

ISSN 1806-3322  
Dezembro 2003

# Boletim de Pesquisa **2** e Desenvolvimento



## Proposta para Classificação de Organossolos em Níveis Inferiores com Base nas Frações Húmicas

# **República Federativa do Brasil**

*Luiz Inácio Lula da Silva*  
Presidente

## **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA**

*Roberto Rodrigues*  
Ministro

## **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa**

### **Conselho de Administração**

*José Amauri Dimázio*  
Presidente

*Clayton Campanhola*  
Vice-Presidente

*Alexandre Kalil Pires*  
*Dietrich Gerhard Quast*

*Sérgio Fausto*  
*Urbano Campos Ribeiral*  
Membros

### **Diretoria-Executiva da Embrapa**

*Clayton Campanhola*  
Diretor-Presidente

*Gustavo Kauark Chianca*  
*Herbert Cavalcante de Lima*  
*Mariza Marilena T. Luz Barbosa*  
Diretores Executivos

### **Embrapa Monitoramento por Satélite**

*Ademar Ribeiro Romeiro*  
Chefe-Geral

*Luís Gonzaga Alves de Souza*  
Chefe-Adjunto de Administração

*Ivo Pierozzi Jr.*  
Chefe-Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento

*Evaristo Eduardo de Miranda*  
Supervisor da Área de Comunicação e Negócios



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Monitoramento por Satélite  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

*ISSN 1806-3322  
Dezembro 2003*

# ***Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento*** 2

## **Proposta para Classificação de Organossolos em Níveis Inferiores com Base nas Frações Húmicas**

Gustavo Souza Valladares  
Vinícius de Melo Benites  
Marcos Gervásio Pereira  
Lúcia Helena Cunha dos Anjos  
Adierson Gilvani Ebeling

Campinas, SP  
2003

Embrapa Monitoramento por Satélite. Bol. de Pesquisa de Desenvolvimento, 2

Exemplares desta publicação podem ser solicitados à:

**Embrapa Monitoramento por Satélite**

Av. Dr. Júlio Soares de Arruda, 803 – Parque São Quirino

CEP 13088-300, Campinas, SP – BRASIL

Caixa Postal 491, CEP 13001-970

Fone: (19) 3256-6030

Fax: (19) 3254-1100

<http://www.cnpm.embrapa.br>

[sac@cpnm.embrapa.br](mailto:sac@cpnm.embrapa.br)

ou na:

**Embrapa Solos**

Rua Jardim Botânico, 1.024 – Jardim Botânico

CEP 22460-000, Rio de Janeiro, RJ – BRASIL

Fone: (021) 2274-4999

Fax: (021) 2274-5291

<http://www.cnps.embrapa.br>

**Comitê de Publicações da Unidade**

Presidente: *Ivo Pierozzi Jr.*

Secretária: *Shirley Soares da Silva*

Membros: *Ana Lúcia Filardi, Carlos Alberto de Carvalho, Eliane Gonçalves Gomes, Graziella Galinari, Luciane Dourado, Maria de Cléoffas Faggion Alencar e Mateus Batistella*

Supervisor editorial: *Ivo Pierozzi Jr.*

Revisores de texto: *Eliane G. Gomes, Graziella Galinari, Maria de Cléoffas Faggion Alencar*

Normalização bibliográfica: *Maria de Cléoffas Faggion Alencar*

Diagramação e editoração eletrônica: *Shirley Soares da Silva, Gustavo Souza Valladares*

**1ª edição**

1ª impressão (2003): 30 exemplares

**Todos os direitos reservados.**

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

---

Valladares, Gustavo Souza

Proposta para classificação de organossolos em Níveis Inferiores com base nas frações húmicas / Gustavo Souza Valladares, Vinicius de Melo Benites, Marcos Gervásio Pereira, Lúcia Helena Cunha dos Anjos, Adierison Gilvani Ebeling. – Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2003

35p. : il. (Embrapa Monitoramento por Satélite. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 2).  
ISSN 1806-3322.

1. Classificação de solos 2. Solos - Levantamento 3. Solos - Caracterização  
4. Solos - Organossolos 5. Solos - Frações Húmicas 6. Solos - Brasil I. Benites, Vinicius de Melo  
II. Anjos, Lúcia Helena Cunha dos. III. Pereira, Marcos Gervásio..  
IV. Ebeling, Adierison Gilvani. V. Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Monitoramento por  
Satélite (Campinas-SP). VI. Título VII. Série

---

CDD 631.44

© Embrapa Monitoramento por Satélite, dez. 2003

## Sumário

Resumo .....	7
Introdução.....	8
Material e Métodos .....	10
Material .....	10
Fracionamento da matéria orgânica .....	10
Resultados e Discussão .....	13
Distribuição do carbono nas diferentes frações húmicas nos Organossolos.....	13
Relação entre as frações húmicas e formas de carbono e nitrogênio nos Organossolos .....	21
Relação entre as frações húmicas e atributos químicos dos Organossolos.....	23
Fracionamento de substâncias húmicas como auxiliar no sistema de classificação de Organossolos .....	24
Conclusões.....	31
Referências.....	31
Agradecimentos .....	34



## **Proposta para Classificação de Organossolos em Níveis Inferiores com Base nas Frações Húmicas<sup>1</sup>**

---

*Gustavo Souza Valladares<sup>2</sup>*

*Vinicius de Melo Benites<sup>3</sup>*

*Marcos Gervásio Pereira<sup>4</sup>*

*Lúcia Helena Cunha dos Anjos<sup>3</sup>*

*Adierson Gilvani Ebeling<sup>5</sup>*

### **Resumo**

Este estudo foi desenvolvido com base em 19 perfis de Organossolos e solos afins descritos e coletados em diferentes regiões do Brasil. As amostras foram caracterizadas para fins de classificação e tiveram sua matéria orgânica fracionada nas frações ácidos fúlvicos, ácidos húmicos e humina. A partir desses valores foram calculados os índices FAH/FAF e EA/HUM. As variáveis obtidas pelo fracionamento das substâncias húmicas apresentaram correlação significativa com diferentes atributos dos Organossolos. Com base nos teores absolutos das frações ácidos fúlvicos, ácidos húmicos e na relação EA/HUM, foram propostos índices para separação dos Organossolos nos 5º e 6º níveis categóricos.

---

<sup>1</sup> Parte da Tese de Doutorado do primeiro autor, submetida ao CPGA-CS da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ);

<sup>2</sup> Pesquisador da Embrapa Monitoramento por Satélite, PhD em Agronomia, Av. Dr. Júlio Soares de Arruda, 803 – São Quirino, Campinas-SP, CEP 13088-300, Campinas-SP, gustavo@cnpm.embrapa.br;

<sup>3</sup> Pesquisador da Embrapa Solos, PhD em Agronomia, Av. Jardim Botânico, 1024 – Jardim Botânico, Rio de Janeiro-RJ, CEP 22460-000;

<sup>4</sup> Professor Adjunto do Departamento de Solos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), PhD em Agronomia, BR 465, km 7, Seropédica-RJ, CEP 23890-000;

<sup>5</sup> Estudante de Graduação em Agronomia pela UFRRJ, Bolsista CNPq/PIBIC.

## **Introdução**

Com a publicação do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos - SiBCS (EMBRAPA, 1999), que normatiza a classificação dos solos até o quarto nível categórico, com orientação de atributos para os demais níveis, foi iniciado o processo de validação e aperfeiçoamento desse novo sistema. Entre outras ações, foi realizada a VI Reunião de Correlação, Classificação e Aplicação de Levantamentos de Solos (REUNIÃO..., 2000), bem como organizadas mesas redondas e simpósios em congressos, como no XXVIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, realizado em Londrina-PR, em 2001. Dentre os temas discutidos, destacou-se a necessidade de elaboração e padronização da classificação dos solos nos 5º e 6º níveis categóricos, para atender às demandas de levantamentos de solos mais detalhados do que os de nível de reconhecimento.

Dentre as ordens de solos que ocorrem no Brasil, os Organossolos apresentam como particularidade os elevados teores de material orgânico, sendo importante o desenvolvimento de métodos próprios para caracterizar e classificar esses solos, sobretudo para a caracterização de sua porção orgânica. Nesse contexto, os teores das diferentes frações húmicas, que na classe dos Organossolos são mais elevados devido à sua natureza predominantemente orgânica, devem ser enfatizados para melhor compreensão da qualidade desses solos, do seu potencial de degradação e de sua susceptibilidade à subsidência e perda de matéria orgânica solúvel.

A definição de substâncias húmicas (SH) não é simples e reflete bem a complexidade do material orgânico. Podem ser definidas como uma série de polímeros amorfos de coloração amarelo-marrom a preta, de peso molecular relativamente alto e formados por reações de sínteses secundárias, bióticas e abióticas (STEVENSON, 1994). Entretanto, como exposto por MacCarthy (2001), devido ao aspecto vago desta e de outras definições de SH, é comum definir também estes materiais operacionalmente em termos de procedimentos laboratoriais

usados para extraí-los de solos, sedimentos e águas. O procedimento clássico de extração do solo resulta em três frações principais: ácidos húmicos (FAH), ácidos fúlvicos (FAF) e huminas (HUM). Estas frações são definidas operacionalmente em relação às suas solubilidades em meio aquoso em função do pH da solução extratora (TOMBÁ CZ, MELEG, 1990). Soluções alcalinas, normalmente NaOH 0,1 mol L<sup>-1</sup>, extraem os ácidos húmicos e os ácidos fúlvicos do solo deixando a humina ligada à fase mineral. A acidificação do extrato alcalino, de coloração preta, resulta na coagulação da fração dos ácidos húmicos (precipitado preto ou amarronzado), enquanto a fração dos ácidos fúlvicos permanece solúvel (solução amarela amarronzada). Embora este esquema de separação pareça bastante arbitrário, consegue-se um certo grau de segregação de materiais poliméricos com diferentes propriedades químicas (MCBRIDE, 1994). Nenhuma destas frações isoladas representa compostos individuais de composição específica, mas sim uma mistura de compostos heterogêneos com comportamento químico similar. As substâncias húmicas exercem importantes papéis no fluxo de nutrientes para diversos sistemas ecológicos, emissão de C para a atmosfera, interações com metais pesados e agrotóxicos, sendo que cada uma das frações tem um papel diferenciado nos mecanismos acima expostos.

Devido às diferentes funções exercidas pelas frações húmicas e às características diferenciadas dos Organossolos quanto à distribuição do carbono nas diferentes frações, estes atributos podem ainda ser úteis para classificar essa ordem em níveis categóricos inferiores. Os objetivos do presente trabalho foram avaliar o método de fracionamento da matéria orgânica em substâncias húmicas aplicado a Organossolos e apresentar uma proposta metodológica de classificação dos Organossolos, no 5º ou 6º nível categórico, baseada nos teores das frações FAF, FAH e na relação entre a soma das frações alcalino-solúveis (EA = FAH + FAF) e a humina (EA/HUM).

## Material e Métodos

### Material

Perfis de Organossolos foram coletados, descritos e caracterizados segundo o Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo (LEMOS, SANTOS, 1996), e o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – SiBCS (EMBRAPA, 1999). A Tabela 1 apresenta a localização, a classificação e a altitude dos perfis estudados.

### Fracionamento da matéria orgânica

O fracionamento das substâncias húmicas foi feito em triplicata, em 53 amostras de horizontes provenientes de 19 perfis de Organossolos (Tabela 1), segundo a técnica de solubilidade diferencial, utilizando-se os conceitos de frações húmicas estabelecidos pela Sociedade Internacional de Substâncias Húmicas, adaptados por Benites *et al.* (2003). Na extração dos ácidos húmicos e fúlvicos utilizou-se 25 mL de solução de NaOH 0,1 mol L<sup>-1</sup> e amostras de solo contendo cerca de 40 mg de carbono (nos Organossolos estudados esses valores representam de 0,1 a 0,5g de amostra), com um tempo de contato de 24 h. A separação entre o extrato alcalino e o resíduo foi feita por centrifugação a 10.000 g (FCR<sub>média</sub>) por 20 min. Seguiram-se duas lavagens do resíduo com 10 mL da mesma solução, adicionando-se os extratos aos anteriormente reservados, resultando em volume aproximado de 45 mL. O resíduo foi recolhido e reservado para determinação de carbono na forma de humina (HUM). O extrato alcalino (EA) teve o pH ajustado para  $2,0 \pm 0,1$  com solução aquosa de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 20% e decantou por 18 h. O H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> foi utilizado em vez de HCl, a fim de se evitar interferências do ânion cloreto no processo de determinação do carbono nas frações por métodos titulométricos com dicromato. O precipitado, fração ácido húmico (FAH), foi separado da fração solúvel por centrifugação a 3.000 g (FCR<sub>média</sub>) por 5 min, rediluído em solução NaOH 0,1 mol L<sup>-1</sup> e seu volume

aferido para 50 mL. A porção solúvel no extrato acidificado, fração ácido fúlvico (FAF), teve o volume aferido para 50 mL, utilizando-se água destilada. A determinação quantitativa de carbono nos extratos das frações ácido fúlvico e ácido húmico foi feita segundo método de Yeomans e Bremnes (1988), utilizando alíquotas de 1 a 5 mL de extrato, 1 mL de dicromato de potássio  $0,2 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ , e 5mL de ácido sulfúrico concentrado. As concentrações de dicromato de potássio utilizadas foram calculadas de forma que 10 a 75% do oxidante fosse consumido na reação, mantendo a titulação dentro da faixa linear de correlação com o teor de carbono (NELSON, SOMMERS, 1982). Foram calculadas as relações entre as frações ácido húmico e ácido fúlvico (FAH/FAF) e a relação entre as frações solúveis no extrato alcalino (EA = fração ácido fúlvico + ácido húmico) e a humina (EA/HUM). Os teores de carbono nas frações húmicas e seu percentual em relação ao carbono total (COT) foram comparados entre si e entre estes e as demais formas de carbono, utilizando correlações de Pearson. Procurou-se identificar, por correlações de Pearson, a relação entre as frações húmicas e alguns parâmetros pedológicos analisados.

**Tabela 1.** Algumas características dos perfis coletados.

Perfil	Localização	Classificação dos Solos	Altitude (m)
AL1	Jequiá da Praia, AL	ORGANOSSOLO TIOMÓRFICO Fábrico térrico	3
AL2	Coruripe, AL	ORGANOSSOLO TIOMÓRFICO Hêmico típico	5
BA2	Ituberá, BA	ORGANOSSOLO TIOMÓRFICO Hêmico térrico	5
BA3	Arraial D'Ajuda, BA	ORGANOSSOLO TIOMÓRFICO Hêmico típico	7
DF1	Guaráll, DF	ORGANOSSOLO MÉSICO Sáprico típico	800
ES1	Mimoso do Sul, ES	ORGANOSSOLO MÉSICO Hêmico típico	15

Continua...

**Tabela 1.** Continuação.

<b>Perfil</b>	<b>Localização</b>	<b>Classificação dos Solos</b>	<b>Altitude (m)</b>
<b>MG1</b>	Juiz de Fora, MG	ORGANOSSOLO MÉSICO Hêmico típico	874
<b>MG2</b>	Coronel Pacheco, MG	ORGANOSSOLO MÉSICO Hêmico térrico	432
<b>MS2</b>	Porto Morumbi, MS	ORGANOSSOLO TIOMÓRFICO Sáprico térrico	280
<b>PR2</b>	Tijucas do Sul, PR	ORGANOSSOLO MÉSICO Sáprico típico	850
<b>PR3</b>	Serra da Baitaca, PR	NEOSSOLO LITÓLICO Hístico típico	1330
<b>RJ1</b>	Parque Nacional de Itatiaia, divisa RJ/MG	CAMBISSOLO HÚMICO Distrófico típico	1700
<b>RJ3</b>	São José da Boa Morte, RJ	ORGANOSSOLO HÁPLICO Hêmico térrico	40
<b>RJ4</b>	Nova Friburgo, RJ	ORGANOSSOLO MÉSICO Sáprico térrico	800
<b>RS3</b>	Cambará do Sul, RS	ORGANOSSOLO MÉSICO Sáprico térrico	890
<b>RS4</b>	Viamão, RS	ORGANOSSOLO TIOMÓRFICO Sáprico típico	20
<b>RS5</b>	Viamão, RS	ORGANOSSOLO TIOMÓRFICO Sáprico típico	20
<b>SC2</b>	Gov. Celso Portela, SC	ORGANOSSOLO TIOMÓRFICO Hêmico típico	10
<b>SP1</b>	Taubaté, SP	ORGANOSSOLO MÉSICO Sáprico térrico	500

A proposta de separação entre as classes de Organossolos no 5<sup>o</sup> e 6<sup>o</sup> níveis categóricos foi baseada em distribuições de freqüências, procurando-se formar grupos com freqüências absolutas próximas e representando indivíduos diferentes no ambiente natural, no que se refere ao teor das SH. Algumas variáveis dos solos foram contrastadas com testes para médias (t) ou para medianas (Mann-Whitney) entre as diferentes classes propostas.

## **Resultados e Discussão**

### **Distribuição do carbono nas diferentes frações húmicas nos Organossolos**

O fracionamento de substâncias húmicas resultou em dados consistentes e de boa reprodutibilidade, considerando-se a complexidade do processo, uma vez que para as repetições dos teores da FAF, 26 amostras (49% do total) apresentaram coeficiente de variação inferior a 10%, 45 amostras (85%) com coeficiente de variação inferior a 20% e somente 1 (uma) amostra teve coeficiente de variação superior a 30% (Tabela 2). Na FAH, 31 amostras (58% do total) apresentaram coeficiente de variação inferior a 10%, 48 amostras (90%) com coeficiente de variação inferior a 20% e somente 2 amostras tiveram coeficiente de variação superior a 30% (Tabela 2). Na HUM, 34 amostras (64% do total) apresentaram coeficiente de variação inferior a 10%, 49 amostras (92%) com coeficiente de variação inferior a 20% e somente 2 amostras tiveram coeficiente de variação superior a 30% (Tabela 2). Observou-se que a variabilidade das repetições dos teores das frações húmicas por amostra independe do teor e do grau de decomposição do material orgânico, pois o coeficiente de variação não se correlacionou com o teor de carbono e fibras esfregadas.

Considerando-se os valores médios das três repetições de fracionamento da matéria orgânica, a humina apresentou média e desvio padrão mais elevados ( $116,4 \pm 85,5 \text{ g kg}^{-1}$ ) e foi predominante na maioria das amostras com valor médio de 43,8% do C total determinado por CHN (C\_CHN), com alto coeficiente de variação (74%) e alta amplitude, com valores mínimo e máximo de 3,5 e  $281,1 \text{ g kg}^{-1}$ , respectivamente. O método utilizado tende a superestimar os valores de humina verdadeira, pois quantifica as formas de carbono não solúveis em meio alcalino, o que inclui fibras e outras formas de material orgânico como a matéria orgânica leve. A fração FAF é assim denominada, como em Benites (1998), por apresentar ácidos fúlvicos verdadeiros e também outros compostos orgânicos de

baixo peso molecular co-extraídos na marcha analítica. A FAF apresentou os menores valores de média e desvio padrão ( $20,8 \pm 11,2\text{g kg}^{-1}$ ), representando em média 10% do carbono total (Tabela 2) e também a menor variabilidade, com coeficiente de variação de 54% com valor mínimo superior ao mínimo teor da HUM ( $5,9\text{g kg}^{-1}$ ) e o máximo de  $57,3\text{g kg}^{-1}$ . A fração ácido húmico (FAH) apresentou valor médio e desvio padrão de  $99,2 \pm 57,9\text{g kg}^{-1}$ , com coeficiente de variação de 58% e representa em média 40% do carbono total. O valor mínimo também foi superior ao mínimo da HUM ( $12,5\text{g kg}^{-1}$ ) e o máximo de  $208,4\text{g kg}^{-1}$  (Tabela 2).

De um total de 53 amostras, dos perfis coletados neste estudo 3 apresentaram maiores valores da FAF do que de HUM, representadas por horizontes com teores de carbono orgânico relativamente baixos, limítrofes para serem classificados como hísticos e com baixos teores de fibras esfregadas, correspondentes aos horizontes Hd2, Cg1 e Cg2 de um solo hidromórfico da região de Nova Friburgo, RJ, perfil RJ4. Em 20 amostras encontraram-se teores de carbono na FAH superior aos encontrados na fração HUM, sendo a maioria desses horizontes com baixos teores de fibras esfregadas.

O somatório das frações húmicas representou em média 93,9% (Tabela 2) do carbono orgânico total, utilizando como referência o carbono determinado pelo CHN, sendo as duas variáveis altamente correlacionadas (Figura 1).

**Tabela 2.** Valores médios de triplicatas (coeficientes de variação % entre parênteses) dos teores de carbono nas frações ácido fúlvico (FAF), ácido húmico (FAH), humina (HUM) e no somatório destas frações, em relação ao solo integral e em relação ao teor de carbono total (C\_CHN), e relações entre FAH/FAF e o extrato alcalino (EA = FAF + FAH) e a HUM.

Amostra	FAF	FAH	HUM	Soma	C_CHN	FAF	FAH	HUM	Soma	FAH/ FAF	EA/ HUM
	-----g C kg <sup>-1</sup> solo-----					-----% C CHN-----					
AL1 Hop1	39,3 (6)	88,5 (17)	172,7 (11)	300,6	357,8	11	25	48	84	2,25	0,74
AL1 Hop2	10,3 (10)	27,7 (6)	46,5 (9)	84,4	110,4	9	25	42	77	2,69	0,82
AL2 Hdopj	23,9 (3)	131,0 (1)	156,3 (16)	311,2	305,8	8	43	51	102	5,48	0,99
AL2 Hdoj1	24,3 (29)	193,8 (11)	225,6 (14)	443,7	508,1	5	38	44	87	7,99	0,97
AL2 Hdoj2	21,2 (15)	139,7 (4)	232,7 (15)	393,6	454,7	5	31	51	87	6,58	0,69
AL2 Hoj	9,2 (10)	22,0 (35)	79,2 (13)	110,4	120,7	8	18	66	91	2,41	0,39
BA2 Hdj	23,2 (14)	185,7 (9)	252,8 (7)	461,7	525,3	4	35	48	88	8,01	0,83
BA2 Hdoj1	23,8 (1)	188,8 (2)	267,2 (2)	479,8	528,5	5	36	51	91	7,93	0,8
BA2 Hdoj2	16,7 (17)	189,5 (3)	175,8 (24)	381,9	369,9	5	51	48	103	11,37	1,17
BA3 Hdopj1	36,5 (17)	159,5 (5)	184,3 (19)	380,3	387,6	9	41	48	98	4,37	1,06
BA3 Hdopj2	16,2 (29)	198,9 (10)	281,1 (6)	496,2	555,4	3	36	51	89	12,31	0,77
BA3 Hdoj	16,6 (23)	208,4 (13)	247,2 (6)	472,2	508,3	3	41	49	93	12,52	0,91
DF1 Hdp	11,8 (8)	37,8 (13)	38,6 (7)	88,2	101,7	12	37	38	87	3,21	1,29

Continua...

**Tabela 2.** Continuação.

Amostra	FAF	FAH	HUM	Soma	C_CHN	FAF	FAH	HUM	Soma	FAH/ FAF	EA/ HUM
	-----g C kg <sup>-1</sup> solo-----					-----% C CHN-----					
DF1 Hd1	16,3 (6)	67,3 (7)	43,5 (4)	127,1	132,4	12	51	33	96	4,14	1,92
DF1 Hd2	17,8 (11)	119,4 (27)	35,1 (14)	172,3	196,6	9	61	18	88	6,69	3,91
ES1 Hdp1	19,1 (22)	47,0 (13)	88 (13)	154,0	179,8	11	26	49	86	2,46	0,75
ES1 Hdp2	20,1 (13)	53,0 (15)	97,7 (3)	170,7	157,7	13	34	62	108	2,63	0,75
ES1 Hdo	29,3 (12)	84,8 (5)	113,8 (9)	227,9	227,7	13	37	50	100	2,89	1,00
MG1 Hdo	40,0 (5)	65,9 (12)	147,4 (6)	253,4	279,0	14	24	53	91	1,65	0,72
MG1 Hd	23,6 (35)	95,5 (9)	77,6 (5)	196,7	213,7	11	45	36	92	4,05	1,54
MG1 2Hdo	34,7 (4)	142,9 (0)	159,6 (4)	337,2	366,7	9	39	44	92	4,12	1,11
MG2 Hdo1	14,0 (1)	45,1 (21)	61,1 (3)	120,2	114,8	12	39	53	105	3,22	0,97
MG2 Hdo2	11,9 (18)	68,5 (10)	105,7 (6)	186,1	206,4	6	33	51	90	5,77	0,76
MS2 Hdo	20,2 (5)	52,3 (2)	41,4 (2)	114,0	121,1	17	43	34	94	2,58	1,75
MS2 2Hd	7,3 (28)	99,4 (4)	79,6 (4)	186,3	189,3	4	53	42	98	13,66	1,34
PR2 Hdp1	13,1 (8)	89,5 (6)	36,5 (3)	139,2	144,1	9	62	25	97	6,81	2,81
PR2 Hdp2	10 (8)	143,4 (10)	30,7 (8)	184,1	192,8	5	74	16	95	14,41	5,00
PR2 Hdp3	21 (29)	153,7 (19)	39,6 (12)	214,3	270,0	8	57	15	79	7,31	4,42
PR3 Oo	57,3 (15)	84,2 (37)	235,2 (6)	376,7	418,9	14	20	56	90	1,47	0,60

Continua...

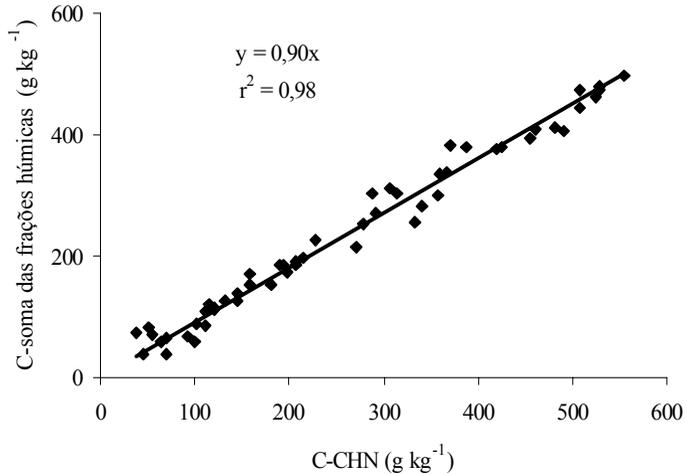
Tabela 2. Continuação.

Amostra	FAF	FAH	HUM	Soma	C_CHN	FAF	FAH	HUM	Soma	FAH/ FAF	EA/ HUM
	-----g C kg <sup>-1</sup> solo-----					-----% C CHN-----					
RJ1 A1	9,9 (5)	21,4 (1)	27,5 (3)	58,9	63,5	16	34	43	93	2,16	1,14
RJ1A2	6,4 (3)	12,8 (2)	53,6 (18)	72,9	38,0	17	34	141	192	1,99	0,36
RJ1 Bi	9,3 (3)	17,8 (3)	54,3 (11)	81,4	49,9	19	36	109	163	1,92	0,50
RJ12Bi	10,5 (8)	28,2 (11)	30,9 (65)	69,7	55,3	19	51	56	126	2,69	1,25
RJ3 Hdp	35,5 (13)	115,3 (8)	131,8 (6)	282,6	339,8	10	34	39	83	3,25	1,14
RJ3 Hdo1	42,6 (14)	121,2 (1)	139,2 (16)	303,0	314,9	14	38	44	96	2,85	1,18
RJ3 Hdo2	51 (10)	104,8 (4)	99,7 (21)	255,6	332,3	15	32	30	77	2,05	1,56
RJ3 Ho	24 (14)	95,2 (12)	184,4 (7)	303,6	288,5	8	33	64	105	3,97	0,65
RJ4 Hdp1	15,6 (10)	30,5 (4)	20,9 (3)	67,1	91,7	17	33	23	73	1,95	2,21
RJ4 Hdp2	17,2 (12)	34,2 (16)	8,9 (5)	60,2	99,5	17	34	9	61	1,99	5,79
RJ4 Cg1	12,7 (20)	22,4 (18)	3,5 (5)	38,6	69,8	18	32	5	55	1,76	9,94
RJ4 Cg2	11,0 (7)	22,1 (10)	6,0 (11)	39,1	44,8	25	49	13	87	2,00	5,56
RS3 Hdo	22,3 (17)	60,9 (2)	70,4 (1)	153,6	158,3	14	38	44	97	2,73	1,18
RS3 Hd1	11,0 (8)	52,8 (4)	45,2 (35)	109,0	110,3	10	48	41	99	4,81	1,41
RS3 Hd2	5,9 (10)	42,3 (9)	15,5 (8)	63,6	69,3	9	61	22	92	7,19	3,11
RS4 Hpj	19,4 (24)	160,7 (21)	199,4 (7)	379,6	425,7	5	38	47	89	8,27	0,90

Continua...

**Tabela 2.** Continuação.

Amostra	FAF	FAH	HUM	Soma	C_CHN	FAF	FAH	HUM	Soma	FAH/ FAF	EA/ HUM
	-----g C kg <sup>-1</sup> solo-----					-----% C CHN-----					
RS4 Hdj	16,6 (10)	153,7 (2)	240,1 (10)	410,4	482,2	3	32	50	85	9,29	0,71
RS4 Hdoj	12,1 (15)	138,4 (11)	256,3 (2)	406,8	490,0	2	28	52	83	11,49	0,59
RS5 Hdpj	22,3 (5)	164,4 (9)	147,8 (4)	334,5	358,5	6	46	41	93	7,38	1,26
RS5 Hdj	24,4 (4)	134,0 (7)	111,4 (2)	269,9	291,6	8	46	38	93	5,48	1,42
SC2 Hdoj1	30,9 (13)	143,1 (9)	235,6 (9)	409,6	460,0	7	31	51	89	4,63	0,74
SC2 Hdoj2	24,5 (8)	188,4 (6)	260,3 (7)	473,2	528,1	5	36	49	90	7,68	0,82
SP1 Hp1	23,7 (12)	112,8 (13)	53,7 (8)	190,2	207,4	11	54	26	92	4,76	2,54
SP1 Hp2	13,2 (3)	95,1 (6)	17,7 (14)	126,0	144,4	9	66	12	87	7,19	6,12
<b>Média</b>	<b>20,8</b>	<b>99,2</b>	<b>116,4</b>	<b>236,3</b>	<b>259,6</b>	<b>10</b>	<b>40</b>	<b>44</b>	<b>94</b>	<b>5,31</b>	<b>1,84</b>
<b>Desvio padrão</b>	<b>11,2</b>	<b>57,8</b>	<b>85,6</b>	<b>140,2</b>	<b>158,4</b>	<b>5</b>	<b>12</b>	<b>22</b>	<b>20</b>	<b>3,42</b>	<b>1,81</b>

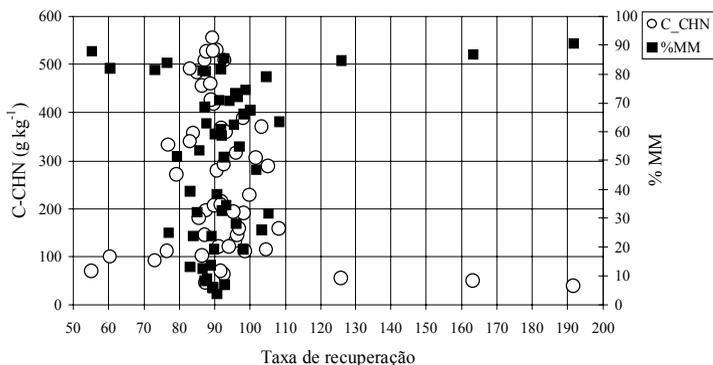


**Figura 1.** Relação entre a soma das frações húmicas e o carbono total pelo CHN, coeficientes significativos a 0,001.

O percentual de recuperação teve grande variação na faixa de 55,3 a 191,8%. Porém, o fator de recuperação não apresentou distribuição uniforme (Figura 2), ocorrendo grande variabilidade da recuperação nas amostras com teores relativamente baixos de carbono total, inferiores a  $120\text{g kg}^{-1}$ , onde o coeficiente de variação é de 39% e os valores máximos e mínimos de recuperação localizam-se nessa faixa. Já as demais amostras têm baixa variabilidade, com coeficiente de variação igual a 7% e valor mínimo e máximo de 76,9 e 108,3%, respectivamente. Foi notada maior variabilidade nos dois sentidos da recuperação, isto é, para valores de carbono orgânico total baixos e muito elevados.

Em amostras com teor de material mineral (%MM) superior a 80% (Figura 2), efeito similar na variabilidade foi observado. Esses dados demonstram menor replicabilidade dos resultados em amostras com teores de carbono total inferiores a  $120\text{g kg}^{-1}$  ou %MM superior a 80%. Com base na análise de regressão linear simples com intervalo de confiança de 95%, sendo o carbono total o eixo dos X e a soma das frações húmicas o eixo dos Y,

pode-se considerar o coeficiente linear como 0 (zero) e o coeficiente angular tem como valores mínimo, médio e máximo 0,88, 0,90 e 0,92, respectivamente. Isto indica que a soma das frações húmicas representa de 88 a 92% do carbono total, determinado pelo CHN.



**Figura 2.** Relação entre a taxa de recuperação, o % de material mineral (MM) e o C total determinado por CHN.

Os valores da relação FAH/FAF variaram de 1,47 a 14,41, indicando predomínio da FAH em todas as amostras, destacando que quanto mais alta essa relação maior será o grau de polimerização (INCORA, 1974). Percebe-se o aumento desta relação na grande maioria dos perfis de solos em relação à profundidade, efeito inverso ao observado para solos minerais (BENITES *et al.*, 2000). Estes valores são conseqüentes da oxidação periódica dos horizontes superiores dos Organossolos, devido à oscilação do lençol freático, o que favorece a formação de compostos orgânicos solúveis em virtude de uma maior atividade microbiológica. Zech *et al.* (1994) observaram maior formação de substâncias húmicas de menor peso molecular em solos durante períodos mais quentes e com maior atividade microbiológica.

A relação EA/HUM, onde EA é a soma das frações FAF e FAH, também teve grande variação, com valores entre 0,36 e 9,94. Porém, 79% das amostras apresentaram valores inferiores a 2. Segundo Benites *et al.* (2000), essa relação fornece

informações sobre a gênese do solo, identificando zonas de movimentação ou acúmulo de carbono. Estes autores observaram picos da relação EA/HUM em horizontes espódicos. Em Latossolos esses valores decrescem continuamente em profundidade. Nos perfis estudados não há predominância de acréscimo ou decréscimo dessa relação com a profundidade, indicando que, nesses solos, vários podem ser os fatores que influenciaram na proporção de compostos alcalino-solúveis ou insolúveis, incluindo vegetação original, uso do solo, ambiente de formação e clima.

O Perfil RJ4, que é um Organossolo formado sob condições de hidromorfismo e com elevados teores de material mineral, com uso atual de pastagem, tem comportamento semelhante ao observado em Espodossolos (BENITES *et al.*, 2001). Nesse perfil, ocorreu um pico da relação EA/HUM no 3º horizonte (Cg1), que coincide com o aumento do percentual de material mineral, demonstrando alta interação das frações húmicas alcalino solúveis com a matriz mineral do solo. O perfil PR3, formado por um único horizonte assentado diretamente sobre a rocha, em ambiente de relevo montanhoso e boa drenagem, apresentou baixa relação EA/HUM, evidenciando a exportação das frações húmicas mais solúveis e a manutenção das frações insolúveis. Em outros perfis há aumento indefinido com a profundidade ou diminuição ou até mesmo pequena variação dessa relação. Assim, diante do comportamento dessa relação, não se deve generalizar o que foi encontrado nos Espodossolos e Latossolos (BENITES, 2001) para os Organossolos.

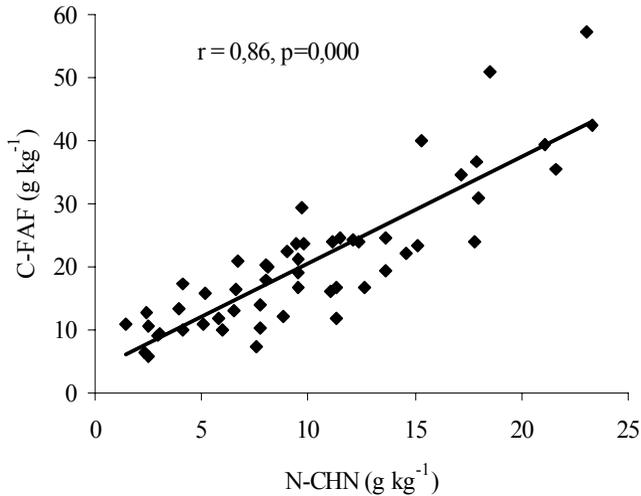
### **Relação entre as frações húmicas e formas de carbono e nitrogênio nos Organossolos**

Os valores de carbono total determinado pelo CHN apresentaram correlações significativas ao nível de 0,1% de probabilidade com as frações FAH ( $r=0,90$ ) e HUM ( $r=0,95$ ), embora não tenham apresentado correlação significativa a este nível com a fração ácido fúlvico. Segundo Schnitzer (1986), os ácidos húmicos em associação com colóides formam complexos insolúveis em pH inferior a 6,5, possibilitando a imobilização e o

acúmulo dessa fração em solos ácidos. A fração humina, conforme determinada pelo método, incorporou as fibras não decompostas, as quais devem ser responsáveis pela alta correlação observada entre esta fração e o carbono total. A menor correlação da FAF com o carbono orgânico total também foi observada por Benites (1998), resultado este que reflete a característica de alta solubilidade e mobilidade da FAF no solo (STEVENSON, 1994).

A HUM apresentou correlação positiva e significativa ( $r=0,43$ ,  $p=0,01$ ) com o teor de fibras esfregadas, uma vez que as fibras esfregadas são quantificadas nesta fração. Assim como há correlação positiva ( $r=0,40$ ,  $p=0,01$ ) da FAF com o teor de fibras esfregadas, o que possivelmente é devido à maior capacidade de retenção de água dos horizontes fibricos, reduzindo a intensidade do processo de humificação, o que favoreceria a manutenção da FAF nesses horizontes, além das fibras serem fonte de formação da FAF. Não foi verificada correlação das fibras com a FAH ( $r=0,09$ , não significativo), mesmo havendo correlação das fibras com o carbono total ( $r=0,32$ ,  $p=0,05$ ).

Os teores de N determinados pelo CHN tiveram alta correlação com a fração FAF ( $r=0,86$ ,  $p=0,000$ ) (Figura 3), indicando que esta fração está intimamente relacionada aos teores de N no solo. A FAH ( $r=0,53$ ), HUM ( $r=0,66$ ) e a soma das frações húmicas ( $r=0,69$ ) também apresentaram correlação com os teores de nitrogênio, sendo os coeficientes significativos a  $p=0,00$ .



**Figura 3.** Relação do nitrogênio determinado por CHN com a fração ácido fúlvico (FAF).

### **Relação entre as frações húmicas e atributos químicos dos Organossolos**

A capacidade de troca catiônica apresentou correlação positiva e significativa com a FAH, HUM e C, sendo a correlação mais elevada quando comparada à observada com a FAH, assim como a tendência apresentada pela acidez trocável (Tabela 3). Este resultado indica o importante papel desta fração na geração de cargas negativas no solo, contribuindo para o aumento da CTC do solo. Resultados semelhantes têm sido obtidos por outros autores estudando diferentes classes de solos tropicais (Benites, 1998; Benites et al., 2000; Souza et al., 2003). O valor S apresentou correlação significativa com a FAF, assim como o fósforo assimilável. Esses dados mostram que a FAF parece estar relacionada a uma maior fertilidade do solo, uma vez que apresenta as melhores correlações com os teores de N, P e a soma de bases do solo. Estes resultados sugerem que Organossolos com maior fertilidade natural tendem a promover a degradação do material orgânico e assim maior produção da FAF.

A relação C/N não apresentou correlação significativa com nenhuma das frações húmicas, porém com o uso da análise de regressão múltipla pode-se definir uma equação com coeficiente de determinação  $r^2$  de 0,594 ( $p < 0,001$ ), onde a relação C/N pode ser determinada em função do teor da FAF e da soma das frações húmicas (SOMA):

$$C/N = 23,454 - 0,593.FAF + 0,065.SOMA.$$

**Tabela 3.** Matriz com os coeficientes de correlação entre os teores de carbono nas frações FAF, FAH, HUM, teor de carbono total, e atributos químicos de Organossolos (n = 53).

	FAF	FAH	HUM	C
<b>Valor T</b>	0,01ns	0,60***	0,44**	0,50***
<b>Valor S</b>	0,42**	0,28*	0,28*	0,33*
<b>P</b>	0,49***	-0,08ns	0,15ns	0,09ns
<b>H+</b>	-0,11ns	0,66***	0,42**	0,50***

\*\*\* - significativo a 0,1%;

\*\* - significativo a 1%;

\* - significativo a 5%; ns – não significativo.

FAF = fração ácidos fúlvicos;

FAH = fração ácidos húmicos,

HUM = humina;

C = carbono total determinado pelo CHN.

### **Fracionamento de substâncias húmicas como auxiliar no sistema de classificação de Organossolos**

A maior parte do território brasileiro mapeada por levantamentos pedológicos está em níveis de reconhecimento ou exploratório, em escalas geralmente menores do que 1:400.000. Atualmente vêm-se intensificando os mapeamentos pedológicos em níveis semidetalhados ou de maior detalhamento, com escalas maiores. Buscando atender a esses trabalhos devem ser desenvolvidos critérios e determinados caracteres diagnósticos para classificação dos solos em níveis de família e série, em especial nos Organossolos.

Em função dos altos teores das SH nos Organossolos e tendo em vista as correlações observadas entre as diferentes

frações das SH com outros atributos, propõe-se para classificação dos Organossolos ou dos horizontes hísticos, em níveis taxonômicos de família ou série, a subdivisão de classes com base nos teores das frações húmicas (FAF e FAH) e na relação extrato alcalino (EA) húmica (EA/HUM), como se segue:

- a) **fração ácido fúlvico (FAF) no solo com 20g kg<sup>-1</sup> de C ou menos** – hipofúlvico (n=28) e maior do que 20 – fúlvico (n=25);
- b) **fração ácido húmico (FAH) no solo com 90g kg<sup>-1</sup> de C ou menos** – hipohúmico (n=25) e maior do que 90 – húmico (n=28); e
- c) **relação EA/HUM igual a 1 (um) ou menos** – hipoalcalino-solúvel (n=24) e maior do que 1 - alcalino-solúvel (n=29).

Visando fundamentar as classes identificadas acima, foram realizadas análises estatísticas de comparação de dados entre as propriedades dos solos estudados, uma vez aplicada à classificação proposta (Tabela 4). Quando os dados seguiram as premissas do modelo para a análise (homogeneidade de variâncias e distribuição normal dos erros), o teste t de student para média foi utilizado a 5% de significância. Quando as premissas não foram atendidas, foi efetuada a análise não paramétrica de Mann-Whitney a 5% para comparação das medianas.

Com base nas análises estatísticas realizadas (Tabela 4), verifica-se diferença significativa para a classificação da FAF entre as propriedades edáficas: teor de N total, soma de bases (valor S), densidade do solo, resíduo mínimo % de fibras esfregadas e grau de decomposição pela escala de von Post. Os teores de N total, % de fibras esfregadas e valor S foram mais elevados na classe fúlvico. A densidade do solo (Ds), o resíduo mínimo (RM) e os valores na escala de von Post foram menores na classe fúlvico. Tais resultados conduzem a inferência de que solos fúlvicos tendem a apresentar maior fertilidade natural, menor grau de decomposição da matéria orgânica e maior potencial de subsidência.

**Tabela 4.** Comparações entre médias ou medianas de propriedades dos solos, baseadas na classificação das amostras quanto ao teor das frações ácido fúlvico (FAF) e ácido húmico (FAH) e da relação EA/HUM, onde EA = FAF + FAH.

Variável	Teste utilizado (medida)	Hipofúlvicos (n = 28) (Até 20g C kg <sup>-1</sup> da FAF)	Fúlvicos (n = 25) ( > 20g C kg <sup>-1</sup> da FAF)
N total (g kg <sup>-1</sup> )	t (média)	6,5 b	14,2 a
Von Post	Mann-Whitney (mediana)	9 a	6 b
Fibras %	Mann-Whitney (mediana)	7 b	24 a
Valor S (cmol.kg <sup>-1</sup> )	Mann-Whitney (mediana)	3,95 b	5,80 a
Ds (g cm <sup>-3</sup> )	Mann-Whitney (mediana)	0,54 a	0,19 b
RM (cm cm <sup>-1</sup> )	Mann-Whitney (mediana)	0,251 <sup>a</sup>	0,040b
N total (g kg <sup>-1</sup> )	t (média)	7,4 b	12,6 a

Continua...

**Tabela 4.** Continuação.

Variável	Teste utilizado	Hipohúmicos (n = 25) (Até 90g C kg <sup>-1</sup> da FAH)	Húmicos (n = 28) (> 90g C kg <sup>-1</sup> da FAH)
Von Post	Mann-Whitney (mediana)	8 a	7 a
Valor S (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	Mann-Whitney (mediana)	2,6 b	7,4 a
Valor T (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	Mann-Whitney (mediana)	29,0 b	56,9 a
H + Al (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	Mann-Whitney (mediana)	24,4 b	46,2 a
pH água	t (média)	4,7 a	4,0 b
C/N	Mann-Whitney (mediana)	18,0 b	28,5 a
Ds (g cm <sup>-3</sup> )	Mann-Whitney (mediana)	0,56 a	0,23 b
RM (cm cm <sup>-1</sup> )	Mann-Whitney (mediana)	0,265 a	0,037 b

Continua...

**Tabela 4.** Continuação.

<b>Variável</b>	<b>Teste utilizado</b>	<b>Hipoalcalino-solúveis (n = 24) (Até 1 EA/HUM)</b>	<b>Alcalino-solúveis (n = 29) (&gt; 1 EA/HUM)</b>
N total (g kg <sup>-1</sup> )	Mann-Whitney (mediana)	11,3 a	7,6 b
Von Post	Mann-Whitney (mediana)	6 b	9 a
Fibras %	Mann-Whitney (mediana)	21 a	4 b
pH água	t (média)	3,9 b	4,7 a
Ds (g cm <sup>-3</sup> )	Mann-Whitney (mediana)	0,17 b	0,46 a
RM (cm cm <sup>-1</sup> )	Mann-Whitney (mediana)	0,029 b	0,197 a

Letras diferentes na mesma linha diferem significativamente a 5%.

Na comparação entre os hipohúmicos e húmicos (Tabela 4) foram verificadas diferenças entre as propriedades teor de N total, valor T, valor S, acidez potencial, pH em água, relação C/N, Ds e RM. Os teores de N total, valor S, valor T, acidez potencial e relação C/N são maiores nos húmicos do que nos hipohúmicos. Os valores de pH foram menores nos húmicos, refletindo os solos com tiomorfismo incluídos nessa classe, assim como a maior acidez potencial. A Ds e o RM foram menores na classe dos húmicos, indicando maior potencial de subsidência desses solos.

Com base na relação EA/HUM pode-se verificar diferença no teor de N total, escala de von Post, % de fibras esfregadas, pH em água, Ds e RM (Tabela 4). Foram verificados maiores teores de N total para os hipoalcalino-solúveis, indicando que possa haver maior disponibilidade de N para os vegetais nessa classe. Os valores médios de pH em água para os alcalino-solúveis foram maiores. Quanto ao grau de decomposição do material orgânico, os alcalino-solúveis mostraram-se mais decompostos pois apresentaram menores % de fibras esfregadas e maiores valores na escala de von Post; como reflexo do tipo de material orgânico apresentaram maior Ds e RM, indicando menor potencial de subsidência.

A Tabela 5 apresenta a classificação dos perfis com base no teor das frações húmicas. Foi considerado o valor que predominava nos primeiros 100cm, a partir da superfície. Porém, há a possibilidade de flexionar a classificação, detalhando solos com comportamentos irregulares. Por exemplo, um perfil que apresente características hipohúmicas entre 30 e 100cm (na maior parte do perfil) e é húmico de 0 a 30cm, pode ser classificado como hipohúmico epihúmico. Dos 19 perfis coletados, 11 são hipofúlvicos, quanto ao teor da FAF, e 8 fúlvicos. Pelo teor da FAH, 9 são hipohúmicos e 10 húmicos. E para EA/HUM, 9 são hipoalcalino-solúveis e 10 alcalino-solúveis.

Quanto aos limites aqui estabelecidos é importante ressaltar que foram estipulados com base em medidas de posição e distribuições de frequência de 53 amostras. Na literatura existem dados de outros perfis de solo, porém determinados por métodos diferentes, o que torna inviável seu uso para fins de

comparação. Em pesquisas futuras sobre os Organossolos e outros solos com horizonte hístico é fundamental a padronização do método para o fracionamento das substâncias húmicas e até mesmo o seu aprimoramento, visando-se separar matéria orgânica leve da humina real do solo. Assim podem-se obter limites ainda mais precisos entre as classes, nos níveis de família ou série.

**Tabela 5.** Classificação dos perfis segundo o teor das frações húmicas.

Estados/ Amostras	Frações húmicas		
	Ácido fúlvico, FAF	Ácido húmico, FAH	EA/HUM
AL1	Hipofúlvico	Hipohúmico	Hipoalcalino-solúvel
AL2	Fúlvico	Húmico	Hipoalcalino-solúvel
BA2	Hipofúlvico	Húmico	Alcalino-solúvel
BA3	Hipofúlvico	Húmico	Alcalino-solúvel
DF1	Hipofúlvico	Hipohúmico	Alcalino-solúvel
ES1	Fúlvico	Hipohúmico	Hipoalcalino-solúvel
MG1	Fúlvico	Húmico	Alcalino-solúvel
MG2	Hipofúlvico	Hipohúmico	Hipoalcalino-solúvel
MS2	Fúlvico	Hipohúmico	Alcalino-solúvel
PR2	Hipofúlvico	Húmico	Alcalino-solúvel
PR3	Fúlvico	Hipohúmico	Hipoalcalino-solúvel
RJ1	Hipofúlvico	Hipohúmico	Hipoalcalino-solúvel
RJ3	Fúlvico	Húmico	Alcalino-solúvel
RJ4	Hipofúlvico	Hipohúmico	Alcalino-solúvel
RS3	Hipofúlvico	Hipohúmico	Alcalino-solúvel
RS4	Hipofúlvico	Húmico	Hipoalcalino-solúvel
RS5	Fúlvico	Húmico	Alcalino-solúvel
SC2	Fúlvico	Húmico	Hipoalcalino-solúvel
SP1	Hipofúlvico	Húmico	Alcalino-solúvel

## **Conclusões**

O método empregado para fracionamento das substâncias húmicas mostrou-se adequado, com uma boa repetibilidade e facilidade de execução técnica, sendo indicado para fazer parte da rotina de laboratórios, na análise de Organossolos e horizontes com elevados teores de matéria orgânica.

Os teores das frações ácido fúlvico e ácido húmico e a relação extrato alcalino/humina apresentaram-se eficientes na individualização de grupos de Organossolos, distintos quanto as suas propriedades químicas e físicas, o que valida a proposta de utilização destes atributos para a classificação destes solos nos níveis de família ou série.

## **Referências**

BENITES, V. M. et al. Caracterização da matéria orgânica e micromorfologia de solos sob Campos de Altitude no Parque Estadual da Serra do Brigadeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n. 25, p. 661-674, 2001.

BENITES, V. M. **Caracterização química e espectroscópica da matéria orgânica e suas relações com a gênese de solos da Serra do Brigadeiro, Zona da Mata mineira**. 125 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, 1998.

BENITES, V. M.; KER, J. C.; MENDONÇA, E. S. Fracionamento quantitativo de substâncias húmicas como auxiliar na identificação de diferentes solos da região Sul do Brasil. In: REUNIÃO DE CLASSIFICAÇÃO, CORRELAÇÃO E APLICAÇÃO DE LEVANTAMENTOS DE SOLOS, 2000, Colombo. **Anais: 6.** Guia de excursão de estudos de solos nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná. Colombo: Embrapa Florestas, 2000. p. 184-192.

BENITES, V. M.; MADARI, B.; MACHADO, P. L. O. A. **Extração e fracionamento quantitativo de substâncias húmicas do solo:** um procedimento simplificado de baixo custo. Rio de Janeiro: Embrapa Solos 2003. 13 p. (Comunicado Técnico, 14).

REUNIÃO DE CLASSIFICAÇÃO, CORRELAÇÃO E APLICAÇÃO DE LEVANTAMENTOS DE SOLOS, 2000, Colombo. **Anais: 6.** Guia de excursão de estudos de solos nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná. Colombo: Embrapa Florestas; Rio de Janeiro: Embrapa Solos; Campinas: IAC, 2000. 222 p. (Documentos).

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p.

INCORA. **Mapificación caracterización y clasificación de los suelos orgánicos del Valle de Sibundoy.** Bogotá: [s.n.], 1974. 148 p.

LEMONS, R. C.; SANTOS, R. D. **Manual de descrição e coleta de solos no campo.** 3.ed. Campinas: SBCS/EMBRAPA-CNPS, 1996. 83 p.

MACCARTHY, P. The principles of humic substances. **Soil Science**, v. 166, n. 11, p. 738-751, 2001.

MCBRIDE, M. B. **Environmental chemistry of soils**. New York: Oxford University, 1994. 406 p.

NELSON, D. W.; SOMMERS, L. E. Total carbon, organic carbon and organic matter. **American Society of Agronomy**, Madison, v. 9, p. 539-577, 1982.

SCHNITZER, M. Binding of humic substances by soil mineral colloids. In: HUANG, P. M., SCHNITZER, M. (Eds.) **Interactions of soil minerals with natural organics and microbes**. Madison: SSSA, 1986, p. 77-102.

SOUZA, L. F. et al. Relação entre a fertilidade e as substâncias húmicas em uma terra preta na Amazônia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29., 2003. **Anais...** 1 CD-ROM.

STEVENSON, F.J . **Humus chemistry**: genesis, composition, reactions. 2.ed. USA: J. Wiley & Sons, 1994. 496 p.

TOMBÁ CZ, E.; MELEG, E. A theoretical explanation of the aggregation of humic substances as a function of pH and electrolyte concentration. **Organic Geochemistry**, Kidlington, v. 15, p. 375-381, 1990.

YEOMANS, J. C.; BREMNER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Communication Soil Science**: Plant Analise, New York, v. 19, n. 13, p. 1467-1476, 1988.

ZECH, W. et al. Budgets and chemistry of dissolved organic carbon in forest soils: effect of anthropogenic soil acidification. **Science Total Environmental**, Amsterdam, v. 152, p. 49-62, 1994.

## **Agradecimentos**

Ao CNPq pelo apoio financeiro através do projeto (Caracterização de Organossolos, auxílio a sua classificação – nº 474884/2001-5) e pela bolsa de iniciação científica, convênio CNPq/PIBIC - UFRRJ. À CAPES pela concessão de bolsa de Doutorado, junto ao CPGA-CS, no período de março de 2000 a março de 2002. À FAPERJ, pela concessão de bolsa de Doutorado do programa Bolsista Nota Dez, junto ao CPGA-CS, no ano de 2002. Aos laboratórios de Gênese e Classificação e de Matéria Orgânica do Departamento de Solos, da UFRRJ, e à Embrapa Solos pelo apoio nas análises. Aos pesquisadores e técnicos que contribuíram com amostras de solo e apoio de campo para coleta de material nos vários Estados.



---

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária*  
**Embrapa Monitoramento por Satélite**  
*Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*  
*Av. Dr. Júlio Soares de Arruda, 803 - Parque São Quirino*  
*CEP 13088-300, Campinas-SP - Brasil*  
*Fone (19) 3256-6030 Fax (19) 3254-1100*  
*<http://www.cnpm.embrapa.br> [sac@cnpm.embrapa.br](mailto:sac@cnpm.embrapa.br)*

COMITÊ DE PUBLICAÇÃO  
EDITORIAÇÃO