



Distribuição das substâncias húmicas em horizontes diagnósticos de solos¹

ADEMIR FONTANA²; MARCOS GERVASIO PEREIRA³; LÚCIA HELENA CUNHA DOS ANJOS³ & VINICIUS DE MELO BENITES⁴

RESUMO – As substâncias húmicas que compõem a matéria orgânica do solo (MOS) participam de forma ativa nos processos pedogenéticos que darão origem aos horizontes diagnósticos hístico, chernozêmico, húmico e espódico. Desta forma, este trabalho teve como objetivo quantificar o teor de carbono orgânico das frações húmicas obtidas por meio do fracionamento químico em horizontes diagnósticos de diferentes ordens de solos. Foram utilizados 75 horizontes diagnósticos de solos coletados em diferentes regiões do Brasil e classificados segundo as normas da Embrapa, sendo 55 horizontes superficiais: 19 H hístico, 2 O hístico, 1 A antrópico, 9 A chernozêmico, 3 A proeminente, 5 A húmico, 16 A moderado e 20 horizontes subsuperficiais: 4 B espódico, 3 B e C glei e 13 B latossólico. Nestes horizontes foram extraídas as substâncias húmicas e obtido o carbono orgânico na fração ácidos fúlvicos (C-FAF), fração ácidos húmicos (C-FAH) e humina (C-HUM), as relações C-FAH/C-FAF e C-EA/C-HUM e a % das frações em relação ao carbono orgânico total (COT). A maioria dos horizontes minerais apresentou predomínio do C-HUM, seguido pelo C-FAH nos horizontes A antrópico, A chernozêmico, A húmico, B e C glei e pelo C-FAF nos horizontes A proeminente, A moderado e B latossólico. Nos horizontes B espódico foi observado predominância do C-FAF e C-FAH, alternadamente, e nos horizontes H e O hístico os maiores valores foram do C-HUM, seguido pelo C-FAH. Com o auxílio da técnica estatística de ACP e desvio padrão da média foi possível identificar variáveis em de cada horizonte diagnóstico que poderiam ser utilizadas para a separação de indivíduos dentro de um mesmo grupo, enquanto, a análise de agrupamento separou os horizontes com menores teores de carbono orgânico daqueles com maiores teores. Estes resultados sugerem a utilização das substâncias húmicas como atributo diferencial na classificação dos solos nos níveis hierárquicos inferiores do SiBCS.

Introdução

As substâncias húmicas/frações húmicas que compõem a matéria orgânica do solo (MOS) se destacam como um dos principais agentes que

influenciam nos processos pedogenéticos que darão origem aos horizontes diagnósticos hístico, chernozêmico, espódico, glei e em menor atividade no latossólico [1].

Observações feitas por diversos autores em solos com os horizontes diagnósticos acima citados podem servir como base para inferir sobre a importância da MOS e das substâncias húmicas na gênese e diferenciação destes horizontes. Estudos com substâncias húmicas em horizontes H hístico têm se mostrado importantes para o conhecimento da dinâmica da matéria orgânica em Organossolos do Brasil, além de contribuir para uma melhor compreensão do processo de paludização [2, 3, 4].

Avaliando solos derivados de calcário [5] constataram que no horizonte A chernozêmico os compostos de alto grau de polimerização atuavam como agente estabilizador dos agregados do solo. A presença de argilas 2:1, associada às condições do meio, com complexo sortivo com predomínio de bases, favorece a polimerização das moléculas orgânicas em substâncias altamente condensadas e pouco móveis, que atuam no processo de cimentação e estabilização dos agregados [6 e 7].

A ação mais intensa de compostos orgânicos mais solúveis como os ácidos fúlvicos no processo de queluviação e transporte de cátions metálicos pelo perfil em horizontes B espódico foi verificada por [8 e 9] estudando Espodossolos de diferentes regiões do país. A matéria orgânica ácida adicionada pela vegetação, associada à umidade elevada foram as principais responsáveis pela remobilização e remoção do ferro, contribuindo para a evolução de Espodossolo Ferrocárbico em Gleissolo Háptico no planalto da Serra do Mar (SP) [10].

A importância das substâncias húmicas obtidas a partir do fracionamento químico da MOS no estudo de horizontes diagnósticos de solos de regiões tropicais, em destaque do Brasil, têm sido registrada no trabalho de [11] e destacada na 2ª edição do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) para os Organossolos [12].

Este trabalho teve como objetivo quantificar o teor de carbono orgânico das frações húmicas obtidas por meio do fracionamento químico em horizontes diagnósticos de diferentes ordens de solos.

Palavras-Chave: Fracionamento químico, teor de carbono orgânico e classificação de solos.

¹ Parte da Dissertação de Mestrado do primeiro autor apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia – Ciência do Solo, UFRRJ;

² Doutorando do Curso de Pós-Graduação em Agronomia – Ciência do Solo, UFRRJ, Bolsista CNPq ademir.fontana@gmail.com;

³ Professor, Depto. Solos, UFRRJ, 23890-000, Seropédica, RJ. gervasio@ufrj.br, lanjos@ufrj.br;

⁴ Pesquisador, Embrapa Solos, Jardim Botânico 1024, 22460-000, Rio de Janeiro, RJ. vinicius@cnps.embrapa.br.

Apoio: CPGA-CS, Embrapa Solos e CNPq.

Material e Métodos

Foram utilizados 75 horizontes diagnósticos de solos coletados em diferentes regiões do Brasil, sendo 55 horizontes superficiais: 19 H hístico, 2 O hístico, 1 A antrópico, 9 A chernozêmico, 3 A proeminente, 5 A húmico, 16 A moderado e 20 horizontes subsuperficiais: 4 B espódico, 3 glei e 13 B latossólico. A classificação dos horizontes diagnósticos foi feita com base no SiBCS [13 e 14].

As substâncias húmicas foram identificadas segundo técnica de solubilidade diferencial estabelecida pela IHSS [15] e adaptada por [16]. Foi obtido o carbono orgânico na fração ácidos fúlvicos (C-FAF), fração ácidos húmicos (C-FAH) e humina (C-HUM), posteriormente foi calculada a relação C-FAH/C-FAF e a relação C-EA/C-HUM [16]. Também foi calculado o percentual de cada fração em relação ao carbono orgânico total (COT). Para realização das análises multivariadas as variáveis foram selecionadas pela correlação de Pearson obtendo-se os parâmetros que apresentaram maiores valores de correlação: C-FAF, C-FAH e C-HUM, C-SOMA, % FAF, % FAH, % HUM, as relações C-FAH/C-FAF, C-EA/C-HUM. Os dados foram padronizados obtendo-se média igual a zero e variância 1,0 [17].

Resultados e Discussão

Os teores de COT nos horizontes minerais variaram entre 4,2 e 73,0 g kg⁻¹ e nos horizontes orgânicos entre 81,6 e 567,2 g kg⁻¹, sendo os maiores teores médios observados na seguinte ordem: H hístico > O hístico > A húmico > A antrópico > A chernozêmico > A moderado > B e C glei > A proeminente > B espódico > B latossólico. Dentre as frações húmicas, a maioria dos horizontes minerais apresentou o predomínio do C-HUM, valores entre 2,3 e 36,8 g kg⁻¹. Para os horizontes A antrópico, A chernozêmico, A húmico e B e C glei, a segunda fração de maior expressão foi o C-FAH (1,1 a 39,3 g kg⁻¹), seguido pelo C-FAF (0,2 a 6,3 g kg⁻¹). Já nos horizontes A proeminente, A moderado e B latossólico, a segunda fração de maior expressão foi o C-FAF (1,1 a 8,1 g kg⁻¹) e seguido pelo C-FAH (0,2 a 26,4 g kg⁻¹).

Para os espódicos os maiores teores foram para o C-FAF (2,4 a 6,9 g kg⁻¹) e C-FAH (0,4 a 10,0 g kg⁻¹), alternadamente, tendo o C-HUM apresentado os mais baixos valores dentre todos os horizontes. Nos horizontes orgânicos os valores do C-HUM ficaram entre 16,5 e 224,5 g kg⁻¹, para o C-FAH entre 8,3 e 193,4 g kg⁻¹ e para o C-FAF de 3,8 a 35,8 g kg⁻¹.

A partir das variáveis obtidas pelo fracionamento químico, buscou-se, com o auxílio de técnicas estatísticas multivariadas e desvio padrão da média ordenar os horizontes diagnósticos e selecionar variáveis que poderiam separar os diferentes horizontes diagnósticos. Com o auxílio da análise de componentes principais (ACP) selecionaram-se os horizontes

superficiais H hístico, A chernozêmico, A proeminente, A húmico, A moderado e subsuperficial B espódico, horizontes de maior influência da MOS [1]. Estes horizontes apresentaram comportamentos distintos e se destacaram dos demais pela distribuição das variáveis e dos escores nos eixos F1 e F2, tendo a variância acumulada de 77,31 % (Figuras 1 e 2). A influência de cada variável nos respectivos eixos é observada pela relação com estes (ângulo entre ambos), destacando-se para correlação com o eixo F1 (abscissas) o teor de carbono orgânico nas frações e a relação C-FAH/C-FAF e para o eixo F2 (ordenadas) as porcentagens das frações e a relação C-EA/C-HUM.

Diante da dispersão dos valores referentes aos escores dos fatores nos eixos F1 e F2 (Figura 2), observa-se que a ordenação dos horizontes pode ser atribuída à variância dos dados, principalmente: (a) na direção do C-EA/C-HUM; parte dos horizontes B espódico; (b) na direção da % FAH; parte dos horizontes H hístico e A húmico; (c) na direção do carbono nas frações e do C-FAH/C-FAF, principalmente horizontes H hístico; (d) na direção da % HUM; horizontes A Chernozêmico e parte dos A moderado; (e) na direção da % FAF; horizontes B espódico e parte dos A moderado.

Numa tentativa de melhor explorar os resultados apresentados pela ACP, buscou-se, pela análise de agrupamento hierárquico agrupar os horizontes diagnósticos por meio da similaridade e de um dendograma de ordenação (Figura 3). Foram observadas 5 classes iniciais de similaridade, estando os horizontes A proeminente e A moderado na mesma classe e os demais um em cada classe formando 2 grupos distintos, o primeiro tendo os horizontes A chernozêmico, A proeminente e A moderado e o segundo os horizontes H hístico, A húmico e B espódico, destacando-se estes últimos como os mais influenciados pela MOS.

Somando-se as observações apresentadas pelas análises multivariadas foi avaliado dentro de cada horizonte quais variáveis relacionadas à matéria orgânica apresentariam potencial de estudo para promover uma separação mais detalhada e contribuir para a evolução do SiBCS nos níveis hierárquicos inferiores. Para isto utilizaram-se as variáveis que apresentavam nos seus valores a maior variabilidade, neste caso, maiores desvios padrões das médias, sendo estas, destacadas (sombreadas e negrito) e apresentadas na Tabela 1.

Desta forma, o comportamento apresentado pela ACP, quanto aos desvios padrões das médias indica as variáveis em cada horizonte diagnóstico que poderiam ser utilizadas para a separação de indivíduos dentro de um mesmo grupo, enquanto, a análise de agrupamento separou horizontes de menor teor de matéria orgânica e/ou como estabelecido pela Embrapa [12] exigente em menores teores de carbono orgânico para serem enquadrados como tais, daqueles, com maiores teores de carbono orgânico [12], o que é confirmado pela maior aproximação dos horizontes H hístico e A húmico pela ACP.

Conclusões

Através das análises realizadas verifica-se que o comportamento das substâncias húmicas possibilitou selecionar variáveis em cada horizonte diagnóstico, bem

como, agrupá-los em dois grupos distintos. A observação de altos desvios padrões da média de algumas variáveis relacionadas ao fracionamento químico da MOS. Este comportamento sugere a possibilidade de utilização das substâncias húmicas como atributo diferencial de classificação de solos, nos horizontes H hístico, A húmico e B espódico, podem ser utilizadas com menor destaque no A chernozêmico.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio do CPGA-CS / UFRRJ, do CNPq e da Embrapa Solos.

Referências

- [1] ANJOS, L.H.C.; PEREIRA, M.G.; RAMOS, D.P. 1999. Matéria orgânica e pedogênese. In: SANTOS, G.A. & CAMARGO, F.A.O. (Eds.). *Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais*. Porto Alegre, Genesis. p.91-116.
- [2] CONCEIÇÃO, M. 1989. *Natureza do húmus e caracterização de solos com elevado teor de matéria orgânica da região de Itaguaí - Santa Cruz, RJ*. 1989. 169f. Dissertação (Mestrado em Agronomia Ciência do Solo). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.
- [3] MENDONÇA, M.M. de. *Diagnóstico de propriedades edáficas em áreas agrícolas e de floresta com elevado teor de matéria orgânica no município do Rio de Janeiro*. 1999. 195f. Dissertação (Mestrado em Agronomia Ciência do Solo). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.
- [4] VALLADARES, G.S. *Caracterização de Organossolos, auxílio a sua classificação*. 2003. 129f. Tese (Doutorado em Agronomia Ciência do Solo). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.
- [5] CUNHA, T.J.F. & RIBEIRO, L.P. 1998. Qualidade e relações pedogenéticas da matéria orgânica de alguns solos da região do Irecê (BA). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.22, p.693-704.
- [6] VOLKOFF, B. Comparação do húmus de um Solontchak, uma Rendzina e um solo litólico da região semi-árida do Rio Grande do Norte. 1980. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.4, p.49-56.
- [7] VOLKOFF, B. & CERRI, C.C. 1981. Húmus em solos da floresta amazônica na região do rio Madeira. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.5, p.15-21.
- [8] BENITES, V.M.; SCHAEFER, C.E.G.R.; MENDONÇA, E.S.; MARTIN NETO, L. 2001. Caracterização da matéria orgânica e micromorfologia de solos sob campos de altitude no Parque Estadual da Serra do Brigadeiro (MG). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.25, p.661-674.
- [9] GOMES, J.B.V.; RESENDE, M.; REZENDE, S.B.; MENDONÇA, E.S. 1998. Solos de três áreas de restinga. II Dinâmica de substâncias húmicas, ferro e alumínio. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.33, n.11.
- [10] ROSSI, M. & QUEIROZ NETO, J.P. 2002. Evolução de Espodossolo Ferrocárbico em Gleissolo Háplico no planalto da Serra do Mar, Rio Guaratuba (SP). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.26, p.407-415.
- [11] VALLADARES, G.S.; BENITES, V.M.; PEREIRA, M.G.; ANJOS, L.H.C. dos; EBELING, A.G. 2003. *Proposta para classificação de Organossolos em níveis inferiores com base nas frações Húmicas*. Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas, 2003, 35p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 2).
- [12] EMBRAPA. CNPS. 2006. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. 2ª ed. Rio de Janeiro, EMBRAPA Solos, 306p.
- [13] EMBRAPA. CNPS. 1999. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 412p.
- [14] SANTOS, H.G.; COELHO, M.R.; ANJOS, L.H.C.; JACOMINE, P. K.T.; OLIVEIRA, V.A LUMBRERAS, J.F.; OLIVEIRA, J.B.; CRVALHO, A.P.; FASSOLO, P.J. 2003. *Propostas de revisão e atualização do Sistema Brasileiro de Classificação de solos (Conceitos, definições, atributos e horizontes diagnósticos e reestruturação de classes)*. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2003, 50p. (Série Documentos nº53). Disponível em: www.cnps.embrapa.br/solosbr/pdfs/doc53_2003_revisao_sbcs.pdf. Acesso em 28 de julho de 2006.
- [15] SWIFT, R.S. 1996. Organic matter characterization. In: SPARKS, D.L.; PAGE, A.L.; HELMKE, P.A.; LOEPPERT, R.H.; SOLTANPOUR, P.N.; TABATABAI, M.A.; JOHNSTON, C.T.; SUMNER, M.E. (Eds.). *Methods of soil analysis*. Madison: Soil Science Society of America: American Society of Agronomy, (Soil Science Society of America Book Series, 5). Part 3. Chemical methods. p.1011-1020.
- [16] BENITES, V.M.; MADARI, B.; MACHADO, P.L.O.A. 2003. *Extração e fracionamento quantitativo de substâncias húmicas do solo: um procedimento simplificado de baixo custo*. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2003. 7p. (Embrapa Solos. Comunicado Técnico, 16).
- [17] REGAZZI, A.J. 2000. *Análise multivariada, notas de aula*. INF 766, Departamento de Informática da Universidade Federal de Viçosa, v.2.

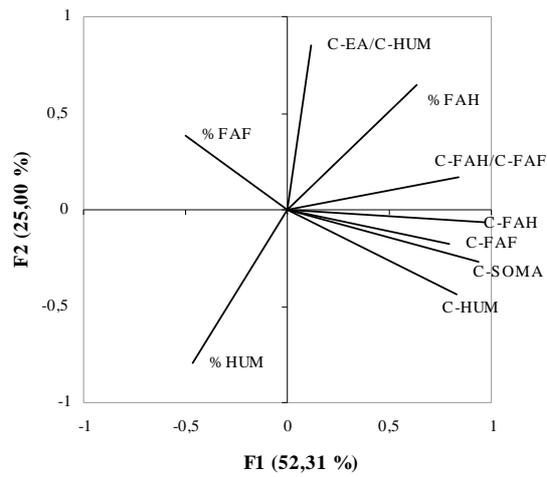


Figura 1. Distribuição das variáveis estudadas pela análise de componentes principais (ACP) dos horizontes diagnósticos selecionados.

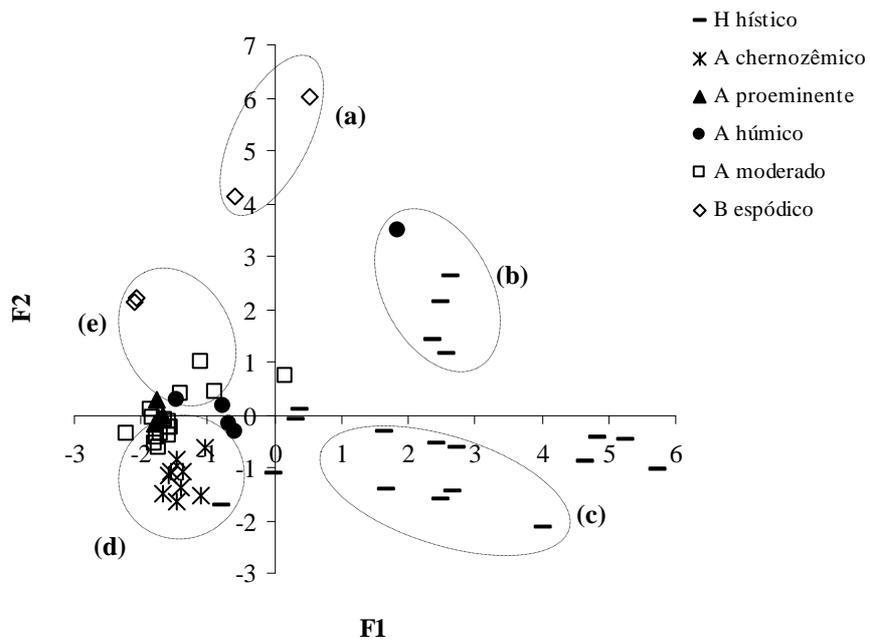


Figura 2. Dispersão dos escores dos fatores 1 e 2 da ACP dos horizontes diagnósticos selecionados.

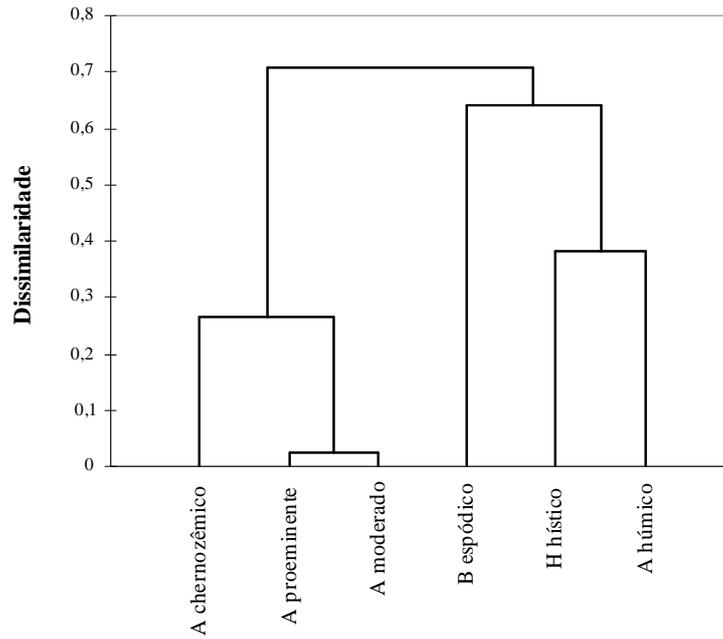


Figura 3. Dendrograma obtido pelo método de APIP (agrupamento pareado igualmente ponderado), utilizando-se a Dissimilaridade de Pearson como medida de similaridade dos horizontes diagnósticos selecionados.

Tabela 1. Valores médios e desvio padrão da média (entre parênteses) do teor de COT, carbono orgânico nas frações, porcentagens das frações e razões nos horizontes diagnósticos selecionados.

Variáveis	H hístico	A chernozêmico	A proeminente	A húmico	A moderado	B espódico
COT	279,5 (145,6)	37,4 (7,0)	14,7 (2,0)	45,6 (15,7)	20,1 (14,7)	13,0 (4,4)
C-FAF	18,4 (8,5)	2,4 (0,8)	3,9 (1,5)	5,2 (0,9)	3,5 (1,8)	4,4 (1,9)
C-FAH	90,1 (54,5)	3,6 (1,2)	2,7 (0,4)	16,1 (13,4)	4,0 (6,0)	4,4 (4,4)
C-HUM	102,7 (61,4)	26,5 (7,6)	8,1 (1,0)	18,8 (10,0)	9,7 (4,5)	1,0 (0,5)
C-SOMA	211,4 (105,1)	32,5 (8,2)	14,7 (2,7)	40,1 (11,1)	17,2 (11,5)	9,9 (2,6)
% FAF	7,3 (2,8)	6,7 (2,0)	26,0 (6,2)	13,6 (8,8)	18,9 (6,9)	38,8 (21,3)
% FAH	32,5 (14,6)	9,8 (3,3)	18,3 (1,2)	34,4 (24,2)	17,5 (9,6)	30,0 (23,8)
% HUM	37,9 (16,2)	69,9 (8,6)	55,3 (3,5)	42,4 (16,5)	51,4 (8,6)	10,0 (8,1)
C-FAH/ C-FAF	5,3 (3,5)	1,7 (1,0)	0,7 (0,17)	3,4 (3,4)	1,1 (0,9)	1,5 (1,9)
C-EA/ C-HUM	1,6 (1,7)	0,2 (0,06)	0,8 (0,18)	1,9 (2,6)	0,7 (0,3)	12,1 (9,8)