialino, sendo ambos recobertos por óxidos de Fe pulverulento; algumas concreções	PDR: idem ao anterior/ Vossépica e latissépica (cor amarela)	Aplanados e cavidades	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Idem ao anterior, sendo de menor expressão o revestimento típico de poros, o enchimento de poros e com poucos nódulos típicos (hematíticos);</li> <li>▪ Pedofeição textural: argila empoeirada (cor amarelada - formação de argila <i>in situ</i>).</li> </ul>
<b>C</b>	Intenso avermelhamento dos grãos ("pó" de óxidos de Fe), biotita finamente dividida, traços de acessórios e de fragmentos de rocha	Idem ao anterior, porém sem concreções	-	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Formação de argila <i>in situ</i></li> <li>▪ A alteração da biotita permite o aparecimento de alguns nódulos avermelhados (hematíticos).</li> </ul>
<b>Cr</b>	Dominância de quartzo (hialino e leitoso), presença de feldspato, biotita, minerais acessórios e fragmentos de rocha	Dominância de biotita e menor proporção de quartzo hialino	-	-	-

biotita vão-se alterando gradualmente e liberando ferro. Este passa a ocorrer sob a forma de revestimentos intercristais nos horizontes superficiais, o que leva a forte pigmentação do quartzo policristalino, além de ocorrer sob a forma de concreções nos horizontes B<sub>t</sub>. Os minerais acessórios (opacos) concentram-se mais nesta fração e ocorrem em todos os horizontes.

A fração areia fina evidencia dominância de biotita nos horizontes inferiores e quartzo nos superiores; este quadro se deve à maior resistência do quartzo, apesar de sofrer quebra física e alguma dissolução química, indicados pelo desarestamento de seus grãos. Já a intemperização da biotita enriquece as frações mais finas. Por sua vez, o ferro liberado comporta-se de maneira semelhante à observada na fração areia grossa. Os minerais acessórios são pouco comuns.

A fração silte dos horizontes A dos três perfis é basicamente composta por quartzo e biotita, sendo constatada a ocorrência de anfibólio (hornblenda) no Brunizém Avermelhado e alguma caulinita no Podzólico. O horizonte B<sub>t</sub> do Brunizém Avermelhado mostra picos pouco definidos de biotita, hornblenda, caulinita e quartzo; no Podzólico, no entanto, os picos adquirem maior definição, principalmente para caulinita, além da ocorrência de quartzo e alguma hornblenda. A presença de caulinita nessa fração pode ser atribuída ao seu crescimento cristalino ou à presença de biotita pseudomorfoseada (caulinitização periférica). O horizonte C<sub>r</sub> do Solo Litólico apresenta biotita e quartzo, enquanto no Brunizém Avermelhado e no Podzólico percebem-se caulinita e uma mistura de interestratificados.

A fração argila, nos horizontes superficiais dos três perfis, é composta por caulinita e mica, neste caso biotita, uma vez que esta é herdada e não há condições para neoformação de outro mineral do grupo da mica. Os horizontes B<sub>t</sub> apresentam caulinita e interestratificados no Brunizém Avermelhado e no Podzólico (picos de interestratificados menos característicos) (Figuras 3, 4 e 5). Nos horizontes C<sub>r</sub>, ocorrem caulinita e interestratificados nos três perfis, sendo também observada a presença de mica no Solo Litólico. É possível que interestratificados irregulares envolvam minerais do tipo 2:1 e 1:1, uma vez que, com o tratamento Mg-glicerol, observa-se expansão e, com o K a 550°C, os picos colapsam a 10 nm.

Tais resultados mostram as seqüências de transformações minerais reinantes nesses pedoambientes. A biotita mantém-se preservada nos horizontes inferiores e, à medida que vai sendo alterada, dá lugar aos minerais interestratificados, não tendo sido registradas fases individuais alizadas expansivas. No decorrer da pedogênese, a biotita se converte em caulinita, chegando até a desenvolver cristais grandes, possivelmente no tamanho silte ou que se comportam como tal, diante da floculação.

A ocorrência de picos característicos de mica no horizonte A dos três perfis pode indicar um retardamento do processo de intemperismo. A riqueza química da solução do solo refrearia o processo intempérico, na medida em que a existência do potássio na solução em torno das partículas sólidas minerais não levaria a efeito a retirada desse elemento da estrutura cristalina da biotita, o que desencadearia a subsequente degradação de tal mineral.

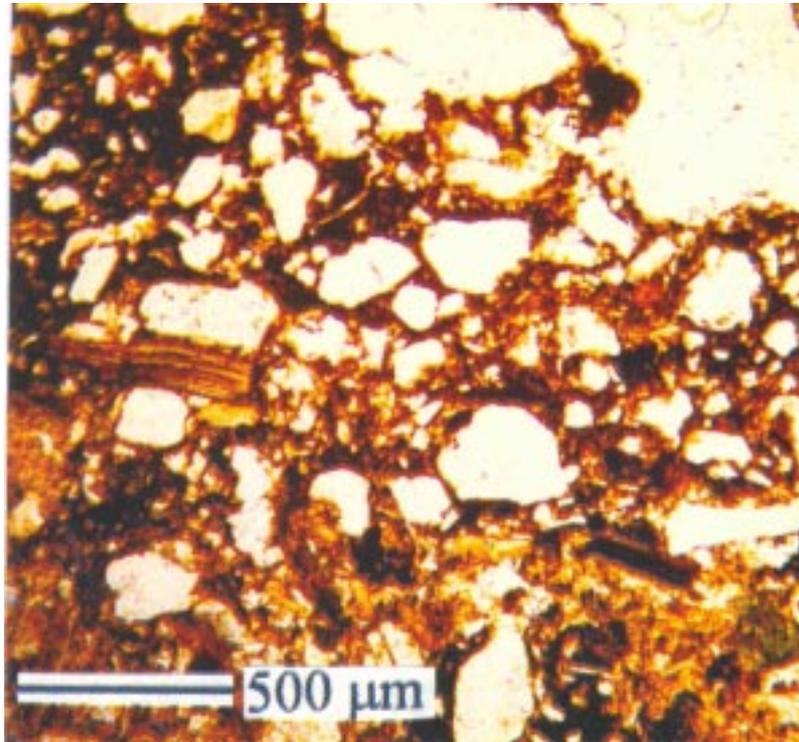
O fator decisivo para essa reserva química é a contínua entrada de resíduos orgânicos, os quais, mediante decomposição, liberariam elementos para a solução do solo. Nettleton et al. (1973), por outro lado, relatam a formação do que eles chamam de mica pedogênica a partir da reversão da biotita-vermiculita ou vermiculita pela fixação de K liberado da decomposição da matéria orgânica.

No Brunizém Avermelhado, a biotita parcialmente preservada na fração grossa, misturada ao material quartzoso desarestado (Figura 6), pode decorrer da atuação antrópica via práticas de mecanização agrícola (gradagem) ou da preservação pelo intemperismo retardado (idem à argila). A prática agrícola de revolvimento do solo causa a remoção e exposição de minerais pouco alterados de horizontes subjacentes em áreas limítrofes aos Solos Litólicos se não há um ajuste de profundidade da gradagem.

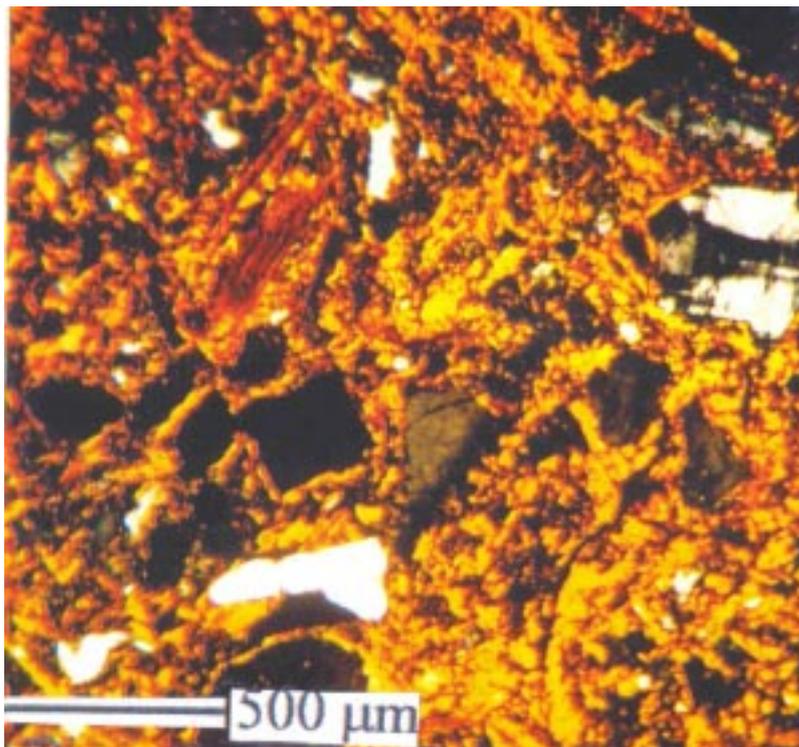
A pequena parcela de feldspato parece converter-se rapidamente à caulinita. Os anfibólios (hornblenda) ocorrem basicamente nas frações mais grossas (areia e silte), apesar da expectativa de maior instabilidade comparada à biotita. É possível que o revestimento dos grãos de hornblenda fraturados por óxido de ferro, formado às expensas da intemperização de biotita, possa favorecer tal comportamento. A presença de quartzo também se restringe às frações grossas, uma vez que a sua resistência ao intemperismo é diretamente proporcional ao tamanho dos grãos (Birkeland, 1974).

Os horizontes A mostram padrão de distribuição relacionado porfírico, sendo quito-enaui-porfírico no Brunizém Avermelhado, com o plasma fortemente impregnado pela matéria orgânica humificada, a qual confere textura ora undúlica ora inundúlica. As pedofeições dominantes são principalmente impregnação dos grãos por óxidos de ferro e formação de argila *in situ* (Figura 6), ocorrendo, ainda, concreções e pedofeição de excremento em alguns perfis (Brunizém Avermelhado e Podzólico).

Os horizontes B<sub>t</sub> dos solos estudados mostram as diferenças em evolução desses solos. No Brunizém Avermelhado, apesar do significativo incremento de argila, a formação do B<sub>t</sub> não se deve a processos de iluviação, mas a alteração *in situ* de biotita e feldspato (raros), que compõem a fração silte. Este fato é evidenciado tanto pela inexistência de revestimentos orientados de poros e grãos, quanto pela textura latissépica do plasma (Figura 7),



**Figura 6. Micrografia do horizonte Ap do Bruzizém Avermelhado. Aspecto do padrão de distribuição relacionado quito-enuli-porfirico.**



**Figura 7. Micrografia do horizonte Bt do Brunizém Avermelhado. Aspecto da formação de argila *in situ*, tendo o plasma o padrão de extinção reticulado herdado da biotita.**

reflexo do padrão de clivagem da biotita que se manteve, determinando, assim, o padrão de extinção reticulado do plasma. É possível que a existência dos interestratificados como fases não individualizadas de atividade alta influencie a fração coloidal, diminuindo sua movimentação.

Já o Podzólico mostra um enriquecimento de argila subsuperficial resultante da iluviação da fração fina, sendo caracterizada por revestimentos de grãos e enchimento de poros (argilãs), além da contribuição do processo de formação de argila *in situ* (Figura 8). A maior atuação da pedogênese nesse perfil é evidenciada pela presença de minerais argilosos mais estáveis, os quais mostram atividade baixa e se deslocam ao longo do sistema de poros e fissuras de contração.

Os horizontes C<sub>r</sub> mostram a diferenciação quantitativa da mineralogia do material de origem dos solos estudados. Tanto o horizonte C<sub>r</sub> quanto a rocha do Solo Litólico exibem dominância de minerais granulares (basicamente quartzo) comparados aos planares. Esse horizonte revela algum indício de iluviação, porém em pontos localizados, onde o sistema de fraturas permite o fluxo contínuo da fração fina. No Brunizém Avermelhado e no Podzólico, observa-se maior presença de minerais micáceos, além da ocorrência de hornblenda, que se mostra diaclasada, porém mais preservada que a biotita.

### Pedogênese

A avaliação das condições ambientais e a interpretação dos resultados obtidos levam a indicação de determinados fatores como controladores do desenvolvimento desses solos. As considerações acerca da formação dos horizontes superficiais constituem hipóteses preliminares, sendo necessários estudos mais refinados para a confirmação ou refutação destas.

Tais horizontes parecem ter sua formação ligada a interações do clima e vegetação. O clima *As' - tropical chuvoso com estação seca* - favoreceu o desenvolvimento de uma floresta, segundo Jacomine et al. (1973), mesófila, com porte em torno de 20 m, que apresenta, como característica importante, a perda das folhas de parte significativa de seus componentes, notadamente no estrato arbóreo.

Por conseguinte, a existência de uma estação mais seca, com 3 a 5 meses de estiagem (Jacomine et al., 1973), que reduz a lixiviação, e a presença de uma floresta subcaducifólia, que contribui com a entrada de material orgânico, promoveriam a formação de tais horizontes nessas condições ambientais. Cabe ressaltar, ainda, que após a remoção da floresta, as adubações efetuadas com o cultivo da cana-de-açúcar, também contribuiriam para a reserva química observada.

Este "status" químico, garantindo o crescimento vegetal, e, conseqüentemente, a boa incorporação de

material orgânico, possibilita um ciclo geoquímico capaz de estabilizar a matéria orgânica no perfil. Na realidade, parece ser o "balanço positivo" pela significativa e contínua entrada de material orgânico da floresta decídua e redução das perdas dos seus subprodutos, via redução da lixiviação durante a estação seca, e não a diminuição da taxa de decomposição desses materiais, que favorece este quadro, uma vez que a matéria orgânica encontra-se em alto grau de humificação.

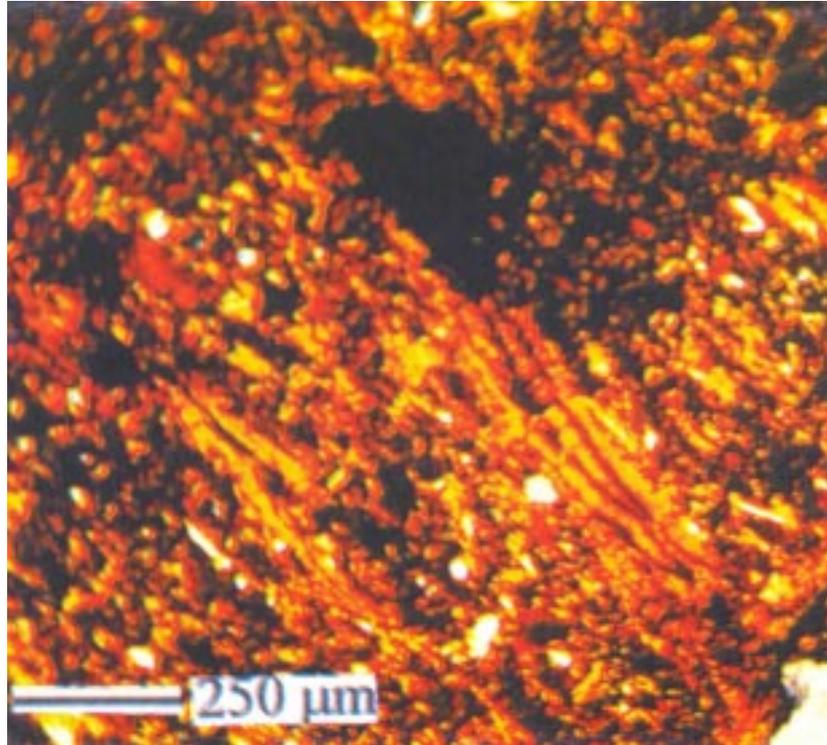
Quanto aos horizontes subsuperficiais, estão mais claros os mecanismos pelos quais os horizontes se formam, uma vez que o avanço da degradação dos primários e neoformação dos minerais argilosos determinam estádios característicos e o comportamento desses solos. Inicialmente, a alteração de biotita leva à formação de minerais interestratificados irregulares, envolvendo minerais do tipo 2:1 e 1:1, cujo transporte é impedido; tem-se, com isso, a formação de um horizonte B enriquecido em argila formada *in situ*. A continuidade da pedogênese (alteração dos interestratificados e feldspatos) favorece a formação de minerais mais estáveis (caulinitização), havendo movimentação da fração mais fina, o que leva à formação do horizonte B iluvial, mas que também deve sua formação à alteração *in situ* de biotita, feldspato e hornblenda.

A formação dos solos estudados parece resultar da interação de vários fatores. Um fato relevante está ligado ao material de origem que tem uma visível variação mineralógica quantitativa dentro da pequena área estudada (feição evidenciada pela descrição micromorfológica). Outro aspecto importante é a inserção da área de amostragem numa região de atividade tectônica, o que lhe confere zonas de falhamentos e dobramentos. O papel que estruturas geológicas como estas podem desempenhar na evolução dos solos é exemplificado na atitude de foliação das rochas gnáissicas, uma vez que esta determina a taxa de infiltração da água e, por conseguinte, a intensidade do intemperismo.

O relevo também constitui um fator a ser considerado na análise das diferenças verificadas entre os solos analisados. A intensidade de convexidade dos morros amostrados determina a suscetibilidade à erosão e, portanto, a taxa de formação dos solos. O Podzólico, apesar de estar no terço médio da encosta, semelhantemente ao Solo Litólico, encontra-se numa vertente mais suave, o que lhe garante maior estabilidade ante à dissecação.

## CONCLUSÕES

1. É possível que os horizontes superficiais tenham sua formação ligada a interações do clima e vegetação, haja vista que, apesar das condições tropicais úmidas, esses solos se mantêm com uma



**Figura 8. Micrografia do horizonte Bt do Podzólico Vermelho-Amarelo. Aspecto da iluviação com o padrão de extinção típico da argila límpida (iluvial).**

boa reserva química, provavelmente, graças à ocorrência de uma estação mais seca, que provoca a queda das folhas e reduz a lixiviação de bases, conferindo significativa incorporação do material orgânico, o qual se decompõe e permanece bastante humificado no perfil. A ocorrência de mica nesses horizontes parece ligada ao refreamento do intemperismo pelo equilíbrio da solução do solo rica em bases (garantida pela matéria orgânica) com as partículas sólidas minerais.

2. Os horizontes subsuperficiais, por sua vez, são caracterizados, inicialmente, por um processo de formação de argila *in situ*, sendo compostos de minerais interestratificados irregulares, cujo transporte é impedido pela não-individualização das fases. Com a continuidade da pedogênese (alteração dos interestratificados e feldspatos), tais horizontes são dominados por minerais mais estáveis (caulinitização), havendo movimentação da fração mais fina, o que leva à formação do horizonte B<sub>t</sub>, onde ocorre iluviação e formação de argila *in situ*.

3. Fatores como variação quantitativa (visível ao microscópio petrográfico) da mineralogia e comportamento estrutural do material de origem, bem como o relevo, parecem controlar a formação e evolução dos solos estudados.

## LITERATURA CITADA

- BARBOSA, A.G. Programa levantamentos geológicos básicos do Brasil: carta geológica, carta metalogenético/previsional (folha SB.25-Y-C-V Limoeiro) estado de Pernambuco. Brasília, DNPM/CPRM, 1990. 101p.
- BIRKELAND, P.W. Pedology, weathering and geomorphological research. New York : Oxford University Press, 1974. 285p.
- BREWER, R. Fabric and mineral analysis of soils. New York, Robert E. Krieger, 1976. 482p.
- BULLOCK, P.; FERDOROFF, N.; JONGERIUS, A.; STOOPS, G. & TURSINA, T. Handbook for soil thin section description. Albrington, Waine Research, 1985. 152p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA- EMBRAPA. Serviço Nacional de levantamento e conservação do solo. Manual de métodos de análise de solos. Rio de Janeiro, 1979. Não paginado.
- JACKSON, M.L. Soil chemical analysis: a advanced course. Madison, University of Wisconsin, 1975. 895p.
- JACOMINE, P.K.T.; CAVALCANTI, A.C.; BURGOS, N.; PESSOA, S.C.P. & SILVEIRA, C.O. Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do estado de Pernambuco. Recife, DNPEA, Divisão de Pesquisa Pedológica; SUDENE/DRN, 1973. v.1, 358p. (Boletim Técnico, 26 - Série Pedologia, 14)

- LEMOS, R.C. & SANTOS, R.D. Manual de descrição e coleta de solo no campo. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1996. 84p.
- MURPHY, C.P. Thin section preparation of soils and sediments. Berkhamsted: A.B. Academic Publishers, 1986. 149p.
- NETTLETON, W.D.; NELSON, R.E. & FLACH. Formation of mica in surface horizons of dryland soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 37: 473-478, 1973.
- SHELDRIK, B.H., ed. Analytical methods manual. Ottawa, Research Branch Agriculture Canada, 1984a. Section 84-011, p.11/1-11/3.
- SHELDRIK, B.H., ed. Analytical methods manual. Ottawa, Research Branch Agriculture Canada, 1984b. Section 84-010, p.10/1-10/3.
- SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE-SUDENE. Dados pluviométricos mensais do Nordeste, estado de Pernambuco. Recife, 1990. 363p. (Pluviometria, 6)