

quando de insetos e doenças, a aplicação de fertilizante nitrogenado de 15 a 120 kg N/ha, não aumentou a produção de grãos de feijão. Apesar disso, o feijoeiro absorveu o nitrogênio do fertilizante. A absorção de nitrogênio aumentou com as doses crescentes do fertilizante nitrogenado. Quando aplicado antes ou durante o florescimento, a utilização de nitrogênio foi maior do que quando aplicado na semeadura. O coeficiente de utilização do nitrogênio variou entre 11,24% e 35,7%.

Não houve efeito da inoculação no peso e no número de nódulos, com a dose de 120 kg N/ha.

AGRADECIMENTOS

São devidos a CNEN e IAEA pelo auxílio concedido para a realização deste experimento, a Seção de Espectrometria de Massa e Dr. Carlos C. Cerri pela sua cooperação, aos Srs. Osmar Ferraz de Paula, João O. Salvador, Marileuza A. Bassi e Alcides de Araújo pelos serviços de análises e trabalhos de campo.

LITERATURA CITADA

BREMNER, J. M. — Total nitrogen. In: Black, C. A., ed. *Methods of soil analysis*. Part 2. Agronomy 9: 1149-1277, 1965.

GALLO, J. R. & MIYASAKA, S. — Composição Química do feijoeiro e absorção de elementos nutritivos do florescimento à maturação. *Bragantia*: 20: 867-884, 1961.

HANWAY, J. J. — Corn growth and composition in relation to soil fertility. II. Uptake of N, P and K and

their distribution in different plant parts during the growing season. *Agron. J.* 54: 217-222, 1962.

HARDY, R. W. E.; HOLSTEN, D. D.; JAKSON, E. K. & BURNS, R. C. — The acetylene reduction assay for N₂ fixation: laboratory and field evaluation. *Plant Physiol.* 43: 1185-1207, 1968.

JACKSON, M. L. — Soil chemical analysis. Advanced course. Publicado pelo autor. Department of Soil Science. Univ. of Wisconsin, Madison, Wis., 1958. p. 50-51.

KORNELIUS, E.; SOBRAL, L. F.; GOMES, J. de C. & RODRIGUES, E. M. — Efeito de doses e épocas de aplicação de nitrogênio na produção de feijão. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 15., Campinas, 1975. Anais. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1976. p. 225-228.

MASCARENHAS, H. A. A.; MIYASAKA, S.; IGUE, T.; VEIGA, A. A. & ALVES, S. — Influência das formas de fertilizantes nitrogenados e suas épocas de aplicação na cultura do feijoeiro. *Bragantia* 25: XLI-XLII, 1966.

MASCARENHAS, H. A. A.; ALMEIDA, L. D'A. & MIYASAKA, S. — Adubação mineral do feijoeiro. XII. Efeitos da calagem, do nitrogênio e do fósforo em solo latossolo vermelho amarelo do Vale do Ribeira. *Bragantia* 28(7): 71-84, 1969.

MIYASAKA, S.; FREIRE, E. S. & MASCARENHAS, H. A. A. — Modo e época de aplicação de nitrogênio na cultura do feijoeiro. *Bragantia* 22(40): 511-519, 1963.

OMETTO, J. C. — Uma equação para a estimativa de evapotranspiração potencial. Sua aplicação no cálculo das necessidades hídricas e do rendimento agro-industrial da cana-de-açúcar na região de Piracicaba. Tese Docência Livre. E. S. A. «Luiz de Queiroz», Piracicaba, SP, 1974. 129 p.

PONS, A. L. & GOEPFERT, C. F. — Efeito da adubação nitrogenada em feijoeiro. I. Solo Camaquã. *Agron. Sulriograndense* 11(2): 259-266, 1975.

PONS, A. L.; GOEPFERT, C. F. & OLIVEIRA, F. C. — Efeito da adubação nitrogenada em feijoeiro. II. Solo Vila. *Agron. Sulriograndense* 12(2): 201-206, 1976.

PROKSCH, G. — Routine analysis of ¹⁵N in plant material by mass-spectrometry. *Plant. & Soil* 31: 380-384, 1969.

COMISSÃO V — GÊNESE, MORFOLOGIA E CLASSIFICAÇÃO DO SOLO

OS PRODUTOS FERRUGINOSOS QUE DETERMINAM A COR DOS LATOSSOLOS DA BAHIA¹

B. VOLKOFF²

RESUMO

A cor dos latossolos (Oxisols ou «solos ferralíticos» ou Ferralsols) varia de amarelo a vermelho escuro. A cor amarela é diretamente associada à presença de goethita, independentemente da quantidade.

A cor torna-se vermelha quando no perfil aparece a hematita, sobretudo quando esta se encontra sob a forma de cristais muito pequenos ou imperfeitamente formados. A cor dos latossolos depende diretamente da natureza e da cristalinidade dos produtos ferruginos presentes e não das quantidades de ferro. Assim sendo, o teor em ferro total ou livre de um solo não pode ser usado como critério de identificação para os latossolos vermelhos e amarelos.

(1) Recebido para publicação em maio de 1977 e aprovado em outubro de 1977.

(2) Missão ORSTOM — Laboratório de Pedologia — Instituto de Geociências da UFBA, Salvador. Endereço atual: Instituto de Geociências da USP — São Paulo, SP.

O. R. S. T. O. M.
R. bras. Ci. Solo 2: 55-59, 1978
Collection de Référence
n° 9351 23 OCT. 1978
Pedo.

SUMMARY: FERRUGINOUS COMPOUNDS RELATED TO LATOSOL COLORS IN BAHIA, BRAZIL

The color of latosols (Oxisols or ferralitic soils or Ferralsols) range from yellow to dark red. The yellow color is related to the presence of goethite, irrespective of the amount of iron.

The color turns to red when hematite appears in a profile, chiefly in the form of very little or imperfectly formed crystals. The latosols color seems to be directly connected with the nature and cristalinity of the ferruginous compounds, and not with the amount of iron. Thus, the content of total or free iron in the soil cannot be used as a criterion to identify red and yellow latosols.

INTRODUÇÃO

Nas áreas intertropicais, os solos, principalmente os latossolos, apresentam duas cores fundamentais, uma vermelha e outra amarela. Poderia se supor que os solos vermelhos fossem mais ricos em ferro que os solos amarelos, mas isto não é sempre verificado e as correlações tentadas tanto na África (Maignien, 1958) como no Brasil (Bennema, 1966) mostraram ser muito difícil estabelecer subdivisões dos latossolos segundo o critério baseado na relação Fe_2O_3/cor .

Estudos publicados (Decreane e Laruelle, 1955; Waegemans e Henry, 1954) ressaltam a influência da natureza dos produtos ferruginosos na cor do solo e os autores concordam em atribuir a cor amarela essencialmente à presença de goethita. A origem da cor vermelha é mais discutida; a cor vermelha poderia ser devida a hematita ou, o que é mais frequentemente aceito, a produtos ferruginosos amorfos que recobrem e mascaram a cor dos óxidos e hidróxidos de ferro cristalizados (Segalen, 1969).

Uma relação entre tipo de produtos ferruginosos e cor do solo foi evidenciada por Volkoff e Cesar (1977) nos latossolos da Bahia. No presente trabalho tentou-se a partir de exemplos até certo ponto extremos, determinar com mais precisão o modo pelo qual o ferro interfere na cor destes solos.

MATERIAL E MÉTODOS

A fim de atingir os objetivos propostos foram selecionados e analisados quatro perfis de latossolos, não concrecionários usando critérios de cor do horizonte B. Foram estudados os seguintes solos: (a) Latossolo Vermelho Escuro eutrófico, A fraco, textura média, fase caatinga hipoxerófila, relevo plano — Município de Paramirim (perfil PAR); (b) Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, A moderado, textura argilosa, fase campo altimontano, relevo plano e suave ondulado — Município de Barra da Estiva (perfil BAR); (c) Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, A moderado, textura argilosa ou muito argilosa, fase campo altimontano, relevo plano e suave ondulado — Município de Valença (perfil VAL); (d) Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, A moderado, textura argilosa, fase floresta subcaducifolia (mata de cipó), relevo plano — Município de Vitória da Conquista (perfil VIT).

As cores do horizonte B₂, úmido são: perfil — PAR: 2,54YR3/4; BAR: 5YR4/8; VAL: 7,5YR5/6; VIT: 10YR5/6.

Segundo a classificação francesa dos solos (França, CPCS, 1967) são todos solos da classe Ferralítica, sendo os dois primeiros pertencentes aos sub-grupos modais e os

dois últimos aos sub-grupos amarelos. Segundo a legenda dos solos elaborada pela FAO-UNESCO (1971) o perfil PAR seria um Ferralsol ródico, o perfil BAR um Ferralsol órtico, enquanto que os VAL e VIT poderiam ser considerados como Ferralsols xânticos.

Para os horizontes B₂ de todos os perfis foram feitas as seguintes determinações químicas: (a) ferro total, por extração com HCl concentrado a quente (Dabin, 1966); (b) ferro extraível (ferro livre) usando a técnica de De Endredy (Segalen, 190) através de ataque com mistura ácido oxálico-oxalato de amônio a pH 3,5; (c) ferro amorfo pelo método cinético de Segalen (1968).

As formas cristalinas do ferro foram identificadas por análise térmica diferencial e por difratometria de raios X, sendo as amostras estudadas sob sua forma natural, deferrificada (após extração do ferro livre pela técnica de De Endredy) e depois de um ataque com soda a quente destinado a eliminar a gibbsita.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

1. **Cor e teor em ferro.** Examinando os resultados apresentados no quadro 1, percebe-se que não existe relação entre a cor e os teores em ferro total e em ferro livre; o solo mais vermelho não é o solo mais rico em ferro, também o mais amarelo não é o mais pobre em ferro.

Quadro 1 — Cor, teores em ferro total, em ferro livre e em argila e natureza dos óxidos de ferro de 4 latossolos da Bahia.

PERFIL	PAR	BAR	VAL	VIT
Cor	2,5YR	5YR	7,5YR	10YR
Fe ₂ O ₃ total (%)	7,7	9,4	12,4	7,5
Fe ₂ O ₃ livre (%)	8,1	8,6	13,4	5,8
100 Fe ₂ O ₃ livre/Fe ₂ O ₃ total	93	91	93	77
Argila (%)	20	60	60	50
Gibbsita	—	++	tr	—
Goethita	—	++	++	++
Hematita	++	+	—	—
Ferro amorfo	—	tr	tr	tr

—, não detectado; tr, traços; +, pouco; ++, regular.

Pode-se supor que nos latossolos todo o ferro, especialmente o ferro livre, esteja associado à argila (o que, segundo Nalovic e Humbel, 1971, nem sempre é verificado) e que quanto mais rico em ferro for a argila mais vermelho será o solo. Constata-se que apesar do perfil PAR, o mais vermelho, possuir a argila mais rica em ferro e o VIT, o mais amarelo, a argila mais pobre, a regra não se verifica considerando os perfis VAL e BAR; neste caso, com iguais teores em

argila, o perfil vermelho (BAR) é mais pobre em ferro do que o amarelo (VAL).

Em vista desses resultados, pode-se dizer que nem o teor de ferro total ou o de ferro livre, são diretamente correlacionados à cor do solo. Os latossolos de cor amarela podem apresentar teores em ferro bastante elevados e os de cor vermelha nem sempre são os mais ricos em ferro.

2. Cor e natureza mineralógica dos produtos ferruginosos. De um modo geral, nos solos o ferro encontra-se incluído nos vários minerais (minerais primários e certas argilas) e sob forma de óxidos e hidróxidos de ferro. São minerais residuais e produtos de formação secundária, estes últimos sendo os mais representados. É a goethita que ocorre com a maior frequência. Ela pode ser associada a quantidades variáveis, mas geralmente pequenas, de hematita e de óxidos e hidróxidos de ferro amorfos (Volkoff e Cesar, 1977).

As curvas térmicas (fig. 1) colocam em evidência através da reação endotérmica a 400°C, a qual persiste mesmo depois do ataque com soda e desaparece após deferrificação, a presença de goethita nos perfis BAR, VAL e VIT. O perfil PAR é isento de goethita.

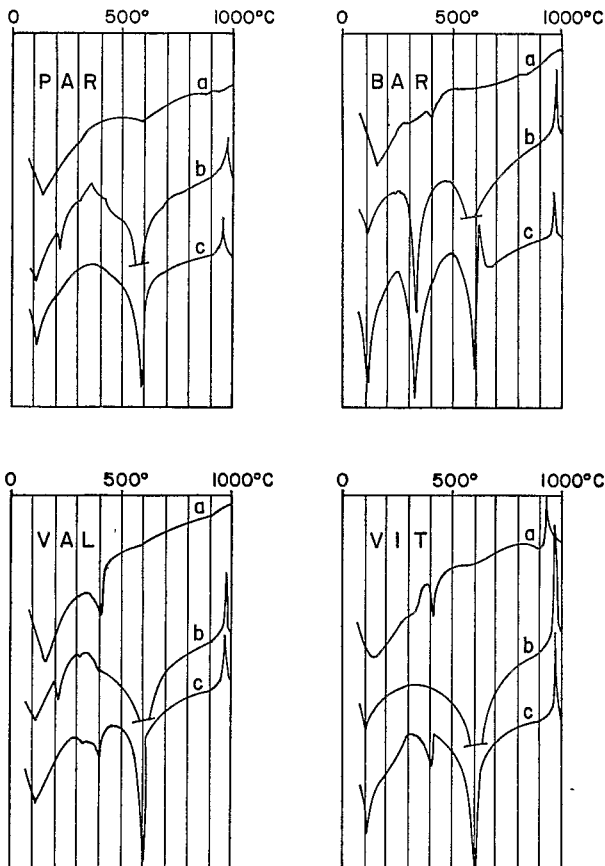


Figura 1 — Curvas de ATD em amostras de horizontes B2 de 4 perfis de latossolos da Bahia: (a) tratadas com soda; (b) deferrificadas; (c) normais.

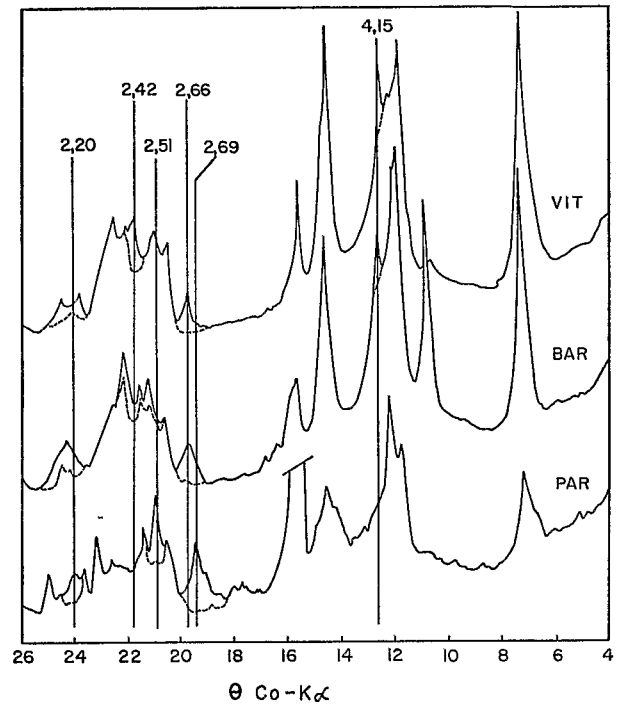


Figura 2 — Difratogramas de Raios X de amostras de horizontes B2 de 3 perfis de latossolos da Bahia. (As linhas tracejadas indicam as modificações depois da deferrificação).

Os difratogramas de raios X confirmam, pelos picos a 4,15, 2,66 e 2,42 Å que desaparecem após a deferrificação (Fig. 2), a presença de goethita nos três perfis VIT, BAR e VAL (o perfil VAL não apresentado na figura 2 é idêntico ao VIT); trata-se de uma goethita aluminosa comum à maioria dos latossolos da Bahia. (Volkoff e Cesar, 1977). No perfil PAR o difratograma de raios X indica a presença de hematita, identificada por seus picos 2,69, 2,51 e 2,20 Å. No perfil BAR nota-se um alargamento do pico 2,66 que se transforma em uma faixa entre 2,66 e 2,69 Å; tal fato sugere a existência de hematita associada à goethita.

Os minerais ferruginosos cristalizados, identificados nos perfis analisados, são os seguintes: *goethita* nos perfis VIT e VAL que apresentam cor amarela, *hematita* no perfil PAR que é de cor vermelha escura e *goethita* e *hematita* no perfil BAR de cor vermelha.

Aparece assim uma perfeita correlação entre a cor e a natureza do produto ferruginoso presente: a goethita é responsável pela cor amarela, enquanto que a hematita colore o solo de vermelho. Isto está de pleno acordo com as idéias clássicas a respeito da cor dos solos tropicais (Decraene e Lazuelle, 1955; Waegemans e Henry, 1954).

Tal interpretação é entretanto discutida por vários autores, como Segalen (1969), Soileau e

McCracken (1967), que mostram não ser tanto a hematita, mas sim os produtos ferruginosos amorfos, os verdadeiros responsáveis pela coloração vermelha apresentada pelos solos.

Nos solos estudados a quantidade de ferro amorfo determinada por via gráfica a partir das curvas de dissolução pelo ácido clorídrico (Fig. 3) é muito pequena, menos de 0,25% de Fe_2O_3 qualquer que seja o perfil. Tais quantidades poderiam de fato interferir na cor do solo, mas por serem encontradas tanto nos solos vermelhos como nos solos amarelos, é difícil atribuir-lhes um real efeito.

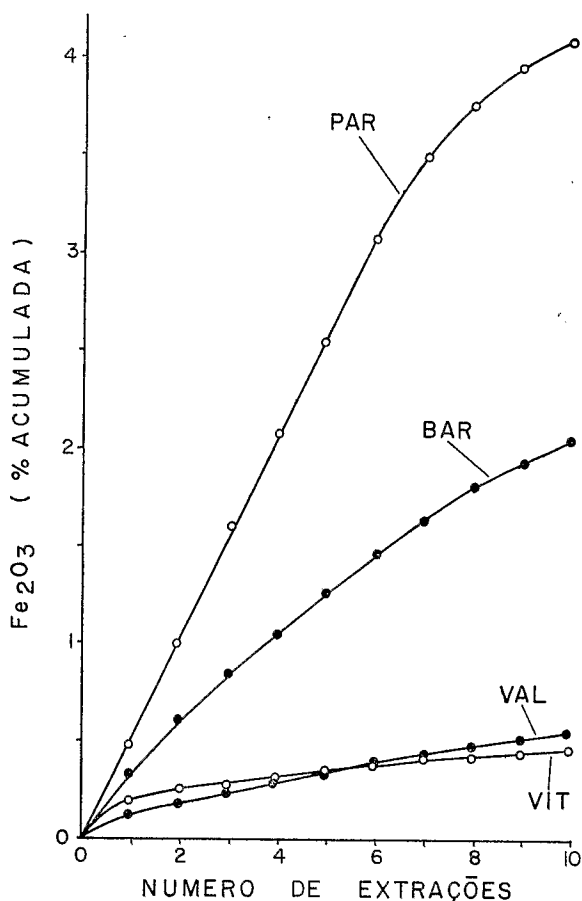


Figura 3 — Curvas cumulativas de dissolução do ferro por sucessivos tratamentos com HCl 4N nos horizontes B2 de 4 latossolos da Bahia.

Pelas curvas, constata-se por outro lado que a cinética da dissolução do ferro não é a mesma nos quatro perfis. Em todos os perfis a dissolução é linear entre a primeira, ou a terceira no perfil BAR, e aproximadamente a oitava extração, o que indica que nos quatro perfis o ferro dissolvido nesta etapa encontra-se sob forma cristalizada. Entretanto a dissolução deste ferro é lenta nos perfis VAL e VIT (amarelos) e muito mais rápida no perfil PAR (vermelho escuro), sendo o perfil BAR (vermelho) um caso intermediário. Existe portanto uma forma de ferro

cristalizado de dissolução tanto mais rápida quanto mais vermelho for o solo.

Após a oitava extração a inclinação das curvas referentes aos perfis VAL e VIT não parece se modificar, mas a dos perfis BAR e sobretudo a do perfil PAR se torna mais horizontal; isto mostra que nos dois últimos perfis existe também uma forma de ferro cuja dissolução é lenta. Os dois perfis contêm hematita; no PAR este é o único mineral ferruginoso identificado; em ausência de óxidos e hidróxidos amorfos, a forma cristalina de dissolução rápida deve estar relacionada a uma hematita criptocristalina, enquanto que a outra, a forma de dissolução mais lenta, corresponderia a uma hematita melhor cristalizada ou melhor formada. No perfil BAR, que apresenta goethita e hematita, o ferro de dissolução rápida corresponderia a hematita criptocristalina ou ainda imperfeitamente cristalizada e o ferro de dissolução lenta, a goethita (Volkoff e Cesar, 1977).

A cor vermelho pode estar portanto correlacionada a existência de ferro rapidamente solubilizado pelo ácido clorídrico e presente no solo sob forma de hematita criptocristalina. Tais conclusões são comprovadas pelo estudo da evolução da cor no decorrer de deferrificação. Como indicam os resultados do quadro 2 a eliminação do ferro de dissolução rápida, provavelmente hematita criptocristalina, determina uma diminuição da intensidade da cor vermelha.

Quadro 2 — Cor de amostras secas trituradas a 0,177mm dos horizontes B2 de 4 perfis de latossolos da Bahia, antes e depois de 10 extrações de ferro com HCl 4N.

PERFIL	COR «MUNSELL»	
	INICIAL	FINAL
PAR	2,5YR 3/6	5YR 5/8
BAR	5YR 5/8	5YR 4/6
VAL	7,5YR 5/8	7,5YR 5/8
VIT	10YR 5/6	10YR 6/6

Não é apenas por conter hematita que os solos apresentam perfis vermelhos. A cor é vermelha porque a hematita, ou pelo menos parte dela, encontra-se num estado muito fino. É sob esta forma que ela interfere na cor dos solos.

No estudo da cinética de dissolução do ferro, tal hematita, muito facilmente solúvel, pode aparecer como um produto amorfo (Quantin e Lamouroux, 1974) se para sua identificação for usado um reagente de extração forte como por exemplo HCl 8N no lugar de HCl 4N aqui utilizado. Isto explicaria as conclusões às quais chegaram os autores anteriormente mencionados.

CONCLUSÕES

Nos latossolos da Bahia a cor amarela está ligada à presença de goethita, enquanto que a cor vermelha é determinada por um produto vermelho constituído de finos cristaltos de hematita, exatamente como nos solos fersialíticos do Líbano (Lamouroux, 1972) ou nos solos podzólicos da Austrália (Davey *et alii*, 1975). O teor de ferro em si, é de pouca importância. Também a natureza dos óxidos ferruginosos presentes não determina completamente a cor. Esta é em grande parte ligada ao estado de divisão ou de cristalização da hematita.

LITERATURA CITADA

- AUBERT, G. & SEGALLEN, P. — Projet de Classification des sols ferrallitiques, Cah. ORSTOM, sér. Pédol., 4 : 97-112, 1966.
- BENNEMA, J. — Classification of Brazilian soils, report to the Government of Brazil, UNDP project, FAO report n.º 2197, 1966, 83 p.
- DABIN, B. — Application des dosages automatiques à l'analyse des sols: 2 partie. Cah. ORSTOM, sér. Péd., 4 : 77-103, 1966.
- DAVEY, B. G.; RUSSEL, J. D. & WILSON, M. J. — Iron oxide and clay minerals and their relation to colours of red and yellow podzolic soils near Sydney. Geoderma, 14 : 125-138, 1975.
- DECRAENE, A. & LARUELLE, P. — Genese et alteration des latossolos equatoriaux et tropicaux humides. Bull. Agric. Congo Belge, XLVI: 1113-1243, 1955.
- FAO-UNESCO — Mapa mundial de suelos. Volume IV: America del Sul. UNESCO — Paris, 1971. 193 p.
- FRANÇA, C. P. C. S. — Classification des sols. Laboratoire de Géologie — Pedologie de l'E. N. S. A. de Grignon. França, 96 p., 1967.
- LAMOUREUX, M. — Étude des sols formés sur roches carbonatées; pédogenese fersialitique au Liban. Paris, Mém. ORSTOM, 1972, 266 p.
- MAIGNIEN, R. — Le cuirassement des sols en Guinée. Mém. Serv. Carte Geol. Als. Lorr. n.º 16. Strasbourg, 1958. 239 p.
- NALOVIC, Lj. & HUMBEL, F. X. — Contribution à l'étude de la localisation des différentes formes de composés du fer au sein de quelques sols du Cameroun. Cah. ORSTOM, sér. Pédol., 9 : 271-306, 1971.
- QUANTIN, P. & LAMOUREUX, M. — Adaptation de la méthode cinétique de Segalen à la détermination des constituants minéraux de sols variés. Cah. ORSTOM, sér. Pédol., 12 : 13-46, 1974.
- SEGALEN, P. — Note sur la détermination des produits minéraux amorphes dans certains sols à hydroxydes tropicaux. Cah. ORSTOM, sér. Pédol., 6 : 105-126, 1968.
- SEGALEN, P. — Contribution à la connaissance de la couleur des sols à sesquioxydes de la zone intertropicale: sols jaunes et sols rouges — Cah. ORSTOM, sér. pédol., 7 : 225-236, 1969.
- SEGALEN, P. — Extraction du fer libre à sesquioxydes par la méthode de de Bredy par irradiation à l'ultra-violet de solutions oxaliques. Cah. ORSTOM, sér. Pédol., 8 : 483-496, 1970.
- SOILEAU, J. M. & McCracken, R. J. — Free iron and coloration in certain well-drained coastal plain soils in relation to their properties and classification. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 31 : 248-255, 1967.
- VOLKOFF, B. & CESAR, V. — O ferro nos latossolos do Estado da Bahia, R. bras. Ci. Solo. 1 : 85-92, 1977.
- WAEGEMANS, G. & HENRY, S. — La couleur des latossolos en relation avec leurs oxydes de fer. In: Congr. Int. Sci. Soil., 5 Leopoldville, II. 384-389, 1954.

NATUREZA DO HUMUS NOS LATOSSOLOS DISTROFICOS DA BAHIA¹

B. VOLKOFF², J. M. FLEXOR³, L. SANTA ISABEL⁴ & M. SANTA ISABEL³

RESUMO

Analisando-se os dados do fracionamento físico-químico e a distribuição dos isótopos ¹³C e ¹⁴C no humus dos latossolos distróficos da Bahia, constatou-se que existem famílias de substâncias húmicas distintas tanto quanto a sua origem como ao seu modo de evolução. Uma família reúne frações muito transitórias como os ácidos húmicos e a humina herdada. Uma outra comporta frações, como os ácidos fúlvicos livres e a humina de precipitação, apresentando uma relativa resistência a biodegradação.

SUMMARY: THE NATURE OF THE HUMUS OF DISTROPHIC LATOSOLS FROM BAHIA, BRAZIL.

In the humus of dystrophic latosols from Bahia, Brazil, different families of humic components were identified by the analyses of the distribution of isotopes ¹³C and ¹⁴C related to results of the physico-chemical fractionning. These components differ in their origin and evolution pattern. One of the families includes much more transitory fractions such as humic acids and inherited humin. Another one contains fractions such as free fulvic acids and precipitated humin that are relatively more resistant to biodegradation.

(1) Trabalho apresentado no XVI Congresso Brasileiro de Ciências do Solo em São Luis — MA, 11/16 de julho de 1977. Recebido para publicação em maio de 1977 e aprovado em novembro de 1977.

(2) Missão ORSTOM, França — Instituto de Geociências da

UFBA, Salvador, BA. Endereço atual: Instituto de Geociências da USP, São Paulo.

(3) Laboratório de Física Nuclear Aplicada, Instituto de Física da UFBA, Salvador, BA.

(4) Laboratório de Pedologia, Instituto de Geociências da UFBA, Salvador, BA.