

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE ÓXIDOS DE FERRO MAGNÉTICOS OCORRENTES EM UM PERFIL DE SOLO DESENVOLVIDO SOBRE TUFITO, NA REGIÃO DO ALTO PARANAÍBA, MUNICÍPIO DE PATOS DE MINAS

Aécio da Fonseca(IC)¹, Maraisa Soares de Araújo(IC)¹, Aline Alexandrina Gomes(IC)¹, Antonio Taranto Goulart(PQ)^{1*} & Fernando Dias da Silva(PQ)¹

Resumo: Amostras de solo magnético, coletadas em um perfil desenvolvido sobre tufito, ocorrente no campus do Centro Universitário de Patos de Minas, foram analisadas para Fe, Al, Cr, Ti, Ca e Mg nas porções magnéticas das frações silte e areia das mesmas. As amostras foram coletadas desde a superfície até a profundidade de doze (12) metros. Observou-se que altos teores de material magnético nas frações silte e areia eram acompanhados de altos teores de ferro, indicando tratar-se de magnetitas/maghemitas os materiais magnéticos ocorrentes no perfil. Observa-se ainda a presença de Al, Ca, Mg, Cr e Ti nas frações magnéticas. Como estes elementos são diamagnéticos, suas presenças se devem a substituições isomórficas nas magnetitas/maghemitas. Tanto os teores de ferro, como dos demais elementos substituintes, mantêm-se praticamente constante ao longo de todo o perfil, o que indica a alta estabilidade destes óxidos magnéticos.

PALAVRAS-CHAVE Óxidos de Ferro. Magnetitas/Maghemitas. Tufitos. Substituições Isomórficas.

Abstract: Soils magnetic samples was collected in a profile developed in tuffite rock occurring in the campus of the Centro Universitário de Patos de Minas. This samples was decomposed in granulometric fractions silt and sand. Sand and silt were separated in magnetic and no magnetic fraction. The magnetic fractions was analysed by iron, aluminium, calcium, magnesium, chromium and titanium. The high contents of magnetics fraction were related with high contents of iron, indicating what are magnetite/maghemite

¹ Graduandos em Química pelo Centro Universitário Patos de Minas/FaFIPA..

*Professor do Centro Universitário de Patos de Minas e orientador da pesquisa: tarantomg@uai.com.br

the iron oxides present in this magnetic fraction. Al, Ca, Mg, Cr e Ti were presents in this magnetic fraction, but this are diamagnetic materials, their origin are the isomorphous substitution in magnetic fraction. Iron and other elements contents are constant in the profile, indicating the high stability of magnetic iron oxides.

Key-words: Magnetic Soils. Magnetite/Maghemite. Isomorphous Substitution.

1 INTRODUÇÃO

Solos são resultantes das transformações sofridas pelas rochas. Os agentes que atuam sobre as rochas têm diferentes origens e são denominados agentes de intemperismo, que constitui o conjunto de processos operantes na superfície terrestre, ocasionando a decomposição dos minerais das rochas, graças à ação de agentes físicos, químicos e biológicos. Sua ação consiste na degradação da rocha matriz com a conseqüente formação do solo.

Durante o intemperismo (principalmente físico), ocorrem mudanças nos tamanhos das partículas do solo. Entre as diversas frações granulométricas de um solo, as areias, os siltes e as argilas apresentam maiores interesses analíticos.

A fração areia é constituída por partículas cujos diâmetros variam entre 0,05 e 2mm predominando minerais primários remanescentes das rochas. Esses minerais são resultantes da consolidação do magma (CURI, et al., 1993, p. 57). A fração silte é constituída por partículas cujo diâmetro varia entre 0,002 e 0.05mm, e encerra não só minerais primários – aqueles oriundos diretamente da rocha mãe – como também minerais secundários que são resultantes das transformações intempéricas dos minerais primários.

No Brasi, predominam solos tropicais, dos quais os de caráter magnético ocupam 5% do território. Isso é um incentivo para estudos de solos desse tipo nas regiões, como a do Alto Paranaíba. Outro fator relevante é o fato de solos com alto teor magnético terem alto potencial agrícola. (cf. RESENDE et al., 1986 *apud* da SILVA, 2003, p. 12).

Tufitos são rochas resultantes da compactação e da cimentação de materiais piroclásticos (cinzas e poeiras vulcânicas), classificadas como rochas ígneas extrusivas. São rochas friáveis e porosas, características que podem levá-las a produzir espessos mantos de intemperismo, segundo Carmo et al., 1984; Resende et al., 1986(*apud* da

SILVA, 2003, p.1). O material piroclástico, ao ser ejetado do vulcão, pode ser conduzido por correntes de ar a diferentes distâncias, dependendo da granulometria das partículas e da intensidade da corrente eólica. Aquelas menores e mais leves depositam-se em locais mais afastados do cone vulcânico. Logo, tufos de uma mesma região e, em consequência, os solos derivados podem apresentar, vertical e horizontalmente, diferentes composições químicas e mineralógicas. Johannsen (*apud* da SILVA, 2003, p. 1).

Os tufitos da região de Patos de Minas são rochas máficas, que se mostram química e mineralogicamente semelhantes aos melteigitos, tendo em sua composição os minerais nefelina, piroxênio sódico, apatita, granada, titanita, perowskita e magnetita. Barbosa et al., 1970 (*apud* da SILVA, 2003, p.3). Rochas com tal composição, quando submetidas ao intemperismo, liberam grandes quantidades de ferro para o ambiente, segundo Graham et al, (*apud* da SILVA, 2003, p.3) e, sob condições tropicais, tendem a produzir latossolos de tonalidades avermelhadas escuras, com forte caráter magnético (tipo comum no Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba), devido à magnetita.

Os solos derivados de tufito da região do Alto Paranaíba, em Minas Gerais, têm espinélio de ferro excepcionalmente ricos em magnésio e titânio, com teores de MgO aproximadamente da ordem dos teores de TiO_2 , entre 8 a 10 dag kg^{-1} , Fabris et al., 1994; Fabris et al., 1995 (*apud* da SILVA, 2003, p. 2).

O presente trabalho teve como objetivo identificar os componentes das frações areia e silte das amostras de solos coletados num perfil desenvolvido no *Campus* do Centro Universitário de Patos de Minas. Serão analisados os teores de Fe, Al, Ti, Ca, Mg e Cr ocorrentes nas frações magnéticas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram coletadas amostras de um perfil de solo desenvolvido sobre tufito, ocorrente no *campus* do Centro Universitário de Patos de Minas, nas profundidades 0-0,3 m, 0,3- 0,6 m, 1,0 m, 2,0 m, 3,0 m, 4,0 m, 5,0 m, 6,0 m, 8,0 m, 9,0 m, 10,0 m, 11,0 m e 12,0 m, denominadas AM 1, AM 2, AM 3, AM 4, AM 5, AM 6, AM 7, AM 8, AM 9, AM 10, AM 11, AM 12 E AM 13, respectivamente. As amostras foram desagregadas manualmente, secas ao ar e, então, passadas em peneira de 2 mm de malha, obtendo-se a fração identificadas como Terra Fina Seca ao Ar (TFSA) .

Para a análise granulométrica das amostras, pesaram-se 50g da TFSA de cada uma, adicionaram-se cerca de 100 mL de água e as desagregou-se com a utilização de um liquidificador, agitando a suspensão por um intervalo de tempo de 1 (um) minuto. Transferiu-se a suspensão para uma proveta de 1L, adicionaram-se 20 mL de solução de $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 1:1 e completou-se o volume com água destilada. Após 3 horas, retiraram-se, a 5 cm de profundidade, 50 mL de suspensão, que foi seca ao ar em cápsula de porcelana previamente tarada. A massa do resíduo seco permitiu a caracterização percentual de argila. O restante da suspensão foi passado em peneira de 0,05 mm de malha que reteve fração areia, que foi seca ao ar e pesada, caracterizando a porcentagem de areia na amostra. A caracterização do silte foi feita por diferença entre a massa total pesada e as massas de areia e argila.

Para a realização das análises químicas, porções de 300g da TFSA foram transferidas para peneira de 0,05 mm de malha e lavadas exaustivamente, até que as águas de lavagem se apresentassem límpidas, obtendo-se a fração areia. A fração silte, presente nas águas de lavagens, foi separada da fração argila por meio de sifonações sucessivas, usando como dispersante solução de $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 1:1.

As frações areia e silte resultantes foram decompostas em porções magnéticas e não magnéticas. Para isso, porções das mesmas foram pesadas e transferidas para um béquer (250 mL), ao qual se adicionaram 100 mL de água destilada e uma barra magnética (peixinho). Com o auxílio de um agitador magnético, o sistema foi agitado por cerca de 15 minutos. Em seguida, o "peixinho" foi removido (com ajuda de um ímã de mão) e o material magnético agregado, lavado com jatos de água destilada e recolhido em placa de Petri. Repetiu-se a operação até que não se agregasse mais nenhum material magnético à barra magnética. O material magnético e não magnético foram secos ao ar e pesados.

O material magnético foi então solubilizado, utilizando-se cadinhos de teflon e mistura de ácidos, adicionou-se aos cadinhos de 0,100g, (com aproximação de 0,001g) das porções magnética, 10 mL de H_2SO_4 , 10 mL de HNO_3 e 10 mL de HCl concentrados. Os cadinhos foram levados a uma chapa aquecedora procedendo-se à evaporação das misturas ácidas. Durante o processo, foram acrescentadas porções de HCl e HNO_3 concentrados, até obter-se a abertura total das amostras.

As amostras abertas foram filtradas, separando-se os materiais insolúveis nos ácidos. Adicionaram-se aos filtrados 10 mL de HCl concentrado para evitar hidrólise e

então avolumou-se, em balões volumétricos de 100 mL. O papel de filtro utilizado foi calcinado e os resíduos, pesados, a fim de se quantificar o material insolúvel.

As porções magnéticas das frações areia e silte foram analisadas para os elementos ferro, alumínio, cálcio, magnésio, titânio e cromo.

O ferro foi dosado por oxidimetria, utilizando-se soluções padrão de dicromato de potássio (SKOOG and WEST, 1969, p.437) após tratamento com H_2SO_4 para a eliminação do excesso de HNO_3 utilizado nas aberturas.

Na dosagem do alumínio, foi empregada a técnica de complexometria com EDTA, após a precipitação e a separação do ferro como hidróxido de ferro III, dosando-se o excesso de EDTA com solução padronizadas de zinco (VOGEL, 2002, p.212).

Cálcio e magnésio foram dosados por titulometria direta com solução padrão de EDTA, (da SILVA F.C.et al. *Análises Químicas para Avaliação da Fertilidade do Solo*, 1999, p.93)

Para as dosagens do titânio e do cromo, foram utilizados métodos espectrofotométricos. Para o titânio, utilizou-se a espectrofotometria na região do visível, na dosagem do complexo formado pelo titânio com peróxido de hidrogênio, (JEFFERY and HUTCHISON, 1981, p.346), utilizando-se um espectrofotômetro digital UV-VI, Coleman 395-D, enquanto o cromo foi dosado por espectrofotometria de absorção atômica (JEFFERY and HUTCHISON, 1981, p.153), utilizando-se um espectrofotômetro de absorção atômica, Perkin-Elmer, 3300.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análise Granulométrica

A caracterização percentual de areia, argila e silte obtida pela análise granulométrica são mostradas na tabela 1 a seguir:

TAB. 1: Composição Granulométrica das Amostras de Solo Analisadas

Amostra (Profundidade/m)	Areia %	Silte %	Argila %
AM 1 (0 a 0,3)	19,3	54,2	26,5
AM 2 (0,3 a 0, 6)	20,1	42,2	37,7
AM 3 (1,0)	16,1	58,7	25,2
AM 4 (2 m)	16,5	46,5	37,0
AM 5 (3 m)	15,3	60,3	24,4
AM 6 (4 m)	16,2	59,7	24,1
AM 7 (5 m)	21,3	72,7	6,0
AM 8 (6 m)	14,6	79,3	6,1
AM 9 (8 m)	7,73	75,3	17,0
AM 10 (9m)	10,5	48,6	49,9
AM 11 (10m)	8,92	72,1	19,0
AM 12 (11m)	4,07	69,0	26,1
AM 13 (12m)	8.19	72,6	19,2

Os dados da tabela I foram locados no diagrama de fases mostrado na figura 1.

Observa-se que as amostras analisadas mostram-se, predominantemente, como Franco Argilosa (amostras AM-3, AM-6 a AM-10), ocorrendo uma tendência de concentração da fração argila na região do topo do horizonte B, transição com o A. No horizonte A, possivelmente em consequência de lixiviações, ocorre acumulação de uma fração mais grosseira que é a Franco Argilo-Siltoso, semelhante àquela presente na base do perfil estudado, consistente com o menor grau de intemperismo nesta região.

3.2 Composição magnética das frações silte e areia

Nas tabelas 2 e 3 são mostrados os teores de materiais magnéticos ocorrentes nas frações silte e areia.

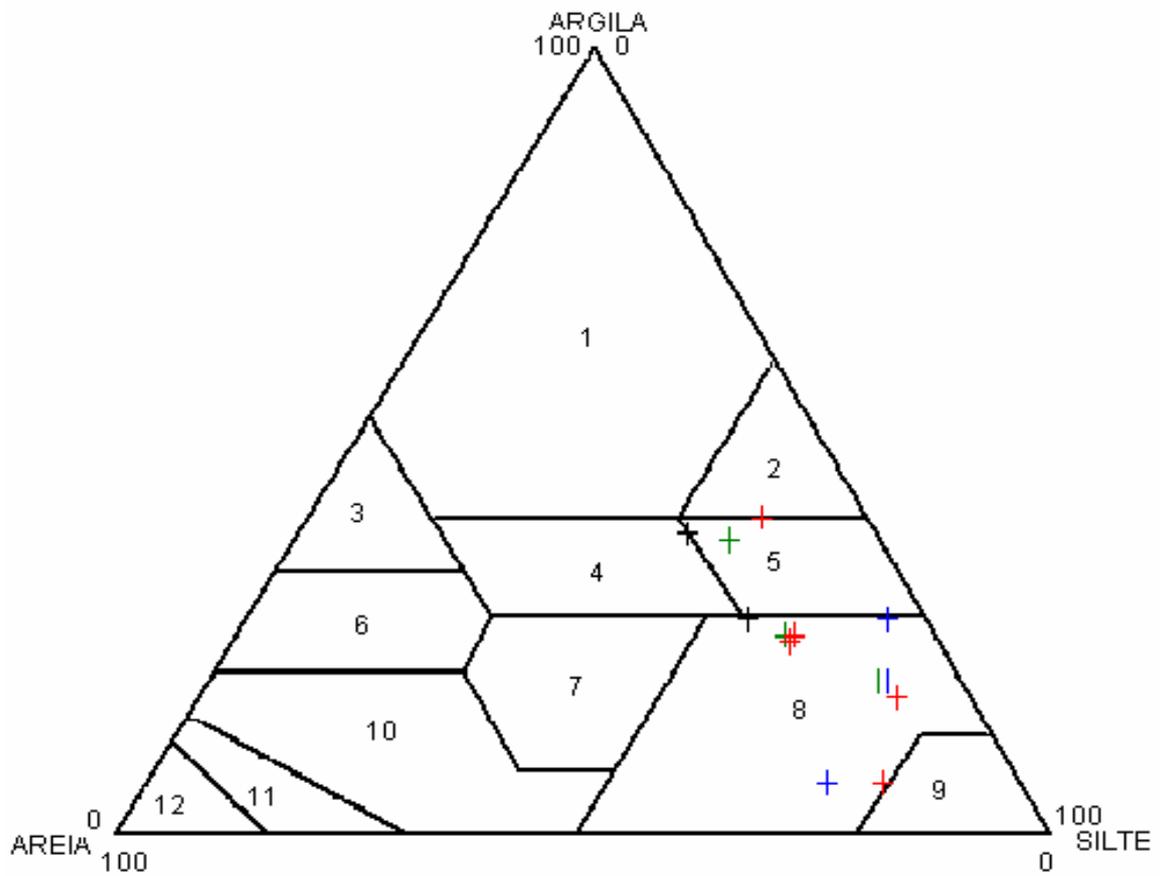


Fig. 1: Diagrama de fases mostrando as classificações granulométricas das amostras estudadas. (1 – Argila; 2 – Argila Arenosa; 3 – Franco Argiloso; 4 – Argila Siltosa; 5 – Franco Arenoso; 6 – Franco Argiloso-Siltoso; 7 - Franco; 8 – Franco Arenoso; 9 – Franco Siltoso; 10 – Areia; 11 – Areia Franca; 12 – Silte.)

Tabela 2: Composição magnética das frações silte e areia das amostras de solos analisadas

Amostra	Porções magnéticas das frações areia (%)	Porções magnéticas das frações silte (%)
AM 1 (0 a 0,3 m)	44,92	59,92
AM 2 (0,3 a 0,6 m)	56,74	66,29
AM 3 (1 m)	57,12	72,78
AM 4 (2 m)	51,00	67,50
AM 5 (3 m)	56,74	58,44
AM 6 (4 m)	48,23	69,14
AM 7 (5 m)	28,76	56,00
AM 8 (6 m)	33,36	63,74
AM 9 (8 m)	44,76	77,27
AM 10 (9m)	39,39	75,10
AM 11 (10m)	52,65	62,82
AM 12 (11m)	27,32	68,05
AM 13 (12m)	25,65	48,00

Com os dados da tabela 2, foi construída a figura 2.

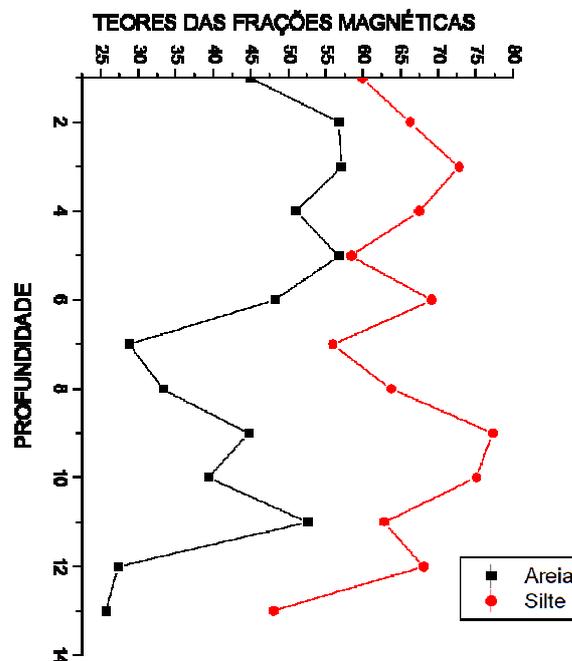


Fig. 2: Distribuição das porções magnéticas, das frações areia e silte ao longo do perfil de solo estudado

Observa-se, na fração areia do perfil de solo estudado, uma pequena tendência de concentração dos materiais magnéticos no sentido da base para o topo do perfil, enquanto que nas frações silte estes teores, sistematicamente maiores que os correspondentes das areias, permanecem praticamente constantes. Estes fatos podem estar relacionados ao intemperismo atuante sobre o perfil, levando à diminuição dos tamanhos de partículas e à lixiviação mais acentuada das partículas menores, principalmente daquelas de materiais não magnéticos. Estes enriquecimentos indicam também a boa estabilidade dos materiais magnéticos ocorrentes neste tipo de solo.

3.3 Análises químicas

Os resultados das análises químicas nas porções magnéticas das frações silte e areia são mostrados na tabela 3.

Tabela 3: Teores de Fe, Ca, Mg, Al, Cr e Ti expressos como óxidos, das porções magnéticas das frações silte no .perfil estudado.

Amostra (profundidade/m)	/ FRAÇÃO SILTE					/ FRAÇÃO AREIA				
	Fe ₂ O ₃ (%)	MgO (%)	Al ₂ O ₃ (%)	CrO ₂ (%)	TiO ₂ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	MgO (%)	Al ₂ O ₃ (%)	CrO ₂ (%)	TiO ₂ (%)
AM 1 (0 a 0,3)	48,01	6,14	2,50	0,39	11,23	81,23	3,50	1,28	0,31	9,11
AM 2 (0,3 - 0, 6)	25,90	7,00	1,80	0,34	9,67	75,54	3,75	0,98	0,34	9,06
AM 3 (1)	30,00	4,70	0,23	0,39	9,42	64,29	3,75	1,06	0,31	10,78
AM 4 (2)	33,61	7,65	1,76	0,40	13,56	63,91	4,12	1,11	0,36	10,03
AM 5 (3)	45,86	7,92	0,96	0,37	7,87	65,86	4,10	1,00	0,31	12,84
AM 6 (4)	51,81	7,94	1,76	0,37	10,96	64,17	3,81	1,08	0,32	16,53
AM 7 (5)	51,31	7,86	1,45	0,35	12,94	76,29	4,10	0,98	0,37	9,79
AM 8 (6)	42,43	9,31	2,53	0,39	16,26	70,71	4,16	2,08	0,42	14,28
AM 9 (8)	39,80	5,05	0,49	0,37	12,79	74,23	7,65	1,49	0,60	15,30
AM 10 (9)	75,54	15,58	0,74	0,37	18,92	64,43	7,65	1,49	0,58	17,18
AM 11 (10)	67,95	12,28	1,25	0,45	11,58	69,30	7,43	1,51	0,48	16,85
AM 12 (11)	72,13	9,42	0,98	0,34	11,09	66,57	5,63	1,25	0,40	15,15
AM 13 (12)	45,26	6,77	1,26	0,39	15,53	65,71	4,65	1,28	0,42	16,85

Com os dados da tabela anterior foram construídas as curvas, que mostram a distribuição dos teores dos elementos estudados, ao longo do perfil de solo nas frações areia e silte.

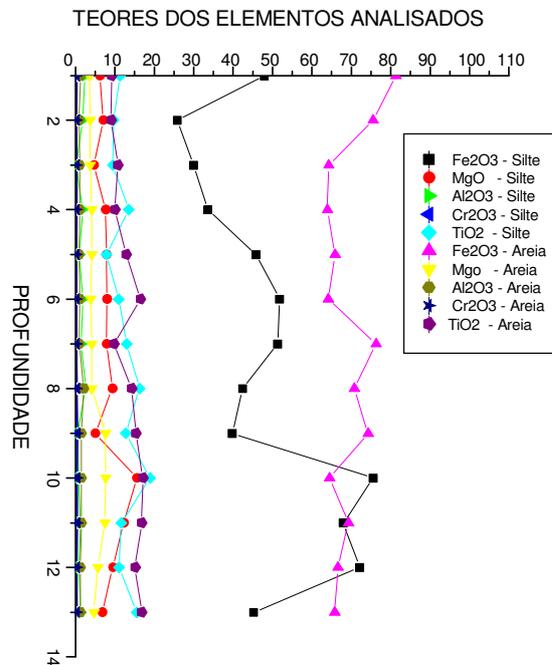


Fig.3:Distribuição dos teores de Fe, Ca, Mg, Al, Cr e Ti ao longo do perfil de solo, expressos como óxidos, nas porções magnéticas das frações silte e areia.

As figuras mostram uma íntima relação entre os teores de Fe₂O₃ e aqueles de TiO₂ e de MgO, nos dois tipos de frações estudadas. Como estes elementos, Ti, e Mg são diamagnéticos, suas presenças nestas porções magnéticas só podem ser creditadas a fenômenos de substituição isomórfica do ferro por aqueles elementos ou preenchimentos de fissuras nos minerais magnéticos. Estudos realizados em solos desenvolvidos sobre tufitos utilizando técnicas mais sofisticadas (GOULART et al, 1997.; FABRIS et al. 1997. , da SILVA, 2003.) mostram as ocorrências de titanomaghemita, magnésiomaghemita, magnésio ferrita em solos desenvolvidos sobre tufitos

O acentuado aumento nos teores de Fe₂O₃, não acompanhados dos teores de TiO₂ e de MgO, no topo do perfil, fenômeno mais acentuado na fração areia, possivelmente deve-se à influência de matéria orgânica ocorrente nesta posição do perfil, que complexaria ferro de materiais não magnéticos e se manteria adsorvida nos óxidos magnéticos. Devido à incompatibilidade do cálcio em substituir o ferro nas estruturas dos

minerais, é de se prever que os teores de CaO + MgO se aproximam mais daqueles de MgO, razão pela qual optou-se por representar tais teores, como devidos exclusivamente ao MgO.

É possível observar, também, que os teores de minerais magnéticos com o titânio presente em suas estruturas, diminuem no sentido do topo, o que sugere ser este óxido magnético menos estável, que naqueles onde ocorrem substituições do ferro por alumínio, por magnésio e especialmente, pelo cromo.

CONCLUSÃO

Os solos desenvolvidos sobre tufitos, ocorrentes no *campus* do Centro Universitário de Patos de Minas apresentam forte caráter magnético. Observa-se que os teores dos materiais responsáveis por este caráter magnético tendem a aumentar quando na fração areia e permanecem praticamente constantes na fração silte. Os teores destes materiais são sistematicamente maiores no silte que na areia correspondente. Observa-se ainda uma acentuada estabilidade destes materiais. As análises químicas mostram a presença de elementos diamagnéticos junto com os magnéticos, o que leva a concluir que estes elementos estão substituindo o ferro, isomorficamente, nas estruturas cristalinas dos materiais magnéticos. É observado, ainda, que os teores de titânio diminuem no sentido da base para o topo do perfil, o que leva à suposição de uma menor estabilidade destes componentes ricos em titânio, ou que o mesmo estaria ocupando fissuras nos cristais das espécies magnéticas, que quando intemperizados liberariam o elemento. Uma vez que os teores dos elementos cromo, magnésio e alumínio variam muito pouco ao longo do perfil podemos concluir que os minerais com estes constituintes são bastante estáveis frente ao intemperismo.

REFERÊNCIAS

CURI, N., LARACH, J.O. I, KÄMPF,N., MONIZ,A.C. e FONTES, L.E.F. *Vocabulário de Ciência do solo*, 1993. 89p.

da SILVA,F.César (org) et al. Análises Químicas para Avaliação da Fertilidade do Solo. In:da SILVA, F. César. *Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes*, 1999

da SILVA, F. Dias da. *Identificação e Caracterização de Óxidos de Ferro com Estrutura do Espinélio em Pedossistemas de Tufito, da Região do Alto Paranaíba, MG*. Dissertação de Mestrado. Departamento de Química da UFMG. 2003. 74p.

GOULART, A.T., de JESUS FILHO, M.F, FABRIS, J.D., COEY, J. M. *Multipe Iron-Rich Spinel Phases and Hemaite in a Magnetic Soil Developing on Tuffite. Physics and Chemistry of Mineral.* , v.25, p.63 - 69, 1997.

JEFFERY,P.G.; HUTCHISON, D. *Chemical Methods of Rock Analysis*. 3 ed.1983. 379 p. v. 2 (Pergamon Series in Analytical Chemistry)

SKOOD, D. A.; WEST, D. M. *Fundanentals of Analytical chemistry*. 2.ed. 1969. 835p.