

UFRRJ
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
CIÊNCIA DO SOLO

TESE

**Caracterização de Organossolos, Auxílio à sua
Classificação**

Gustavo Souza Valladares

2003



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA –
CIÊNCIA DO SOLO**

**CARACTERIZAÇÃO DE ORGANOSSOLOS, AUXÍLIO À SUA
CLASSIFICAÇÃO**

GUSTAVO SOUZA VALLADARES

Sob a Orientação do Professor

Marcos Gervasio Pereira

e Co-orientação da Professora

Lúcia Helena Cunha dos Anjos

e do Pesquisador

Vinícius de Melo Benites

Tese submetida como requisito
parcial para obtenção do grau de
Doutor em Ciências em
Agronomia, Área de Concentração
em Ciência do Solo

Seropédica, RJ
Outubro de 2003

631.47
V176c

Valladares, Gustavo Souza
Caracterização de Organossolos, auxílio à sua classificação /
Gustavo Souza Valladares. – Seropédica: [s.n.], 2003.
xiii, 129 f.: il.

Orientador: Marcos Gervásio Pereira.
Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro,
2003.

1. Histosol 2. Horizonte hístico 3. Solos de turfa 4. Taxonomia 5.
Sistema Brasileiro de Classificação de Solos 6. SiBCS I. Pereira, Marcos
Gervásio. II. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Instituto de
Agronomia. III. Título.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA - CIÊNCIA DO SOLO

GUSTAVO SOUZA VALLADARES

Tese submetida ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia, área de Concentração em Ciência do Solo, como requisito parcial para obtenção do grau de **Doutor em Ciências**, em Agronomia.

TESE APROVADA EM ----/----/----- (Data da defesa)

Marcos Gervasio Pereira. Ph.D. UFRRJ
Orientador

Lúcia Helena Cunha dos Anjos. Ph.D. UFRRJ

Vinícius de Melo Benites. Dr. Embrapa Solos

Humberto Gonçalves dos Santos. Ph.D. Embrapa Solos

Pablo Vidal Torrado. Ph.D. ESALQ/USP

DEDICATÓRIA

À minha esposa e companheira Izabella.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, que me acolheu em agosto de 1993, quando me matriculei no curso de Agronomia, e hoje, uma década depois, me deu condições para redigir a presente tese, requisito obrigatório para a conclusão do curso de Doutorado.

À minha mulher Izabella Cabral Hassum, primeiramente, pela compreensão nos momentos de ausência, nas viagens para coleta de material para a tese e em trabalhos de campo de pedologia. Segundo, no auxílio às coletas dos perfis no Espírito Santo, Bahia e Alagoas.

Aos professores Marcos Gervasio Pereira e Lúcia Helena Cunha dos Anjos, orientador e co-orientadora, não somente pela oportunidade em desenvolver este trabalho de tese, como pela orientação desde a época do estágio no período da graduação. Profissionais fundamentais na minha formação acadêmica.

Ao pesquisador da Embrapa Solos Vinicius de M. Benites, pela co-orientação, com sugestões muito úteis para a elaboração do presente trabalho e execução de análises naquela unidade da Embrapa.

Ao bolsista de iniciação científica Adierson G. Ebeling, pelos intermináveis e cansativos trabalhos de laboratório e coletas na região sul do país. Fundamental ao desenvolvimento do trabalho.

Ao bolsista de iniciação científica Ademar e ao estagiário Otávio, pela execução de trabalhos no laboratório. À estagiária da Embrapa Júlia Gouvêa no auxílio às análises estatísticas.

Ao pesquisador do IDATERRA e colega de Doutorado Milton Padovan, fundamental na coleta no Mato Grosso do Sul.

Ao pesquisador do IBGE Virlei por ceder descrições de perfis da região Centro-Oeste do país, enriquecendo o banco de dados.

Ao colega de Doutorado André Faria e ao bolsista de iniciação científica Ademir, no auxílio às coletas em Minas Gerais.

Ao funcionário do Departamento de Solos da UFRRJ Anselmo Boechat, no auxílio às coletas em Taubaté, SP e no Parque de Itatiaia.

Ao pesquisador da CEPLAC Sandoval por indicar pontos de coleta na Bahia e enviar amostras, assim como o pesquisador Tony Jarbas da Embrapa Solos. Aos pesquisadores do IAC João Bertoldo de Oliveira e Antônio Carlos Moniz por cederem amostras do Vale do Ribeira, SP.

Aos vários pesquisadores e professores que ajudaram ou indicaram pontos de coleta de Organossolos em diferentes regiões do país, Lúcia Raquel (Embrapa Solos de Recife), Alberto Inda (UFRGS), Assis de Moraes (IRGA), Laus, Germano e Enilton, (EPAGRI), Gustavo Curcio (Embrapa Florestas), Maria da Conceição Rivolli (UniTau), Otto Mozer (Embrapa Gado de Leite) e Parque Nacional dos Aparatos da Serra.

Aos agricultores e proprietários rurais que permitiram a entrada em suas propriedades para coletas de amostras, sendo que muitos até auxiliaram.

Aos colegas de curso e aos professores que lecionaram nas disciplinas do curso e ao Departamento de Solos da UFRRJ.

Às chefias da Embrapa Monitoramento por Satélite por me liberarem em alguns momentos importantes para a conclusão deste trabalho.

Às agências financiadoras CNPq, CAPES e FAPERJ pelo auxílio ao projeto e bolsas concedidas.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	2
2.1 Conceito, Ocorrência e Formação de Turfas	2
2.2 Classificação de Material Orgânico e Turfa	4
2.2.1 Material orgânico segundo sistemas de classificação de solos.....	5
2.2.2 Grau de decomposição do material orgânico.....	5
2.2.3 Constituintes vegetais genéticos	6
2.2.4 Classificação genética	6
2.2.5 Critério para classificação como fonte de energia (IPT, 1979).....	8
2.2.6 Aplicações da turfa	9
2.3 Horizonte Hístico	10
2.4 Classificação dos Organossolos	11
2.5 Determinação da Matéria Orgânica	16
2.6 Atributos Químicos dos Organossolos.....	18
2.7 Atributos Morfológicos e Físicos dos Organossolos	20
2.8 Substâncias Húmicas em Organossolos.....	21
2.9 Alterações Ocorridas nos Organossolos Pela Ação Antrópica.....	24
2.10 Dinâmica do Carbono em Organossolos	30
2.11 Estimativa da Extensão Geográfica de Organossolos no Brasil.....	40
3. MATERIAL E MÉTODOS	41
3.1 Material	41
3.2. Métodos.....	41
3.2.1. Descrição de perfis e caracterização analítica	41
3.2.2 Carbono orgânico	43
3.2.3 Carbono e Nitrogênio total	45
3.2.4 Classificação de von Post	45
3.2.5 Fracionamento da matéria orgânica.....	45
3.2.6 Caracterização dos extratos alcalinos em fotolorímetro	45
3.2.7 Densidade do solo, das partículas, da matéria orgânica e resíduo mínimo	45
3.2.8 Análises estatísticas.....	45
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
4.1 Distribuição de Ambientes dos Solos	46
4.2 Caracterização Morfológica e Física dos Materiais Orgânicos.....	48
4.2.1 Espessura	48
4.2.2 Cor.....	49
4.2.3 Consistência.....	50
4.2.4 Estrutura	52
4.2.5 Textura	54
4.2.6 Densidade do solo e das partículas.....	54

4.2.7 Resíduo Mínimo	57
4.2.8 Grau de decomposição (teor de fibras, índice de pirofosfato e von Post)	58
4.3 Propriedades Químicas dos Horizontes Hísticos	63
4.3.1 pH e acidez do solo.....	63
4.3.2 Valor T.....	66
4.3.3 Soma e saturação por bases	67
4.3.4 Nitrogênio	68
4.3.5 Fósforo	69
4.4 Teores de Carbono e Matéria Orgânica nos Organossolos	69
4.4.1 Carbono orgânico e definição de material orgânico.....	69
4.4.2 Determinação de carbono e matéria orgânica em horizontes hísticos.....	71
4.5 Fracionamento da Matéria Orgânica	75
4.5.1 Frações húmicas e suas relações nos Organossolos	75
4.5.2 Adoção das frações húmicas no 5º ou 6º nível categórico para Organossolos	79
4.6 Propriedades e Classificação dos Perfis Coletados.....	82
4.6.1 Perfis coletados em regiões altimontanas e bem drenados	82
4.6.2 Perfis coletados em áreas de baixada, solos hidromórficos	86
4.6.3 Classificação dos perfis no sistemas brasileiro, Soil Taxonomy e FAO.....	99
4.7 Análise de Componentes Principais Aplicada ao Agrupamento dos Solos	101
4.8 Estimativa do Estoque de C nos Organossolos Brasileiros.....	103
5. CONCLUSÕES.....	105
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	107
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	108
ANEXO I	116
ANEXO II.....	129

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribuição de turfeiras do Brasil (Fonte: Garcia, 1996).....	3
Figura 2. Regiões de acumulações de turfa no mundo (Fonte: Garcia, 1996).	4
Figura 3. Diagrama geral de evolução da matéria orgânica em Organossolos, segundo Jacquim, apud Conceição et al. (1999c).....	23
Figura 4. Carbono residual do solo em função do tempo de mineralização (Feng & Li, 2001).....	32
Figura 5. Diagrama geral de um perfil de Organossolo, indicando a espessura do material orgânico sobre o substrato mineral (H), a espessura da camada insaturada (Z_0) e a espessura da camada saturada (H- Z_0), isto é, abaixo do lençol freático.	33
Figura 6. Taxa de acúmulo de material orgânico para três Organossolos, em função do nível do lençol freático.	34
Figura 7. Ilustração do modelo das trocas de carbono em ambientes hidromórficos (adaptado de Mäkilä et al, 2001).	35
Figura 8. Diagrama esquemático do Sim-CYCLE. (Fonte: Ito & Oikawa, 2002).	37
Figura 9. Localização aproximada dos perfis coletados.....	42
Figura 10. Número de perfis estudados por estado/região.	46
Figura 11. Histograma da distribuição das altitudes dos perfis estudados.	47
Figura 12. Distribuição de uso e cobertura das terras para os perfis estudados.	48
Figura 13. Espessura total do material orgânico nos perfis estudados.	49
Figura 14. Distribuição das frequências das classes de consistência molhada dos horizontes hísticos dos solos estudados. PL (plástica), PG (pegajosa), N (não), L (ligeiramente) e M (Muito).	52
Figura 15. Frequência dos tipos de estruturas descritos nos horizontes hísticos.....	53
Figura 16. Histograma da densidade do solo para amostras com mais de 5% de C.	55
Figura 17. Diagrama de dispersão e regressão da densidade do solo (D_s) em função do teor de carbono orgânico (C).....	55
Figura 18. Diagrama de dispersão da densidade do solo (D_s) com o teor de fibras esfregadas.	56
Figura 19. Relação da densidade da matéria orgânica (DMO) com as fibras esfregadas.	57
Figura 20. Relação do resíduo mínimo (RM) com a densidade do solo (D_s).	58
Figura 21. Classificação do material orgânico segundo relação entre um método químico (índice de pirofosfato) e um método físico (teor de fibras esfregadas).	59
Figura 22. Histograma de distribuição dos teores percentuais de fibras esfregadas.	60
Figura 23. Relação entre os teores de fibras esfregadas (%v/v) e o teor de material mineral (%p/p), a classificação do material orgânico não é a real e está baseada somente no teor de fibras.....	60
Figura 24. Frequência de amostras fibricas, hêmicas e sápricas e o uso do solo.	61
Figura 25. Frequência de amostras fibricas, hêmicas e sápricas em relação à natureza da vegetação original, lenhosa ou herbácea.	62
Figura 26. Relação entre % de fibras esfregadas e a escala de Von Post.....	63
Figura 27. Valores de pH em água, KCl e CaCl_2 , das amostras estudadas.	64
Figura 28. Diagramas de dispersão dos valores de pH em água, KCl e CaCl_2 das amostras estudadas, coeficientes r significativos a 0,01%.	64

Figura 29. Diagrama de dispersão dos teores de matéria orgânica com o H extraível e a acidez potencial. Coeficientes r significativos a 5%.	65
Figura 30. Diagrama de dispersão do Valor T com o teor de carbono orgânico.....	66
Figura 31. Histograma da distribuição do % de saturação por bases nos horizontes hísticos.....	67
Figura 32. Relação entre os teores de N total e C orgânico.	68
Figura 33. Histograma da relação C/N dos horizontes estudados.....	69
Figura 34. Diagrama de dispersão entre os teores de C orgânico e de argila.....	70
Figura 35. Distribuição dos teores de carbono dos horizontes estudados, detalhe de queda no intervalo de classe de 40 a 80.	70
Figura 36. Distribuição dos teores de carbono dos horizontes estudados até o teor de 160g kg^{-1} , detalhe de queda no intervalo de classe de 60 a 80.....	71
Figura 37. Diagrama de dispersão dos teores de carbono determinados pelo CHN e por Embrapa (1997) em horizontes hísticos.	74
Figura 38. Relação entre a soma das frações húmicas e o carbono total pelo CHN.	76
Figura 39. Relação entre a taxa de recuperação, o % de material mineral (MM) e o C total determinado por CHN.	76
Figura 40. Relação do nitrogênio determinado por CHN com a fração ácido fúlvico (FAF).....	78
Figura 41. Agrupamento dos perfis coletados no estudo, com base na análise dos componentes principais. *Indicando propostas de novas classes, explicadas no texto.	102
Figura 42. Exemplo de um formulário de descrição da área do banco de dados.	129

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Classificação das turfas pelo grau de humificação segundo von Post. A interpretação deve ser feita ao se comprimir entre os dedos o material molhado.	7
Tabela 2. Classificação de turfa em relação ao conteúdo energético (IPT, 1979).....	9
Tabela 3. Classificação da ordem ORGANOSSOLO em diferentes sistemas.	13
Tabela 4. Variação e percentagem média de elementos importantes nos Organossolos (Fonte: Lucas, 1982, extraído de Andriesse, 1988).....	19
Tabela 5. Teores de cálcio e magnésio em alguns Organossolos do Brasil.	20
Tabela 6. Características das áreas dos perfis coletados.....	43
Tabela 7. Freqüência, nome e matiz das cores dos horizontes hísticos estudados.	50
Tabela 8. Freqüências e proporções percentuais das classes de consistência seca, úmida e molhada para os horizontes hísticos.	51
Tabela 9. Coeficientes de correlação dos valores de pH em água, KCl e CaCl ₂ com matéria orgânica determinada pela mufla, teores de carbono determinados por CHN, Al ³⁺ trocável e H ⁺ extraível.	65
Tabela 10. Teores de C e matéria orgânica (g kg ⁻¹) e seus fatores em relação ao C total.	72
Tabela 11. Coeficientes das análises de regressão entre os diferentes métodos de determinação de carbono e matéria orgânica para horizontes hísticos.	74
Tabela 12. Matriz com os coeficientes de correlação entre FAF, FAH, HUM, C, Valor T, Valor S, P assimilável, H trocável, Al trocável, pH KCl, Csoda e leituras dos extratos alcalinos a 380, 465 e 665nm.	78
Tabela 13. 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 do percentual da FAF+FAH soma total das frações húmicas (%EA).	81
Tabela 14. Classificação dos perfis segundo o teor das frações húmicas.....	82
Tabela 15. Resultados das análises dos perfis coletados em regiões altimontanas.	83
Tabela 16. Resultados das análises dos perfis de solos tiomórficos.....	86
Tabela 17. Resultados das análises dos perfis de solos hidromórficos não tiomórficos.	91
Tabela 18. Classificação dos perfis segundo diferentes sistemas.....	100
Tabela 19. Escores dos fatores 1 e 2 da análise dos componentes principais para os perfis coletados no estudo.	101
Tabela 20. Proporção (%) e área mapeada (km ²) aproximada de ORGANOSSOLOS, a partir de alguns levantamentos de solos de várias regiões no Brasil.....	104

RESUMO

VALLADARES, Gustavo Souza. **Caracterização de Organossolos, auxílio à sua classificação**. Seropédica: UFRRJ, 2003. 129p. (Tese, Doutorado em Agronomia, Ciência do Solo).

Dentre as classes de solos que ocorrem no território brasileiro os Organossolos apresentam pequena extensão territorial mas têm elevada utilização agrícola, principalmente pela horticultura, e grande importância ambiental. Este estudo foi desenvolvido com base em dados de perfis descritos e coletados em levantamentos de solos e trabalhos científicos e técnicos, principalmente da Embrapa e de Universidades brasileiras em várias regiões do País, como também em 19 perfis descritos e coletados para esse fim. Como objetivo geral, pretende-se caracterizar melhor os Organossolos no Brasil e indicar critérios para a sua classificação. Foram avaliadas as seguintes propriedades morfológicas, físicas e químicas: cor, consistência, estrutura, densidade, teor de fibras, grau de decomposição da matéria orgânica, teor de C, matéria orgânica, N, P, soma de bases, valor T, valor V, acidez, frações húmicas, entre outras. Foram adotados os métodos analíticos da Embrapa Solos e, para descrição e coleta dos perfis, da SBCS. Dentre os atributos específicos para caracterização de materiais de solo orgânicos, também analisados, o resíduo mínimo se mostrou eficiente para avaliar o potencial de subsidência dos solos. Estabeleceram-se correlações entre as diferentes propriedades avaliadas, principalmente com o teor de C, destacando-se a existência de correlação do teor de C com a densidade do solo, o teor de N e a acidez, como também a falta de correlação com o teor de argila e de P assimilável. Foram testados diferentes métodos de determinação do teor de C, para comparação entre si e com a determinação da matéria orgânica pelo uso da mufla. O fracionamento das substâncias húmicas em fração ácido fúlvico (FAF), ácido húmico (FAH) e húmica (HUM) e as relações FAH/FAF e extrato alcalino/HUM evidenciaram diferenças entre os perfis de solos. Os teores das diferentes frações foram correlacionados com propriedades dos solos, encontrando-se baixa correlação da FAF com o teor de C, ao contrário da FAH e da HUM. A FAH apresentou elevada correlação com a CTC do solo e a FAF com propriedades relacionadas à fertilidade do solo, como o valor S e o teor de N, notando-se porém ausência de correlação com o pH em água. Pela fração HUM ser composta por húmica verdadeira e por matéria orgânica leve, ambas insolúveis em meio alcalino, foi verificada correlação dessa fração com o teor de fibras esfregadas. O teor das frações húmicas se mostrou eficiente, junto com outras propriedades dos solos, no agrupamento dos perfis pelo uso da análise dos componentes principais, como também na classificação dos Organossolos nos níveis categóricos inferiores. Os perfis coletados tiveram sua caracterização discutida individualmente ou em conjunto, sendo apresentadas suas propriedades principais, sua identificação segundo os sistemas Brasileiro de Classificação de Solos, Soil Taxonomy e FAO, como também sugestões de classificação nos diferentes níveis categóricos.

Palavras chave: Histosol, horizonte hístico, solos de turfa, taxonomia, Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, SiBCS.

ABSTRACT

VALLADARES, Gustavo Souza. **Characterization of Organossolos, aid to the classification.** Seropédica: UFRRJ, 2003. 129p. (Thesis, Doctor Science in Agronomy, Soil Science).

Among the soil classes in Brazilian territory Organossolos (Histossolos) occur in a small territorial extension, although they have a high agricultural usage, mainly for horticulture, and great environmental importance as well. This study was based on data from soil profiles sampled and described in soil surveys, scientific and technical papers, mainly from Embrapa and researches in Brazilian Universities, including various regions of the country. In addition, 19 soil profiles were sampled and collected for this project. The general objective of this study is to better characterize Organossolos in Brazil, and to indicate taxonomic criteria. The following morphological, physical and chemical properties were evaluated: Munsell soil color, consistency, structure, density, rubbed fibers, organic matter decomposition degree, amount of organic C, organic matter, N, P, sum of bases, CEC, base saturation, acidity, humic fractions, among others. The Embrapa methods were used to analyze soil samples, and the profiles were collected and described according to SBCS. Within the attributes applied to characterize organic soils, the minimum residue was shown efficient to evaluate the soil subsidence potential. Correlation among the different properties, mainly with the content of C, was established. It was noteworthy correlation of organic C with soil density, N content, and acidity. Also, lack of correlation with clay content and assimilable P. Different methods of C content determination were tested, for comparison to each other and with organic matter determined by combustion in the oven. The fractionating of humic substances in fulvic acid fraction (FAF), humic acid (FAH), and humin (HUM), and the ratios FAH/FAF and alkaline extract/HUM, indicated differences among soil profiles. The contents of different fractions were correlated with soil properties. Unlike FAH and HUM, there was a low correlation of FAF with C content. FAH presented high correlation with soil CEC, and FAF was best correlated with soil fertility properties, such as sum of bases and N content; however, there was no correlation with pH in water value. Since the HUM fraction is composed of true humin and light organic matter, both insolubles in alkaline solution, it was observed correlation of HUM with rubbed fiber content. Content of humic fraction was shown to be efficient, with other soil properties, in grouping of profiles when applied principal component analysis, as well as for classification of Organossolos in inferior categorical levels. The profiles sampled for this project were characterized and discussed individually or together, by presenting their main attributes, classifying according to Brazilian System of Soil Classification, Soil Taxonomy, and FAO. Suggestions for soil classification in different categorical levels are also presented.

Key words: Histossol, histic horizon, peat soils, taxonomy, Brazilian System of Soil Classification.

1. INTRODUÇÃO

A classe dos Organossolos ocorre em pequenas extensões territoriais no Brasil (cerca de 1% do território), talvez por esse motivo pouco se sabe sobre esses solos, sendo relativamente pequeno o número de pesquisas envolvendo a Ordem. Todavia é intenso o uso agrícola desses solos e, quando bem manejados, na maioria das vezes, permitem altas produtividades. À exceção dos ambientes em que a deposição das turfas está associada à influência das marés, onde podem ser formados solos com caráter tiomórfico e salino, o que limita extremamente o uso agrícola dos Organossolos.

Ao se considerar o efeito do aumento da temperatura do planeta causado pelos gases de efeito estufa, não se pode esquecer da importância da matéria orgânica do solo, pela emissão principalmente de CO₂ e de metano nos ambientes hidromórficos. O carbono seqüestrado nessa fração do solo corresponde ao triplo de todo o carbono acumulado na matéria orgânica viva da terra. E que a emissão de carbono para a atmosfera pelo solo corresponde a 10 vezes o carbono emitido pelo uso dos combustíveis fósseis. As áreas de solos hidromórficos, incluindo Organossolos e turfas, apesar de cobrirem somente cerca de 3% da superfície terrestre, possuem cerca de 30% do carbono presente na biomassa. Portanto, são importantes os estudos para estimar os estoques de carbono nessas áreas, assim como compreender a dinâmica do carbono nesses solos, com o objetivo de orientar o manejo adequado desses ambientes, visando a minimização das emissões dos gases de efeito estufa.

Os Organossolos quando mapeados, em geral compõem unidades denominadas complexos de solos, constituídas de solos formados em material geológico recente (Holoceno), muitas vezes em ambientes de intensa atividade geomorfológica, como os deltas e vales de rios com meandros abandonados, ou relevos montanhosos, com riscos altos de erosão e deslizamentos. Essas características levam a uma grande variabilidade de solos, tornando difícil a sua individualização, mesmo em escalas maiores.

Ainda, os métodos de análise de rotina para caracterização, foram desenvolvidos para solos minerais, apresentando limitações na sua aplicação em horizontes orgânicos e Organossolos, como por exemplo a granulometria. Assim sendo tornam-se importantes pesquisas sobre métodos analíticos para caracterização dos Organossolos.

No ano de 1999 foi publicado o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, que, como todo sistema de classificação, está aberto a alterações para a melhoria do sistema, adequação a novos conceitos, ou maior aplicabilidade do mesmo. Nesse contexto, comparando-se as demais classes, a taxonomia dos Organossolos é ainda incipiente, necessitando de evolução e estabelecimento de critérios. Além disto os atributos diagnósticos devem ser testados em condições de clima tropical. Assim, tornam-se necessários estudos para uma melhor caracterização dos Organossolos que ocorrem no Brasil, visando indicar critérios e atributos diagnósticos para a sua classificação, sendo estas as metas gerais do presente trabalho.

Os objetivos específicos foram:

- identificar Organossolos modais a partir de levantamentos de solos realizados em várias regiões do Brasil;
- selecionar locais de amostragem representativos de diferentes ambientes morfogenéticos do país, para caracterização de Organossolos; e
- propor métodos analíticos e critérios taxonômicos para a sua classificação visando gerar informações para sua utilização racional.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Conceito, Ocorrência e Formação de Turfas

Do ponto de vista da Geologia, áreas sedimentares com depósitos de materiais orgânicos são chamados de turfeiras. Como as turfas são intimamente relacionadas aos materiais que compõem os Organossolos, em vários momentos os mesmos serão tratados como turfa ou turfeiras.

As turfeiras são o resultado de sistemas geomorfológicos, processos geológicos globais e condições ecológicas ideais ao acúmulo de material orgânico. A turfa se forma com maior facilidade acima e abaixo do paralelo 45° (Norte e Sul), devido às condições climáticas de baixas temperaturas, e os mais extensos depósitos ocorrem no hemisfério norte. Neste, a última glaciação, de 10 mil anos atrás, favoreceu a formação de lagos rasos, nas depressões topográficas resultantes de movimentações de geleiras. As baixas temperaturas, inibidoras da biodegradação, associadas as chuvas abundantes bem distribuídas, favoreceram o desenvolvimento da vegetação e a formação de turfeiras. No hemisfério sul, as turfeiras ocorrem entre cordões litorâneos com influência marinha, nas várzeas das planícies de inundação fluvial e nos meandros abandonados (paleovales), sujeitos a inundações constantes e com más condições de drenagem. Em condições litorâneas também desenvolvem-se turfeiras sobre antigos mangues. A turfa é dita um recurso natural não renovável, pela lenta velocidade de acumulação (20-80 cm/1000 anos), no entanto, na Escandinávia existem turfeira cíclicas que se renovam entre 12 e 20 anos (Garcia, 1996). As Figuras 1 e 2 representam, respectivamente, a ocorrência de turfeiras no Brasil e no mundo.

A turfa é um produto da decomposição de vegetais, que se desenvolvem e se acumulam em corpos d'água ou em ambientes saturados, sendo o estágio inicial da seqüência de carbonificação. O acúmulo da massa vegetal morta ocorre em condições de excessiva umidade, baixo pH e escassez de oxigênio, passando por processos de mineralização lenta e de humificação. A matéria vegetal perde gradativamente a estrutura primária, originando produtos residuais que reagem novamente e se polimerizam (processos bio e geo-químicos), formando compostos de estruturas complexas, com o enriquecimento contínuo de carbono fixo. A velocidade de mineralização da matéria orgânica e os produtos da humificação dependem, além da sua composição original, do clima; que, se tropical, favorece uma grande disponibilidade de massa vegetal e promove uma decomposição acelerada, resultando na diminuição da quantidade de material a ser fossilizado como turfa. Gerações consecutivas de vegetais se transformam em turfa, provocando o empilhamento de camadas, cujas propriedades físico-químicas variam em função da composição vegetacional, do grau de decomposição e da quantidade de matéria orgânica (Garcia, 1996). A cor da turfa pode variar do amarelo ao negro pardacento, dependendo do grau de decomposição biológica, da desintegração mecânica das fibras vegetais e da presença de sedimentos (Garcia, 1996).

Segundo Garcia (1996), os fatores que governam a formação da turfeira são:

-Umidade, através do excesso de água que diminui a atividade microbiana, por expulsão do ar diminuindo o oxigênio no ambiente, e favorecendo o acúmulo de matéria orgânica. As variações do nível de água permitem aeração parcial do depósito, sendo insuficientes porém para favorecer a completa decomposição da matéria orgânica;

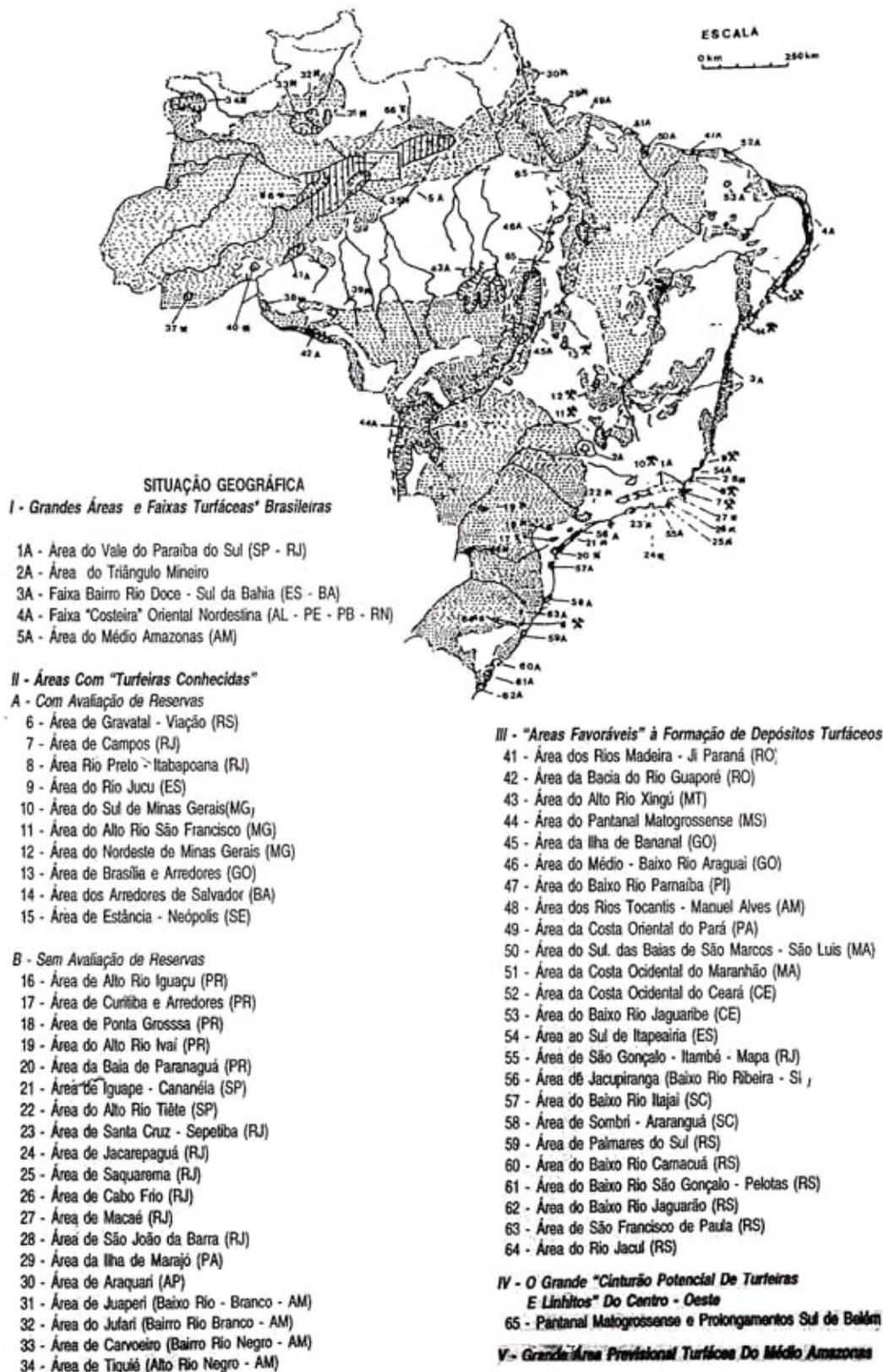


Figura 1. Distribuição de turfeiras do Brasil (Fonte: Garcia, 1996).

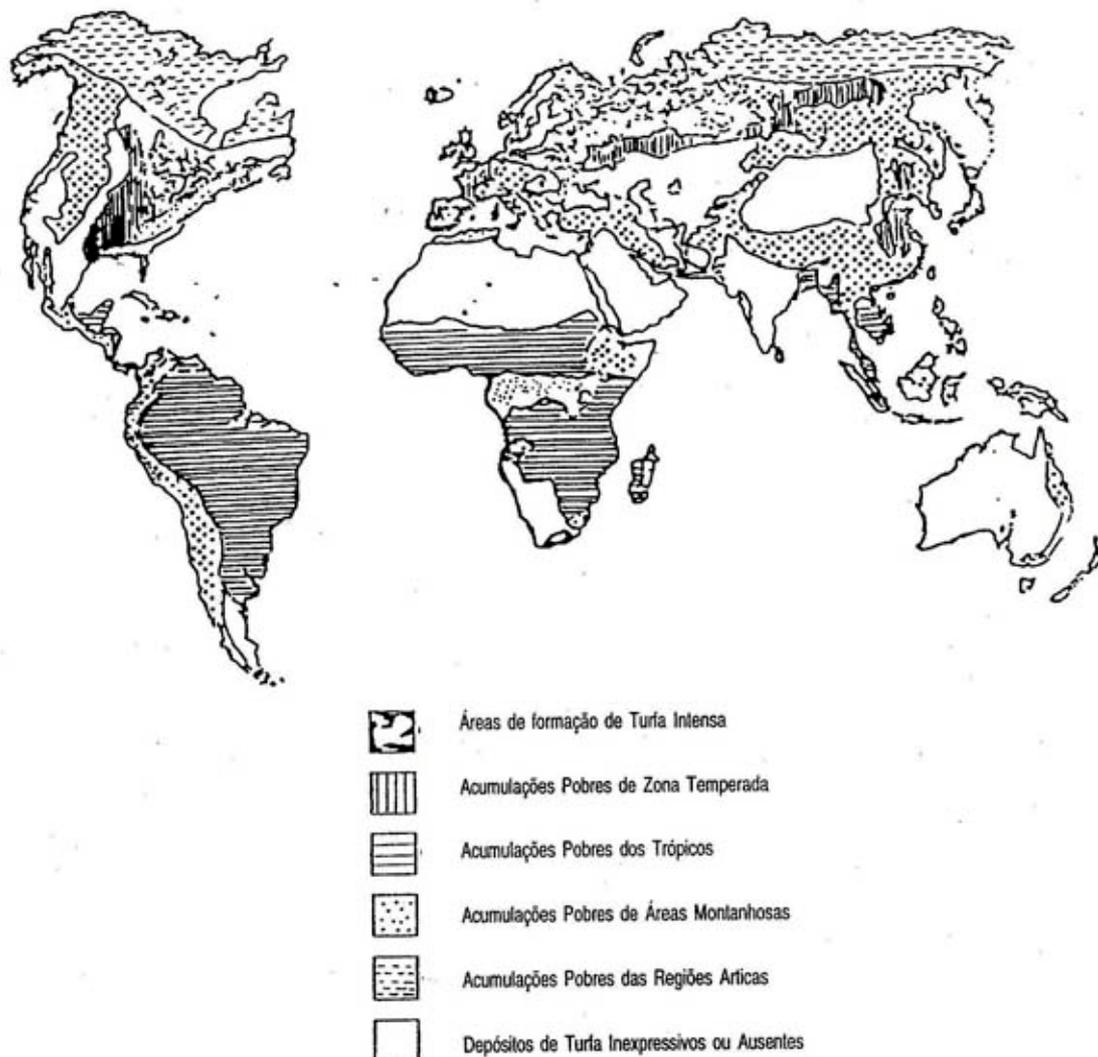


Figura 2. Regiões de acumulações de turfa no mundo (Fonte: Garcia, 1996).

-Temperatura, nas regiões chuvosas com baixas temperaturas, o desenvolvimento vegetal é favorecido em detrimento da atividade microbiológica;

-Nutrientes, os microorganismos necessitam de elementos essenciais à sua nutrição (fósforo, potássio, cálcio, etc.), assim como as plantas. O material orgânico é alimento para os microorganismos decompositores.

-pH, a ausência ou presença de carbonato de cálcio determina o caráter ácido ou básico da turfeira. Elevadas acidez ou basicidade inibem a atividade bacteriana, que se desenvolve sobretudo na zona de neutralidade de pH. Já os fungos necessitam de condições ligeiramente ácidas, sendo estes últimos menos eficientes na decomposição vegetal.

2.2 Classificação de Material Orgânico e Turfa

Segundo INCORA (1974), a muitos anos vêm sendo estudados sistemas de classificação das turfas em diferentes linhas de pesquisa, sendo a qualidade das turfas um fator importante do ponto de vista agrícola, ou como material combustível ou até mesmo visando a melhoria de características de solos minerais.

As turfas e os Organossolos podem receber nomes locais como por exemplo em Coruripe, AL, onde alguns chamam-na de *paú*, e em Porto Morumbi, MS, *torba*.

As turfas apresentam relevantes variações em sua composição. Suas propriedades físico-químicas dependem dos vegetais de origem, das condições de acumulação e do grau de evolução fóssil (decomposição). Esses fatores, por sua vez, dependem do ambiente geológico e das condições climáticas existentes na época da formação e evolução das turfeiras (Shimada & Carvalho, 1980, apud Garcia, 1996). A classificação da turfa objetiva selecionar em classes ou tipos uniformes, as propriedades mais importantes que são constantes dentro de cada classe ou tipo (Garcia, 1996). Para diferenciação das turfas existem diferentes sistemas.

2.2.1 Material orgânico segundo sistemas de classificação de solos

O conceito de material orgânico segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999), que deriva de FAO (1974) e de Estados Unidos (1975) e também é utilizado pelo sistema australiano (Isbell, 1996), é aquele constituído por compostos orgânicos, podendo comportar proporção variavelmente maior ou menor de material mineral, desde que satisfaça os requisitos que se seguem:

Doze por cento ou mais de carbono orgânico (expresso em peso), se a fração mineral contém 60% ou mais de argila (determinada após eliminação da matéria orgânica); 8% ou mais de carbono orgânico, se a fração mineral não contém argila; valores intermediários de argila (até 60%), isto é, $\%C \geq 8 + (0,067 \times \% \text{ de argila})$, tendo por base valores de determinação analítica conforme o método adotado pelo Centro Nacional de Pesquisa de Solos da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 1999).

Os valores de carbono orgânico utilizados nos sistemas dos Estados Unidos, da FAO e da Austrália para definição de material orgânico, são diferentes numericamente dos empregados pelo sistema brasileiro, porém são correspondentes segundo Embrapa (1999). No sistema brasileiro 8 e 12% de carbono correspondem respectivamente, a 12 e 18 nos demais sistemas.

O sistema canadense (Canada, 1987) admite como material orgânico, somente materiais que apresentem 17% de carbono orgânico ou mais, ou 30% de matéria orgânica no solo, não adotando o intervalo de variação baseado na textura do material mineral.

Alguns métodos e critérios de classificação de materiais orgânicos e turfas são apresentados a seguir:

2.2.2 Grau de decomposição do material orgânico

- Sistema Brasileiro de Classificação de Solos

O material orgânico é dividido em três tipos segundo o grau de decomposição (Embrapa, 1999). Essa divisão, também é adotada por outros sistemas de classificação:

- **material orgânico-fibrico**, é constituído de fibras, facilmente identificável como de origem vegetal. Tem 40% ou mais de fibras esfregadas, por volume, e índice do pirofosfato igual a 5 ou maior. Se o volume de fibras for 75% ou mais, por volume, o critério do pirofosfato não se aplica. O material fibrico é usualmente classificado na escala de von Post nas classes 1 a 4. Apresenta cores, pelo pirofosfato de sódio, com valores e cromas de 7/1, 7/2, 8/1, 8/2 ou 8/3;

- **material orgânico-hêmico**, apresenta-se em estágio intermediário de decomposição entre fibrico e sáprico. O material é parcialmente alterado por ação física e bioquímica. Não satisfaz os requisitos para material fibrico ou sáprico. O teor de fibra varia de 17 a 40%, por volume. O material hêmico é usualmente classificado na escala de decomposição de von Post na classe 5 ou 6;

- **material orgânico-sáprico**, encontra-se em estágio avançado de decomposição. Normalmente, tem menor teor de fibras, a mais alta densidade do solo e a mais baixa capacidade de retenção de água, no estado de saturação. É muito estável, física e quimicamente, alterando-se muito pouco no decorrer do tempo, a menos que drenado. O teor de fibra esfregada é menor que 17%, por volume, e o índice de pirofosfato é igual a 3 ou menor. O material sáprico é usualmente classificado na escala de decomposição de von Post, na classe 7 ou mais alta. Apresenta cores pelo pirofosfato de sódio, com valores menores que 7, exceto as cores 5/1, 6/1, 6/2, 7/1, 7/2, ou 7/3.

- Von Post

O método de von Post foi estabelecido para separar turfas com diferentes graus de humificação. A diferenciação se dá em dez classes (H1 a H10). Como foi desenvolvido para turfeiras de altitudes elevadas de zonas climáticas moderada a boreal, segundo Garcia (1996) é problemática sua aplicação para às de altitudes baixas e tropicais, onde há considerável teor de fibras resistentes que fornecem a falsa impressão de uma turfa fibrosa no estágio inicial de decomposição. Porém, é um método de campo amplamente difundido na literatura sobre os sistemas de classificação das turfas.

O método consiste basicamente na compressão manual de uma porção de turfa ou material orgânico. São avaliadas a presença, quantidade e coloração da água expulsa (a quantidade de material que escapa através dos dedos), o conteúdo e as dimensões das fibras vegetais etc. A classificação é apresentada com detalhes na Tabela 1.

2.2.3 Constituintes vegetais genéticos

Segundo Shimada et al. (1981), apud Garcia (1996), esta é a classificação mais utilizada, embora apresente problemas no reconhecimento de gêneros vegetais, a partir de restos parcialmente decompostos. Utiliza-se a palavra “peat” precedida pelo nome do vegetal original (*Sphagnum* peat, *Carex* peat); quando se encontram presentes dois ou mais gêneros vegetais, o termo fica composto (*Sphagnum-Carex* peat). O método exige um bom conhecimento de botânica.

2.2.4 Classificação genética

a) Critério geográfico

- **Turfeiras parálicas**: possuem ligações com o mar, localizam-se em antigas lagoas em processo de dessalinização, com intercalações de fauna marinha, que evidenciam invasões episódicas do mar.

- **Turfeiras límnicas**: formam-se no interior do continente, em planaltos ou vales, com flora continental e fauna lacustre.

Tabela 1. Classificação das turfas pelo grau de humificação segundo von Post. A interpretação deve ser feita ao se comprimir entre os dedos o material molhado.

Graus de humosidade	Característica	Cor da água que flui entre os dedos	Fração da turfa que flui entre os dedos	Permanece na mão		CLASSE
				Forma	Estrutura vegetal	
H1	Sem decomposição	Incolor	Não passam sólidos entre os dedos	Não tem aspecto gelatinoso	Estrutura vegetal nitidamente reconhecível	FIBROSA
H2	Muito pouco decomposta	Ligeiramente castanha				
H3	Muito fracamente decomposta	Castanha fraca				
H4	Fracamente decomposta	Muito castanha				
H5	Decomposta	Líquido escuro	Passa pouco	Apresenta aspecto gelatinoso	Ainda pouco reconhecíveis os vegetais	HÊMICA
H6	Bem decomposta		Passa 1/3 do volume			
H7	Fortemente decomposta		Passa a metade			
H8	Muito fortemente decomposta		Passam 3/5 do volume	Ficam na mão resíduos de fibras, raízes, etc.		
H9	Quase totalmente decomposta	Passa quase tudo				
H10	Completamente decomposta	O material flui integralmente entre os dedos		Sobra muito pouco na mão		SÁPRICA

b) Critério botânico

- **Turfeiras de floresta ou lenhosas:** constituem-se de restos de árvores (fragmentos de troncos ou de ramos), acumulam-se em solos úmidos, com águas geralmente tóxicas (por elevada acidez, seja por tiomorfismo ou alumínio), originando uma turfa fibrosa, não plástica e irregular, evidenciando a estrutura botânica pouco alterada. Quando cortada e seca, mostra pequena redução de volume (Alpern, 1981). Segundo Suszczynsky (1980) de acordo com o grau de humificação pode ser cinzenta ou preta.

- **Turfeiras herbáceas:** localizam-se nas planícies úmidas das regiões temperadas e boreais, raramente se formam nas regiões tropicais (Alpern, 1981). Existem dois tipos de turfeiras herbáceas:

- **Turfeiras baixas ou topógenas** (de pântanos baixos): são restritas a ambientes flúvio-lacustres e lagunares. Desenvolvem-se em formas negativas de relevo (lagos em fase de assoreamento ou meandros abandonados), geralmente em áreas de subsidência lenta e contínua. Nestas, segundo Lenz (1984), apud Garcia (1996), ocorre o afluxo regular de água com abundância de nutrientes (ambiente eutrófico), garantindo o desenvolvimento de uma flora abundante e rica em espécies. Caracterizam-se pela variada composição vegetal e elevado teor de matéria mineral, devido a inundações regulares por rios ou enxurradas.

- **Turfeiras altas ou ombrógenas** (de pântanos altos): desenvolvem-se independentes da topografia local, com regime hidráulico próprio e autônomo. Alimentados por precipitações, apresentam-se pobres em nutrientes (ambiente oligotrófico), sendo constituídas por uma vegetação uniforme, predominando musgos "*Sphagnum*". Resulta numa turfa homogênea, pobre em cinzas (<5%), qualificando-a como matéria prima na produção de turfa energética e turfa agrícola.

- **Turfeiras de mangues**: ocorrem sob vegetação de mangue que se desenvolve em estuários ou nas bordas das costas baixas, nas regiões tropicais.

2.2.5 Critério para classificação como fonte de energia (IPT, 1979)

O valor da turfa, principalmente como fonte de energia, está relacionado com o seu tipo, grau de decomposição, conteúdo de cinzas e densidade. Os principais sistemas de classificação em uso nos diferentes países, são relacionados na Tabela 2. Segundo IPT (1979) os sistemas são muito semelhantes, embora os critérios usados para desenvolver as classes individuais possam diferir de um país para outro.

Segundo IPT (1979), nas classificações indicadas acima, o que se tenta reconhecer é o grau de decomposição da turfa. De acordo com o sistema da Sociedade Internacional de Turfa, as principais características dos diferentes tipos de turfa são as seguintes:

- **Turfa leve**, é aquela pouco decomposta, geralmente marrom-avermelhada, com a proporção orgânica contendo mais de 2/3 de fibras vegetais reconhecíveis e, o restante, decomposto além do reconhecimento. A turfa leve se encontra em ambiente ácido, formando as camadas mais superficiais das turfeiras, sendo utilizada principalmente para agricultura.

- **Turfa escura**, representa um grau intermediário entre a turfa leve e a turfa preta, em relação ao estágio de decomposição, conteúdo de cinzas e densidade. Sua tonalidade oscila entre marrom e preta, apresentando de 1/3 a 2/3 de fibras reconhecíveis. Esse tipo de turfa, formada por gramas, arbustos, plantas rasteiras silvestres e plantas aquáticas, é valiosa para fins energéticos, podendo ainda ser utilizada na agricultura.

- **Turfa preta**, é bastante escura, contendo menos de 1/3 de fibras reconhecíveis, podendo apresentar forma gelatinosa. Seu conteúdo de água é menor que o das outras, seu teor de cinzas é maior, assim como a densidade global. Algumas vezes as turfás pretas se formam a partir da acentuada decomposição dos dois outros tipos já descritos. Em outras, o processo de formação se dá a partir da sedimentação, no fundo dos lagos rasos, de material orgânico morto de plantas aquáticas e algas.

Geralmente, as turfas pretas aparecem em camadas relativamente pouco espessas, chegando algumas vezes a atingir quase dois metros de espessura. Seu valor é primariamente energético. Entretanto, na recuperação das áreas onde elas são extraídas é deixada uma camada (cerca de meio metro) para mistura com o subsolo mineral, a fim de possibilitar o uso posterior da terra para a agricultura, pastagem ou reflorestamento.

Tabela 2. Classificação de turfa em relação ao conteúdo energético (IPT, 1979).

SISTEMA DE CLASSIFICAÇÃO	CLASSE DE DECOMPOSIÇÃO		
	Baixa	Média	Alta
Sistema Norte-americano	Fibrosa	Hêmica	Sáprica
INSTORF – Instituto Soviético de Turfa	Porcentagem de humificação ¹		
	10, 20, 30	40, 50, 60	70, 80, 90, 100
Método von Post	Valor de humificação		
	H1, H2, H3	H4, H5, H6	H7, H8, H9, H10
IPS – International Peat Society	Turfa leve	Turfa escura	Turfa preta
Valor relativo de energia	Não adequada	Melhor para combustão (pouca cinza)	Boa para combustão (muita cinza)

¹ A porcentagem de humificação corresponde a diferença: 100-porcentual de fibras vegetais reconhecíveis.

2.2.6 Aplicações da turfa

Segundo IPT (1979) e Garcia (1996) as características da turfa que definem os diferentes tipos e suas possibilidades de emprego são: teor de água; teor de cinzas; teor de enxofre; e poder calorífico superior (PCS). O poder calorífico diminui com o aumento do teor de cinzas e aumenta com o grau de decomposição do material orgânico. A turfa seca apresenta PCS entre 3000 e 5000 kcal kg⁻¹ (Garcia, 1996). Ainda como critérios, avalia-se o carbono fixo e a matéria volátil, quanto maiores os valores de carbono fixo maior o grau de humificação da matéria orgânica que compõe a turfa; a densidade; a acidez, que tem maior importância para fins agrícolas; e o conteúdo polínico. Segundo IPT (1979) as turfas brasileiras da região do Vale do Paraíba apresentam alto PCS, o que as qualifica como boas para fins energéticos. Provavelmente, devido ao clima tropical favorecendo o maior grau de decomposição da turfa.

Várias podem ser as aplicações da turfa: agricultura, setor energético, setor industrial (vários produtos) e outros. No processo de utilização da turfa produzem-se combustíveis líquidos (acetona, álcool, benzina, éter, benzinol, betume, etanol, gasolina, querosene, metanol, nafta, naftalina e óleos de petróleo) e gasosos (metano, propano, butano, etileno e hidrogênio). Para fins agrícolas, a turfa pode ser utilizada para melhorar características físicas do solo, aumentar a retenção de umidade, servir como fonte de nutrientes, principalmente quando adicionados à turfa calcário e esterco animal. A turfa pode também ser utilizada como cama de animais e posteriormente empregada na agricultura. Na medicina, a turfa, devidamente preparada, pode ser utilizada na

redução ou cura de inflamações, enfermidades de pele, em operações anti-sépticas, etc. Uma outra utilidade é o emprego da turfa como material filtrante e absorvente de petróleo quando derramado ao mar, águas poluídas, esgotos industriais, na remoção de metais pesados de águas, processador de água mineral e de 'whisky'. Alguns subprodutos que podem ser extraídos da turfa são: ácido acético, ácido cítrico, ácido pirolênico, ácidos húmicos, amônia, acetato de cálcio, cânforas, nitrato de turfas, solventes orgânicos, cloreto de sódio e sulfato de amônio. A partir da turfa podem ser produzidos também asfalto, alcatrão, piche, cinza comercial, parafinas, fosfatos, lubrificantes, resinas, açúcar processado, enxofre (solução de enxofre utilizada em homeopatia), tecidos, ceras, albumina para alimentação, aminoácidos para alimentação bovina, glicose e açúcares aromáticos. Seu uso também se estende como isolante térmico e sonoro, manufatura e moldagem de móveis. A farinha de turfa pode ser usada na fabricação de pólvora e sua serragem para coberturas como carga de enchimento de concreto leve (Garcia, 1996).

2.3 Horizonte Hístico

Segundo EMBRAPA (1999), FAO (1974) e Soil Taxonomy (Estados Unidos, 1999) é um tipo de horizonte definido pela constituição orgânica, resultante de acumulações de resíduos vegetais depositados superficialmente, ainda que, no presente, possa encontrar-se recoberto por horizontes ou depósitos minerais e mesmo camadas orgânicas mais recentes.

O horizonte hístico apresenta coloração escura e constitui-se de camadas superficiais espessas em solos orgânicos ou de espessura maior ou igual a 20cm quando sobrejacente a material mineral. Mesmo após revolvimento da parte superficial do solo (ex.: por aração), os teores de matéria orgânica, após mesclagem com material mineral, mantêm-se elevados. Este horizonte compreende materiais depositados nos solos sob condições de excesso de água (horizonte H), por longos períodos ou todo o ano, ainda que no presente tenham sido artificialmente drenados, e materiais onde não é observada influência recente de ambiente de saturação por água, condicionado por má drenagem no perfil. Ou pode ocorrer em condições de boa drenagem em ambientes de baixas temperaturas ou elevada acidez e toxidez por alumínio, que diminui a atividade microbológica, favorecendo a acúmulo de material orgânico.

O horizonte hístico deve atender a pelo menos um dos seguintes requisitos:

- Camada superficial de material orgânico que tenha:
 - espessura maior ou igual a 20 cm e que tenha conteúdo de carbono orgânico (expresso em % por peso) que caracterize material orgânico;
 - espessura maior que 40cm quando 75% (expresso em volume) ou mais do horizonte for constituído de fibras de esfagno, excluída a camada superficial de material vegetal vivo; ou quando a densidade do solo, úmido, é menor que $0,1\text{g cm}^{-3}$;
 - espessura mínima de 10cm quando assente sobre um contato lítico.
- Camada superficial de material mineral que após revolvido, apresenta nos primeiros 25cm conteúdo de carbono orgânico (expresso em % por peso) em relação ao teor de argila de:
 - 10,6% ou mais de C-org, se a fração mineral contém 60% ou mais de argila;
 - 5,3% ou mais de C-org, se a fração mineral não contém argila; ou

- conteúdos intermediários de C-org, proporcionais a variações no teor de argila entre 0 e 60%, de acordo com a relação: % de C \geq 5,3 + (0,088 x % argila).

Será ainda definida como horizonte hístico, a camada de material orgânico com suficiente espessura e conteúdo de C-org, que atenda a um dos critérios do primeiro item, com recobrimento de material mineral com menos de 40cm de espessura. Neste caso não se conferirá o valor diagnóstico ao material de cobertura que soterrou o horizonte hístico.

O Soil Taxonomy (Estados Unidos, 1999) considera para o “folistic epipedon” (O) espessura mínima de 15cm, o que parece incoerente com a definição de histosol quando presente o contato lítico, ou 20cm quando o material conter esfagno ou densidade inferior a $0,1\text{gcm}^{-3}$.

O sistema australiano (Isbell, 1996) classifica como “peaty horizon”, aquele formado por material orgânico, com espessura mínima de 20cm.

O sistema canadense (Canada, 1987) admite teores de C orgânico iguais ou superiores a 17%, porém não define nesse momento as espessuras mínimas. Divide os “horizons organiques” em dois grupos, os formados em ambientes de hidromorfismo, que recebem o símbolo O (Of=fibrício, Om=hêmico, Oh=sápico e Oco=material limínico) e os formados em ambiente de boa drenagem (L=fibrício, F=hêmico e H=sápico). Essa classificação é similar a dos demais sistemas, porém o sistema brasileiro e o da FAO não citam os materiais limínicos, também chamadas de terras coprógenas, “marl” e terra diatomácea, que podem ser materiais orgânicos e inorgânicos depositados pela ação de organismos aquáticos como algas ou diatomáceas, ou derivados de plantas aquáticas que sofreram alterações por animais aquáticos.

2.4 Classificação dos Organossolos

Neste item são comparados os sistemas brasileiro (Embrapa, 1999), americano (Estados Unidos, 1999), australiano (Isbell, 1996), canadense (Canada, 1996) e da FAO (FAO, 1974), quanto à classificação dos Organossolos (Tabela 3).

Segundo esses sistemas de classificação de solos os Organossolos são constituídos por material orgânico em mistura com maior ou menor proporção de material mineral e que satisfazem um dos seguintes requisitos:

a) solos que estão saturados com água no máximo por 30 dias consecutivos por ano, durante o período mais chuvoso, e apresentando horizonte O hístico, sobrejacente a um contato lítico ou a material fragmentar constituído por 90% ou mais em volume de fragmentos de rocha e que apresentam um dos seguintes requisitos:

- 30cm ou mais de espessura, quando sobrejacente a um contato lítico; ou
- 40cm ou mais de espessura; ou
- 60cm ou mais de espessura se 50% ou mais do material orgânico consiste de restos de ramos finos, raízes finas, cascas de árvores e flores, parcialmente decompostos e com diâmetros menores que 2 cm.

b) solos saturados com água durante a maior parte do ano na maioria dos anos (ou artificialmente drenados), e apresentando uma das seguintes espessuras:

- 60cm ou mais, se 50% ou mais do material orgânico é formado por fibras de esfagno e/ou densidade do solo (úmida) menor que $0,15\text{g cm}^{-3}$; ou (o sistema da FAO adota densidade de $0,1\text{g cm}^{-3}$)

- 40cm ou mais, quer se estendendo em seção única a partir da superfície, quer tomado, cumulativamente, dentro dos 80cm superficiais.

O sistema da FAO admite menor espessura para horizonte H ou O quando assente diretamente sobre a rocha ou fragmentos de rocha, mas não define normas como o sistema brasileiro. O Soil Taxonomy, o sistema australiano e o sistema canadense, admitem até 10cm de horizonte hístico, caso o material esteja sobre a rocha, ou tenha o dobro da espessura de material mineral que recubra a rocha.

O sistema canadense divide o perfil em três estratos de espessuras: o superior de 40cm, o intermediário de 80cm e o inferior de 40cm. A classificação ao nível de grande grupo está baseada principalmente nas propriedades do estágio intermediário.

O sistema brasileiro de classificação de solos subdivide os Organossolos até o quarto nível, tendo 4 subordens, 9 grandes grupos e 41 subgrupos, as subdivisões dos demais sistemas também estão apresentadas na tabela 3. O sistema americano possui 4 subordens, 16 grandes grupos e 61 subgrupos; o canadense apresenta 4 grandes grupos e 31 subgrupos na Ordem Organique e 1 subgrupo na Ordem Criosolique; o sistema da FAO só subdivide até o segundo nível categórico, tendo 5 subordens; o australiano apresenta 3 subordens, 6 subgrupos, que podem ou não existir em todos as subordens e 9 subgrupos com o mesmo raciocínio dos grandes grupos.

Quanto à literatura sobre o sistema russo, esta é muito precária em informações, pois resume-se na transformação da legenda do mapa de solos da Rússia para o sistema da FAO, e como a correspondência nunca é exata, houve perda de informação (Stolbovoi, 2000). Ela é apresentada na Tabela 3, com sub-divisão em 7 grupos de solos.

O sistema brasileiro de classificação de solos separa o material orgânico de acordo com o grau de humificação da matéria orgânica em: fibrício, para material pouco transformado e com elevados conteúdos de fibras; hêmico, material com grau intermediário de transformação e sáprico, material muito humificado e com baixo ou nenhum conteúdo de fibras. Nesse sistema essa subdivisão só ocorre no 3º nível categórico. Porém nos sistemas americano, canadense, australiano e da FAO essa divisão já é observada no segundo nível categórico. O sistema da FAO agrupa os solos com materiais hêmicos e sápricos em um único grupo no 2º nível categórico como Têrricos.

Os Organossolos Fólicos do sistema brasileiro, são aqueles desenvolvidos em ambientes de altitude e boa drenagem, não permanecendo por mais de trinta dias consecutivos saturados por água, sendo estes também separados no segundo nível categórico nos sistemas da FAO (Fólicos), americano (Folists) e canadense (Folisol). O sistema australiano cita que esses solos em território australiano só ocorrem em pequenas áreas na Tasmânia, e os separam somente no 3º nível categórico. Na citação sobre o sistema russo, essa divisão não é apresentada.

Somente os sistemas brasileiro e da FAO separam os Organossolos Tiomórficos, no segundo nível categórico, sendo que o sistema brasileiro admite esses solos, podendo ser fibrícios, hêmicos ou sápricos. O sistema americano admite Histosol com caráter sulfúrico ou sulfídrico, somente no 3º nível dos hemists e saprists, não considerando nos fibrists. O sistema australiano também divide esses solos no 3º nível, porém admite que sejam de natureza orgânica fibrícia, hêmica ou sáprica, como no sistema brasileiro. O sistema canadense não separa essa classe, e o sistema russo não citou.

Tabela 3. Classificação da ordem ORGANOSSOLO em diferentes sistemas.

SISTEMA BRASILEIRO – Ordem dos ORGANOSSOLOS		
SUBORDEM	GRANDE GRUPO	SUB GRUPO
TIOMÓRFICO	Fíbrico	Salino
	Hêmico	Solódico
	Sáprico	Térrico
		Típico
FÓLICO	Fíbrico	Lítico
		Típico
MÉSICO	Hêmico Sáprico	Sálico
		Salino
		Sódico
		Solódico
		Carbonático
		Térrico
	Típico	
HÁPLICO	Fíbrico	Solódico
		Térrico
		Típico
	Hêmico	Sálico
		Salino
		Solódico
		Carbonático
		Térrico
		Típico
	Sáprico	Sálico
		Salino
		Solódico
	Térrico	
	Típico	
SISTEMA FAO-Unesco – Ordem dos Histosols		
Gélicos		
Tiônicos		
Fólicos		
Fíbricos		
Térricos		
SISTEMA AUSTRALIANO – Ordem dos Organosols		
Fíbric Hemic Sápric	Folic Sulfuric Sulfidic Calcareous Basic Acidic	Lithic
		Paralithic
		Marly
		Rudaceous
		Vlodic
		Placic
		Ashy
		Terric
		Regolithic

Tabela 3. Classificação... Continuação.

SOIL TAXONOMY – Ordem dos Histosols (Americano)		
SUBORDEM	GRANDE GRUPO	SUB GRUPO
Folists	Cryofolists	Lithic Cryofolists
		Typic Cryofolists
	Torrifolists	Lithic Torrifolists
		Typic Torrifolists
Ustifolists	Lithic Ustifolists	
		Typic Ustifolists
	Udifolists	Lithic Udifolists
		Typic Udifolists
Fibrists	Cryofibrists	Hydric Cryofibrists
		Lithic Cryofibrists
		Terric Cryofibrists
		Fluvaquentic Cryofibrists
		Sphagnic Cryofibrists
	Typic Cryofibrists	
Sphagnofibrists	Hydric Sphagnofibrists	
	Lithic Sphagnofibrists	
	Limnic Sphagnofibrists	
	Terric Sphagnofibrists	
	Fluvaquentic Sphagnofibrists	
		Hemic Sphagnofibrists
		Typic Sphagnofibrists
Haplofibrists	Haplofibrists	Hydric Haplofibrists
		Lithic Haplofibrists
		Limnic Haplofibrists
		Terric Haplofibrists
		Fluvaquentic Haplofibrists
		Hemic Haplofibrists
		Typic Haplofibrists
Hemists	Sulfohemists	Typic Sulfohemists
	Sulfihemists	Terric Sulfihemists
		Typic Sulfihemists
	Luvihemists	Typic Luvihemists
	Cryohemists	Hydric Cryohemists
		Lithic Cryohemists
		Terric Cryohemists
		Fluaquentic Cryohemists
		Typic Cryohemists
Haplohemists	Haplohemists	Hydric Haplohemists
		Lithic Haplohemists
		Limnic Haplohemists
		Terric Haplohemists
		Fluvaquentic Haplohemists
		Fibric Haplohemists
		Sapric Haplohemists
Typic Haplohemists		

Tabela 3. Classificação.... Continuação.

Saprists	Sulfosaprists	Typic Sulfosaprists
	Sulfisaprists	Terric Sulfisaprists Typic Sulfisaprists
	Cryosaprists	Lithic Cryosaprists
		Terric Cryosaprists
		Fluvaquentic Cryosaprists Typic Cryosaprists
	Haplosaprists	Lithic Haplosaprists
		Limnic Haplosaprists
		Halic Terric Haplosaprists
		Halic Haplosaprists
		Terric Haplosaprists
Fluvaquentic Haplosaprists		
Hemic Haplosaprists Typic Haplosaprists		
SISTEMA CANADENSE – Ordem dos Organique		
Fibrisol	Typique	
	Mésique	
	Humique	
	Limnique	
	Cumulique	
	Terrique	
	Mésique terrique	
	Humique terrique	
	Hydrique	
Mésisol	Typique	
	Fibrique	
	Humique	
	Limnique	
	Cumulique	
	Terrique	
	Fibrique terrique	
	Humique terrique	
	Hydrique	
Humisol	Typique	
	Fibrique	
	Mésique	
	Limnique	
	Cumulique	
	Terrique	
	Fibrique terrique	
	Mésique terrique	
	Hydrique	
Folisol	Hémique	
	Humique	
	Lignique	
	Histique	
Cryosol	Organique	

Tabela 3. Classificação.... Continuação.

SISTEMA RUSSO (SMR): adaptação do mapa de solos para o sistema FAO	
SMR	FAO
Peat-ashes banded boggy	Terric
Peats low moor	Térrico
Peats transitional moor	Térrico
Peat high moor	Fíbrico
Peat boggy degrading (mineralizing)	Gélico
Peat boggy solonchakous	Térrico
Peats boggy (sem divisões)	Histosol sem divisão

Os sistemas americano, canadense e australiano subdividem os Organossolos em materiais limínicos, já os sistemas brasileiro e o da FAO não consideram esses materiais.

Como no Brasil as variações de clima incluem os tipos equatorial, tropical e subtropical, portanto não existindo solos com caráter gélico, não são considerados os Organossolos com caráter gélico, esses solos também não são considerados no sistema australiano. Organossolos com caráter gélico são subdivididos no sistema da FAO, no 2º nível, no americano no 4º nível. No sistema canadense não são considerados como Organique, e no 1º nível são divididos como Cryosol Organique, portanto pertencendo a outra ordem.

Como pode ser observado na presente comparação os sistemas citados têm elevado grau de correspondência, porém em muitos casos as subdivisões dos Organossolos com diferentes características não são abordadas no mesmo nível categórico, e nem todas as subdivisões existentes dentro dos Organossolos são iguais em todos os sistemas. Tal fato decorre por não existirem todos os tipos de solos em todos os países, em função das condições climáticas prevalentes em cada um.

O sistema da FAO, por ter como principal objetivo a classificação mundial dos solos e a sua representação em uma escala abrangente de todos os continentes, não subdivide tanto os Organossolos, quando comparado aos demais sistemas, esse fato deve ter gerado grande perda de informação na literatura aqui abordada sobre o sistema russo de classificação. Outros sistemas, como o brasileiro e o americano, são apresentados em forma de chave taxonômica, o que limita e restringe as classes de solos nos níveis inferiores, havendo, entretanto, a possibilidade de inclusão de novas classes na medida em que elas são descritas e identificadas de forma completa. Já o sistema australiano é mais flexível, tornando a classificação nos sistemas inferiores mais abrangente pela associação livre de atributos.

2.5 Determinação da Matéria Orgânica

Existem diferentes métodos para quantificação da matéria orgânica do solo. Alguns se baseiam na oxidação da matéria orgânica por soluções de agentes oxidantes como o dicromato, outros pela combustão da matéria orgânica em forno mufla ou em equipamentos automatizados conhecidos como analisador de elementos CHN, que determinam o carbono total.

Um dos métodos mais utilizados no Brasil (Embrapa, 1997) para quantificação do carbono orgânico, tem como princípio a oxidação da matéria orgânica via úmida com dicromato de potássio $0,0667 \text{ mol L}^{-1}$, em meio com ácido sulfúrico, empregando-se

como fonte de energia o calor desprendido do ácido sulfúrico e o aquecimento brando em placa aquecedora por 5 minutos. O excesso de dicromato que permanece após a oxidação é titulado com solução padronizada de sulfato ferroso amoniacal $0,05\text{mol L}^{-1}$ (sal de Mohr), com o emprego de difenilamina como indicador. A grande limitação desse método é o fato de ser indicado para solos que apresentam no máximo 20 gkg^{-1} de carbono, apesar de ser adaptável a solos com teores maiores.

Segundo Embrapa (1979 e 1997), o carbono participa com 58% da composição média do húmus. Portanto o teor de matéria orgânica é calculado pelo produto do teor de carbono multiplicado pelo fator 1,724. Outros trabalhos citam coeficientes 1,9, 2,5 e até 3,18 (Conceição et al., 1999a).

O método de Tedesco et al. (1985) tem o mesmo princípio do citado acima, porém, utiliza solução de dicromato de potássio mais concentrada ($0,2\text{mol L}^{-1}$) e diferencia a massa de amostra que deve ser utilizada para análise, pelas faixas do teor de carbono no solo. Dessa maneira, ele é mais indicado na determinação do carbono orgânico em Organossolos, do que o da Embrapa (1997). Yeomans & Bremner (1988), propuseram uma técnica utilizando solução de dicromato de potássio $0,1667\text{mol L}^{-1}$, com aquecimento em bloco digestor a 170°C por 30 minutos. Com esse método é provável que maior quantidade de material orgânico possa ser oxidado. Outra diferença é o uso do indicador ácido N-fenilntranílico e não a difenilamina, por apresentar melhor visualização do ponto de viragem (Nelson & Sommers, 1982).

Ainda um problema gerado pelo método da oxidação úmida com dicromato é a contaminação ambiental que pode ser causada pelo uso do cromo.

O método recomendado por Embrapa (1999) para a determinação da matéria orgânica em Organossolos é baseado na incineração do material em mufla a 600°C por 6 horas, com uma secagem prévia da amostra por 24 horas em estufa a 105°C . O conteúdo de matéria orgânica é determinado por diferença de massa em relação à amostra seca em estufa. Algumas variações deste método, quanto à temperatura e tempo de incineração, foram utilizados em outros trabalhos. Mendonça (1999), trabalhando com Organossolos do estado do Rio de Janeiro, avaliou o conteúdo de matéria orgânica através da mufla à temperatura de 400°C por 12 horas. Já Andriessse (1988) indica temperatura de 800°C . O método adotado pelos Estados Unidos (USDA, 1996) recomenda incineração por uma noite, ou aproximadamente, 16 horas a 400°C .

No método da combustão seca em CHN, elementos simples são convertidos em gases (CO_2 , H_2O e N_2). Nesse procedimento a amostra é primeiramente oxidada em ambiente de puro oxigênio, usando reagentes clássicos como vanadato de prata e tungstato de prata em óxido de magnésio, a 925°C . Os gases resultantes são homogeneizados e controlados sob padrões de pressão, temperatura e volume e depois em diferentes pressões separados em uma coluna, são então detectados e identificados por sua condutividade térmica. Existem padrões de referências para controlar a qualidade dos dados adquiridos. Tal método exige muita precisão e alto grau de representatividade da amostra, pois os equipamentos trabalham com pequenas quantidades de material, da ordem de 1 a 3 mg. Perez et al. (2001) verificaram para amostras de terra de diversas regiões do Brasil, que o uso de 100mg de amostra, foi muito mais confiável do que de 10mg.

Kerven et al. (2000) em solos da Austrália, compararam métodos de determinação de carbono, por oxidação com dicromato e por combustão em alta temperatura (1100°C), e verificaram que as duas amostras de sua coleção com mais de 40 gkg^{-1} de carbono orgânico tiveram resultados mais elevados pela combustão com alta temperatura, do que com os métodos de oxidação com dicromato. Mendonça (1999) e Conceição et al. (1999a) também encontraram maiores teores de carbono orgânico

quando determinado por combustão em mufla do que por oxidação com dicromato de potássio.

2.6 Atributos Químicos dos Organossolos

A composição química dos solos orgânicos é influenciada diretamente pela porção mineral, pela natureza do material orgânico, pelo grau de decomposição da matéria orgânica e pela composição química da água de formação, o que contribui para que ocorra uma ampla variação na composição mineral desses solos entre si e entre os horizontes de um mesmo solo (Andriese, 1988; Galvão & Vahl, 1996). A Tabela 4 apresenta a variação dos teores dos componentes dos Organossolos.

Uma generalização comum nas publicações de solos é a de que, quimicamente, os solos orgânicos são fortemente ácidos, com teores elevados de Al trocável. Os teores de Ca e Mg são médios, podendo chegar a altos, e os de K baixos. A saturação por bases em geral é baixa, aumentando em profundidade. A capacidade de troca catiônica é elevada, em função dos altos teores de matéria orgânica. Entretanto, em algumas regiões da Flórida e na Holanda em áreas calcárias o pH pode ser superior a 6 (Andriese, 1988).

Galvão & Vahl (1996), trabalhando com Organossolos do RS e SC, encontraram acentuada acidez, com valores de pH variando de 3,6 a 4,7. Conceição (1989) e Mendonça (1999) observaram pH em água variando de 2,7, nos solos com caráter tiomórfico, a 5,7, na região de Santa Cruz na cidade do Rio de Janeiro. Mendonça (1999) também mediu o pH em água das amostras pouco tempo depois (horas) de coletá-las no campo, e encontrou valores superiores da ordem de 0,6 unidades de pH, em relação aos medidos nas amostras secas ao ar e destorroadas (TFSA). Sakai & Lepsch (1984 e 1987) trabalhando com Organossolos do Vale do Ribeira em Iguape, SP, também encontraram elevada acidez com valores de pH variando de 3,6 a 4,8, e da mesma maneira que Mendonça (1999), os valores de pH medidos imediatamente no campo foram superiores aos medidos no laboratório. Couto (1984) trabalhando com solos do Oeste da Bahia, encontrou valores de pH predominantemente ácidos entre 3,5 a 5,0, porém algumas amostras apresentaram valores superiores a 6,5.

Couto (1984), trabalhando com solos do Vale do Rio Arrojado, BA, encontrou para a grande maioria dos Organossolos altos teores de Ca e Mg, com soma de base em 90% das amostras superior a $4 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, em contraste com os Gleissolos da região que possuíam uma menor fertilidade natural. Em muitos solos do trabalho de Galvão & Vahl (1996) (Tabela 5) os teores de Mg foram superiores aos de Ca, com relação Ca/Mg geralmente menor do que 1.

Os teores de K são geralmente baixos como verificado nos trabalhos de Galvão & Vahl (1996), Couto (1984), Conceição (1989) e Sakai & Lepsch (1984 e 1987), sendo para a maioria das amostras inferiores a $1 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$. Porém, Mendonça (1999) encontrou para áreas cultivadas com mandioca em Santa Cruz, RJ, valores altos de até $28,1 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$. Nos trabalhos citados acima os teores de Na foram baixos. Segundo Galvão & Vahl (1996) apesar da alta CTC dos solos orgânicos devido aos elevados teores de matéria orgânica, sua capacidade de reter cátions monovalentes é baixa, justificando os baixos teores dos elementos K e Na nesses solos. Exceções podem ocorrer em solos da planície litorânea sujeitos à inundações de águas marinhas.

Tabela 4. Variação e percentagem média de elementos importantes nos Organossolos
(Fonte: Lucas, 1982, extraído de Andriessse, 1988).

Elemento	Variação percentual (material seco)	% Média típica	
		Turfas eutróficas Ricas em calcário	Turfas oligotróficas Pobres em calcário
Al	0,01 a 5,0	0,5	0,1
Ba	0,0006 a 0,3	0,005	
B	0,00001 a 0,1	0,01	0,0001
Ca	0,01 a 6,0	2,0	0,3
C	12,0 a 60,0	48,0	52,0
Cl	0,001 a 5,0	0,10	0,01
Co	0,00 a 0,0003	0,0001	0,00003
Cu ¹	0,0003 a 0,01	0,001	0,0005
H	2,0 a 6,0	5,0	5,2
Fe ²	0,02 a 3,0	0,5	0,1
Pb	0,00 a 0,04	0,005	0,001
Mg	0,01 a 1,5	0,3	0,06
Mn	0,0001 a 0,08	0,02	0,003
Mo	0,00001 a 0,005	0,001	0,0001
Ni	0,0001 a 0,03	0,001	0,0005
N	0,3 a 4,0	2,5	1,0
O	30,0 a 40,0	32,0	35,0
P	0,01 a 0,5	0,07	0,04
K	0,001 a 0,8	0,1	0,04
Si	0,1 a 30,0	5,0	0,5
Na	0,02 a 5,0	0,05	0,01
S	0,004 a 4,0	0,5	0,1
Zn ³	0,001 a 0,4	0,05	0,005

¹ Cupriferous bogs no Canadá contém aproximadamente 0,3% do total de Cu.

² Amostras podem conter mais Fe do que estas estimativas.

³ 6,7% do Zn estão presentes nos solos de New York, com índices tóxicos.

Tabela 5. Teores de cálcio e magnésio em alguns Organossolos do Brasil.

Citação Bibliográfica	Local	Ca ²⁺	Mg ²⁺
		cmol _c kg ⁻¹	
Benites (2001)	Solos de altitude, MG	0,0 – 4,5	0,0 – 0,7
Galvão & Vahl (1996)	Estado do RS	4,0 – 32,7	3,0 – 62,6
Conceição (1989) e Mendonça (1999)	Santa Cruz, RJ	2,0 – 15,6	0,3 – 14,7
Sakai & Lepsch (1984 e 1987)	Vale do Ribeira, SP	2,4 – 21,1	0,4 – 8,6

A elevada acidez desses solos é reflexo do valor H, que costuma ser elevado. Os autores Galvão & Vahl (1996), Couto (1984), Conceição (1989), Mendonça (1999) e Sakai & Lepsch (1984 e 1987), encontraram para a maioria das amostras valores superiores a 15 cmol_c kg⁻¹, sendo que Galvão & Vahl (1996) encontraram um Organossolo em Viamão e outro em Araranguá com valores de acidez potencial superiores a 100 cmol_c kg⁻¹, respectivamente 103,75 e 124,83 cmol_c kg⁻¹.

Os trabalhos de Galvão & Vahl (1996), Couto (1984), Conceição (1989), Mendonça (1999) e Sakai & Lepsch (1984 e 1987), mostram a elevada CTC dos Organossolos, tendo a maioria das amostras valores superiores a 30 cmol_c kg⁻¹, sendo observados valores de até 198,87 cmol_c kg⁻¹. Esses trabalhos também demonstram o predomínio de elementos ácidos no complexo sortivo desses solos, como o H e Al, resultando em saturação por bases geralmente inferior a 50%, o que define a grande maioria desses solos como distróficos.

Os Organossolos tendem a apresentar elevados teores de nitrogênio total, porém este elemento pode não estar biodisponível. Andriessse (1988) cita como fatores que influenciam na disponibilidade de nitrogênio a temperatura, a umidade no solo, aeração e a acidez. Parece que pequenas variações da relação C/N também influenciam nesse fenômeno (Blombäck et al., 2003). Para Organossolos em clima tropical, relações C/N superiores a 16 afetam a disponibilidade do nitrogênio e com isso o desenvolvimento das culturas (Andriessse, 1988). Mendonça (1999) verificou que os teores totais de nitrogênio variavam com a matéria orgânica do solo e, de maneira geral, esses teores diminuem em profundidade no perfil (Andriessse, 1988).

É notável a deficiência de cobre em diversos cultivos sobre Organossolos em regiões tropicais e não tropicais. Acredita-se que o principal motivo seja a fixação do cobre, por complexação a compostos orgânicos presentes no solo (INCORA, 1974; Andriessse, 1988).

Segundo Andriessse (1988) a deficiência de ferro pode ocorrer em Organossolos, não sendo verificada deficiência de molibdênio, manganês e boro, em Organossolos de região de clima tropical. Deficiências de zinco podem ocorrer em solos com pH superior a 6,5, ou naqueles que tenham recebido calcáreo em excesso ou fertilizantes fosfatados. A drenagem impedida também pode causar deficiência de Zn em Organossolos, porém em regiões de clima tropical isso é muito raro de acontecer.

2.7 Atributos Morfológicos e Físicos dos Organossolos

A coloração dos Organossolos é predominantemente escura, geralmente com variações entre o preto, bruno escuro e cinzento escuro, sendo comuns cores neutras

(matiz N e croma zero) (Couto, 1984; Conceição, 1989; Mendonça, 1999; e Sakai & Lepsch, 1984 e 1987).

Quanto à estrutura, esta pode apresentar uma grande variação dentro da ordem dos Organossolos. Os horizontes superficiais podem apresentar estrutura granular ou em blocos, com tamanhos variados, o grau de resistência tende a ser fraco ou moderado. Os horizontes subsuperficiais quando saturados por água, tendem a ser maciços ou maciços fibrosos, quando drenados naturalmente ou artificialmente a estrutura pode ser em blocos ou prismática, com grau de resistência variando de moderado a forte. Na constituição dos horizontes dos Organossolos podem existir pedaços ou fragmentos de caules, folhas, raízes, etc. De acordo com o grau de decomposição do material pode haver maior ou menor teor de fibras (Couto, 1984; Conceição, 1989; Mendonça, 1999; e Sakai & Lepsch, 1984 e 1987).

O conteúdo de água, avaliado pela umidade gravimétrica, pode chegar a ser 10 vezes maior do que a massa de matéria seca, de acordo com o grau de decomposição do material orgânico. Quanto menos decomposto, maior a capacidade de retenção de água, como também sua condutividade hidráulica (Andriessse, 1988; Mendonça, 1999; Conceição et al., 1999).

Lynn et al. (1974) utilizou uma variável chamada resíduo mínimo (RM), que se refere a uma espessura remanescente de solo por unidade da medida após subsidência máxima, utiliza-se normalmente cm cm^{-1} para expressar o RM, objetivando avaliar o potencial máximo de subsidência em horizontes ou camadas formadas por material orgânico. Tanto a densidade do solo como o resíduo mínimo estão relacionados ao grau de decomposição da matéria orgânica e ao teor de matéria orgânica (Conceição et al., 1999b). Os valores de densidade do solo tendem a ser inferiores a uma unidade e em alguns solos podem ser inferiores a $0,15 \text{Mgm}^{-3}$ (Andriessse, 1988; Kämpf & Schneider, 1989).

Materiais fibricos tendem a apresentar porosidade com muitos macroporos, o que leva a sua alta condutividade hidráulica. No processo de decomposição e mineralização da matéria orgânica os macroporos colapsam, diminuindo o tamanho dos poros e também a porosidade total (Andriessse, 1988).

Segundo Hooghoudt (1950), apud Dekker & Ritsema (2000), muitos horizontes superficiais de Organossolos quando secos são de difícil reumidecimento. Quanto ao fluxo de água, podem ocorrer zonas preferenciais durante o processo de infiltração nos Organossolos, causadas pelos efeitos de contração com a secagem, que geram fendas no solo, ou por organismos vivos que fazem canais (Dekker & Ritsema, 2000). Essa característica pode causar heterogeneidade da umidade do solo, o que deve ser considerado no manejo desses ecossistemas (De Bano, 2000). O último autor chama a atenção para a contaminação do lençol freático, pois caso a água não se redistribua no solo, passando diretamente para o lençol, não haverá trocas entre os contaminantes dissolvidos na água e os colóides do solo, reduzindo assim a função natural de filtragem do sistema solo. Segundo os autores citados acima, a repelência dos Organossolos à água ou hidrofobicidade tende a diminuir com o tempo, isto é, o contato da água com o solo acaba umedecendo-o. O efeito do fogo, natural ou como prática freqüente em áreas agrícolas, também pode gerar a hidrofobicidade do solo.

2.8 Substâncias Húmicas em Organossolos

Segundo Stevenson (1982), as substâncias húmicas são constituídas por uma série de compostos de coloração castanha ou preta, de elevado peso molecular, que são separadas com base em suas características de solubilidade e classificadas em:

- Humina - fração insolúvel em álcali.
- Ácidos Húmicos - fração de coloração escura extraída geralmente em meio alcalino (NaOH e Na₄P₂O₇) e insolúvel em meio ácido diluído.
- Ácidos Fúlvicos - material colorido alcalino solúvel que permanece em solução após a remoção dos ácidos húmicos por acidificação.
- Ácidos Hematomelânicos - porção dos ácidos húmicos solúvel em álcool.

As diversas frações de substâncias húmicas, definidas com base nas características de solubilidade, fazem parte de uma mistura heterogênea de moléculas polimerizadas com peso molecular variável entre algumas centenas e trezentos mil, têm ocorrência natural e biogênica (Stevenson, 1982; MacCarthy, 2001).

De maneira simplificada, o húmus do solo pode ser dividido em três constituintes: ácidos fúlvicos, ácidos húmicos e humina (Mello et al., 1985). Os chamados ácidos orgânicos são produzidos no processo de decomposição. Os ácidos fúlvicos que possuem peso molecular mais baixo são mais solúveis em água do que os ácidos húmicos, de peso molecular mais elevado. Os ácidos fúlvicos são aparentemente produzidos em maior quantidade em solos ácidos, talvez pela maior atuação de fungos do solo na decomposição do material orgânico (Fanning & Fanning, 1989).

Os ácidos fúlvicos apresentam maior grau de oxidação e maior acidez total. É a fração humificada mais reativa porém com menor estabilidade. Isso favorece a formação de complexos mais solúveis e de menor peso molecular, interferindo de forma mais intensiva no meio ou, em outras palavras, pode facilitar o fenômeno de lixiviação de cátions e iluviação de argilas (Canellas, 1999).

Quanto ao tamanho da molécula os ácidos crênicos e os ácidos hematomelânicos apresentam peso molecular inferior a 500, os ácidos fúlvicos em torno de 600 a 1000, os ácidos húmicos de 5000 a 100000 e as huminas superior a 100000 (Conceição, 1989; MacCarthy, 2001). Hayes & Clapp (2001) citam pesos moleculares para ácidos húmicos extraídos de um Sapric Histosol variando de 2.000 a 1.300.000, sendo que 75% apresentam valores inferiores a 100.000.

Segundo o conceito da pseudomacromolecularidade, haveriam associações de moléculas menores em estruturas micelares ou pseudomicelares ou outras formas de associações moleculares, como cadeias carbônicas longas não polares. O conceito da macromolecularidade defende que as substâncias húmicas são derivadas de modificações e degradações de moléculas de lignina (Piccolo, 2001; Hayes & Clapp, 2001).

Segundo Jacquim, apud Conceição et al. (1999c), teoricamente, a evolução da matéria orgânica nos solos envolve dois mecanismos básicos e opostos: o de mineralização (primária e secundária) e o de humificação (herança, neossíntese microbiana e insolubilização), pelos quais se desenvolvem os compostos orgânicos sob a influência do meio. A via de herança descreve a evolução direta dos compostos lignificados pouco transformados, que se acumulam em ambientes alagados (humina residual). A via de neossíntese microbiana descreve a insolubilização de polissacarídeos oriundos de microorganismos mortos em meio biologicamente ativo, resultando na formação de humina microbiana. A via de insolubilização referencia a formação de substâncias húmicas em ambientes aerados, através da oxidação de compostos fenólicos solúveis a quinonas, pelos quais se polimerizam em compostos dímeros e trímeros, como os ácidos crênicos e hematomelânicos, que sofrem policondensação dos núcleos aromáticos, formando os ácidos fúlvicos, os ácidos húmicos castanhos, ácidos húmicos cinzentos e a humina de insolubilização. A Figura 3 apresenta um diagrama geral sobre a evolução da matéria orgânica.

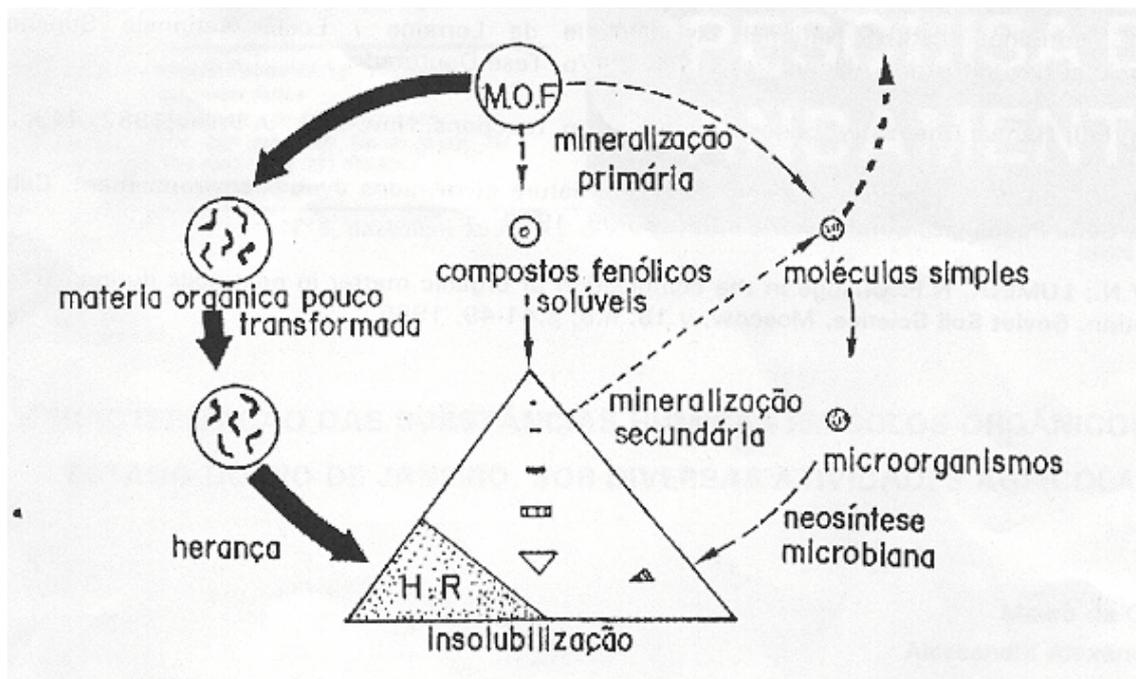


Figura 3. Diagrama geral de evolução da matéria orgânica em Organossolos, segundo Jacquim, apud Conceição et al. (1999c).

Nos solos hidromórficos as vias de neossíntese microbiana e de insolubilização são desencadeadas com o abaixamento natural ou artificial do lençol freático, resultando na aeração das camadas superficiais. Conseqüentemente, a ação dos microorganismos nos processos de decomposição e humificação é reativada, com o surgimento de substâncias mais ou menos polimerizadas, os ácidos húmicos e fúlvicos. As alternâncias de umedecimento e secagem de forma mais freqüente e acentuada, resultantes de processos naturais ou pelo uso antrópico, tendem a promover uma maior evolução do húmus pela via de insolubilização, pelo que a drenagem favorece a polimerização e policondensação de precursores fenólicos solúveis e de ácidos fúlvicos e ácidos húmicos, gradativamente mais estáveis ao longo do tempo (Duchaufour, 1977; Conceição et al., 1999c).

González et al. (2003) trabalhando com um solo de turfa com pouca influência antrópica de Laguna de Las Madres, Espanha. Observaram estruturas de carboidratos na fração ácido fúlvico, a fração ácido húmico se mostrou enriquecida de moléculas de lignina alterada e nas huminas foram notados grupos alifáticos. Segundo os autores esses resultados inferem em diferentes origens e precursores na formação das substâncias húmicas e também em diferentes mecanismos seletivos de preservação das substâncias húmicas.

Mendonça (1999) trabalhando com Organossolos da região de Santa Cruz, RJ, observou que o carbono orgânico não humificado constituía a maior parte do carbono orgânico total na maioria das amostras dos solos, representando de 25,5% a 74,7%. Couto (1984) também encontrou predomínio de carbono orgânico não humificado. Segundo Mendonça (1999) esta fração pode ser constituída por biopolímeros e moléculas orgânicas de constituição definida, como por exemplo, aminoácidos, ceras ou graxas, que não são solubilizadas pelo extrator utilizado ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 + \text{NaOH } 0,1 \text{ mol L}^{-1}$). Mendonça (1999) observou ainda que maior humificação do carbono ocorreu nas áreas de melhor drenagem e com relação a fração humificada, observou que a fração humina

representou de 17 a 72%, ácidos fúlvicos de 0,2 a 0,7% e ácidos húmicos de 2,3 a 3,4%. Conceição (1989), trabalhando com Organossolos da mesma região, encontrou maior equilíbrio entre as frações alcalino-solúveis e a humina, em comparação a Mendonça (1999).

Conceição et al. (1999c), verificou o domínio da fração humina em relação à contribuição das frações ácido húmico, ácido fúlvico ligado e ácido fúlvico livre em Organossolos do Estado do RJ, sob diferentes usos agrícolas, correspondendo a percentuais de 60,7 a 90,7%, 3,3 a 16,9%, 2,2 a 19,0% e 0,2 a 5,6%, respectivamente, com a fração alcalino solúvel variando de 8,4 a 34,8%.

Na região de Great Dun Fell no Reino Unido foi efetuado um trabalho de monitoramento em um solo de turfa (Scott et al., 2001), com intervalos de amostragens mensais e duração de dois anos (entre novembro de 1994 e novembro de 1996). Verificou-se que as frações ácido húmico e fúlvico exibiram aumento na relação atômica H/C imediatamente após um período de seca, no verão de 1995, o que é um indicativo da redução da aromaticidade dessas substâncias húmicas nesse período de maior oxidação do solo. Com o término da seca, gradualmente, houve declínio da relação H/C mostrando que ambientes de maior redução favorecem a formação de compostos mais aromatizados e com menores quantidades de grupos carboxílicos.

2.9 Alterações Ocorridas nos Organossolos Pela Ação Antrópica

Os Organossolos estão em equilíbrio relativamente frágil com seu ambiente, e qualquer alteração neste, como o rebaixamento do nível de água, produz mudanças que afetam significativamente suas características morfológicas, físicas e químicas e, conseqüentemente, seu comportamento diante do uso agrícola (Kampf & Schneider, 1989).

A maioria dos Organossolos são formados em condições de hidromorfismo, estando na maior parte na classe de drenagem mal e muito mal drenados, apresentando-se saturados por água, o que limita ou impede o uso agrícola. A drenagem artificial tem o objetivo de aerar as camadas superficiais do solo, permitindo sua exploração agrícola (Bernardo, 1995).

Como exemplo histórico, de alguns séculos atrás na colonização do Brasil, está incluída a drenagem de Organossolos nas fazendas dos padres Jesuítas nas bacias dos rios Guandú e Itaguaí na então conhecida Fazenda de Santa Cruz, hoje parte da cidade do Rio de Janeiro. Nestas áreas, obras de engenharia, iniciadas por volta de 1729, transformaram áreas inundadas e inaptas à agricultura em terras de lavoura, com auxílio da mão-de-obra escrava (Conceição, 1989).

O manejo dos Organossolos é bastante complexo, a partir do momento em que a drenagem favorece a entrada de oxigênio no sistema, começam a haver modificações nas suas características físicas, químicas e biológicas. Com a drenagem artificial dos Organossolos para o cultivo agrícola, ocorre rápida oxidação da matéria orgânica com diminuição de volume e gradativo aumento da densidade do solo e das partículas, modificando suas características originais, no processo definido como subsidência (Mendonça, 1999).

O manejo de Organossolos para fins agrícolas envolve práticas de manejo da água. Dessa maneira, um dos problemas mais sérios que esses solos apresentam é a facilidade com que eles subsidem ou decrescem em volume, quando o lençol freático é mantido abaixo da superfície (Conceição, 1989). Materiais de Organossolos quando secados ao extremo, podem apresentar uma perda de volume de até 85%, porém isso não ocorre em condições de campo com drenagem artificial (Aandahl, 1974).

Stephens & Roe, apud INCORA (1974), afirmam que o controle eficiente da água é o principal fator para o desenvolvimento agrícola dos Organossolos, pois a falta de habilidade no manejo da lâmina d'água, leva a perdas da produção, seja por inundação ou por seca. Ademais, a drenagem excessiva pode acarretar problemas de subsidência, com a diminuição do volume do material orgânico, seja por contração, compactação, mineralização, combustão ou erosão eólica. Alguns autores afirmam que a oxidação acompanhada da decomposição do material orgânico é o principal fator da subsidência dos Organossolos, causada pela drenagem excessiva, e que para reduzir o problema deve-se manter o lençol freático a uma profundidade mínima, para o desenvolvimento radicular e garantia da produção (INCORA, 1974; Conceição, 1989), a qual segundo Hilbert et al. (2000) e Souza Júnior et al (2001) parece ser em torno de 30cm de profundidade.

O monitoramento da subsidência de Organossolos da Ciénaga de Zapacu no México mostrou uma perda de aproximadamente 3 cm por ano. Na estação experimental de Marsh Muck na Holanda, a subsidência foi de 3,3cm por ano, entre 1960 e 1962, assim como nos solos de Southern Ontario. Na região dos Everglades, na Flórida, a subsidência pode ser de 3 a 6 cm por ano (revisão de INCORA, 1974; Conceição, 1989). Em áreas de New Orleans a estimativa da taxa de subsidência se situa entre 1 e 5 cm por ano. Em levantamentos pedológicos realizados no Baixo Vale do Rio Ribeira em SP (Sakai & Lepsch, 1984; Sakai & Lepsch, 1987), foi observado processo de subsidência após a drenagem artificial dos solos, uma vez que a densidade do solo nas camadas superficiais em áreas sem uso agrícola e sem drenagem artificial variava entre 0,2 e 0,4Mgm⁻³, e as áreas drenadas com uso agrícola chegava a 0,5 Mgm⁻³.

Na Inglaterra, houve o monitoramento da subsidência de uma área com Organossolo em Holme Marsh Hunts, onde foi instalado, em 1840, um poste a 6,6m de profundidade, no ponto de ocorrência do substrato mineral. Em 1932 a subsidência havia alcançado 3,25m. Após 19 anos, foi verificado que a subsidência tinha atingido 3,48m, mostrando que a taxa de subsidência no segundo período foi menor do que no primeiro período. A diminuição na taxa de subsidência no decorrer do tempo também foi relatada em um Organossolo de Minnesota, EUA, como apresenta Conceição (1989) em sua revisão. Segundo Andriess (1984) a subsidência é muito mais rápida nos primeiros anos tendendo a haver um equilíbrio no decorrer do tempo, diminuindo a sua velocidade.

Em Indiana, Ellis & Morris (1945) e Jongedyk et al. (1950), apud Conceição (1989), perceberam que a taxa de subsidência era maior, quanto mais profundos eram os sistemas de drenagem, mostrando o segundo autor, que a manutenção do lençol freático a profundidades de 42, 68 e 94 cm durante 5 anos, levou a taxas de subsidência respectivamente de 1,1, 1,8 e 3,0 cm por ano. Segundo revisão de Conceição (1989), no desenvolvimento de equações que expressem a subsidência em função do tempo, devem ser consideradas as profundidades médias de manutenção do lençol freático, para que se possam estabelecer melhores estimativas.

A contração ocorrida durante a secagem dos Organossolos, causada por sistemas de drenagem, é uma importante causa da subsidência no início do processo. A mudança da densidade do solo, refletida por seu aumento depois da drenagem, é uma boa medida para se estimar o grau de contração. Esse grau depende da profundidade de drenagem, do teor de material orgânico e do tipo de material orgânico que forma o solo, se é fibroso, hêmico ou sáprico. Allison (1956), apud Conceição (1989), estudando Organossolos da região de Everglades na Flórida, constituídos por diferentes materiais, observou que materiais com maior grau de decomposição, apresentaram maior grau de contração quando secos, do que materiais com menores graus de decomposição. Ainda

verificou que o reumidecimento desses solos, fazia com que o volume do solo se expandisse, retornando somente a 20% do volume perdido com a secagem, indicando que ocorrem efeitos permanentes causados pela drenagem dos Organossolos.

Segundo Brady (1989), a compactação por pisoteio de animais ou por tráfego de máquinas, apesar de favorecer a subsidência do solo, pode ser benéfica, pois aumenta a capilaridade, e conseqüentemente a umidade do solo, diminuindo o processo de oxidação, como também a perda de material através da erosão eólica. Do ponto de vista desse autor, a menor taxa de oxidação e menores perdas por erosão eólica, superam a subsidência causada pela compactação.

Os problemas causados pela subsidência podem diminuir o tempo de uso dos Organossolos e também a eficiência dos sistemas de drenagem. Andriess (1984) chama atenção para o problema da desidratação irreversível e formação de compostos hidrofóbicos. Dependendo da profundidade de drenagem, os raios solares podem promover uma intensa dessecação do material, favorecendo a formação de grumos que não se rehidratam, suprimindo características físicas e hídricas dos solos ricos em matéria orgânica, com redução de seu potencial de uso agrícola.

O manejo agrícola dos solos, geralmente promove a diminuição dos teores de matéria orgânica. Segundo Jenny (1941) e Salter & Green (1933), apud Stevenson (1982), a diminuição nos teores de nitrogênio do solo, está relacionada a redução da matéria orgânica, sendo que a dinâmica do N pode ser explicada segundo a equação 1, apresentada abaixo:

$$DN/dt = -rN + A, \text{ ou } N = (A/r) - [(A/r) - N_0] e^{-rt} \quad [\text{eq. 1}]$$

onde: N_0 é o conteúdo inicial de N, K é a fração de N remanescente após um simples ano de cultivo, r é a razão anual de N perdida e A é a razão anual de adição de nitrogênio na cultura. Segundo Bartholomew & Kirkman (1960), apud Stevenson (1982), o novo equilíbrio do conteúdo de N de matéria orgânica no solo, pode ser obtido após 50 a 100 anos de cultivo.

A diminuição no teor de matéria orgânica nos solos cultivados é reflexo da diminuição da entrada no sistema de restos vegetais, do aumento da aeração, favorecendo a atividade microbiana, o que pode ser percebido pelo aumento temporário na taxa de respiração. Esses efeitos são ainda mais intensos em solos hidromórficos, que pela drenagem artificial, podem perder quantidades apreciáveis de material orgânico (Stevenson, 1982). Kalbitz & Geyer (2002) trabalhando com solos de turfa do nordeste alemão apresentam redução a 10 e 50% do carbono orgânico total original de solos cultivados entre 50 e 200 anos, em comparação com os solos de turfa praticamente intactos, verificando também que o uso agrícola levou ao aumento do grau de humificação da fração ácido fúlvico dissolvida na fase líquida do solo, e correlação positiva do teor de carbono orgânico total com o carbono orgânico dissolvido.

A drenagem artificial, além do problema da subsidência, pode causar danos ainda maiores nos Organossolos Tiomórficos (Embrapa, 1999). Esses solos geralmente ocorrem em regiões litorâneas, que recebem influência marinha, e dessa maneira em ambiente de hidromorfismo e redução o enxofre se acumula no solo na forma de sulfeto, estando o pH em condições naturais próximo da neutralidade. Com a drenagem artificial os solos ficam em ambiente de maior oxidação e o sulfeto se transforma em sulfato, ocorrendo a formação de ácido sulfúrico, onde o pH pode se tornar inferior a 3,5, podendo se aproximar de 2,0 (Oliveira et al., 1992). O que prejudica profundamente o processo de nutrição mineral dos vegetais, podendo levar até mesmo a morte das plantas e, caso não chegue a esse extremo, a agricultura fica praticamente inviável. Lepsch et al.

(1990) alertam que os Organossolos com tiomorfismo em camadas subsuperficiais, em um primeiro momento poderão não se comportar de maneira prejudicial à agricultura. Porém, com o processo de subsidência as camadas aráveis se tornarão menos espessas e à medida que o sistema radicular das plantas cultivadas começa a ter contato com a elevada acidez e poderá haver queda da produtividade.

A utilização de solos tiomórficos, sem o conhecimento das suas peculiaridades, tem resultado em sérios problemas à sustentabilidade dos sistemas agrícolas, principalmente nas últimas décadas, como consequência da maior pressão populacional e ocupação de áreas marginais. Estes solos podem ser usados para agricultura, desde que sejam adotadas práticas de manejo que evitem ou, pelo menos reduzam sua acidez (Souza Júnior et al., 2001). Na seleção de métodos e práticas de manejo para solos tiomórficos, devem-se levar em conta, além do fator edáfico, outras características ambientais, como clima (quantidade e distribuição das chuvas), fatores hidrológicos (inundação, métodos de irrigação e qualidade de água) e fatores econômicos. Segundo Seiler (1992), existem dois processos que aplicados a esses solos, dependendo do grau de tiomorfismo, podem permitir a sua utilização agrícola. O primeiro visa minimizar a oxidação dos sulfetos, pelo controle do regime hídrico dos solos. O outro consiste em acelerar a oxidação dos sulfetos e neutralizar totalmente a acidez potencial. Este último além de mais oneroso, é um processo demorado e de sustentabilidade duvidosa. Em áreas com cultivo de arroz, a manutenção de lâmina inundada, parece favorecer o controle da acidez pela auto-calagem. Também se tem conhecimento que a manutenção do lençol freático a 50 cm de profundidade possibilita o cultivo de dendê, cacau, seringueira, sorgo, batata-doce e pastagens.

Souza Júnior et al. (2001) calcularam valores de necessidade de calagem da ordem de 11 a 16 toneladas de calcário por hectare, para a neutralização da acidez em Organossolos Tiomórficos, na várzea do Rio Coruripe em Alagoas. Segundo esses autores o manejo mais adequado desses solos se basearia na manutenção do pH próximo a 4,0, que não necessitaria de elevadas quantidades de calcário, associada a manutenção do lençol freático em profundidades (em torno de 30 cm) que pudessem minimizar a oxidação dos sulfetos e consequente redução do processo de sulfurização.

A prática da calagem no manejo dos Organossolos, pelo aumento dos valores de pH, pode levar a uma mudança na estrutura molecular das substâncias húmicas, como também elevar a taxa de mineralização da matéria orgânica, pelo aumento da atividade dos microorganismos, principalmente das bactérias que se desenvolvem melhor próximas da neutralidade (Garcia, 1996; Canelas et al., 1999).

Segundo revisão feita por Canelas et al. (1999), a pH 2,0 os ácidos fúlvicos e húmicos consistem de macromoléculas unidas formando um agregado, exibindo a forma de fibras ou feixe de fibras. Essas fibras são lineares com 600 a 700 nm de comprimento e 120 a 400 nm de espessura. Com a elevação do pH do meio até 4,0, as fibras observadas tendem a ficar mais finas, e o aspecto de feixe ou pacote de fibras, mais proeminente. O comprimento não é alterado, mas a espessura diminui para 120 e até 200 nm. Em pH alcalino (8,0 ou maior), as substâncias húmicas tornam-se amorfas, ou mais próximas de uma estrutura em lâminas. Existe a formação de uma estrutura esférica quando a concentração de ácidos húmicos e fúlvicos na amostra é alta, ou o pH do meio é muito baixo, ou ainda quando grande quantidade de sais estão presentes.

Em relação à composição elementar média dos organismos vivos (animais e vegetais), as substâncias húmicas apresentam enriquecimento no teor de carbono devido, principalmente, às reações de polimerização e condensação (ocorridas durante a humificação) e a diminuição no conteúdo de nitrogênio decorrente do processo de mineralização dos restos vegetais. Durante o processo de humificação ocorre

incremento no conteúdo de nitrogênio e diminuição nos conteúdos de hidrogênio e oxigênio. A diminuição do teor de O com a humificação é consequência, principalmente, das reações de descarboxilação, uma vez que, além de menor conteúdo de O, os ácidos húmicos também apresentam menor conteúdo de grupamentos CO₂H do que os ácidos fúlvicos. Segundo Canelas et al. (1999) a fração orgânica na forma de substâncias húmicas está sujeita a pequenas variações, inclusive de sua composição elementar, mesmo sujeitas a diferentes tipos de manejo.

Existem poucos estudos sobre calagem em Organossolos, dentre eles, Kakei & Clifford (2002) avaliaram o efeito da calagem em Organossolos com plantio florestal e verificaram aumento nos valores de pH em água um ano após a adição de calcário, sendo que no segundo ano foram verificados aumentos nas concentrações de amônio, nitrato, fósforo, cálcio e magnésio. As concentrações de N nas áreas que receberam calagem diminuíram no ano 1 e aumentaram no ano 2, em comparação com as sem calagem. No tempo relativamente curto do estudo, apenas dois anos, não se percebeu efeito nos teores de carbono do solo com a calagem. O experimento foi desenvolvido na Irlanda, com a espécie *Picea sitchensis* (Bong.) Carr., da família Pinaceae.

A região dos pântanos salinizados (“salt marsh”) em Massachusetts, teve grandes alterações no sistema hidrológico original, devido a construções de diques. A barragem e a drenagem dos Organossolos da região causou efeitos de dessalinização e aeração, causando mudanças radicais nos solos do “salt marsh” (Portnoy, 1999). Em experimentos em casa de vegetação, com simulação de microambientes e solos de turfa dessa região, em uma primeira estação de crescimento (ano de 1993), a dessalinização e drenagem causaram aumento na produção de uma gramínea do gênero *Spartina*, porém na segunda estação de crescimento (ano de 1994) a produção de *Spartina* declinou, como reflexo da diminuição dos teores de N amoniacal, P e sulfetos, como também na redução do pH. No mesmo período de tempo, os tratamentos sem drenagem, isto é, com saturação por água, também apresentaram queda na produção de *Spartina*, porém o autor responsabiliza neste caso a toxidez por sulfetos, que esteve sempre em níveis acima de 1,0mmol L⁻¹ (Portnoy, 1999).

Na mesma região, em um levantamento de longo tempo (decenal) em áreas com diques, Portnoy (1999) mostra mudanças nas propriedades químicas dos Organossolos, resultantes dos processos de acidificação, mobilização de ferro bivalente e diminuição do carbono orgânico em função da drenagem. Com a decomposição aeróbica da matéria orgânica, houve liberação abundante de nitrogênio amoniacal e mineralização de fósforo. Nas áreas sem drenagem a concentração do amônio e dos fosfatos da água do solo foram muito menores e os sólidos orgânicos maiores.

A aeração abundante favorece a ação de muitos microorganismos, entre os quais aqueles que oxidam a matéria orgânica. Já a aeração deficiente prejudica a sua decomposição. Assim, todas as práticas agrícolas que concorrem para aumentar o teor de oxigênio no solo (aração, gradagem, etc.) têm o efeito de acelerar a decomposição da matéria orgânica e até mesmo de reduzir o teor de húmus (Mello et al., 1985).

Sob vegetação natural, o conteúdo de matéria orgânica do solo estabiliza-se em função das taxas de adição e de transformação; o uso agrícola altera este equilíbrio. A utilização de métodos de preparo com intenso revolvimento do solo e sistemas de produção com baixa adição de resíduos vegetais promove a redução acentuada nos conteúdos de matéria orgânica do solo. A alteração nas taxas de adição e de perdas de matéria orgânica resulta numa variação nos seus conteúdos que após um longo tempo de manejo constante tende a um novo equilíbrio (conteúdo estável). As taxas de transformação de matéria orgânica são afetadas principalmente pelas práticas de aração e gradagem do solo, devido à influência que estas exercem sobre a temperatura,

umidade e aeração do solo, ruptura de agregados, grau de fracionamento e incorporação dos resíduos culturais e cobertura do solo (Bayer & Mielniczuk, 1997).

A perturbação antrópica de um sistema estável (solo + cobertura vegetal) normalmente impõe perdas de carbono orgânico maiores do que ganhos. Este balanço resulta na redução do teor de matéria orgânica ao longo do tempo e na degradação da qualidade do solo, quanto ao desempenho de suas funções de manter a produtividade biológica e a qualidade ambiental. À medida que a matéria orgânica vai sendo decomposta, aumenta a compactação do solo com menor permeabilidade ao ar e à água, favorecendo a acumulação de compostos tóxicos orgânicos. Para permitir uma melhor oxigenação destes solos e também a eliminação de compostos tóxicos, torna-se necessário modificar os métodos de preparo do solo. A queima de resíduos vegetais, outra prática largamente adotada, interfere no teor de matéria orgânica do solo e na biota, fazendo com que decresça a sua atividade metabólica (Cardoso, 1992).

Os métodos para recomendações de calagem e adubações foram desenvolvidos para solos minerais e devem ser modificados para atender às características próprias dos Organossolos e atenuar a sua degradação. O elevado conteúdo de matéria orgânica presente nestes solos lhes confere uma CTC muito alta e grande poder tampão, sendo necessário doses muito altas de calcário para corrigir a acidez e elevar o pH do solo, em relação às recomendadas para solos minerais. Ao serem adicionadas grandes doses de calcário para a correção da acidez em Organossolos ocorre um aumento da atividade microbiana e, conseqüentemente, da taxa de decomposição e mineralização da matéria orgânica, bem como do seu grau de subsidência. Normalmente não há necessidade de fazer a calagem do Organossolo de forma a alcançar os níveis de pH considerados ideais para os solos minerais. Uma das razões é a facilidade e possibilidade que o alumínio tem de ser complexado com os radicais carboxílicos e fenólicos da matéria orgânica, resultando na remoção do alumínio trivalente da solução do solo, mesmo diante de baixos valores de pH (Mendonça, 1999)

Lepsch et al. (1990) citam a baixa disponibilidade de alguns micronutrientes, sobretudo zinco, cobre, manganês e ferro, após a calagem de Organossolos. Segundo Andriess (1984), com a drenagem dos solos ricos em matéria orgânica, no processo da transformação dos polímeros orgânicos de cadeias longas em moléculas orgânicas de cadeias curtas, compostos mais simples, ocorre a quelatação de micronutrientes que são então translocados ou perdidos do perfil do solo.

Para o monitoramento da qualidade dos Organossolos, de forma que possam ser sugeridas modificações nos sistemas de manejo usados pelos agricultores e evitar a degradação dos mesmos, é necessário definir atributos de solo e do ambiente sensíveis ao manejo e de fácil determinação (Mendonça, 1999).

Mendonça (1999) trabalhando com Organossolos Tiomórficos em Sta Cruz, na zona oeste da cidade do RJ, verificou que os reduzidos valores de pH nesses solos, por influência do elevado teor de matéria orgânica e do tiomorfismo, mesmo com realização frequente de calagens, são pouco alterados devido ao poder tamponante da matéria orgânica. Mesmo nos horizontes superficiais onde é maior a influência da calagem, os valores de pH não alcançaram níveis considerados desejáveis para solos minerais, mesmo apresentando elevados valores de cálcio e magnésio, incorporados no solo pela calagem. Não foi verificado pelo autor, aumento nos teores de potássio de áreas cultivadas com côco e mandioca em relação a área com floresta secundária, e os dados demonstram lixiviação do elemento no perfil do solo, o que pode explicar tal fato. Esses dados também demonstram que sistemas com solos hidromórficos com elevados teores de matéria orgânica, com vegetação nativa, são eficientes na ciclagem de nutrientes. Já

para o fósforo, as áreas que receberam adubação tiveram aumento no teor do elemento, em comparação a área com vegetação secundária.

Conceição (1989) também trabalhando no RJ, verificou que solos hidromórficos com elevados teores de matéria orgânica sob pousio, apresentavam menor mineralização dessa matéria orgânica, quando comparados a solos cultivados sob manejo convencional. Explicando que o fato era devido aos efeitos de aração e gradagem, que expunham o solo a maior calor da radiação solar e maior aeração, acelerando a mineralização e, de certa forma, impedindo a formação de substâncias húmicas mais estáveis. O autor verificou correlação do alumínio trocável com os teores de matéria orgânica, inferindo que a relação entre complexos organo-metálicos estáveis com o íon alumínio pode favorecer a estabilidade das frações húmicas, principalmente com a humina.

Conceição (1989) também verificou que o pousio desfavoreceu a fração dos ácidos fúlvicos no solo, quando comparado ao cultivo convencional, fato que também parece estar relacionado à menor taxa de mineralização da matéria orgânica no solo. Efeito contrário foi observado para a fração humina, mais resistente à biodegradação, mostrando que o manejo convencional afetou até mesmo essa fração mais estável da matéria orgânica do solo. O manejo convencional favoreceu maiores frações de substâncias alcalino-solúveis (ácidos húmicos e fúlvicos), associadas aos teores de cálcio e magnésio fornecidos pela calagem. Foi também observado menor grau de condensação de carbono das estruturas aromáticas na área em pousio, mostrando que o manejo convencional dos Organossolos leva a alterações na quantidade e na natureza da matéria orgânica. Esses resultados são concordantes com o trabalho de Couto (1984), com Organossolos do Vale do Rio Arrojado, no Oeste da Bahia.

A drenagem artificial dos Organossolos pode gerar mudanças na estrutura original dos horizontes, fazendo com que horizontes com estrutura do tipo maciça, pelo rebaixamento do lençol freático passem a apresentar estrutura prismática ou em blocos. Esse processo pedogenético é gerado tanto pela contração do material, com a secagem, quanto pela transformação de material orgânico fibroso em material mais humificado (Conceição, 1989; e várias observações de diferentes pedólogos na descrição de perfis de Organossolos).

O conteúdo de água e a retenção de umidade em Organossolos do RJ (Conceição, 1989), são correlacionados positivamente com a porosidade, e negativamente com a densidade do solo. Por sua vez, a porosidade do solo é maior em horizontes orgânicos com menor grau de decomposição da matéria orgânica, e o efeito contrário é percebido para a densidade do solo.

2.10 Dinâmica do Carbono em Organossolos

Ao se considerar o efeito do aumento da temperatura do planeta causado pelos gases de efeito estufa, como CO₂, CH₄, CO, N₂O e NO_x (IPCC, 1996, 2001a, 2001b), não se pode esquecer da importância da matéria orgânica do solo, pela emissão principalmente de CO₂ e de metano nos ambientes hidromórficos. Dados mostrados em Hayes & Clapp (2001) indicam que o carbono seqüestrado nessa fração do solo corresponde ao triplo de todo o carbono acumulado na matéria orgânica viva da terra. E que a emissão de carbono para a atmosfera pelo solo corresponde a 10 vezes o carbono emitido pelo uso dos combustíveis fósseis. As áreas de solos hidromórficos com Organossolos e turfas, apesar de cobrirem somente cerca de 3% da superfície terrestre, possuem cerca de 30% do carbono presente na biomassa (Gorham, 1991). Portanto, são importantes os estudos para estimar os estoques de carbono nessas áreas, assim como

compreender a dinâmica do carbono nesses solos, com o objetivo de orientar o manejo adequado desses ambientes, visando a minimização das emissões dos gases de efeito estufa. Mais ainda, é importante para aplicar as diretrizes do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) no Brasil o manejo adequado dos solos com acúmulo de matéria orgânica, ambientes potenciais para a execução de projetos de MDL, visando somar créditos de carbono para o país (Machado, s.d.).

A matéria orgânica do solo (MOS) é resultante, principalmente, da deposição de resíduos de origem animal e vegetal. Esses resíduos, ao serem depositados, são inicialmente decompostos parcialmente pela mesofauna e, posteriormente, pelos microrganismos. Parte do carbono presente nos resíduos é liberado para a atmosfera na forma de CO₂ e o restante passa a fazer parte da matéria orgânica, como um componente do solo (Bayer & Mielniczuk, 1999).

Em solos que não recebem aplicações de esterco ou outros materiais orgânicos, o carbono orgânico é adicionado através da decomposição de raízes e dos resíduos vegetais que retornam ao solo anualmente. Fundamentalmente, as trocas no conteúdo de carbono no solo são função do balanço entre as entradas de carbono via fotossíntese e as perdas via decomposição. A perda de carbono orgânico corresponde à soma das perdas por oxidação, erosão e lixiviação. Perdas por lixiviação podem ser consideradas relativamente desprezíveis, dependendo do solo e ambiente, exceção se dá em solos de altitude sobre quartzitos. As perdas por erosão, dependem da situação em que o solo se encontra quanto ao relevo e cobertura da superfície. Já as perdas por oxidação, são as mais importantes, principalmente em um clima tropical como na maior parte do Brasil. Sua dinâmica pode ser representada pela variação dos conteúdos de carbono orgânico que pode ser expressa pela equação a seguir (Bayer & Mielniczuk, 1999):

$$dC/dt = -K_2 C + A K_1,$$

sendo:

dC/dt – variação do conteúdo de carbono orgânico ($t\ ha^{-1}$) no período de um ano;

C – conteúdo de carbono orgânico do solo ($t\ ha^{-1}$);

K_2 – taxa de perda de carbono orgânico (ano^{-1});

A – taxa de adição de carbono orgânico ($t\ ha^{-1}\ ano^{-1}$)

K_1 – fração de carbono adicionado (que efetivamente permanece após o período de uma ano).

Em solos sob vegetação natural não ocorre variação nos conteúdos de MOS no tempo ($dC/dt=0$) devido à igualdade das quantidades adicionadas e perdidas ($A K_1 = K_2 C$). Caracteriza-se assim um estado estacionário, em que o conteúdo de matéria orgânica é determinado pela relação entre as taxas de adição efetiva e as de perda ($C = A K_1 / K_2$) de carbono orgânico, as quais serão dependentes de fatores de formação do solo (Jenny, 1941; Anjos et al., 1999; Bayer & Mielniczuk, 1999).

A oxidação do carbono no solo, desde o momento da entrada do material orgânico até sua perda para a atmosfera, não é linear em função do tempo. Trabalhos realizados na Austrália e no Reino Unido, apud Feng & Li (2001), mostram uma regressão exponencial (Figura 4).

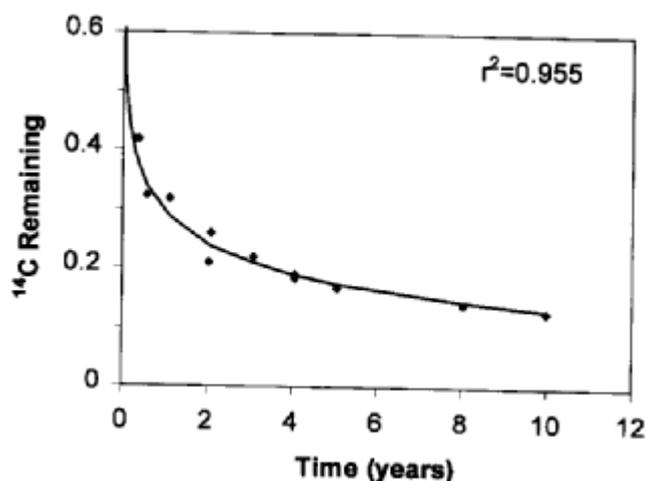


Figura 4. Carbono residual do solo em função do tempo de mineralização (Feng & Li, 2001).

Um modelo é uma representação simplificada da realidade, sua utilidade está no aspecto de permitir que pontos importantes no modelo sejam identificados, estudados e reproduzidos, possibilitando previsões que auxiliem nas tomadas de decisões. Para que os modelos sejam confiáveis, os mesmos devem ser formais, com embasamento estatístico ou matemático (Leal & De-Polli, 1999). Os autores citam vários exemplos de modelos aplicados na dinâmica de carbono no solo, para os mais diversos fins.

Apesar de não haver um método definido para a construção de modelos de simulação, existem algumas fases que devem ser seguidas durante a construção de um novo modelo ou durante a modificação de um existente. Inicialmente, é necessário determinar a validade da construção desse modelo, uma vez que é difícil conciliar precisão com simplicidade, ou seja, pode-se construir um modelo de simulação preciso mas inviável na prática, devido ao grande volume de dados necessários. Não obstante, o conhecimento existente sobre o sistema que esse modelo vai simular, pode não ser suficiente para atingir tais objetivos. Em geral, a viabilidade para construir um modelo de simulação depende da conciliação entre o objetivo e os recursos materiais e tecnológicos disponíveis (Leal & De-Polli, 1999).

Para avaliar a importância da conservação das turfas nos estudos e modelos sobre as mudanças climáticas globais, é necessário considerar a estimativa de que os depósitos turfáceos contém cerca de 450 Pg de carbono (Gorham, 1991), o que representa aproximadamente 30% de todo o carbono terrestre contido na biomassa, mesmo cobrindo somente 3% da superfície do planeta. A maioria das áreas com esses depósitos localizam-se no hemisfério norte do planeta (Garcia, 1996). Segundo Hilbert et al. (2000), a compreensão da dinâmica dos depósitos turfáceos é necessária para prever os efeitos da variação climática e das mudanças dos estoques de carbono, como também no conhecimento dos efeitos das ações antrópicas sobre esse reservatório, como a drenagem e a extração comercial da turfa.

Conceitualmente, existem dois pontos de vista da dinâmica dos depósitos turfáceos (Hilbert et al. 2000): (i) controle externo por fatores como o clima e a hidrologia da bacia local, conhecido como modelo alogênico; e (ii) controle por fatores internos, modelo autogênico. Segundo o autor, os modelos matemáticos de dinâmica de carbono prevêem somente o autogênico. Modelos muito grandes que consideram efeitos alogênicos e autogênicos, simultaneamente, não são eficientes matematicamente.

Como característica relevante na modelagem da dinâmica do carbono nos Organossolos destaca-se seu ambiente principal de formação, sob saturação por água,

onde as taxas de decomposição pela ação da anaerobiose são muito reduzidas. A conversão desses solos para o uso agrícola é acompanhada de drenagem artificial, preparo do solo e calagem, resultando em rápida oxidação da matéria orgânica, perda de grandes quantidades de C e subsidência do solo (IPCC, 1996).

Conceição (1989); Hilbert et al. (2000); e Mitchell et al. (2002), alertam para a importância da altura do lençol freático na regulagem das taxas de subsidência e de acumulação de matéria orgânica nos Organossolos, essa característica influencia as espécies vegetais que se desenvolvem sobre o solo e na produção de massa vegetal que será gerada. O segundo autor destaca a falta de linearidade dessa característica com a produção de massa vegetal, pois excesso de água, lençol freático muito elevado, podem causar a diminuição na produção vegetal, assim como o lençol freático muito baixo, pela excessiva secagem do solo. A drenagem excessiva do solo aumenta sua subsidência e a decomposição da matéria orgânica por ação da oxidação, e de maneira inversa, por anaerobiose a saturação por água reduz a decomposição. A altura do lençol freático pode ser influenciada pelo clima, pela hidrologia local ou pela ação do homem, no caso de drenagem artificial.

Como mostra o diagrama da Figura 5, adaptado de Hilbert et al. (2000), o perfil de um Organossolo formado em condições de hidromorfismo pode apresentar uma camada de oxidação (Z_0), onde não há o lençol freático e uma camada de redução ($H-Z_0$), onde há lençol freático. Porém, muitos Organossolos estão em condição de constante inundação, sendo a camada Z_0 nula. O autor não levou em consideração perfis que foram excessivamente drenados, e que não apresentam mais a camada $H-Z_0$, ou aqueles de boa drenagem, os Organossolos Fólicos, que não apresentam o lençol freático aflorando no perfil. Dessa maneira as taxas de decomposição da matéria orgânica e também as de acúmulo devem ser consideradas de modo diferenciado nas diferentes camadas Z_0 e $H-Z_0$. No modelo ainda deve-se considerar que a taxa de decomposição tem correlação negativa com a precipitação pluviométrica. Alguns modelos consideram o lençol freático constante, porém um modelo mais realístico deve considerar a variação do lençol freático, fazendo inferência com o regime hídrico e com a precipitação do ambiente (Hilbert et al., 2000). A Figura 6 mostra a variação do acúmulo de matéria orgânica em função da camada de oxidação em três diferentes Organossolos.

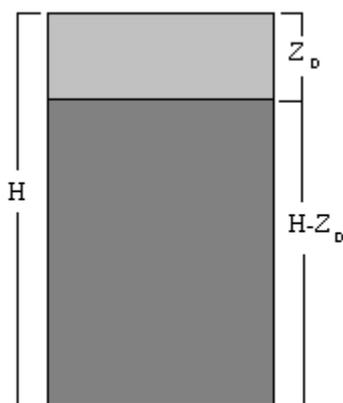


Figura 5. Diagrama geral de um perfil de Organossolo, indicando a espessura do material orgânico sobre o substrato mineral (H), a espessura da camada insaturada (Z_0) e a espessura da camada saturada ($H-Z_0$), isto é, abaixo do lençol freático.

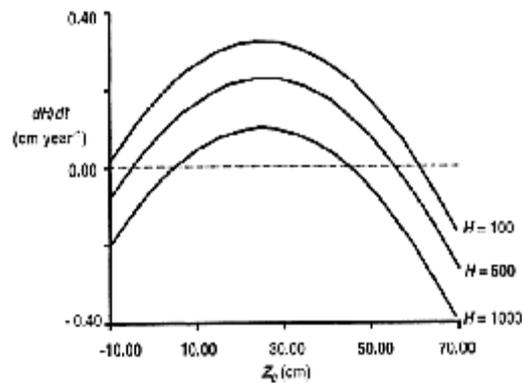


Figura 6. Taxa de acúmulo de material orgânico para três Organossolos, em função do nível do lençol freático.

A temperatura do sistema exerce forte influência nas taxas de decomposição da matéria orgânica no solo, assim como na produção de massa vegetal e no tipo de vegetação que se desenvolverá nas áreas com Organossolos, dessa maneira influenciando na dinâmica de carbono do solo (Garcia, 1996; Saarnio & Silvola, 1999; Hilbert et al., 2000). Ambientes tropicais úmidos apresentam elevadas taxas de decomposição e mineralização da matéria orgânica, também um grande desenvolvimento de massa vegetal em todo o ano. Ambientes mais frios favorecem mais o desenvolvimento vegetal, quando comparado ao dos microorganismos, favorecendo dessa maneira o acúmulo de material vegetal.

Ambientes com intenso grau de oxidação favorecem a emissão de carbono na forma de CO_2 , aumentando o efeito estufa e, apesar dos ambientes saturados por água, de redução, favorecerem o acúmulo de matéria orgânica, nestes também ocorre a formação de outro importante gás, o metano (CH_4), que contribuirá para o aumento de efeito estufa (Willison et al., 1998; Mäkilä et al., 2001). Segundo Silvola et al. (1996) e Alm (1997), apud por Mitchell et al. (2002), a decomposição de raízes e seus exsudatos é a maior fonte de CO_2 e 10 a 40% desse CO_2 vem da respiração das raízes. As emissões de metano são afetadas por três processos: produção de metano, oxidação e transporte do material orgânico para a atmosfera. Vários exsudatos radiculares transportam o carbono fixado via fotossíntese, que servem como reagentes na síntese de metano (Whiting & Chanton, 1993, apud Mitchell, 2002; Saarnio & Silvola, 1999). A humificação inicial e a pequena compactação do material orgânico leva a metanogênese (Mitchell, 2002). Em estudos com Organossolos na Finlândia, os efeitos do lençol freático elevado se mostraram mais importantes na metanogênese do que os efeitos de temperatura (Mitchell, 2002), porém tanto a temperatura como a disponibilidade de substâncias para formar metano são importantes na metanogênese (Saarnio et al., 1998; Willison et al., 1998). A Figura 7 ilustra o modelo de troca de carbono via metano e gás carbônico em ambientes de redução.

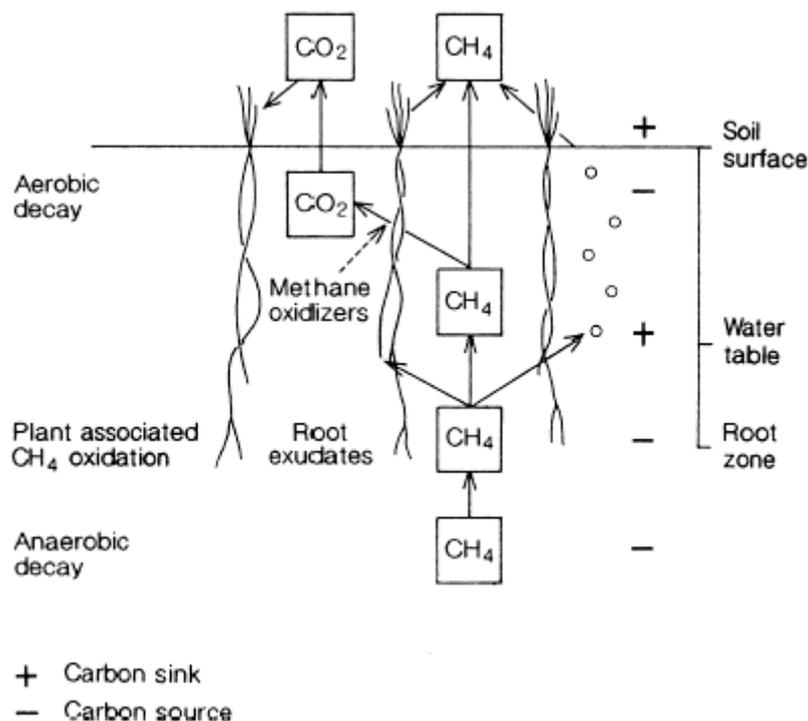


Figura 7. Ilustração do modelo das trocas de carbono em ambientes hidromórficos (adaptado de Mäkilä et al., 2001).

A formação de metano é um importante componente do ciclo do carbono em condições anaeróbicas típicas das terras com impedimento de drenagem. Uma parte do metano produzido fica acumulado na turfa, outra parte é oxidada a gás carbônico e uma terceira vai para a atmosfera. A ação de plantas com tecidos vasculares pode favorecer a emissão de metano para a atmosfera, ou pode auxiliar na sua oxidação, devido ao transporte de oxigênio pelos aerênquimas (Saarnio & Silvola, 1999). A carência de nutrientes pode limitar o desenvolvimento vegetal e o de microorganismos, também afetando na metanogênese (Saarnio et al., 1998).

A decomposição anaeróbica da matéria orgânica nos arrozais irrigados gera liberação de metano, principalmente devido a difusão do gás para a atmosfera no período de crescimento. No Brasil, no ano de 1990 se cultivou o equivalente a 745 mil ha (IPCC, 1996) de arroz irrigado. Atualmente a área cultivada deve estar na ordem de 1 milhão, portanto o país se mostra com grande potencial de emissão de metano.

Fatores hidrológicos, topográficos e edáficos controlam o acúmulo de carbono em turfeiras localizadas na região de Pudasjärvi, norte da Finlândia, mais especificamente pelo balanço hídrico, o teor de nutrientes, a permeabilidade, o grau humificação do material orgânico e o tipo e ecologia da vegetação (Mäkilä et al., 2001). Segundo o autor o desenvolvimento radicular na massa do solo, contribui no acúmulo de material orgânico.

No solo, tanto a qualidade quanto a quantidade da matéria orgânica que entra no sistema e a razão de decomposição do carbono orgânico do solo são determinadas pela interação entre o clima, fatores edáficos e histórico de uso da terra. Em ecossistemas naturais, o clima e as condições edáficas são os principais determinantes do balanço do carbono, pois esses fatores controlam tanto a produção de material orgânico como as taxas de decomposição. Em sistemas agrícolas, o manejo e o uso da terra agem para modificar tanto a entrada de matéria orgânica no sistema, como na razão de

decomposição, pelas mudanças microclimáticas, irrigação, calagem, produção de resíduos, tipo de cultura, fertilização, preparo do solo e manejo dos resíduos (IPCC, 1996).

Segundo Willison et al. (1998), com a drenagem artificial dos Organossolos e a adição de fertilizantes nitrogenados há redução nas taxas de emissão de metano. Willison et al. (1998) não observou aumento nas taxas de emissão de metano em área de turfeira em Suffolk, Reino Unido que havia sido artificialmente drenada por longo período de tempo (30 anos), e que tornou a ser inundada até 14 dias antes. A explicação dada ao fenômeno seria a redução da população de bactérias que fazem a metanogênese, pela elevada oxidação do solo. Em Organossolos da Suécia, Sundh et al. (2000), verificou que áreas artificialmente drenadas não tiveram redução significativa nas taxas de redução de metano. Quando a vegetação nativa que cobria as turfeiras foi retirada, essas taxas foram reduzidas, ocorrendo também, aumento na emissão de CO₂ e na mineralização da material orgânico desses solos.

O uso dos Organossolos para cultivo agrícola (olerícolas, fruticultura, grãos etc.), pastagem ou silvicultura promove grandes perdas de carbono no solo, devido a drenagem artificial e a práticas mais intensas de manejo (calagem e preparo do solo). As perdas de C nas regiões boreais estão na ordem de 0,4 - 2,2 t/ha/ano (Finlândia e Rússia), nas regiões temperadas as perdas são da ordem de 7,9 - 11,3 t/ha/ano (Oeste dos EUA, Centro e Leste da Europa, China e Japão) e nas regiões tropicais 21,9 t/ha/ano (Flórida e Califórnia). As perdas em áreas usadas como pastagem devem ser entre 15 e 20% menores dos que as verificadas em solos cultivados (IPCC, 1996).

Blombäck et al. (2003), estudando a dinâmica de C e N em solos da Suécia, verificou que a relação C/N influencia no acúmulo ou decomposição da matéria orgânica, devido as mudanças na população microbiana, e que a mudança dessa relação de 7 para 10, reduziu a zero o acúmulo de N que era de 20kg N/ha/ano. Notando também efeitos significativos da temperatura.

Chen et al. (2002), estudou a dinâmica do carbono em dois Ferralsols de montanha no sul da China, em clima subtropical. Os autores verificaram que o desenvolvimento da vegetação foi o principal fator na dinâmica das emissões de carbono para a atmosfera, pois o maior desenvolvimento vegetal refletiu em maior sequestro de carbono no solo. Em trabalho realizado em Porto Rico, em relevo de montanha, a altitude se correlacionou positivamente com o acúmulo de matéria orgânica no solo, provavelmente pelo efeito da temperatura mais amena, e a declividade se correlacionou negativamente, pois as perdas por erosão retiram o carbono que entra no sistema pela superfície do solo. Há também efeito do tipo de vegetação.

Recentemente foi publicado um modelo complexo de ciclagem de carbono que considera muitas variáveis e, segundo os autores, se adapta a diversos ecossistemas do planeta (Figura 8). Este modelo é o Sim-CYCLE (Simulation Model of Carbon Cycle in Land Ecosystems) (Ito & Oikawa, 2002). Entretanto, o modelo é baseado mais no balanço de carbono do que propriamente um modelo de dinâmica de carbono. Svirezhev (2002), em estudo sobre dinâmica de carbono, alerta para a importância do tempo de residência do carbono no solo e na vegetação na confecção de modelos de carbono.

Swift (2001) cita um modelo que considera os seguintes parâmetros na dinâmica de carbono no solo: matéria orgânica inerte, extremamente resistente a decomposição microbiana e com uma negligenciável taxa de decomposição; materiais facilmente decomponíveis de vegetais, com rápidas taxas de decomposição (1 mês); materias vegetais resistentes, com estágio intermediário de decomposição, com tempo de retorno de aproximadamente 3,5 anos; biomassa microbiana; e matéria orgânica humificada, com baixas taxas de decomposição, aproximadamente 50 anos.

Entre os anos de 1988 e 2000 notou-se um aumento da concentração de CO₂ da ordem de 65% nas águas superficiais que cortam áreas com Organossolos no Reino Unido, fenômeno atribuído ao aumento da temperatura do planeta, favorecendo a atividade da enzima fenol oxidase, entre outras, aumentando a atividade biológica e a decomposição de materiais orgânicos (Reynolds & Fenner, 2001). Esse fato mostra como a temperatura ambiental pode afetar a dinâmica do carbono, pois o aumento da temperatura correlaciona-se positivamente com a mineralização e decomposição da matéria orgânica do solo.

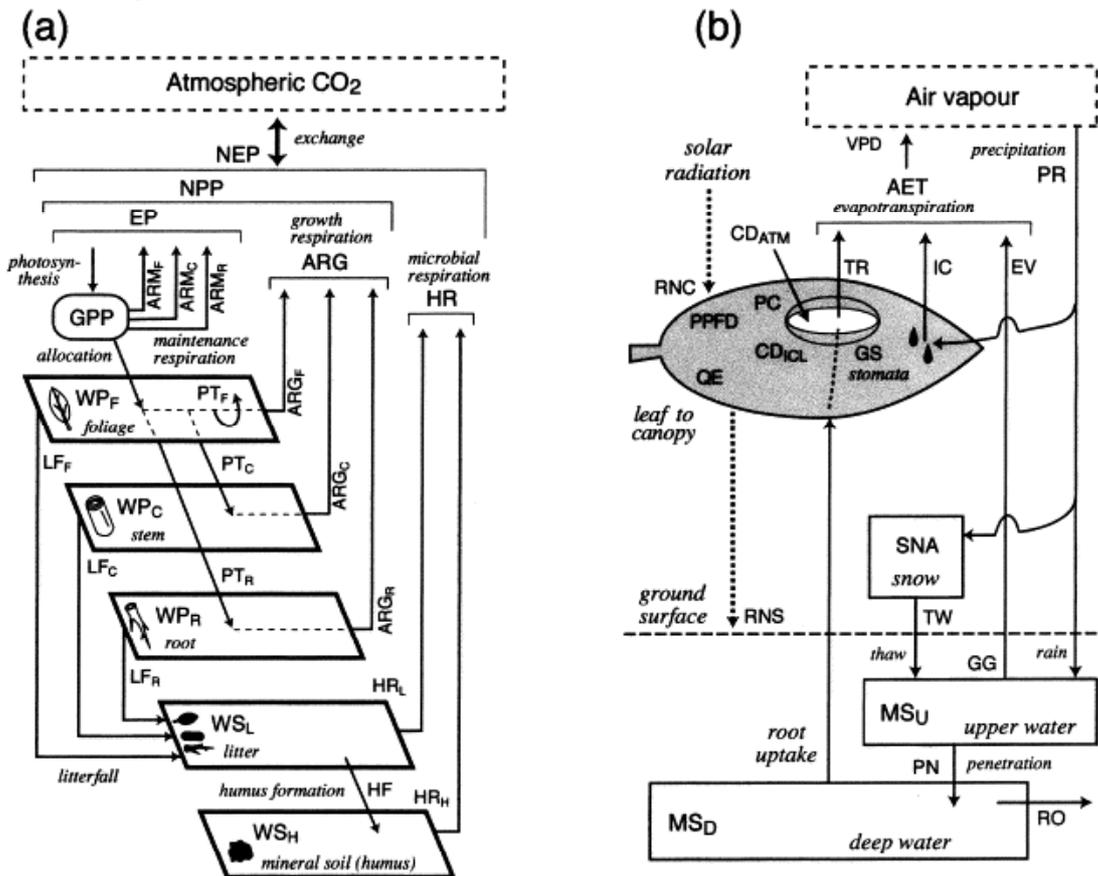


Figura 8. Diagrama esquemático do Sim-CYCLE. (Fonte: Ito & Oikawa, 2002).

- (a) Dinâmica do carbono. O carbono sequestrado nos ecossistemas terrestres é dividido em 5 compartimentos, folhagem (WPF); caules e galhos (WPC); raiz (WPR); littera ou biomassa morta (WSL); e solo (WSH). Os fluxos de carbono entre os compartimentos consideram o crescimento primário (GPP), respiração de manutenção (ARM), translocação (PT), respiração de crescimento (ARG), queda de restos vegetais (LF), e respiração heterotrófica do solo (HR). Os termos EP, NPP e NEP denotam fotossíntese efetiva para o crescimento, produção líquida primária (NPP) e produção líquida do ecossistema, respectivamente.
- (b) Esquema para água e radiação para as folhas das árvores. Condutância estomatal (GS), concentração intercelular de CO₂ (CD_{ICL}), eficiência luminosa (QE) e assimilação de carbono via fotossíntese (PC) são determinadas em função de vários fatores ambientais como densidade de fluxo fotossintético (PPFD), concentração atmosférica de CO₂ (CD_{ATM}), temperatura superficial (TG), disponibilidade de água (MS) déficit ambiental da pressão de vapor (VPD). Precipitação (PR) é uma parte da água estocada no ambiente (MS), evaporação da superfície do solo (EV) e da copa da vegetação (IC), transpiração vegetal (TR) e escoamento da água subsuperficial (RO). O TR and EV dependem, respectivamente, das entradas de energia na copa da vegetação (RNC) e no solo (RNS).

O tipo de material orgânico presente nos Organossolos também é muito importante ao se estabelecer um modelo de dinâmica de carbono nesses solos. A

estrutura química das substâncias húmicas é tão heterogênea que causa grande estabilidade das moléculas, pois são necessárias várias e diferentes enzimas para decompor as substâncias húmicas, fazendo com que uma grande e variável população de microorganismos seja necessária para decompor uma única parte de ácido húmico. Outros fatores que causam estabilidade das substâncias húmicas são ligações químicas com íons metálicos e adsorção com minerais do solo (MacCarthy, 2001). Por outro lado moléculas menores e mais simples do tecido vegetal e animal, apresentam estruturas que se repetem o que gera maior especificidade na degradação dessas moléculas do que as substâncias húmicas. Portanto, Organossolos com características mais sápricas tendem a ser mais resistentes aos processos de degradação microbiológica do que os mais fíbricos, apresentando diferentes taxas de decomposição em função do tempo.

A fração húmica do solo está relacionada a vegetação, ao clima e as características do solo e dos sedimentos onde são encontrados. As substâncias húmicas no solo aumentam sua estruturação (Swift, 2001), portanto o grau de estruturação dos Organossolos pode estar relacionado ao maior grau de humificação, e dessa maneira relacionar-se com a dinâmica do carbono. Rice (2001) cita trabalhos com a datação de humina pelo método do C14, sendo comum a indicação de que o carbono têm cerca de 1000 anos de idade nessa fração húmica do solo. Estes valores evidenciam o longo tempo de residência do carbono no solo quando na forma de humina, mostrando a importância dos estudos de fracionamento das substâncias húmicas na avaliação da dinâmica de carbono do solo, pois solos com predomínio de humina podem ser relacionados com maior permanência de carbono no sistema. A fração humina é muito resistente a oxidação devido ao seu elevado peso molecular e insolubilidade.

A resistência das substância húmicas do solo à degradação está relacionada a presença de cadeias aromáticas nas substâncias (Swift, 2001). O autor cita que em muitos ambientes naturais ocorre combustão espontânea, sem ocorrer a combustão completa, e dessa maneira ocorre o acúmulo de carvão no solo, que é muito resistente à biodegradação. Assim, a queima que, a princípio, parece ser um grande contribuinte da emissão dos gases de efeito estufa, pode causar efeito contrário, favorecendo a manutenção de carbono no solo. Porém é importante frisar que o ambiente deve favorecer uma combustão incompleta, fenômeno muito comum em áreas de montanha com Organossolos Fólicos. Por outro lado, a drenagem artificial dos Organossolos pode levar a secagem extrema promovendo a combustão na massa do solo, favorecendo a rápida transformação da matéria orgânica do solo, seja fração húmica ou restos de vegetais ou animais, em gases de efeito estufa. É muito conhecido a expressão popular de que “a turfa pega fogo sozinha”. Só no inverno de 2002, foram verificados incêndios em duas áreas com turfa no Estado do RJ, causando impactos negativos ao ambiente e as comunidades próximas (informação pessoal).

Chaplot et al. (2001), estudou um modelo de estimativa de estoque de carbono em área de solos hidromórficos na França. No modelo foram utilizados os seguintes parâmetros relativos as amostras de solo: espessura, textura e tipo de material do perfil; percentagem do perfil do solo com algum grau de hidromorfismo; valor e croma das amostras de terra úmida determinadas pela carta de cores de Munsell; teor de carbono orgânico por oxidação com dicromato de potássio; e densidade do solo. Também foram consideradas variáveis relativas a topografia como: a cota (E); a declividade no local da coleta (S); uma variável chamada de “downslope gradiente” (DG), que se refere a uma relação entre E e a distância do ponto de menor cota da bacia; áreas e curvaturas do terreno. Os dados foram tratados em sistema geográfico de informação. Com base no grau de hidromorfismo e na cor da amostra úmida foi estabelecido um índice de hidromorfismo que apresentou regressão logarítmica neperiana com o teor de carbono

orgânico no solo, tendo um coeficiente de determinação $r^2 = 0,80$. Indicando que as características morfológicas cor úmida e grau de hidromorfismo podem ser eficientes em modelos de dinâmica de carbono.

Quanto ao substrato de origem dos Organossolos e a natureza de sua fração mineral, já foi citada a importância da composição vegetal na dinâmica de carbono em Organossolos. Ambientes onde predominam espécies de menor porte como taboas, da família das tifáceas, ou ciperáceas, ou outras espécies que não apresentam caule lenhoso, a matéria orgânica tende a ser menos resistente a decomposição do que em áreas de Organossolos com arbustos ou até mesmo árvores com caules lenhosos e muitas vezes de elevado diâmetro.

Uma outra característica importante, na avaliação da dinâmica de carbono nos Organossolos, é a natureza do substrato mineral. Ao se avaliar a textura do solo, independente da natureza da fração argila, em ambientes hidromórficos com textura argilosa é comum a estrutura do solo ser maciça, e em função dessas características têm-se uma baixa condutividade hidráulica, que tende a favorecer o acúmulo de matéria orgânica. Outro aspecto em solos que contenham mais argila está relacionado a estabilidade que os compostos orgânicos têm ao se associar com os minerais da fração argila dos solos (Canellas et al., 1999). Dessa maneira, Organossolos com fração mineral mais argilosa e substrato mais argiloso tendem a favorecer o acúmulo de matéria orgânica. Já solos com substrato mineral arenoso, apresentam nesse substrato alta condutividade hidráulica, o que pode causar a perda de água com maior rapidez, e também favorecer a perda de substâncias húmicas solúveis, como os ácidos fúlvicos livres.

Ao se analisar a natureza do substrato do ponto de vista químico, destaca-se o pH, onde valores próximos da neutralidade favorecem o desenvolvimento da população bacteriana e com isso as taxas de mineralização aumentam. Por outro lado, ambiente ligeiramente ácido favorece o desenvolvimento de fungos, que no caso de florestas com pinheiros, são os basidiomicetos, muito eficientes na degradação das acículas. O pH também influencia na estrutura das substâncias húmicas do solo, o que pode afetar na susceptibilidade do ataque de microorganismos e portanto na mineralização. Quanto à fonte de nutrientes, ambientes eutróficos, mais férteis, favorecem o desenvolvimento vegetal, o que pode aumentar o acúmulo de matéria orgânica, mas por outro lado também favorecem o desenvolvimento de microorganismos, que levam a mineralização dessa matéria orgânica (Garcia, 1996).

Benites (2002), trabalhando com solos de altitude em MG, observou uma característica comum nesses solos, que são os elevados valores de alumínio trocável. Esse alumínio favorece o acúmulo de material orgânico pelo efeito tóxico na população de microorganismos (Benites, 1998). Por hipótese, em Organossolos Fólicos o acúmulo de material orgânico pode ser correlacionado positivamente com os valores de alumínio trocável e conseqüentemente ao teor de água disponível.

Com base no que foi exposto, o estudo da dinâmica de carbono em Organossolos visando quantificar a emissão de CO_2 para a atmosfera e a sua contribuição no aumento do efeito estufa, é complexo, pois envolve diferentes áreas do conhecimento científico. Como mostra a literatura citada, há algumas décadas vêm se tentando modelar a dinâmica do carbono no solo para diferentes fins e sob diferentes aspectos e ainda não se chegou a um modelo que represente fielmente a realidade, até mesmo porque, nenhum modelo se destina a esse fim. O objetivo dos modelos é a simplificação da realidade.

2.11 Estimativa da Extensão Geográfica de Organossolos no Brasil

Em sua revisão de literatura, Mendonça (1999) menciona que em levantamentos de solos no Estado do Rio Grande do Sul, áreas identificadas como de turfa, tinham na composição das unidades de mapeamento as classes: Areia Quartzosa Hidromórfica e Gleis Húmicos. Já segundo Fanning & Fanning (1989) somente 1% do globo apresenta Solos Orgânicos.

No Brasil existem cerca de 1 milhão de hectares com Organossolos (Lopes, 1984), pouco mais de 0,1% do território nacional. A partir de levantamento bibliográfico de relatórios de mapeamentos de solos no Brasil (levantamentos pedológicos realizados principalmente pela Embrapa), foi estimada uma área de cerca de 611.883 hectares de Organossolos em unidades de mapeamento simples, associações de solos e complexos de solos, correspondendo a cerca de 0,07% do território nacional. Porém esta área está certamente subestimada, pois poucos são os trabalhos de maior detalhe na região Norte do país, onde são mapeados Organossolos. E por experiência e observação própria, na Região Sul do país, principalmente nos Estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, muitas áreas mapeadas como Planossolos Hidromórficos são na verdade Organossolos ou contém áreas expressivas desta classe. Coelho et al. (2002) com base no mapa de solos do Brasil de 1981 (Embrapa, 1981) não citam a extensão do território brasileiro com Organossolos. Porém os mesmos autores falam da importância dessa Ordem na produção agrícola nas planícies da Região Sul do Brasil. No mapa de solos do Brasil (IBGE. Diretoria de Geociências; Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2001) as unidades que apresentam como principal componente da associação Organossolos somam cerca de 223.773ha, aproximadamente 20% do que ocorre no país.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material

Em uma primeira etapa, foram selecionados e utilizados dados provenientes de vários perfis de solos de diferentes regiões edafoclimáticas do Brasil, que foram objeto de estudos de Reuniões de Correlação e Levantamentos de Solos realizados pela instituições: Embrapa, IAC, Universidades e outras. O banco de dados compilados dos levantamentos de solo utilizados (um exemplo de um formulário é apresentado no Anexo 2) contem a descrição da área, propriedades morfológicas e alguns resultados analíticos. Para dar entrada dos dados no banco de dados foram elaborados três formulários, usando o programa Microsoft Access, referentes a descrição da área, a descrição morfológica e dados analíticos, como também três tabelas, uma para cada um desses conjuntos de variáveis.

Em uma segunda etapa, perfis de Organossolos foram coletados, descritos e caracterizados segundo o Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo (Lemos & Santos, 1996), o Soil Taxonomy (Estados Unidos, 1999) e o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – SiBCS (Embrapa, 1999). A Figura 9 apresenta a localização dos pontos de coleta. A Tabela 6 resume algumas características das áreas dos perfis coletados.

3.2. Métodos

3.2.1. Descrição de perfis e caracterização analítica

Todos os perfis foram descritos e coletados seguindo as normas preconizadas no Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo (Lemos & Santos, 1996). Após a coleta das amostras, uma pequena porção de solo foi armazenada em refrigerador, mantendo as condições de umidade do campo, outra foi secada ao ar, destorroada e passada por peneira de 2 mm de malha, obtendo-se assim a terra fina seca ao ar (TFSA). Muitos desses materiais, após a secagem são de difícil destorroamento, por esse motivo, realizou-se o preparo da terra fina em alguns casos com o material ainda úmido.

Nas amostras, foram realizadas as análises químicas e físicas, necessárias à classificação dos perfis de solo, e testes específicos para a caracterização do material orgânico, de acordo com os métodos da Embrapa (1979, 1997 e 1999). Estes dados foram obtidos nos laboratórios do Departamento de Solos da UFRRJ.

Os métodos analíticos descritos nos itens a seguir foram aplicados aos perfis de solo coletados neste estudo e, em geral, não foram feitos nos perfis usados para compor o banco de dados, que foram compilados de levantamentos de solos diversos e outras fontes.



Figura 9. Localização aproximada dos perfis coletados.

Tabela 6. Características das áreas dos perfis coletados.

Perfil	Localização	Uso atual e vegetação	Altitude (m)	Relevo	Data de coleta
AL1	Jequiá da Praia, AL	Pastagem nativa e alguns coqueiros	3	Plano	13/01/02
AL2	Coruripe, AL	Rotação de culturas: olerícolas e mandioca	5	Plano	13/01/02
BA2	Ituberá, BA	Área em regeneração com capoeira	5	Plano	16/01/02
BA3	Arraial D'Ajuda, BA	Pastagem	7	Plano	17/01/02
DF1	GuaráII, DF	Pastagem	800	Plano a suave ondulado	18/07/01
ES1	Mimoso do Sul, ES	Pastagem	15	Plano	20/01/02
MG1	Juiz de Fora, MG	Pasto muito sujo	874	Plano	14/05/02
MG2	Coronel Pacheco, MG	Campo de várzea	432	Plano	15/05/02
MS2	Porto Morumbi, MS	Extração de argila, campo de várzea	280	Plano	11/04/02
PR2	Tijucas do Sul, PR	Pastagem	850	Suave ondulado	21/02/02
PR3	Serra da Baitaca, PR	Floresta subtropical altimontana	1330	Montanhoso	12/00
RJ1	Parque Nacional de Itatiaia, divisa RJ/MG	Floresta altimontana	1700	Ondulado	13/08/01
RJ3	São José da Boa Morte, RJ	Culturas anuais, no momento da coleta estava em pousio	40	Plano	02/11/00
RJ4	Nova Friburgo, RJ	Pastagem	800	Plano	14/05/02
RS3	Cambará do Sul, RS	Campo de várzea	890	Plano	16/02/02
RS4	Viamão, RS	Pastagem	20	Plano	18/02/02
RS5	Viamão, RS	Pousio, rizicultura	20	Plano	18/02/02
SC2	Gov. Celso Portela, SC	Floresta hidrófila em regeneração	10	Plano	19/02/02
SP1	Taubaté, SP	Pastagem	500	Suave ondulado	12/08/01

3.2.2 Carbono orgânico

Nos horizontes hísticos dos perfis do solo, o carbono orgânico foi determinado por outros métodos além do usualmente determinado nas análises de rotina na caracterização de solos para fins de levantamento.

O carbono orgânico foi determinado por diferentes métodos, incluindo a oxidação com dicromato de potássio (Embrapa, 1997; Tedesco et al., 1985; Yeomans &

Bremner, 1988), a matéria orgânica foi determinada incineração em mufla a 600°C e o carbono total pelo método CHN, conforme descrito a seguir.

a) Tedesco et al. (1995) – é uma modificação do método proposto por Walkley & Black (1934) e Walkley (1947). Consiste em pesar as amostras, adicionar 10 ml de $K_2Cr_2O_7$ 0,2083mol L⁻¹ e, rapidamente, 20ml de H₂SO₄ concentrado; aquecer com cuidado em placa aquecedora agitando devagar até atingir temperatura de 150°C, controlada com o auxílio de um termômetro. Esperar esfriar a solução, deixando em repouso por 40 minutos, e então adicionar 50ml de água destilada. Agitar a suspensão e transferir o conteúdo para uma proveta 100ml ajustando o volume, deixando em repouso de 10-15 minutos, após o qual filtrar em papel de filtragem rápida. Adicionar ácido fosfórico ao filtrado e titular com solução 0,25mol L⁻¹ de sulfato ferroso, usando a difenilamina 0,5% como indicador. O carbono foi calculado utilizando-se a seguinte fórmula: %C=[(mmol_cL⁻¹Cr₂O₇²⁻ - mmol_cFe²⁺)0,003.100]/massa amostra (g), o método original utiliza na fórmula o fator de 1,12, por supor a oxidação parcial do carbono orgânico, no presente trabalho se desconsiderou o fator.

b) Método Embrapa (1997) – tem como princípio a oxidação da matéria orgânica via úmida com dicromato de potássio em meio sulfúrico, a fonte de energia sendo o calor desprendido do ácido sulfúrico e aquecimento em chapa aquecedora. O excesso de dicromato remanescente após a oxidação é titulado com solução de sulfato ferroso amoniacal. O procedimento consiste em pesar uma determinada massa de solo triturado em gral (pelos elevados teores de matéria orgânica foram pesados entre 0,05 e 0,1g de TFSA) e colocá-la em erlenmeyer de 250ml, adicionar 10ml de solução de dicromato de potássio 0,0666mol L⁻¹. Incluir um ensaio em branco com 10ml de solução de dicromato de potássio e anotar o volume gasto. Colocar um tubo de ensaio cheio de água na boca do erlenmeyer, funcionando este como condensador; aquecer em placa elétrica até a fervura branda, durante cerca de 5 minutos. Deixar esfriar e juntar 80ml de água destilada, 2ml de ácido ortofosfórico e 3 gotas do indicador difenilamina; titular com solução de sulfato ferroso amoniacal 0,05mol L⁻¹ até que a cor azul desapareça cedendo lugar à verde; anotar o volume gasto. Os teores de matéria orgânica, em percentual, são calculados pela multiplicação do teor de C orgânico pelo fator 1,724. O C orgânico foi calculado utilizando-se a seguinte fórmula: C(g/kg)=(40-volume titulante) f . 0,6, onde f se refere a um fator para a prova em branco.

c) Método da Mufla - baseado no processo de combustão quantitativo. Consiste em pesar uma determinada quantidade de solo, marcerada e peneirada, como no método da Embrapa (1997), e previamente seca em estufa (105°C/24h); colocar o material em uma mufla e deixar por 6 horas a 600°C; decorrido este espaço de tempo, a amostra é novamente pesada. O conteúdo de matéria orgânica é determinado por diferença de massa em relação à amostra seca em estufa. Modificado de Embrapa (1999).

d) Método Yeomans & Bremner (1988) – consiste em pesar uma quantidade de solo, passado por peneira de malha menor que 100 mesh, contendo não mais que 8mg de carbono orgânico (usualmente entre 100 e 500 mg de solo), e colocar em um tubo de digestão de 100ml, no qual se adiciona 5ml de $K_2Cr_2O_7$ 0,1667mol L⁻¹ e 7,5ml de ácido sulfúrico concentrado e o tubo com a amostra é colocado em um bloco digestor pré aquecido a 170°C. Após 30 minutos, o tubo é removido do bloco digestor e deixado esfriar por 15 minutos; transferindo então, quantitativamente, o conteúdo para um becker e completando-se o seu volume a 50ml. O material é deixado para esfriar até atingir temperatura ambiente e então é adicionado 0,3ml de indicador a base de ácido N-fenilantranílico e carbonato de sódio e feita a titulação com solução de sulfato ferroso amoniacal. A cor do ponto de viragem é do violeta passando para o verde, rapidamente.

Em cada série, no mínimo, devem ser utilizadas duas provas em branco com 5ml de solução de dicromato de potássio e 7,5ml de ácido sulfúrico concentrado, em tubo digestor, uma aquecida e a outra não (Yeomans & Bremner, 1988). O C orgânico foi calculado de forma semelhante ao método de Tedesco et al. (1995), descrito no item a.

e) Método Yeomans & Bremner modificado – é uma alteração do método anterior, pela substituição somente do indicador a base de ácido N-fenilantranílico e carbonato de sódio por difenilamina 0,5% + 1,0ml de H₃PO₄. Neste caso, o ponto de viragem é do azul passando para o verde, rapidamente.

3.2.3 Carbono e Nitrogênio total

O carbono e nitrogênio total foram determinados por combustão a seco em analisador elementar PerKin Elmer 2400 CHNS, na Embrapa Solos, utilizando-se amostras de 5,0 mg (mais ou menos 0,1mg). A acetoneida foi usada como referência.

3.2.4 Classificação de von Post

Descrita anteriormente na revisão de literatura e segundo Embrapa (1999).

3.2.5 Fracionamento da matéria orgânica

Essa análise foi executada na Embrapa Solos, segundo método descrito por Benites et al. (2001), onde o teor de cada fração húmica foi determinado pela técnica de fracionamento quantitativo de substâncias húmicas, modificado por Benites et al. (2000). Para a extração dos ácidos húmicos e fúlvicos, foi usada solução de NaOH 0,1mol L⁻¹. A determinação quantitativa de carbono nos extratos das frações ácidos fúlvicos, ácidos húmicos e humina foi feita segundo Yeomans & Bremner (1988).

3.2.6 Caracterização dos extratos alcalinos em fotocolorímetro

Pesou-se uma massa de terra com teor de carbono equivalente a 0,1g. Colocou-se a amostra em contato com 100ml de solução de NaOH 0,1mol L⁻¹ por 24h. Após as 24h foi lida a cor do extrato, filtrado e diluído na proporção de 1:5 com água destilada, em colorímetro usando-se 380, 465 e 665nm de comprimento de onda. O carbono no extrato foi quantificado pelo método da oxidação com dicromato.

3.2.7 Densidade do solo, das partículas, da matéria orgânica e resíduo mínimo

A densidade do solo (Ds) foi determinada pelo método do anel volumétrico de Kopeck. A densidade das partículas (Dp) foi calculada pelo método do balão volumétrico com etanol.

A densidade da matéria orgânica (DMO) foi calculada pela fórmula $DMO = Ds - [Ds \times (\%MM/100)]$, segundo Lynn et al. (1974).

O resíduo mínimo foi calculado pela fórmula $RM = (Ds - DMO) / 1,5$ (Lynn et al., 1974).

3.2.8 Análises estatísticas

Foram utilizadas técnicas de estatística descritiva, com auxílio de gráficos para apresentar as propriedades morfológicas, físicas e químicas dos solos. As inferências sobre os resultados foram efetuadas com base em análises de regressão linear simples e múltipla, correlação de Pearson e Spearman, teste do Qui-quadrado, ANOVA, análises não paramétricas por ranqueamento, testes para médias e medianas e estatística multivariada de componentes principais.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Distribuição de Ambientes dos Solos

Para criar o banco de dados foram utilizados perfis de Organossolos e solos afins, como Gleissolos, Cambissolos e Neossolos Litólicos, todos com horizonte hístico, descritos em diversas regiões do Brasil. Os perfis, em seus trabalhos originais, foram classificados da seguinte maneira: 94 Solos Orgânicos ou Organossolos, 2 Solos Semi-Orgânicos, 1 Histosol, 1 Solo de Campos do Jordão, 11 Solos Litólicos, 10 Cambissolos e 10 Gleis Húmicos ou Gleissolos.

A Figura 10 apresenta a distribuição dos perfis por estados e regiões do país. A frequência de ocorrência por região dos perfis diminui na ordem, Sudeste, Sul, Nordeste, Centro-Oeste e Norte. Sendo a grande concentração nos Estados do Rio de Janeiro e Minas Gerais. Esse fato se deve principalmente pelo maior número de levantamentos pedológicos e trabalhos de pesquisa nas regiões Sul e Sudeste.

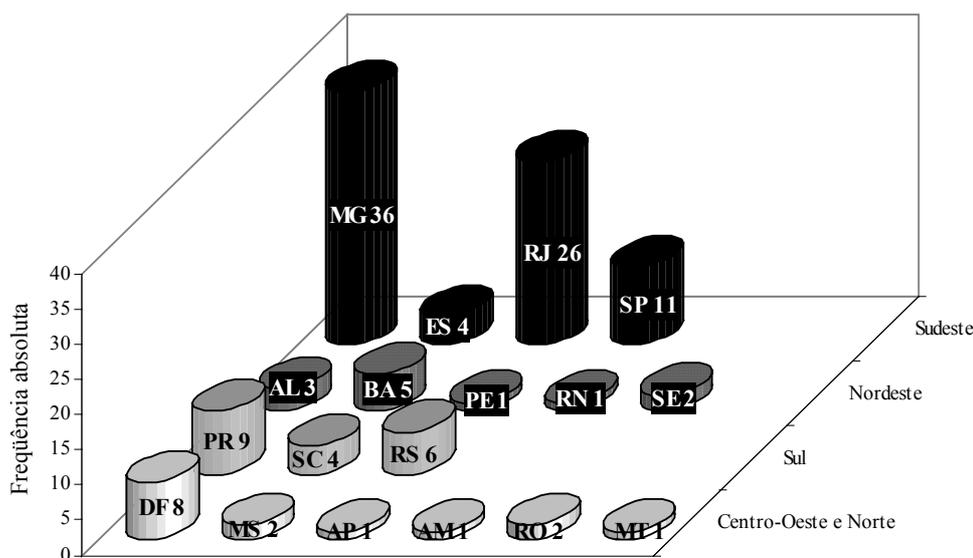


Figura 10. Número de perfis estudados por estado/região.

Com base na Figura 11, que apresenta a distribuição das altitudes dos perfis descritos em relação ao nível médio dos mares, percebe-se a alta frequência dos solos com elevado conteúdo de matéria orgânica nas cotas baixas, iguais ou inferiores a 20m na planície litorânea, em ambientes com drenagem impedida que estão distribuídos por todo o litoral brasileiro. Muitos desses solos recebem influência marinha, podendo ter caráter tiomórfico.

Entre 400 e 1600m existe outra faixa de alta frequência de solos com horizonte hístico, incluindo nestes hidromórficos que ocorrem em vales dos relevos de mar de morros, veredas na região dos cerrados, vales associados às serras como a da Mantiqueira ou a serra Gaúcha, ainda podem ser incluídos os solos em planícies aluviais

como a do vale do Rio Paraíba. Em altitudes a partir dos 1000m até as superiores aos 2000m, surgem os Organossolos formados em ambientes de boa drenagem, originados da preservação da matéria orgânica pelo efeito de baixas temperaturas ou elevados teores de alumínio trocáveis (Benites, 2002).

Existe uma baixa frequência de ocorrência dos Organossolos nas altitudes entre 20 e 400m, demonstrando ser esta uma variável com distribuição bimodal. Esse evento não é simples de ser explicado e talvez de difícil confirmação. Mas uma possível razão, pode estar relacionada no fato das temperaturas ambientais mais elevadas, na faixa de 20 a 400m de altitude no Brasil, que favorecem a oxidação e a mineralização da matéria orgânica. Essa elevada temperatura associada a flutuação dos índices de precipitação na maior parte do território brasileiro, que gera uma dinâmica com grande oscilação nos níveis do lençol freático, tornam oxidadas por vários meses do ano as camadas superficiais de solos desenvolvidos a partir de processo de hidromorfismo, efeito este que favorece a mineralização da matéria orgânica e assim limita a pequenas áreas, não identificadas nos levantamentos de solo, a formação de Organossolos.

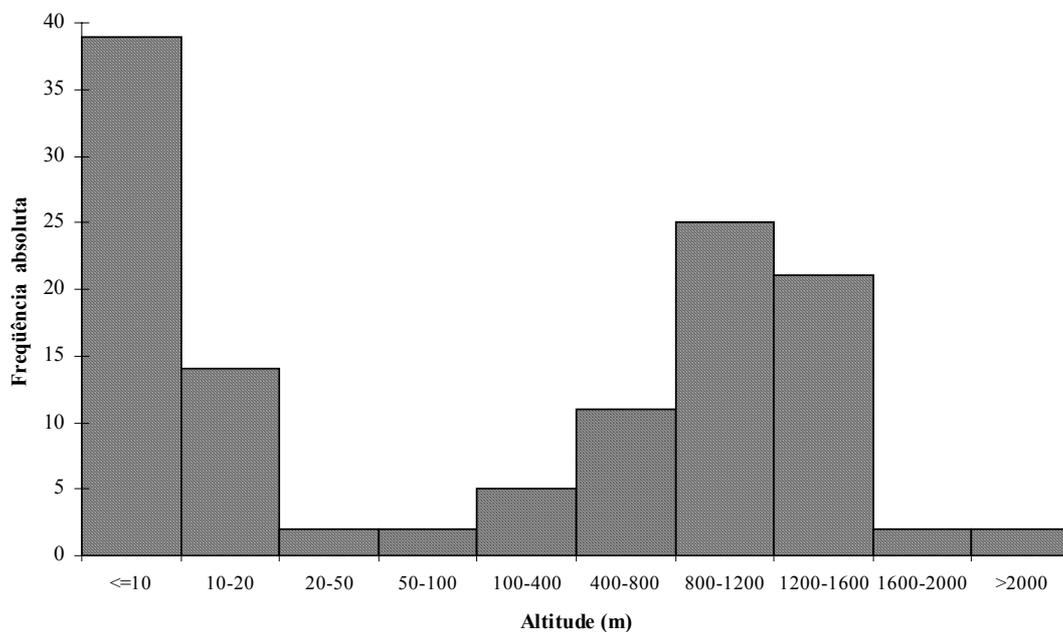


Figura 11. Histograma da distribuição das altitudes dos perfis estudados.

Dos perfis coletados nas regiões altimontanas, muitos apresentam horizonte O hístico de pequena espessura (aproximadamente 20cm), assente diretamente sobre a rocha, e observa-se nesses ambientes que, em grande parte, a vegetação é sustentada mecanicamente e nutrida nessa estreita camada. Muitas vezes esses solos são classificados como Neossolos Litólicos, antigos Litossolos, porém a sua gênese é de Organossolos; dessa maneira foram considerados no estudo dados de horizontes hísticos com cerca de 20 cm de espessura assentes diretamente sobre a rocha.

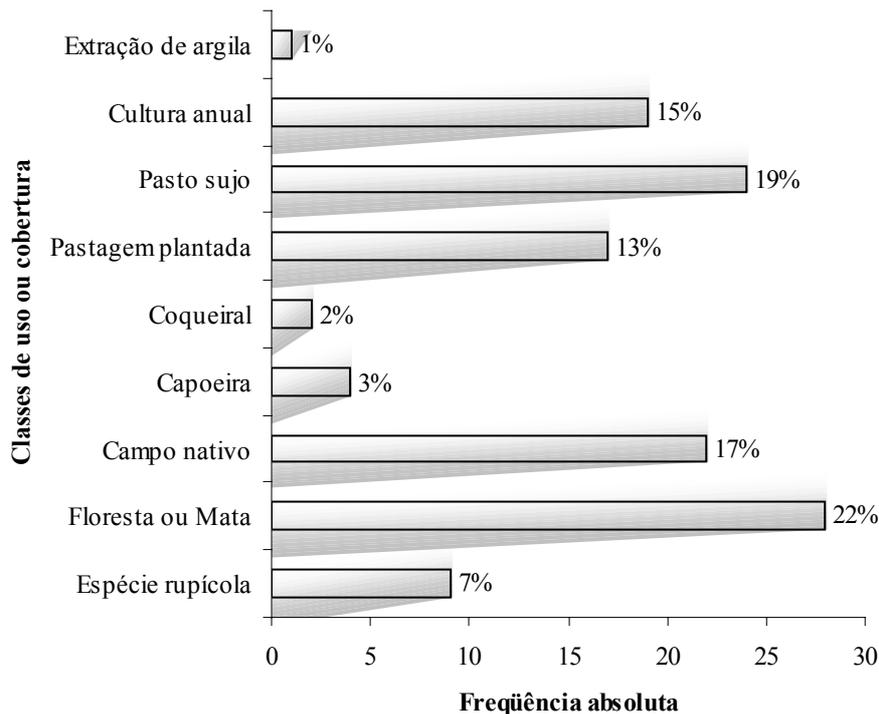


Figura 12. Distribuição de uso e cobertura das terras para os perfis estudados.

A Figura 12 mostra que 46% dos perfis têm como cobertura vegetação nativa, que são as classes campo nativo, floresta ou mata e espécie rupícola e os demais perfis possuem maior interferência antrópica, sendo as mais impactantes a extração de argila e as áreas com culturais anuais.

4.2 Caracterização Morfológica e Física dos Materiais Orgânicos

4.2.1 Espessura

A distribuição da espessura total dos horizontes hísticos nos perfis está apresentada na Figura 13. O primeiro intervalo de classe com valor médio do intervalo igual a 10, representa àqueles perfis com espessura total de horizontes hísticos igual a 20cm, representados principalmente por Neossolos Litólicos, Cambissolos e Gleissolos, segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 1999). O segundo intervalo de classe com valor médio 30, representa os perfis com espessura total entre 20 e 40cm, nesse caso já são na maioria classificados como Organossolos.

Perfis com espessuras superiores a 120cm de material orgânico são menos freqüentes, indicando ser comum o surgimento de horizontes minerais dentro dessa profundidade. Porém, existem perfis com grande espessura de material orgânico; como exemplo, pode-se citar um perfil do Pôlder Registro-I, no Vale do Ribeira, SP descrito por Sakai e Lepsch (1987), que coletaram e descreveram horizontes orgânicos até 390cm de profundidade e as camadas subjacentes também eram de natureza orgânica.

Os perfis de Organossolos formados em condições hidromórficas tendem a ser mais espessos, quando comparados aos perfis de Organossolos Fólicos. Nesta subordem, são raros no Brasil os perfis com espessura superior a 100cm, concentrando-se a maioria na faixa de espessura do horizonte hístico inferior aos 60cm. Dentre os 36

perfis com drenagem boa ou moderada estudados, 17 apresentam espessura do material orgânico até 20cm, 14 entre 20 e 40cm e 4 entre 40 e 60cm. Somente 1 perfil, localizado no Parque Nacional de Itatiaia, teve espessura superior a 100cm, porém, apesar da sua espessura, este perfil apresentou teores de carbono limitófos para classificá-lo como tendo horizonte hístico.

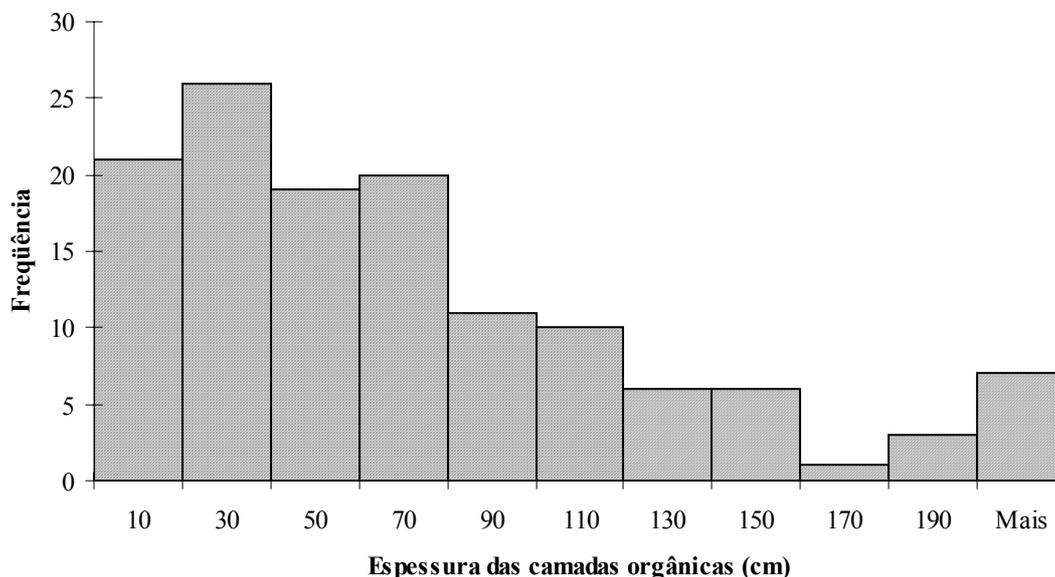


Figura 13. Espessura total do material orgânico nos perfis estudados.

4.2.2 Cor

Nos horizontes hísticos predominam cores escuras nas amostras úmidas com baixo valor e croma, sendo o preto o mais freqüente (Tabela 7), sendo também verificadas cores cinzentas e brunadas. Mas também existindo algumas exceções, onde observam-se em alguns horizontes que apresentam cores mais claras, como por exemplo cinzento e bruno claro acinzentado. Como pode-se observar há predomínio do matiz 10YR e do N. As cores secas seguem a mesma tendência das úmidas (Tabela 7), ocorrendo predomínio do preto, porém com menor freqüência quando comparadas as amostras úmidas. Essa característica morfológica é uma das primeiras observadas pelo pedólogo no campo na identificação do horizonte como hístico, porém os resultados apresentados nesse trabalho mostram que existem solos com cores claras que, ao serem analisados quanto ao teor de carbono orgânico, apresentam teores de matéria orgânica exigidos para classificá-los como horizontes hísticos.

Tabela 7. Frequência, nome e matiz das cores dos horizontes hísticos estudados.

Nome/Matiz (úmido)	2YR	5YR	7,5YR	10YR	2,5Y	5Y	N	Total	%
Bruno muito escuro				13				13	5,1
Bruno-acinzentado				2	1			3	1,2
Bruno-acinzentado muito escuro				7				7	2,7
Bruno-acinzentado-escuro				4	1			5	2,0
Bruno-amarelado-escuro				1				1	0,4
Bruno-avermelhado-escuro		6						6	2,3
Bruno-claro-acinzentado				1				1	0,4
Bruno-escuro			7	2				9	3,5
Bruno-forte			1					1	0,4
Cinzeno				6			2	8	3,1
Cinzeno escuro				9			2	11	4,3
Cinzeno muito escuro			1	16		1	16	34	13,3
Cinzeno-brunado-claro				2				2	0,8
Cinzeno-oliváceo-escuro						2		2	0,8
Preto		7	3	63	3		76	152	59,4
Preto avermelhado	1							1	0,4

Nome/Matiz (seco)	5YR	7,5YR	10YR	2,5Y	N	Total	%
Bruno muito escuro		3	5			8	9,9
Bruno-acinzentado			3			3	3,7
Bruno-acinzentado muito escuro			1			1	1,2
Bruno-acinzentado-escuro			4	4		8	9,9
Bruno-claro-acinzentado			3			3	3,7
Bruno-escuro		3	1			4	4,9
Bruno			5			5	6,2
Cinzeno escuro			1		1	2	2,5
Cinzeno muito escuro	1		7		10	18	22,2
Cinzeno-brunado-claro			3			3	3,7
Cinzeno-rosado		1				1	1,2
Preto	1	3	14	1	6	25	30,9

4.2.3 Consistência

A Tabela 8 apresenta as frequências e as proporções percentuais das classes de consistência seca, úmida e molhada. Observa-se que a maioria dessas amostras (81%) apresenta consistência seca dura ou muito dura, o que dificulta o manuseio e preparo do solo quando este se apresenta seco. Portanto, a secagem extrema de Organossolos além de favorecer a subsidência e resultar em dificuldade de reumedecimento das amostras, também dificulta seu manejo agrícola. Ao se coletar amostras de horizontes hísticos para fazer análise, no processo de secagem para destorroamento, recomenda-se iniciar o destorroamento com a amostra ainda um pouco úmida, para facilitar o trabalho, pois existem materiais que quando secos tornam-se extremamente duros ao manuseio como um pedaço de carvão.

A dificuldade de reumedecimento, pode ser chamada de propriedade hidrofóbica ou de repelência do solo à água (Perez et al., 1998; Bauters et al., 2000). Perez et al. (1998) trabalhando com amostras de solos arenosos e com elevados teores de carbono orgânico de diferentes regiões do Brasil, verificaram que alcanos de alto peso molecular

com origem na vegetação local eram os responsáveis pela hidrofobicidade. Essa propriedade de repelência à água, dificultando o reumidecimento do solo, pode causar problemas na execução de análises no laboratório, uma vez que são utilizadas soluções aquosas e, no campo, pode comprometer o desenvolvimento vegetal. A água que chega à superfície dos solos com propriedades hidrofóbicas tende a se infiltrar por caminhos preferenciais, não molhando o solo com eficiência, diminuindo assim as propriedades filtrantes, o que pode causar contaminação do lençol freático Bauters et al. (2000).

A grande maioria dos horizontes hísticos apresenta consistência úmida friável, indicando que quando úmidos esses materiais são de fácil manuseio, indicando que esses solos não devem ser extremamente drenados para utilização agrícola.

Observa-se predomínio da classe ligeiramente pegajosa na avaliação da consistência molhada, reflexo da presença de fibras e tecidos vegetais na amostra, o que diminui sua pegajosidade. Tal característica indica que mesmo quando molhados ou encharcados, a maioria desses materiais orgânicos são de fácil manuseio, pois não tendem a ficar aderidos às ferramentas. A interpretação dessa propriedade do solo, deve ser feita com muita atenção e cautela, pois foram verificadas algumas incoerências. Muitos horizontes que apresentavam muitas fibras ou até abundantes, característica que diminui a pegajosidade do solo, foram identificados como muito pegajosos ou pegajosos, o que pode estar incorreto. Talvez essa tendência a descrever tais materiais como pegajosos ou muito pegajosos seja mais um reflexo da cor escura que tinga a mão, do que realmente da pegajosidade.

A grande maioria das amostras (73%) apresenta consistência molhada plástica ou ligeiramente plástica, indicando certa facilidade em serem moldadas. Horizontes com elevados teores de restos vegetais praticamente não decompostos (fíbricos) tendem a apresentar baixa plasticidade. Já horizontes com material orgânico mais decomposto (sáprico) normalmente apresentam maior plasticidade. A granulometria do substrato mineral também exerce forte influência nesta propriedade. Amostras que apresentam uma maior participação da fração mineral constituída por areia ou cascalho tendem a apresentar-se não plásticas e não pegajosas, já as com materiais mais argilosos possuem características opostas a estas.

Tabela 8. Frequências e proporções percentuais das classes de consistência seca, úmida e molhada para os horizontes hísticos.

Consistência seca	Muito dura	Dura	Ligeiramente dura	Macia	Solta
Frequência	36	30	8	6	2
Proporção	44%	37%	10%	7%	2%
Consistência úmida	Solta	Muito friável	Friável	Firme	Extremamente firme
Frequência	2	28	73	12	1
Proporção	2%	24%	63%	10%	1%
Pegajosidade	Não pegajoso	Ligeiramente pegajoso	Pegajoso	Muito pegajoso	
Frequência	36	63	50	21	
Proporção	21%	37%	30%	12%	
Plasticidade	Não plástico	Ligeiramente plástico	Plástico	Muito plástico	
Frequência	29	52	72	17	
Proporção	17%	31%	42%	10%	

A Figura 14 apresenta as freqüências da classificação da consistência molhada em conjunto para plasticidade e pegajosidade dos horizontes hísticos. Observa-se uma distribuição multimodal, com picos de maior freqüência coincidindo nas classes com classificações “equivalentes”. Os picos ocorrem na classe não plástico e não pegajoso, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso, plástico e pegajoso e muito plástico e muito pegajoso. Em solos minerais de textura média ou argilosa, é freqüente a semelhança do grau entre plasticidade e pegajosidade, o que não se aplica aos solos orgânicos, principalmente naqueles com maior teor de fibras. Essa avaliação similar do grau de consistência molhada representa bem um erro causado por conveniência do pedólogo que está avaliando a amostra, portanto sugere-se maior atenção e cuidado na avaliação da morfologia dos horizontes hísticos, na literatura esse tipo de erro é citado por Pereira (1995) como sendo um erro de viés, que tem o significado de tendenciosidade em observar e refletir a realidade.

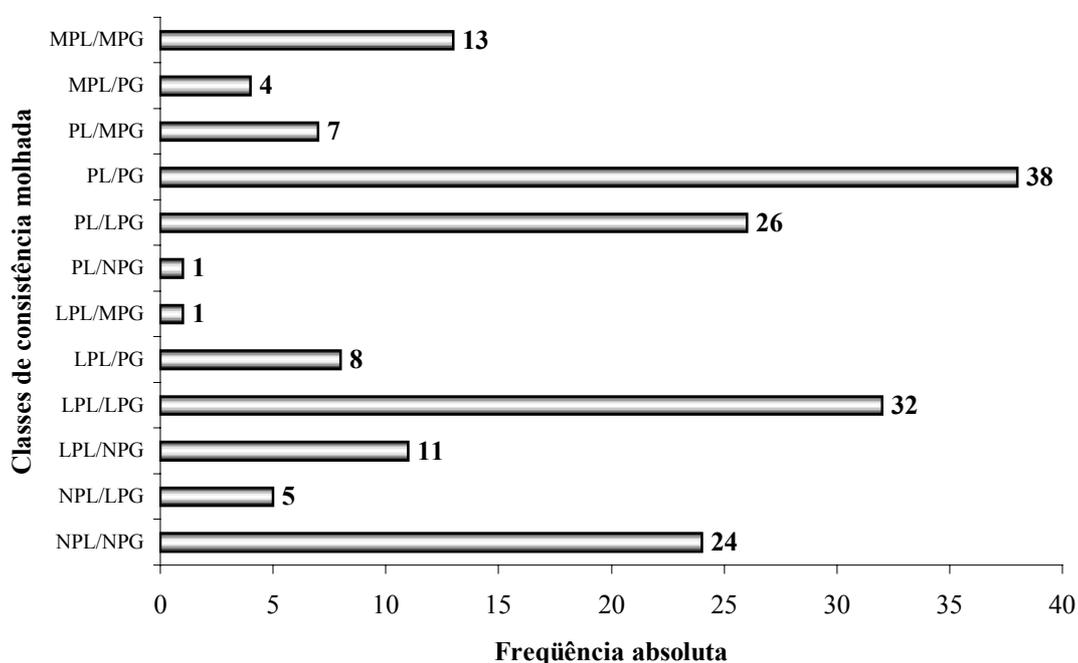


Figura 14. Distribuição das freqüências das classes de consistência molhada dos horizontes hísticos dos solos estudados. PL (plástica), PG (pegajosa), N (não), L (ligeiramente) e M (muito).

4.2.4 Estrutura

Na avaliação da estrutura dos horizontes hísticos foram verificados vários tipos (Figura 15). Até mesmo a estrutura em grãos simples, descrita para um horizonte subsuperficial, cujo substrato mineral tem textura arenosa mas está associado com 12% de carbono orgânico, caracterizado por um pedólogo francês na região de Uaupes, AM. Algumas estruturas foram descritas como grumosas, o que talvez possa ser substituído pela classificação de estrutura granular muito pequena. Alguns pedólogos caracterizam a estrutura dos horizontes Bw de Latossolos como tendo aspecto maciço poroso do tipo “apédico”, o que dá a falsa idéia de não haver desenvolvimento de macroestrutura, mas na verdade o termo apédico significa ausência ou baixo grau de agregação. O mesmo

termo foi usado para identificar o tipo de estrutura de alguns horizontes hísticos, ou ainda variações dessa como apédico fibroso, o que talvez possa ser classificado como maciça ou maciça fibrosa ou com fibras, outro tipo de estrutura descrito, que provavelmente se ajuste a essa descrição de maciça é a do tipo sem agregação aparente. Nos solos examinados, a maioria dos horizontes com estrutura maciça se encontraram saturados por água. Porém existem exceções de horizontes descritos como estrutura maciça com fendas verticais, que são resultantes do processo de contração pela secagem do solo, subsequente a sua drenagem artificial.

A drenagem dos Organossolos desencadeia o processo de contração do material orgânico, que com sucessivos ciclos de umedecimento e secagem favorecem a agregação do solo e assim a mudança na sua estrutura. A drenagem também acelera o processo de mineralização da matéria orgânica, diminuindo o teor de fibras e com a produção de compostos orgânicos de natureza coloidal, o que também tende a facilitar a agregação do solo. Assim, os horizontes hísticos com boa drenagem possuem predominantemente estruturas com unidades individualizadas do tipo granular, blocos e até mesmo a prismática. Os tamanhos e graus são variados, desde muito pequeno até grande. Os graus de estruturação mais fortes parecem estar associados a horizontes onde a drenagem artificial foi mais intensa ou por mais tempo, assim ficam secos por maior período de tempo ao longo do ano. Os horizontes que ficam permanentemente molhados ou muito úmidos, normalmente, apresentam grau fraco da estrutura.

Os horizontes superficiais de solos sob vegetação primária, principalmente arbustiva arbórea, podem apresentar estrutura do tipo mista apresentando agregados (blocos ou granular etc.) em conjunto com fibras e restos vegetais, podendo ser verificado ainda caules, folhas, pecíolos e outros fragmentos vegetais.

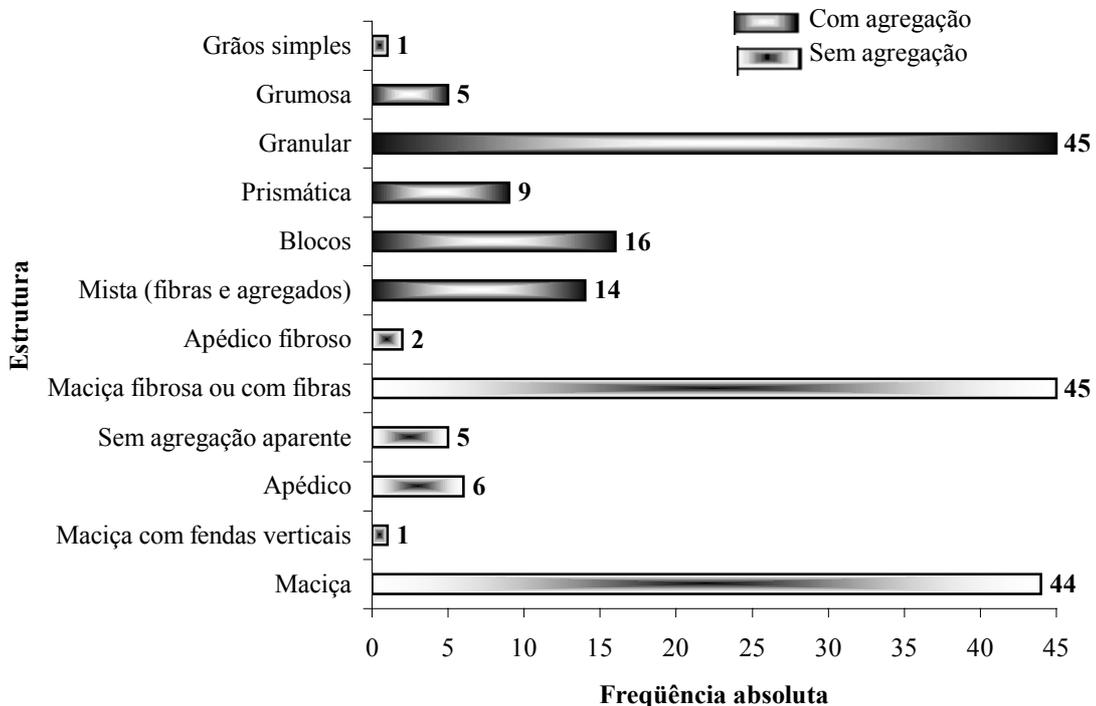


Figura 15. Frequência dos tipos de estruturas descritos nos horizontes hísticos.

4.2.5 Textura

A textura nos materiais orgânicos e horizontes hísticos normalmente foi classificada como orgânica ou turfosa, uma interpretação diferente da efetuada para materiais minerais, nos quais a textura reflete principalmente a sensação ao tato decorrente dos diferentes teores das frações granulométricas areia, silte e argila. Refletindo assim mais um componente de diferenciação entre os materiais orgânicos e minerais.

Alguns materiais orgânicos quando trabalhados na mão dão a sensação de serem pastosos, quando existem fibras a sensação é a de pastoso com fibras, no caso de apresentarem muitas fibras a sensação é de material fibroso, a presença de restos vegetais como folhas, caules e raízes também pode ser percebida pelo tato. Todas essas sensações poderiam ser utilizadas para avaliar a textura expedita dos materiais orgânicos.

4.2.6 Densidade do solo e das partículas

A densidade do solo (D_s), nos horizontes hísticos e com teores de carbono orgânico maiores do que 50g kg^{-1} pelo método da Embrapa (1979), variou de 0,05 a $1,06\text{ Mg m}^{-3}$, com média 0,57, mediana 0,64 e a classe modal entre 0,60 e $0,75\text{ Mg m}^{-3}$ (Figura 16). Valores nessa magnitude foram também encontrados por Conceição et al. (1999). Segundo INCORA (1974), na Colômbia são mais comuns os valores inferiores a 0,5, resultados estes diferentes dos encontrados nos solos brasileiros, o que pode ser explicado pelo efeito de altitude na qualidade da matéria orgânica (espécies vegetais) e da natureza dos componentes da fração mineral.

Observa-se uma distribuição assimétrica dos valores de densidade do solo, diferente da distribuição normal. Horizontes com densidades iguais ou inferiores a $0,15\text{ Mg m}^{-3}$, ocorrem com pouca proporção (12%), colocando em dúvida o limite de 0,15 para D_s , utilizado no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 1999) como critério para separar os Organossolos Hápticos dos Mésicos no segundo nível categórico. Este comportamento sugere que talvez seja mais interessante utilizar a D_s como uma característica acessória e não como critério diagnóstico para separar subordem nos Organossolos. Outra limitante, é o fato da D_s ser uma característica facilmente alterável pela compactação do solo, seja por máquinas ou pisoteio animal, e pela subsidência e mineralização da matéria orgânica, conseqüentes à drenagem dos solos orgânicos.

A Figura 17 apresenta o diagrama de dispersão e a regressão da D_s em função do teor de carbono orgânico, determinado pelo método da Embrapa (1997). Apesar do coeficiente de determinação não ser elevado, todos os coeficientes foram altamente significativos a 0,1%.

A regressão indica que com o aumento do teor de carbono no solo ocorre diminuição da densidade, o que é explicada pela baixa densidade da matéria orgânica em relação a da fração mineral do solo. Maior teor de C também pode estar associado a melhoria da agregação e aumento da macroporosidade e conseqüente redução da D_s . Resultados semelhantes foram encontrados por outros autores (Conceição, 1989; Conceição et al., 1999; Mendonça, 1999).

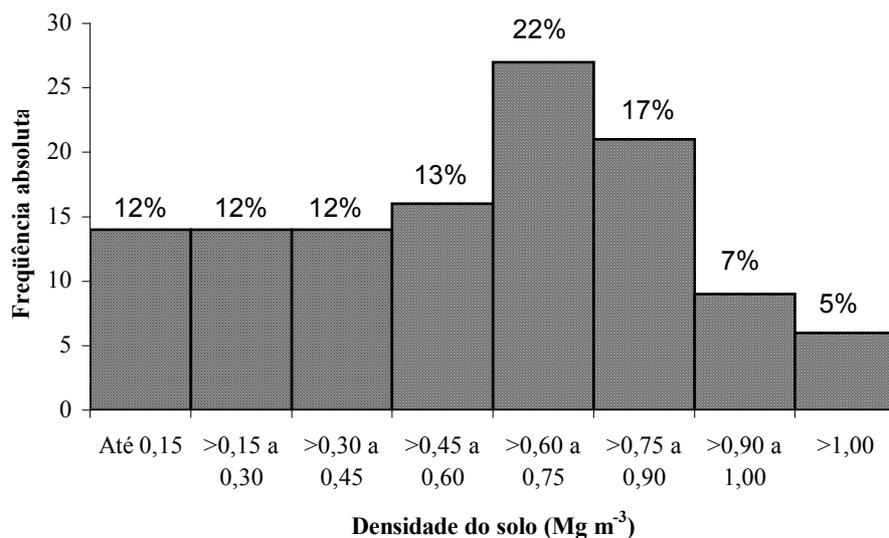


Figura 16. Histograma da densidade do solo para amostras com mais de 5% de C.

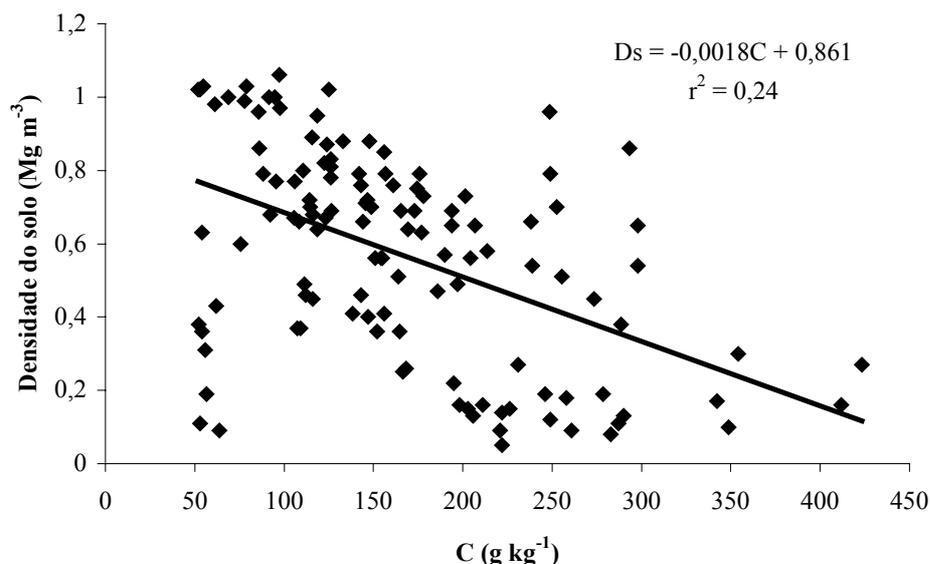


Figura 17. Diagrama de dispersão e regressão da densidade do solo (Ds) em função do teor de carbono orgânico (C).

Da mesma maneira como há relação inversa da Ds com o teor de carbono, também ocorre relação semelhante com o % de fibras esfregadas, com coeficiente de correlação $r = -0,55$, $p = 0,01$ (Figura 18). Resultados semelhantes foram encontrados por Conceição et al. (1999). Eles indicam que o grau de decomposição do material orgânico também influencia diretamente na Ds. Portanto, quanto mais decomposto for o material orgânico maior tenderá a ser a Ds.

Estando a Ds correlacionada aos teores de C e fibras, e conseqüentemente com o grau de decomposição do material orgânico, espera-se que solos com baixas densidades,

apresentem elevados teores de fibras ou de carbono, portanto a Ds pode se apresentar como atributo auxiliar na classificação de Organossolos Háplicos ou de material fibrico. Elevados valores de Ds podem estar refletindo elevado grau de subsidência ou solos que naturalmente apresentem menores teores de material orgânico, assim como características de matéria orgânica mais degradada.

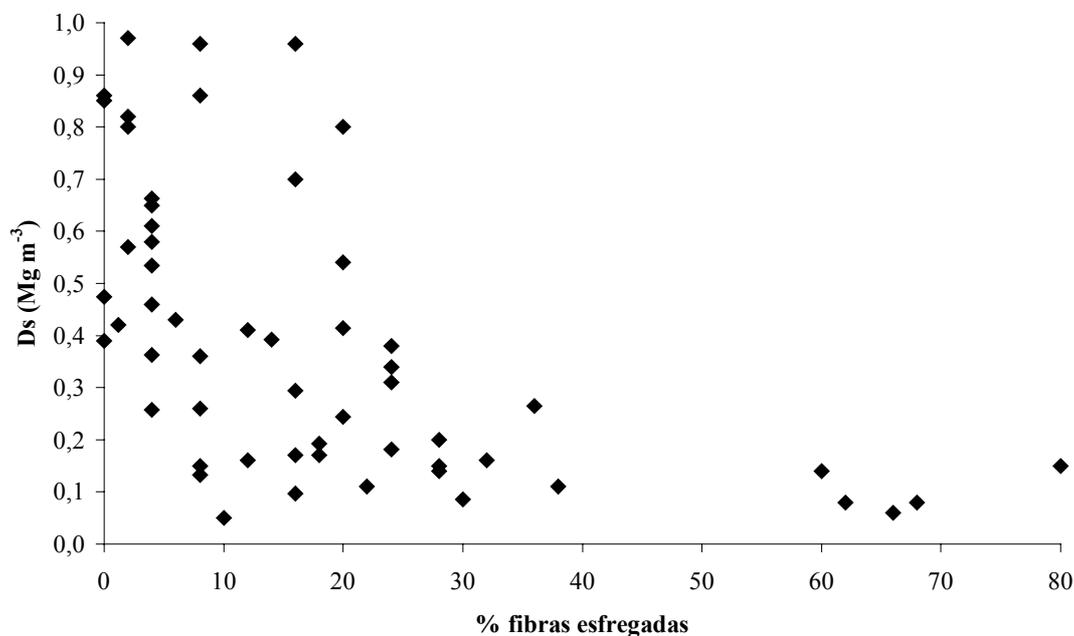


Figura 18. Diagrama de dispersão da densidade do solo (Ds) com o teor de fibras esfregadas.

Quanto à densidade das partículas (Dp), nas amostras coletadas para esse trabalho observa-se uma variação de 1,08 a 1,27Mg m⁻³, com média de 1,15Mg m⁻³, mediana de 1,14Mg m⁻³ e a classe modal entre 1,10 e 1,13Mg m⁻³. Nos perfis descritos e cadastrados no banco de dados, existem valores de densidade superiores a 2,5Mg m⁻³ para horizontes hísticos, os quais são muito elevados para materiais orgânicos. INCORA (1974) cita valores médios de 0,98 em solos na Colômbia.

A Dp correlacionou-se negativamente com o teor de material mineral (%MM) (r=-0,88, p=0,000) e positivamente com o carbono orgânico total determinado pelo método do CHN (r=0,82, p=0,000). A correlação da Ds com a porosidade total (VTP) foi negativa (r=-0,999, p=0,000) e com sinal contrário ao da correlação entre Dp e VTP (r=0,79, p=0,000). Esse resultado pode ser fruto de um erro analítico causado pelo método de determinação da Dp com o uso do etanol, que poderia estar sendo absorvido de forma intramolecular pelas substâncias húmicas e quantificando tanto a porosidade do solo como parte da porosidade intramolecular do húmus, portanto a VTP pode estar superestimada nas amostras aqui estudadas, gerando erro no cálculo da Dp. O que sugere a necessidade de também desenvolver métodos próprios de determinação da Dp para Organossolos.

A densidade da matéria orgânica (DMO), calculada pela fórmula $DMO = Ds - [Ds \times (\%MM/100)]$, variou de 0,013 a 0,328Mg m⁻³, sendo a média de 0,14Mg m⁻³. Conceição et al. (1999) encontrou valores nessa ordem, porém o mínimo encontrado por ele em solos do Estado do Rio de Janeiro foi de 0,07Mg m⁻³. A DMO apresentou correlação negativa com o percentual de fibras esfregadas (r=-0,44, p=0,01), pois o

tecido vegetal tende a apresentar menor densidade do que as substâncias húmicas (Figura 19).

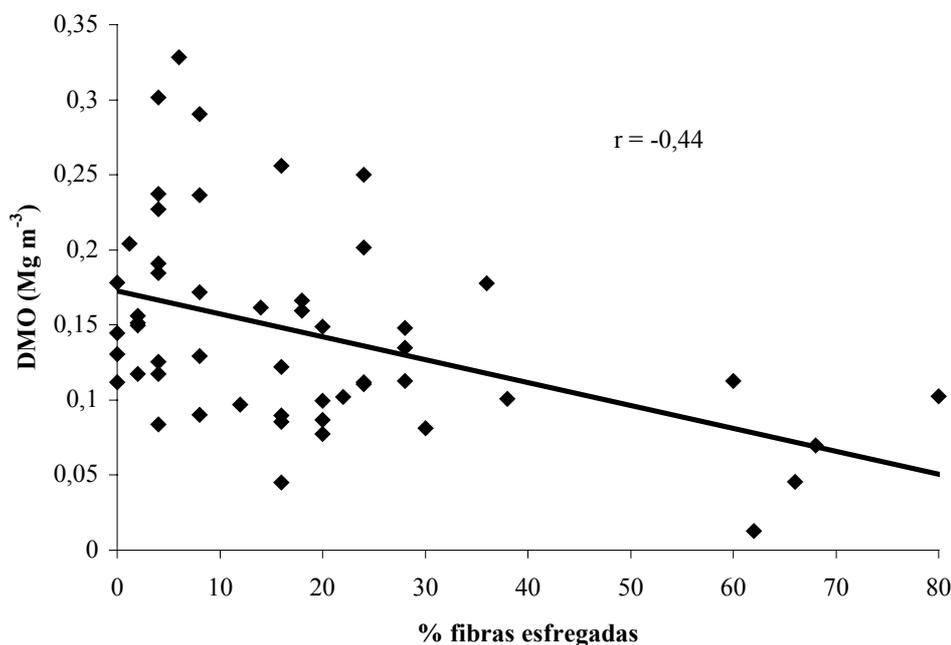


Figura 19. Relação da densidade da matéria orgânica (DMO) com as fibras esfregadas.

4.2.7 Resíduo Mínimo

O resíduo mínimo (RM) representa uma estimativa da proporção entre a espessura residual e a original do horizonte hístico, alterada pelas perdas do material orgânico caso o solo fosse submetido a intenso processo de subsidência. Ele é obtido a partir do cálculo $\text{RM} = (\text{Ds} - \text{DMO}) / 1,5$, onde 1,5 representa um valor médio de Ds, considerando subsidência total. A Figura 20 apresenta o diagrama de dispersão do RM com a Ds, mostrando a relação positiva entre as variáveis e indicando que quanto maior a Ds do Organossolo menor será o potencial de subsidência e quanto maior o teor de matéria orgânica maior será o potencial de subsidência. Dessa maneira o grau de decomposição da material orgânico também influenciará no potencial de subsidência, pois como foi visto há relação da Ds com o teor de fibras esfregadas. O RM apresentou correlação negativa com o teor de fibras esfregadas ($r = -0,49$, $p = 0,01$) e positiva com os valores da escala de Von Post ($r = 0,54$, $p = 0,01$).

Os valores do RM variaram de $0,003$ a $0,580 \text{ m m}^{-1}$, com média $0,17 \text{ m m}^{-1}$. Todas as amostras com RM inferior a $0,01 \text{ m m}^{-1}$ apresentaram teores muito elevados de matéria orgânica, baixa Ds e, muitas delas, também com altos teores de fibras esfregadas. O valor de $0,01 \text{ m m}^{-1}$ indica que após subsidência total do solo somente 1% do horizonte original ficará remanescente. Portanto solos com baixos valores de RM carecem de cuidados especiais quanto à drenagem para utilização agrícola sustentável. Dependendo do caso, essa propriedade pode ser usada para auxiliar na definição de áreas de Organossolos destinadas a preservação ambiental, em função de sua maior suscetibilidade à degradação pelo processo de subsidência.

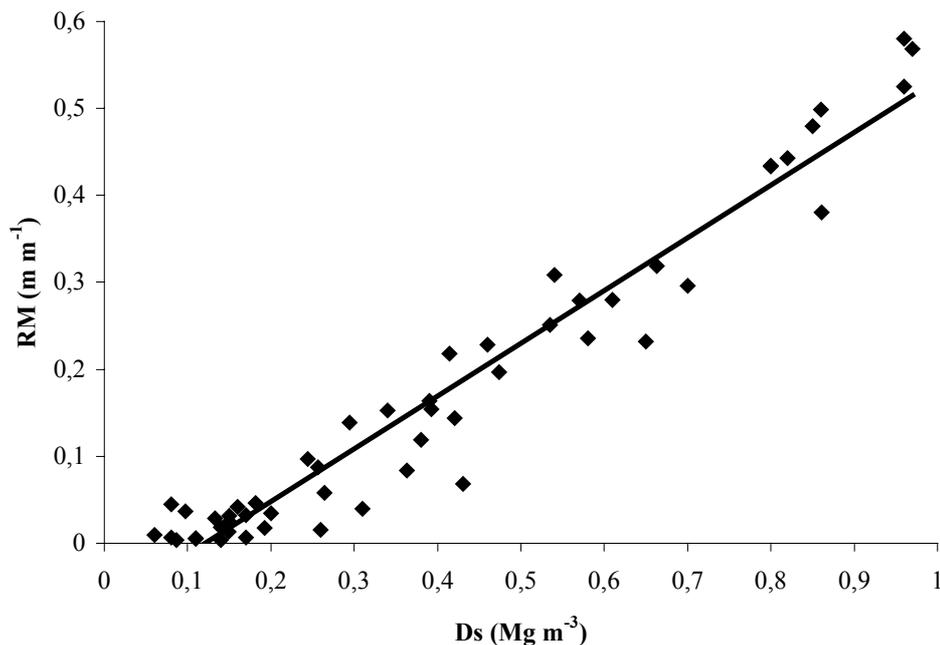


Figura 20. Relação do resíduo mínimo (RM) com a densidade do solo (Ds).

4.2.8 Grau de decomposição (teor de fibras, índice de pirofosfato e von Post)

O método usado para determinação do teor de fibras (Embrapa, 1999) merece algumas considerações. Na determinação do teor de fibras totais ou não esfregadas, juntamente com as fibras da amostra, também são quantificados agregados ou unidades estruturais resistentes ao manuseio, fragmentos de carvão e a fração areia do solo, resultando na superestimativa do teor de fibras. O que resulta em uma certa imprecisão da análise, variando este erro inconstante de acordo com cada amostra. É importante ressaltar que 57% das amostras avaliadas contêm alguma observação do tipo presença de agregados, areia ou fragmentos de carvão.

Na determinação do teor de fibras esfregadas, método utilizado por diferentes sistemas taxonômicos de solos na classificação dos materiais orgânicos em fibrícos, hêmicos ou sápricos (Embrapa, 1999; Estados Unidos, 1999), 34% das amostras apresentaram alguma observação negativa, que se referem principalmente a presença de fragmentos de carvão, agregados resistentes e areia. Portanto, uma análise que, pela descrição do método, aparenta ser quantitativa e sem muitos problemas ou segredos na execução, na verdade é semi-quantitativa e deve ser utilizada com precaução na classificação dos materiais orgânicos. Com o objetivo de corrigir erros, o sistema de classificação canadense (Canada, 1987) recomenda o uso de coqueteleira para amostras que apresentem agregados resistentes, após a fricção entre os dedos. Entretanto, esse método pode causar grande fragmentação em tecidos fibrosos pouco resistentes e assim subestimar o teor de fibras esfregadas.

O Sistema Brasileiro de Classificação de Solos adota limites fixos na divisão desses materiais. Entretanto, os resultados encontrados sugerem que é importante na

classificação dos materiais orgânicos em fibrícos, hêmicos ou sápricos utilizar, além dos teores de fibras esfregadas, outros atributos, como por exemplo o índice de pirofosfato (Figura 21), conforme Lynn et al. (1974). Portanto essa classificação deve-se basear nas variáveis índice de pirofosfato e teor de fibras esfregadas, a utilização de um gráfico como o da Figura 21, é muito importante no auxílio dessa classificação. Dos horizontes estudados 6% foram classificados como fibrícos, 45% hêmicos e 49% sápricos. Essa classificação dos materiais orgânicos fica mais fácil quando interpretada de maneira gráfica como apresentada na Figura 21, pois ao analisar unicamente os resultados numéricos de fibras esfregadas e índice de pirofosfato pode haver dúvida quanto à classificação, que é eliminada na análise gráfica.

Os teores de fibras esfregadas nas amostras variaram entre 0 e 80%, conforme apresentado no histograma da Figura 22, observa-se a forte assimetria e a classe modal entre 0 e 10% das fibras esfregadas, com média de 18,6 e mediana de 16,0%. A Figura 23, apresenta a relação dos teores de fibras esfregadas com o percentual de material mineral, a classificação do tipo do material orgânico não corresponde fielmente a realidade, pois está baseada somente no teor de fibras. A análise da Figura 23 apresenta uma tendência de haver maior teor de fibras esfregadas em horizontes com menores teores de material mineral. O predomínio de materiais com baixos teores de fibras esfregadas é reflexo de alguns fatores, como o clima, o uso da terra e o tipo de vegetação que deu origem ao solo.

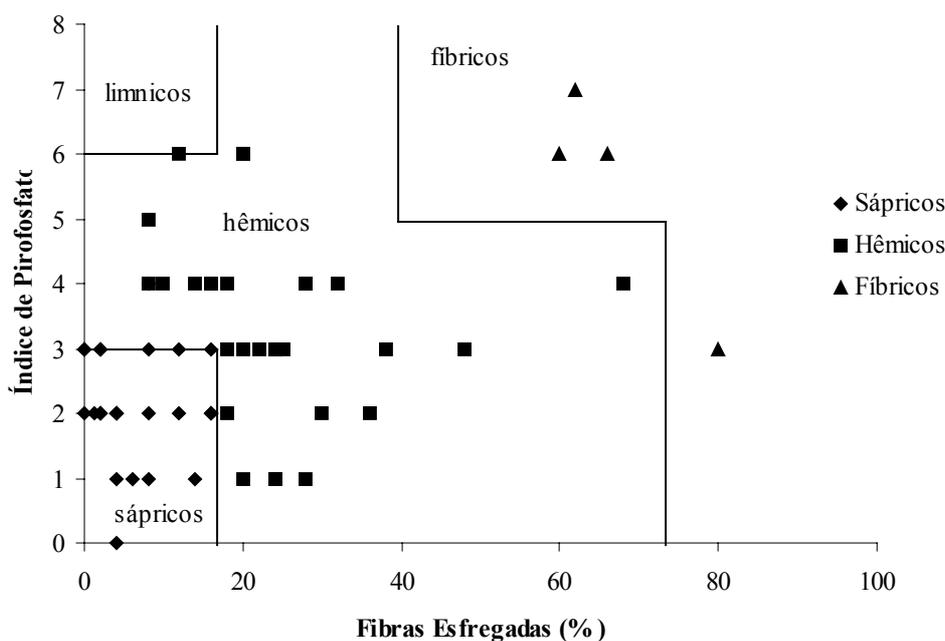


Figura 21. Classificação do material orgânico segundo relação entre um método químico (índice de pirofosfato) e um método físico (teor de fibras esfregadas).

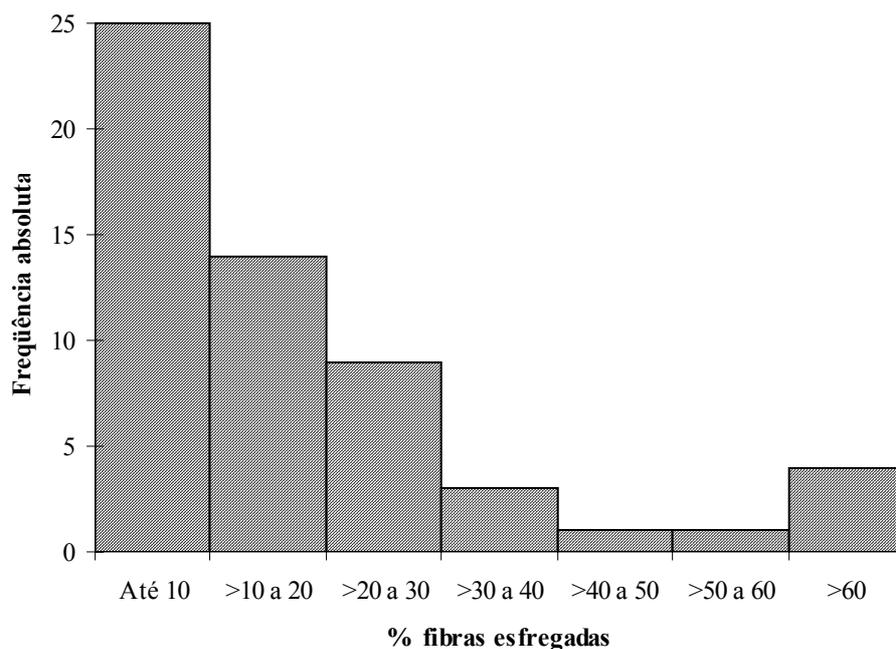


Figura 22. Histograma de distribuição dos teores percentuais de fibras esfregadas.

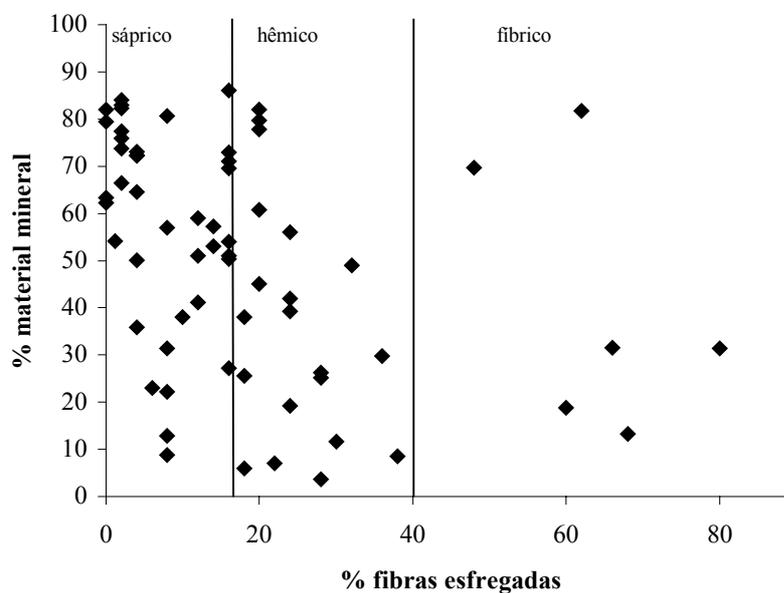


Figura 23. Relação entre os teores de fibras esfregadas (%v/v) e o teor de material mineral (%p/p), a classificação do material orgânico não é a real e está baseada somente no teor de fibras.

O clima tropical com temperaturas elevadas, predominante no Brasil, favorece a transformação da matéria orgânica, com a sua mineralização e/ou humificação, diminuindo os teores de fibras esfregadas, fator que pode explicar o predomínio de materiais sápricos e hêmicos, na coleção de Organossolos ou solos com horizonte hístico usada neste estudo.

Muitos dos perfis apresentavam uso agrícola, no momento em que foram descritos, com drenagem artificial, o que favoreceu a aeração das camadas superficiais e a redução dos teores de fibras. De um total de 15 perfis com atividade agropecuária, em 10 foi observada uma pequena variação dos teores de fibras em profundidade, em quatro um aumento dos teores de fibras e um perfil apresentou diminuição no primeiro horizonte, quando comparado aos demais. Os 10 perfis que apresentam pequena variação nos teores de fibras, provavelmente, antes da remoção da vegetação original, possuíam maiores teores de fibras nas camadas superficiais, nas quais com a drenagem e o uso o conteúdo de fibras foi reduzido.

Dentre os cinco (05) perfis com vegetação nativa, um deles apresenta somente uma camada orgânica assentada sobre a rocha e é de natureza fibríca, dois apresentam diminuição dos teores de fibras em profundidade, um praticamente não apresenta variação e um perfil, situado na baixada litorânea, muito mal drenado e com o lençol freático na superfície do solo, é rico em restos de galhos e restos vegetais pouco decompostos e apresentou aumento do teor de fibras em profundidade.

A Figura 24 apresenta a classificação do material orgânico e sua freqüência em relação ao uso da terra. Observa-se que os perfis com agricultura e pastagens apresentam predomínio de materiais sápricos, e com freqüência um pouco menor materiais hêmicos, sendo que de 50 amostras somente uma é fibríca. Já as amostras de solo com cobertura de vegetação nativa são predominantemente hêmicas e de 14 amostras 3 são fibrícas, proporção muito maior do que nos solos com uso agrícola. Esses dados evidenciam o efeito da drenagem e do manejo agrícola na redução dos teores de fibras dos Organossolos.

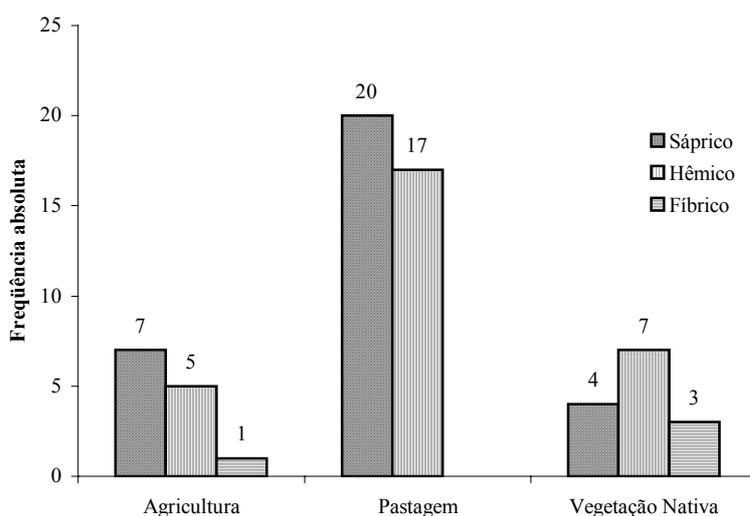


Figura 24. Freqüência de amostras fibrícas, hêmicas e sápricas e o uso do solo.

A natureza do material vegetal que originou o solo também exerce forte influência. Solos formados a partir de resíduos de vegetação arbórea ou arbustiva (lenhosa), tendem a apresentar maiores teores de materiais pouco decompostos do que

aqueles formados de fragmentos vegetais herbáceos como tifáceas ou ciperáceas, por hipótese pela menor superfície específica. A Figura 25, apresenta o número de amostras fibricas, hêmicas e sápricas, de perfis de Organossolos originados de diferentes materiais vegetais, classificados de forma generalizada em lenhosos e herbáceos. Pode-se observar que 70% das amostras originadas de vegetação herbácea são sápricas e somente 22% são hêmicas. Já os originados de vegetação lenhosa possuem 35% de materiais sápricos e 60% de hêmicos, demonstrando a tendência de haver maiores teores de fibras em perfis de solos originários de vegetação lenhosa como florestas ou arbustivas lenhosas.

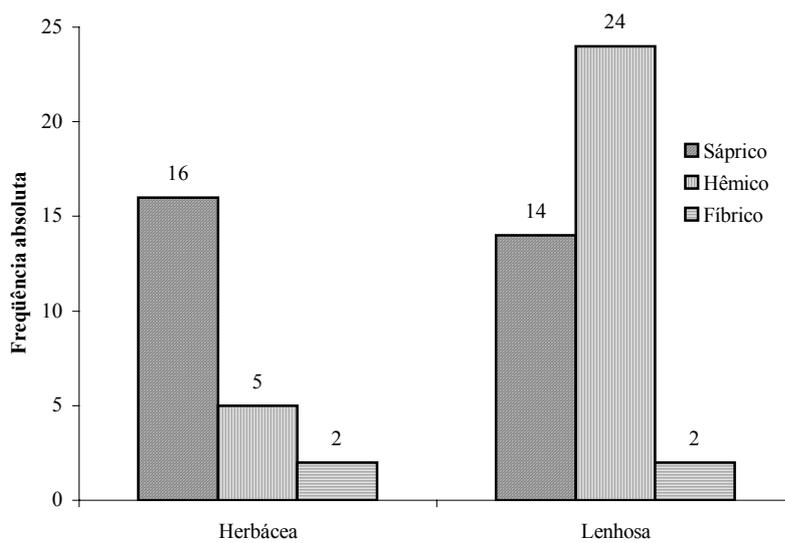


Figura 25. Frequência de amostras fibricas, hêmicas e sápricas em relação à natureza da vegetação original, lenhosa ou herbácea.

Segundo os teores de fibras esfregadas e o índice de pirofosfato (Figura 21) 31 amostras são sápricas, 29 hêmicas e 4 fibricas. Já segundo a classificação de Von Post (Figura 26), 35 amostras são sápricas, 24 hêmicas e 5 fibricas. Aplicando-se a esses resultados o teste de Qui-quadrado para independência a 5% de probabilidade, as proporções dos materiais orgânicos pelos dois métodos foram consideradas estatisticamente iguais. Também foi executada a análise de correlação por ordenamento de Spearman, com coeficiente de correlação de Spearman $r_{sp} = -0,7$ ($p = 0,00$), um valor razoável, indicando haver correlação entre os métodos. A Figura 26 apresenta o diagrama de dispersão dos teores de fibras esfregadas com os valores encontrados na escala de Von Post, para os solos estudados. Observa-se correlação negativa e significativa a 0,01%, com $r = -0,68$ entre essas duas variáveis, o que está de acordo com o princípio do método, onde quanto mais alto for o valor na escala de Von Post menor deverá ser o teor de fibras na amostra. Resultado semelhante foi observado para a relação entre as fibras esfregadas e o percentual de absorvância lido no extrato para determinação do índice de pirofosfato, onde quanto menor o teor de fibras esfregadas maior foi o % absorvância. Porém essa segunda relação apresentou menor coeficiente de correlação do que a primeira ($r = -0,46$, significativo a 0,01%).

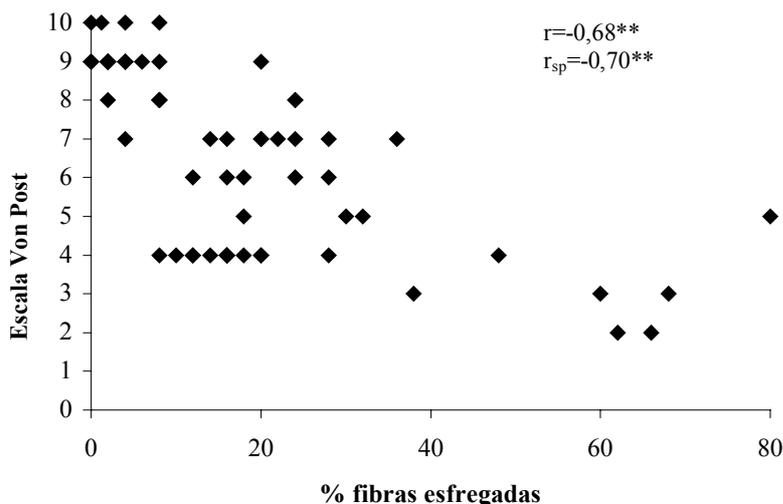


Figura 26. Relação entre % de fibras esfregadas e a escala de Von Post.

Um fator importante a ressaltar, no uso dos métodos de avaliação de materiais orgânicos, é a forte dependência da experiência e bom senso do pedólogo ou do técnico, que executa a análise de classificação do grau de decomposição. Para se obter sucesso nesses métodos deve-se trabalhar com muita calma e atenção, exige-se criteriosidade e maior tempo do analista. Assim sendo, eles apresentam certa fragilidade na execução e interpretação dos resultados. A natureza do material orgânico está intimamente relacionada com vários atributos do solo, utilizados na classificação da aptidão e limitações de uso dos Organossolos, para os mais diversos fins. Para que não caiam no descrédito e descaso por parte de profissionais o aprimoramento desses métodos faz-se necessário.

4.3 Propriedades Químicas dos Horizontes Hísticos

4.3.1 pH e acidez do solo

No banco de dados de perfis de Organossolos e solos com horizonte hístico, cujos resultados analíticos foram compilados de levantamentos, os valores de pH em água dos horizontes orgânicos variaram de 1,7 a 6,5 com média de 4,4. Ainda com referência a esta propriedade, do total de 254 horizontes investigados 11% apresentam pH em água igual ou inferior a 3,5, valor de referência para a identificação de tiomorfismo (Embrapa, 1999), e somente 3% apresentaram valores de pH superior a 5,5, valor geralmente tomado como limite inferior para o desenvolvimento adequado da maioria das plantas cultivadas. Os valores de pH em KCl, normalmente menores do que em água, variaram de 1,4 a 6,3, com média de 3,6.

Para os horizontes hísticos dos perfis coletados neste estudo, foram determinados valores de pH em água, em KCl e em CaCl₂. Em média os valores de pH em água observados foram os maiores e os em KCl os menores. Esses resultados são devidos a solução de KCl, que em contato com a amostra de terra, induz a troca de cátions com os colóides do solo, liberando íons H⁺ e Al³⁺ para a solução, os quais promovem o aumento da acidez e a diminuição do pH. Os valores de pH em CaCl₂ tenderam a ser intermediários na maioria das amostras analisadas (Figura 27).

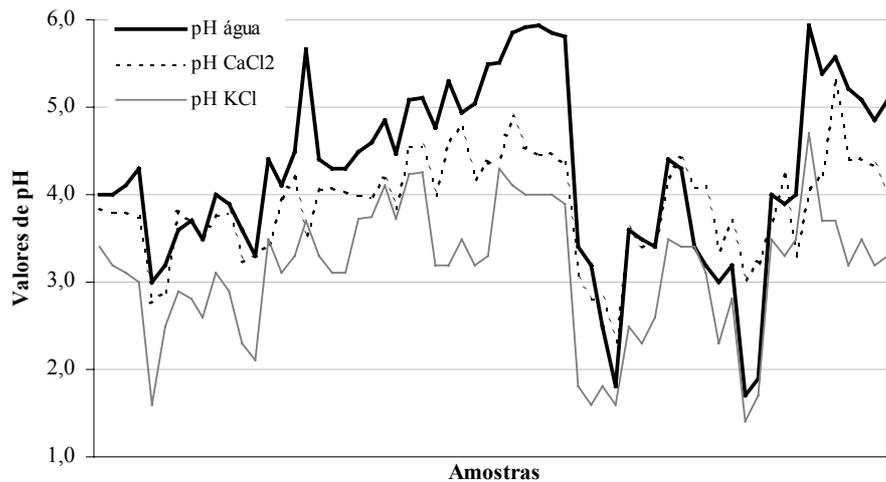


Figura 27. Valores de pH em água, KCl e CaCl₂, das amostras estudadas.

A Figura 28 apresenta os digramas de dispersão dos valores de pH determinados pelos três métodos, assim como os coeficientes de correlação, mostrando ser mais alta a correlação dos valores do pH em água com os em KCl e em CaCl₂, do que entre as duas soluções salinas. Observa-se também uma tendência ao paralelismo entre as retas (estimadas por análise de regressão), dos valores de pH em água com os valores das soluções salinas, sendo que a do pH em KCl está mais deslocada para a esquerda, evidenciando os menores valores obtidos nessa determinação.

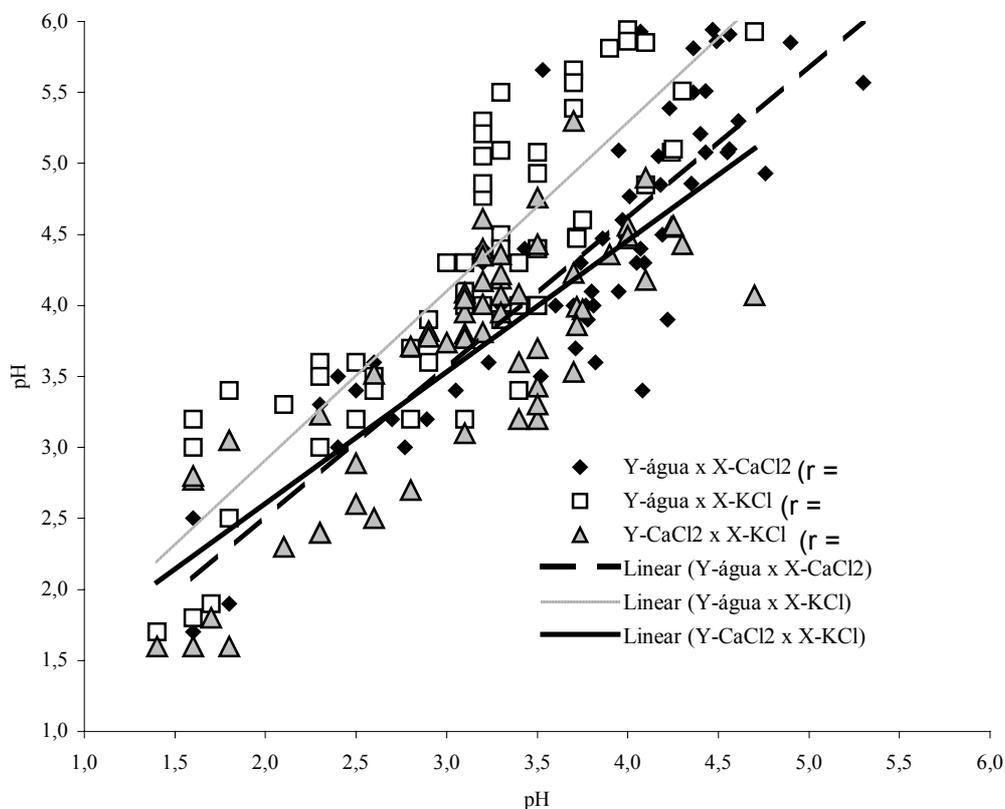


Figura 28. Diagramas de dispersão dos valores de pH em água, KCl e CaCl₂ das amostras estudadas, coeficientes r significativos a 0,01%.

A Tabela 9 apresenta os coeficientes de correlação dos valores de pH determinados pelos diferentes métodos e os valores de carbono determinados pelo CHN e da matéria orgânica determinada pelo mufla. Pode-se observar que, em geral, as melhores correlações foram obtidas com os valores de pH em KCl e as piores com o pH em CaCl₂. A exceção do Al, que melhor se correlacionou com o pH em CaCl₂. Talvez isso deva-se ao fato do cálcio ser bivalente e deslocar o alumínio trivalente dos sítios de troca com mais eficiência do que o potássio, que é monovalente. Todas as correlações foram negativas e significativas a 5%, indicando que com o aumento dos teores de matéria orgânica ocorre redução dos valores de pH, em consequência da maior acidez dos ácidos orgânicos do solo, que se reflete também nos teores de H⁺. Com base no exposto parece que os valores de pH em KCl representam melhor os horizontes hísticos do que em CaCl₂.

Tabela 9. Coeficientes de correlação dos valores de pH em água, KCl e CaCl₂ com matéria orgânica determinada pela mufla, teores de carbono determinados por CHN, Al³⁺ trocável e H⁺ extraível.

pH	MO_mufla	CO_CHN	Al ³⁺	H ⁺
Água	-0,54*	-0,58*	-0,56*	-0,65*
KCl	-0,58*	-0,60*	-0,46*	-0,77*
CaCl ₂	-0,46*	-0,51*	-0,59*	-0,60*
Al ³⁺	0,009ns	-0,006ns	-	-

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

O teor de matéria orgânica apresentou correlação positiva e significativa a 5% com os teores de hidrogênio extraível e com a acidez potencial, ou seja, quanto maior o teor de matéria orgânica nos Organossolos maior tenderá a ser a sua acidez (Figura 29). Não foi observada correlação do teor de matéria orgânica com o de alumínio trocável (Tabela 9).

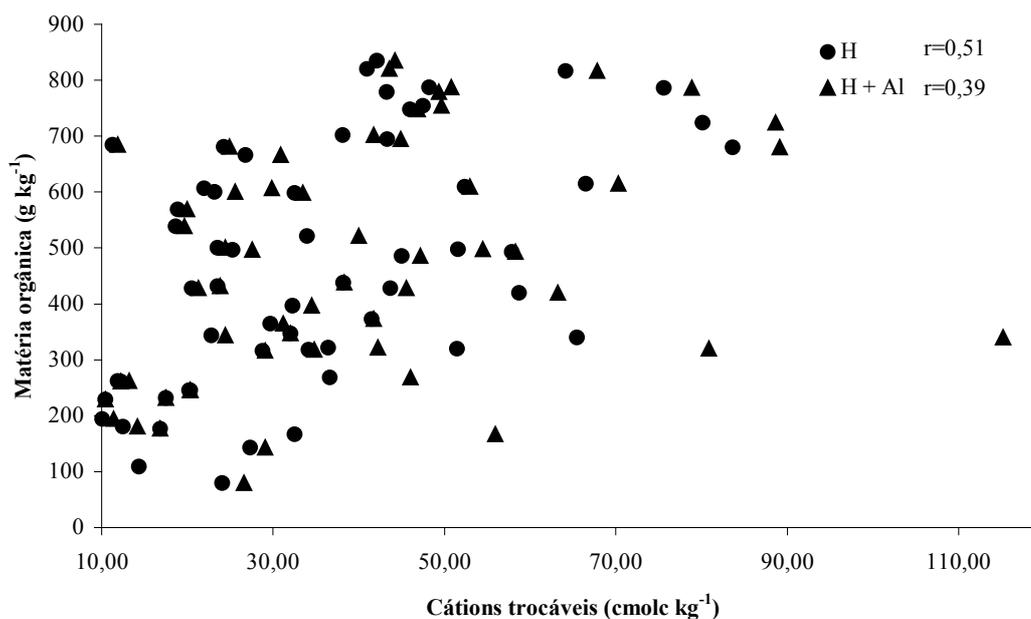


Figura 29. Diagrama de dispersão dos teores de matéria orgânica com o H extraível e a acidez potencial. Coeficientes r significativos a 5%.

A elevada acidez dos horizontes hísticos, seja pelo elevados teores de ácidos orgânicos ou por tiomorfismo, pode causar superestimativa nos teores de Al trocável, assim são necessárias pesquisas que testem a eficiência da determinação do Al trocável pelos métodos padrões da Embrapa (1979 e 1997) para amostras com elevados teores de matéria orgânica. Deve-se também investigar se há toxidez às culturas por Al trocável nesses solos ou se a matéria orgânica por complexação elimina o efeito da toxidez, se isso ocorrer, não faz sentido classificar Organossolos, mesmo em níveis inferiores, quanto ao teor ou saturação por alumínio, ou pelo menos não devem ser usados os mesmos limites adotados para solos minerais.

4.3.2 Valor T

O valor T e o H trocável dos perfis do banco de dados apresentaram correlação positiva e significativa ($r=0,54$ e $0,55$, respectivamente, a $p=0,001$) com os teores de C orgânico, principalmente pelo método da Embrapa (1979). O resultado da análise estatística, apesar de obtida com dados gerados em diferentes épocas e por diferentes laboratórios, evidencia a alta relação da CTC dos Organossolos com o teor de carbono orgânico. A Figura 30 apresenta o diagrama de dispersão do Valor T com o teor de carbono orgânico do solo.

O Valor T variou de 6,7 a 168,8, com média de $59,0\text{cmol}_c\text{kg}^{-1}$. De um total de 220 amostras de horizontes do banco de dados com mais de 5% de carbono orgânico, 57% das amostras apresentam Valor T do solo ou CTC do solo entre 27 e $75\text{cmol}_c\text{kg}^{-1}$, valor considerado alto quando comparado a solos minerais. Somente 15% das amostras apresentaram valores inferiores a $27\text{cmol}_c\text{kg}^{-1}$.

Analisando as amostras dos perfis coletados foi verificada diferença estatística ao nível de 7% de probabilidade com base no teste t para a razão Valor T/C orgânico para os materiais orgânicos com diferentes graus de decomposição, tendo os fibricos, hêmicos e sápricos médias respectivamente de 127,9, 213,9 e $322,6\text{cmol}_c\text{kg}^{-1}$. Esses resultados indicam que essa razão pode ser utilizada como auxiliar na classificação dos materiais orgânicos pelo grau de decomposição, com a seguinte ordem crescente de CTC: fibricos < hêmicos < sápricos.

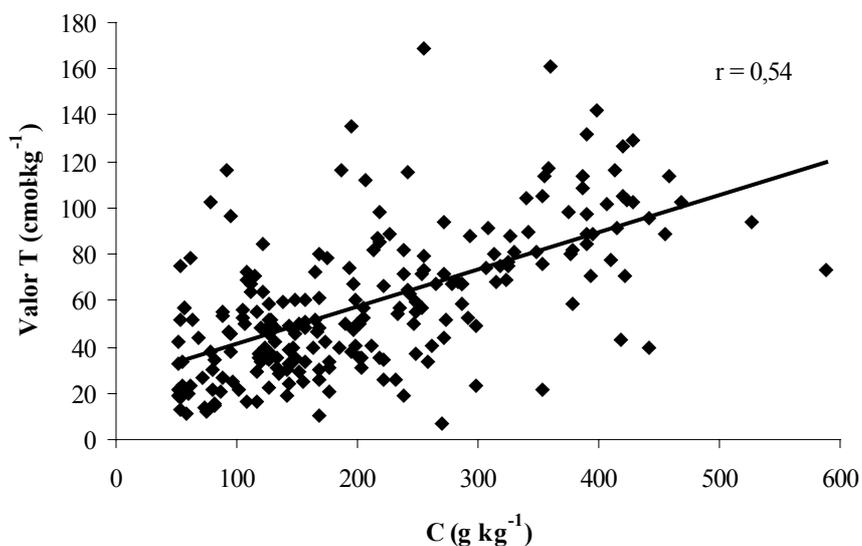


Figura 30. Diagrama de dispersão do Valor T com o teor de carbono orgânico.

O limite usado para identificar o domínio de argila de atividade alta em relação ao de atividade baixa, em solos minerais, é a CTC de $27\text{cmol}_c\text{kg}^{-1}$ de argila (Embrapa, 1999). Os valores altos de CTC encontrados nos Organossolos e solos com horizonte hístico, sem o ajuste para o percentual da fração argila, evidenciam o erro em aplicar esse atributo para a distinção de classes nestes solos, com base no horizonte superficial, mesmo em níveis taxonômicos inferiores como os de família e série.

4.3.3 Soma e saturação por bases

O Valor S variou de 0,2 (muito baixo) a 96,3 (muito alto) sendo a média de $13,1\text{cmol}_c\text{kg}^{-1}$. De um total de 227 amostras de horizontes com mais de 5% de carbono orgânico, 29% das amostras apresentam valor S menor ou igual a $3,0\text{cmol}_c\text{kg}^{-1}$, mostrando que muitos Organossolos são de baixa fertilidade natural e, se cultivados, podem necessitar de adubações, sejam elas minerais ou orgânicas. Porém, a maioria apresenta alta soma de bases trocáveis. Destaca-se, entretanto, que podem ainda haver limitações quanto à fertilidade dos solos, já que em alguns solos com alto Valor S, ocorrem níveis elevados de Na e Mg, indicando a presença de salinidade. Há correlação positiva entre o Valor S e o teor de carbono orgânico, porém menos expressiva do que a observada para o Valor T, com $r=0,31$ ($p=0,05$).

A saturação por bases (Valor V) variou de 1 a 80%, com 62% dos valores iguais ou inferiores a 20% e 91% dos valores iguais ou inferiores a 50% (Figura 31). Esses resultados expressam o predomínio do H^+ no complexo sortivo do solo, confirmando a hipótese de que a alta CTC dos Organossolos não se traduz diretamente em alta fertilidade natural.

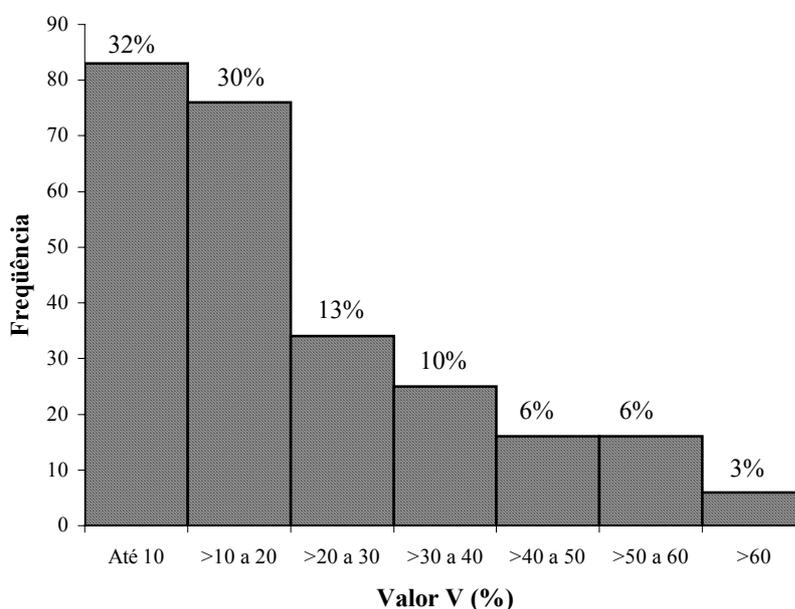


Figura 31. Histograma da distribuição do % de saturação por bases nos horizontes hísticos.

4.3.4 Nitrogênio

Os teores de nitrogênio total variaram de 0,5 a 34,5g kg⁻¹, com valor médio de 12,9g kg⁻¹. Mesmo com a grande diversidade de épocas e de laboratórios que analisaram as amostras, os teores de N apresentaram boa correlação com os teores de C orgânico do solo (Figura 32), indicando que, quanto mais elevado for o teor de carbono do solo maiores serão os teores de nitrogênio total. Porém, a avaliação da disponibilidade de N para as culturas não deve se basear somente no teor total de N, mas também na relação C/N. Alguns solos têm relação C/N muito alta, fator que pode diminuir a disponibilidade de N para as plantas, devido este nitrogênio encontrar-se em formas não disponíveis. Nos horizontes hísticos, dos solos compilados a partir dos levantamentos, a relação C/N variou de 5 a 99, com média de 19,9. Quanto a distribuição da relação C/N (Figura 33), a maioria das amostras apresenta valores entre 10 e 30 e horizontes com C/N superior a 50 ocorrem com menor frequência.

Os valores da relação C/N não tiveram correlação com o grau de decomposição do material orgânico, mas tiveram correlação negativa e significativa a 1% ($r=-0,56$) com os valores de pH em água, indicando que quanto mais ácido for o solo maior tenderá a ser sua relação C/N.

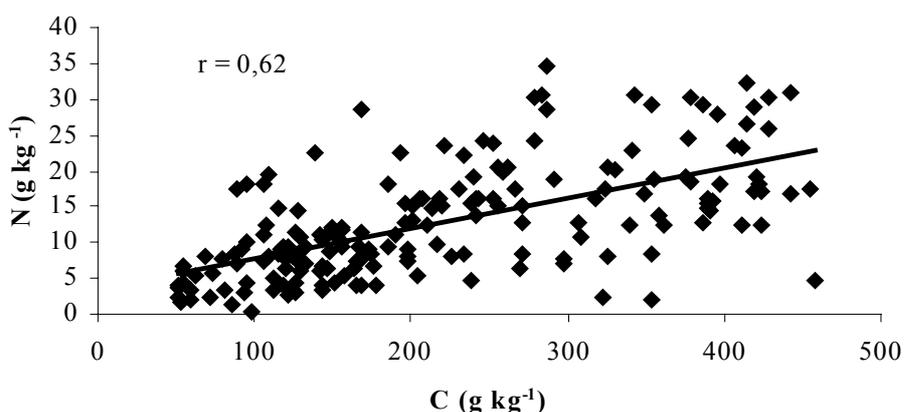


Figura 32. Relação entre os teores de N total e C orgânico.

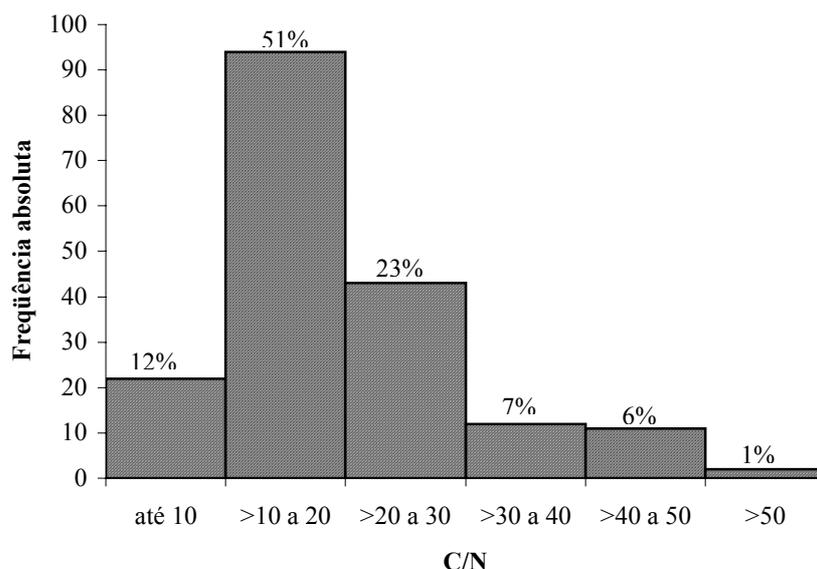


Figura 33. Histograma da relação C/N dos horizontes estudados.

4.3.5 Fósforo

Os teores de P assimilável variaram de valores próximos a zero até 78mg kg^{-1} , com média de 7mg kg^{-1} . Os níveis de P foram considerados baixos para a maioria das amostras, já que 82% dos horizontes apresentam valores iguais ou inferiores a 10mgkg^{-1} de P assimilável. Os teores de P não apresentaram correlação com os teores de C orgânico, sendo o coeficiente $r=0,04$ e não significativo.

4.4 Teores de Carbono e Matéria Orgânica nos Organossolos

4.4.1 Carbono orgânico e definição de material orgânico

No Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 1999), material orgânico é definido como aquele que apresenta: “mais de 12% de C se a fração mineral $\geq 60\%$ argila; mais de 8% de C se a fração mineral = 0% argila; ou $\%C \geq 8 + (0,067 \times \% \text{ de argila})$ se a fração mineral tiver $0 < \% \text{ argila} < 60$ ”.

O critério acima pressupõe uma relação entre o teor de argila total, obtido pela análise granulométrica do solo, e o teor de C orgânico do solo. Ou seja, quanto maior o teor de argila maiores os teores de C orgânico necessários para que haja maior contribuição devido à matéria orgânica nas demais propriedades do solo. Portanto, para identificar um material de solo como de natureza orgânica, quanto mais arenosa a textura menor o teor de C orgânico que ele precisa ter, ainda que a mineralização da matéria orgânica seja mais intensa em solos arenosos e com melhor aeração.

Em conflito com o critério apresentado anteriormente, a Figura 34 evidencia a falta de correlação, r próximo de zero ($-0,08$), entre o teor de argila e o de carbono orgânico, obtido para 213 amostras de Organossolos e de horizontes hísticos em outras classes de solos. Portanto, deve-se avaliar criteriosamente a aplicação do parâmetro de distinção entre material orgânico e mineral ou até mesmo eliminar a dependência do teor de argila nesta definição. Além do que, a própria determinação da argila total, quando os teores de matéria orgânica são elevados, é trabalhosa, exigindo a queima da

matéria orgânica em um processo que, em geral, leva a grande perda de solo, diminuindo muito a precisão da análise granulométrica.

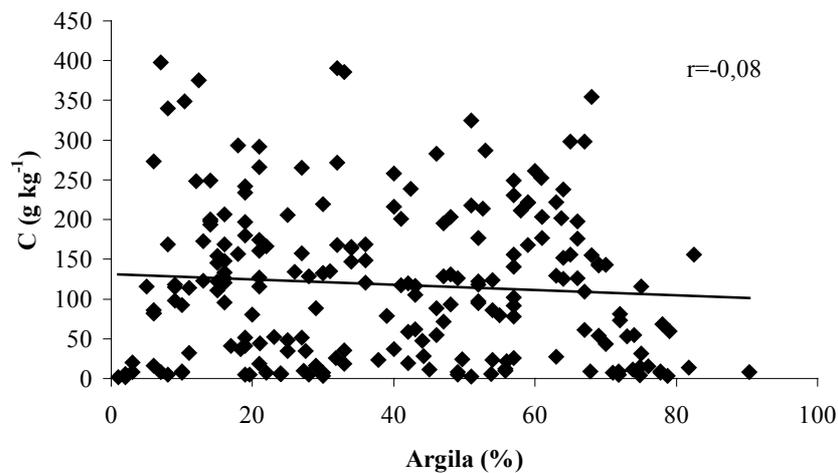


Figura 34. Diagrama de dispersão entre os teores de C orgânico e de argila.

A Figura 35 apresenta um histograma com intervalos de classe de 40 g kg^{-1} de C, mostrando uma queda da frequência no intervalo de $40\text{ a }80\text{ g kg}^{-1}$ de C, sugerindo que o limite crítico de C orgânico possa estar nesse intervalo. Analisando a Figura 36, um histograma mais detalhado para essa faixa, com intervalo de classe de 20 g kg^{-1} de C, observa-se uma nova queda no intervalo de $60\text{ a }80\text{ g kg}^{-1}$ de C. O teor de 80 g kg^{-1} de C (correspondente a 8% de C) já é utilizado para separar material orgânico de material mineral, em solos com ausência de argila. Com base no que foi exposto parece que este valor seria o mais adequado na distinção entre material orgânico e mineral, independente do teor de argila.

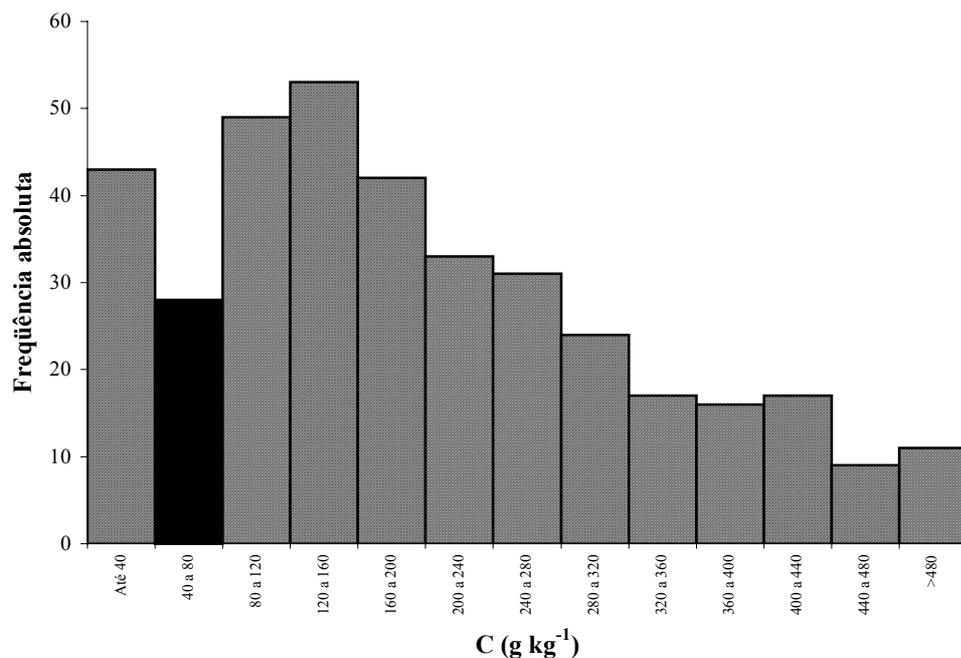


Figura 35. Distribuição dos teores de carbono dos horizontes estudados, detalhe de queda no intervalo de classe de 40 a 80.

Vale ressaltar a dificuldade na análise granulométrica de materiais de solo orgânicos. No método da mufla, o processo de oxidação da matéria orgânica pode alterar as propriedades do material mineral, tornando difícil a quantificação da granulometria. Já o do peróxido de hidrogênio é muito demorado e trabalhoso, com grande risco de perda de amostra. No entanto, é necessário desenvolver métodos analíticos para esses solos, já que a granulometria da matriz mineral está fortemente relacionada ao grau e velocidade de subsidência e será determinante do tipo de solo formado, principalmente em virtude do manejo agrícola intenso destes solos, que pode levar a redução significativa dos teores de matéria orgânica que definem o Organossolo.

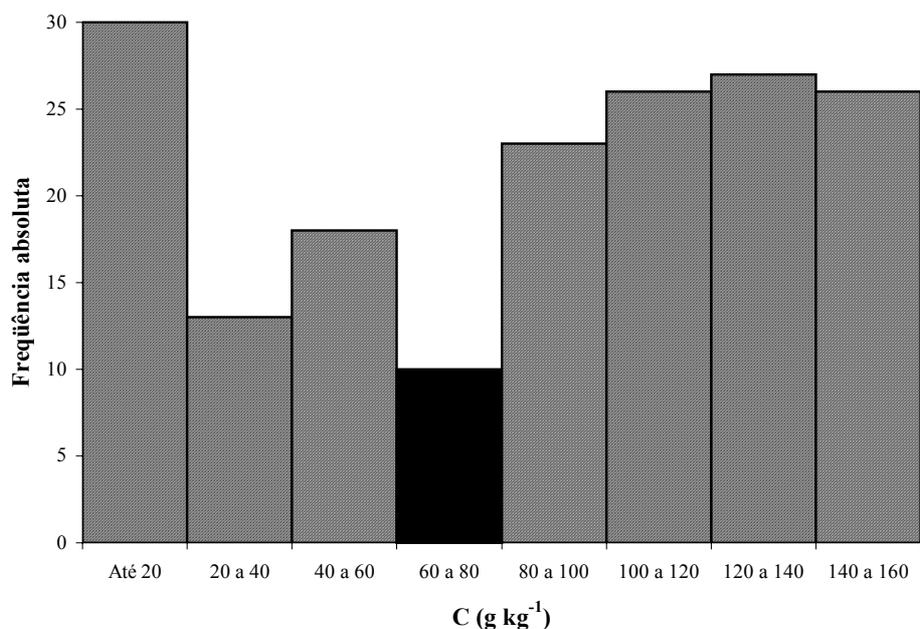


Figura 36. Distribuição dos teores de carbono dos horizontes estudados até o teor de 160g kg⁻¹, detalhe de queda no intervalo de classe de 60 a 80.

4.4.2 Determinação de carbono e matéria orgânica em horizontes hísticos

As avaliações a seguir referem-se aos perfis de solos coletados neste estudo, somando um total de 53 amostras de horizontes hísticos. Os teores de carbono (C) e matéria orgânica (MO), além do fator que expressa a razão entre o teor por um determinado método e o teor de C total obtido no CHN estão na Tabela 10. Os dados mostram maior variabilidade dos fatores em amostras com menores teores de C, mas não foi notada qualquer tendência dos fatores em relação ao teor de fibras esfregadas.

Para comparação dos teores de C e MO obtidos pelos diferentes procedimentos, foi utilizado o método estatístico de regressão linear, conforme Pérez et al. (2001). Para tal, foram estimados intervalos de confiança a 95% de probabilidade. Como o C obtido por combustão seca no equipamento denominado CHN (C-CHN) é considerado um método de referência, esta variável foi comparada a todos os demais métodos.

A Tabela 11 apresenta os resultados das análises de regressão para os teores de carbono obtidos pelos diferentes métodos. O método de oxidação da matéria orgânica pela mufla (MO mufla) teve coeficiente angular da reta maior do que 1, indicando um fator de correção de C para MO variando de 1,79 a 1,93 com média de 1,86, estimado pela regressão, para o intercepto igual a zero. Quando o intercepto foi diferente de zero o coeficiente angular variou de 1,56 a 1,80, no intervalo de confiança.

Tabela 10. Teores de C e matéria orgânica (g kg⁻¹) e seus fatores em relação ao C total.

Amostrta	C_CHN	C_Emb	f_Emb	MO_mufla	f_mufla	C_WB	f_WB	C_Y&B	f_YB	SOMA	f_soma
AL1 Hop1	358	237	0,66	760	2,12	204	0,57	322	0,90	300,6	0,84
AL1 Hop2	110	61	0,55	161	1,45	130	1,18	211	1,92	84,4	0,76
AL2 Hdoj	306	192	0,63	531	1,74	265	0,87	392	1,28	311,2	1,02
AL2 Hdoj1	508	402	0,79	916	1,80	452	0,89	592	1,16	443,7	0,87
AL2 Hdoj2	455	239	0,52	873	1,92	382	0,84	174	0,38	393,6	0,87
AL2 Hoj	121	112	0,93	290	2,40	140	1,16	110	0,91	110,4	0,91
BA2 Hdj	525	369	0,70	909	1,73	431	0,82	522	0,99	461,7	0,88
BA2 Hdoj1	529	232	0,44	963	1,82	341	0,64	430	0,81	479,8	0,91
BA2 Hdoj2	370	192	0,52	740	2,00	262	0,71	393	1,06	381,9	1,03
BA3 Hdoj1	388	322	0,83	807	2,08	369	0,95	487	1,26	380,3	0,98
BA3 Hdoj2	555	207	0,37	939	1,69	472	0,85	418	0,75	496,2	0,89
BA3 Hdoj	508	219	0,43	929	1,83	476	0,94	414	0,81	472,2	0,93
DF1 Hdp	102	89	0,87	187	1,84	97	0,96	196	1,93	88,2	0,87
DF1 Hd1	132	117	0,88	265	2,00	157	1,19	230	1,73	127,1	0,96
DF1 Hd2	197	159	0,81	370	1,88	190	0,97	236	1,20	172,3	0,88
ES1 Hdp1	180	130	0,72	464	2,58	164	0,91	170	0,94	154,0	0,86
ES1 Hdp2	158	114	0,72	366	2,32	149	0,95	129	0,82	170,7	1,08
ES1 Hdo	228	164	0,72	325	1,43	208	0,91	247	1,09	227,9	1,00
MG1 Hdo	279	218	0,78	615	2,21	324	1,16	286	1,03	253,4	0,91
MG1 Hd	214	142	0,66	412	1,93	210	0,98	260	1,22	196,7	0,92
MG1 2Hdo	367	215	0,59	672	1,83	322	0,88	455	1,24	337,2	0,92
MG2 Hdo1	115	102	0,89	209	1,82	105	0,92	246	2,14	120,2	1,05
MG2 Hdo2	206	151	0,73	407	1,97	236	1,14	334	1,62	186,1	0,90
MS2 Hdo	121	98	0,81	291	2,40	103	0,85	204	1,68	114,0	0,94
MS2 2Hd	189	139	0,74	337	1,78	165	0,87	198	1,05	186,3	0,98
PR2 Hdp1	144	122	0,85	279	1,93	99	0,69	92	0,64	139,2	0,97
PR2 Hdp2	193	160	0,83	376	1,95	169	0,88	175	0,91	184,1	0,95
PR2 Hdp3	270	190	0,70	485	1,80	238	0,88	326	1,21	214,3	0,79
PR3 Oo	419	345	0,82	806	1,92	330	0,79	411	0,98	376,7	0,90
RJ1 A1	64	61	0,96	144	2,26	40	0,64	107	1,69	58,9	0,93
RJ1A2	38	31	0,83	93	2,46	31	0,83	87	2,28	72,9	1,92
RJ1 Bi	50	42	0,85	130	2,61	39	0,77	94	1,89	81,4	1,63
RJ12Bi	55	48	0,87	154	2,78	43	0,78	118	2,14	69,7	1,26
RJ3 Hdp	340	222	0,65	605	1,78	331	0,97	294	0,86	282,6	0,83
RJ3 Hdo1	315	204	0,65	718	2,28	363	1,15	355	1,13	303,0	0,96
RJ3 Hdo2	332	214	0,64	750	2,26	433	1,30	308	0,93	255,6	0,77
RJ3 Ho	289	226	0,78	684	2,37	407	1,41	397	1,38	303,6	1,05
RJ4 Hdp1	92	65	0,71	186	2,03	82	0,89	130	1,42	67,1	0,73
RJ4 Hdp2	100	55	0,55	179	1,80	60	0,60	107	1,08	60,2	0,61
RJ4 Cg1	70	31	0,44	121	1,74	36	0,51	89	1,27	38,6	0,55
RJ4 Cg2	45	31	0,69	281	6,27	129	2,87	115	2,57	39,1	0,87
RS3 Hdo	158	127	0,80	450	2,84	237	1,49	290	1,83	153,6	0,97
RS3 Hd1	110	84	0,76	255	2,31	115	1,04	144	1,30	109,0	0,99
RS3 Hd2	69	57	0,82	182	2,62	39	0,57	102	1,47	63,6	0,92
RS4 Hpj	426	238	0,56	763	1,79	348	0,82	293	0,69	379,6	0,89
RS4 Hdj	482	220	0,46	678	1,41	350	0,72	476	0,99	410,4	0,85
RS4 Hdoj	490	198	0,40	869	1,77	419	0,86	506	1,03	406,8	0,83
RS5 Hdpj	359	238	0,66	654	1,82	331	0,92	441	1,23	334,5	0,93
RS5 Hdj	292	210	0,72	488	1,68	242	0,83	189	0,65	269,9	0,93
SC2 Hdoj1	460	227	0,49	865	1,88	353	0,77	421	0,92	409,6	0,89
SC2 Hdoj2	528	222	0,42	940	1,78	395	0,75	538	1,02	473,2	0,90
SP1 Hp1	207	164	0,79	391	1,89	235	1,13	368	1,77	190,2	0,92
SP1 Hp2	144	112	0,78	313	2,17	140	0,97	313	2,16	126,0	0,87

Os valores obtidos neste estudo para o fator de correção C – MO, pela mufla (600°C), são próximos ao adotado por Embrapa (1999), que é de 1,724. Eles ainda são concordantes com outros dados da literatura. Já Conceição et al. (1999) encontrou fator médio de 3,18 para a relação entre o carbono determinado pelo método da Embrapa (1997) e pelo método da mufla a 600 e 400°C, em solos orgânicos do Estado do RJ.

O método da mufla tem como fonte de erro a umidade do solo, que também é quantificada na gravimetria. Benites (1998) cita a interferência de água extraída da estrutura de minerais do solo como os óxidos de Al, como um fator que pode superestimar os teores de carbono obtidos. Outra fonte de erro seria a presença de carbonatos de Ca ou Mg ou carvão na amostra; ainda que, segundo Kerven et al. (2000) o erro causado pelos carbonatos pode ser eliminado por um tratamento prévio com ácido. Entretanto, uma grande vantagem do método em relação aos demais é a facilidade de operação, o que é importante em análises de rotina para fins de levantamento e caracterização de solos.

O método da Embrapa (1997) (C-Embrapa) é muito eficiente para amostras com até 2% de carbono orgânico. Porém, para materiais de natureza orgânica, deve ser tomada uma massa menor da amostra e são necessárias várias adições de dicromato, o que torna a operação trabalhosa e aumenta o erro da análise. Para obtenção de resultados satisfatórios é importante a experiência do analista na execução desse método, técnicos pouco experientes podem subestimar o teor de C em amostras com altos teores do elemento.

Para o C-Embrapa foi observada maior dispersão dos dados para valores de C-CHN superiores a 400g kg⁻¹, mostrando menor eficiência dessa análise para essa faixa (Figura 37). A Tabela 11 mostra para este método um coeficiente de determinação não muito elevado, principalmente pelos desvios na faixa superior a 400 de C-CHN. Observa-se intercepto superior a zero e coeficiente de inclinação da reta inferior a 1 (um), variando de 0,41 a 0,55. Esses resultados demonstram a menor capacidade de oxidação de C pelo C-Embrapa, principalmente para amostras com teores mais elevados de MO. Portanto, materiais de solo que por outros métodos seriam identificados como de natureza orgânica podem ser classificados como minerais pelo método C-Embrapa.

Os teores de C determinados pelos métodos de Walkley-Black modificado (C-WBmd) (Tedesco et al., 1995) e Yeomans & Bremner (1988) (C-Y&B) apresentaram comportamento semelhante entre si e com o C-Embrapa, porém com coeficientes da reta maiores e mais próximos de 1 (um). Destaca-se que esses três métodos são baseados na oxidação da matéria orgânica com dicromato em meio ácido e apresentam boa correlação com o C-CHN, porém eles oxidam menores quantidades de carbono na maioria das amostras. A falta de eficiência na oxidação do C por esses métodos é minimizada com o uso de fatores de ajuste, propostos por alguns autores. Uma possível explicação para a subestimativa dos teores de C em relação ao C-CHN pode estar no fato do CHN oxidar e quantificar o C total, inclusive na forma de carvão, material comum em muitos desses solos, enquanto os outros métodos de combustão por dicromato oxidam somente parte desse C (Kerven et al., 2000).

O método do C-Y&B foi modificado no processo de titulação, testando-se o indicador difenilamina em lugar do ácido N-fenilntranílico (C-Y&Bmd). Com base na análise de regressão, pode-se dizer que a modificação não resultou em problemas na determinação do C, portanto os métodos são correspondentes. A vantagem do C-Y&Bmd é que na falta do indicador ácido N-fenilntranílico pode-se empregar a difenilamina.

Tabela 11. Coeficientes das análises de regressão entre os diferentes métodos de determinação de carbono e matéria orgânica para horizontes hísticos.

Y	X	r ²	Intercepto				Reta		
			Mínimo	Médio	Máximo	p (%)	Mínimo	Médio	Máximo
MO mufla	C-CHN	0,93	-	-	-	ns	1,79	1,86	1,93
MO mufla	C-CHN	0,94	28,6	63,5	98,3	0,1	1,56	1,68	1,80
MO mufla	C-WBmod	0,89	-	-	-	ns	2,00	2,10	2,19
C-Embrapa	C-CHN	0,77	18,2	40,8	63,4	0,1	0,41	0,48	0,55
C-WBmod	C-CHN	0,86	4,1	30,6	57,2	2,5	0,69	0,78	0,87
C-Y&B	C-CHN	0,73	45,9	84,8	123,8	0,1	0,63	0,76	0,89
C-Y&Bmd	C-CHN	0,73	65,9	102,1	138,3	0,1	0,58	0,70	0,82
C-Y&Bmd	C-Y&B	0,79	-	-	-	ns	0,91	0,96	1,02
SomaFH	C-CHN	0,98	-	-	-	ns	0,88	0,90	0,92

Intercepto = coeficiente linear; Reta = coeficiente angular

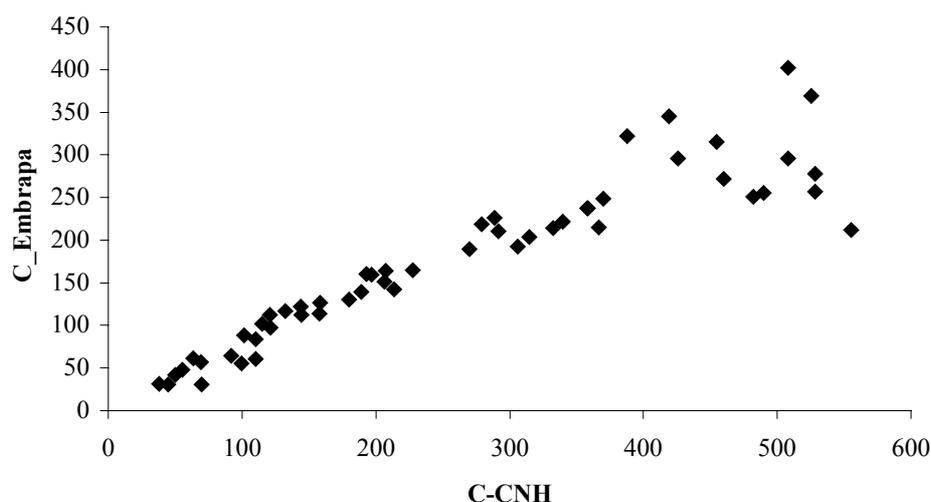


Figura 37. Diagrama de dispersão dos teores de carbono determinados pelo CHN e por Embrapa (1997) em horizontes hísticos.

A Tabela 11 também apresenta o resultado da análise de regressão onde a variável dependente é a MO mufla e a independente é o C_WBmd. Com base nos resultados de C_WBmd pode-se estimar a MO mufla aplicando-se um fator que varia de 2,00 a 2,19 com 95% de probabilidade. Sugere-se o fator 2,10, por ser o valor médio para relacionar estas duas variáveis.

O método de determinação do carbono orgânico C_WBmd (Tedesco et al., 1995) e o método para determinação da matéria orgânica MO mufla parecem ser os mais indicados nas amostras de solos com elevados teores de matéria orgânica, devido a

uma certa facilidade de operação e aos elevados valores dos coeficientes de determinação com o método referência para carbono total, que é o C_{CHN}.

4.5 Fracionamento da Matéria Orgânica

4.5.1 Frações húmicas e suas relações nos Organossolos

No fracionamento da matéria orgânica a fração humina (HUM) mostra a média mais elevada (116,4g kg⁻¹) e predomina na maioria das amostras, porém com alto coeficiente de variação (74%) e alta amplitude, com valores mínimo e máximo de 3,5 e 281,1g kg⁻¹, respectivamente. O método utilizado superestima 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. A fração ácido fúlvico (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 médios (20,8g kg⁻¹) e também a menor variabilidade, com coeficiente de variação de 54% com valor mínimo superior ao mínimo teor da HUM (5,9g kg⁻¹) e o máximo de 57,3g kg⁻¹. Para a fração ácido húmico (FAH) o valor médio foi de 99,2g kg⁻¹ e o coeficiente de variação 58%. O valor mínimo também foi superior ao mínimo da HUM (12,5g kg⁻¹) e o máximo de 208,4g kg⁻¹.

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 (Anexo 1). E 20 amostras apresentaram FAH superior a HUM, sendo a maioria dessas com baixos teores de fibras esfregadas.

O somatório das frações húmicas representou em média 93,9% do carbono orgânico total, utilizando como referência o carbono determinado pelo CHN. Estas duas variáveis apresentam coeficiente de correlação muito alto (0,99, significativo a p=0,000). O percentual de recuperação teve grande variação, na faixa de 55,3 a 191,8%. Porém ela não é uniformemente distribuída (Figura 39), ocorrendo grande variabilidade da recuperação nas amostras com teores relativamente baixos de carbono total, inferiores a 120g 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 apresentam baixa variabilidade, com coeficiente de variação igual a 7% e valor mínimo e máximo, respectivamente, iguais a 76,9 e 108,3%. Foi observada maior variabilidade nos dois sentidos da recuperação, isto é, para valores muito elevados e para baixos valores de carbono orgânico total.

Em amostras com teor de material mineral (%MM) superior a 80% (Figura 39) um efeito similar na variabilidade foi observado. Esses dados demonstram maior fragilidade dos resultados em amostras com teores de carbono total inferiores a 120gkg⁻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. Indicando que a soma das frações húmicas representa de 88 a 92% do carbono total, determinado pelo CHN. A Figura 38 apresenta o diagrama de dispersão e os resultados da análise de regressão.

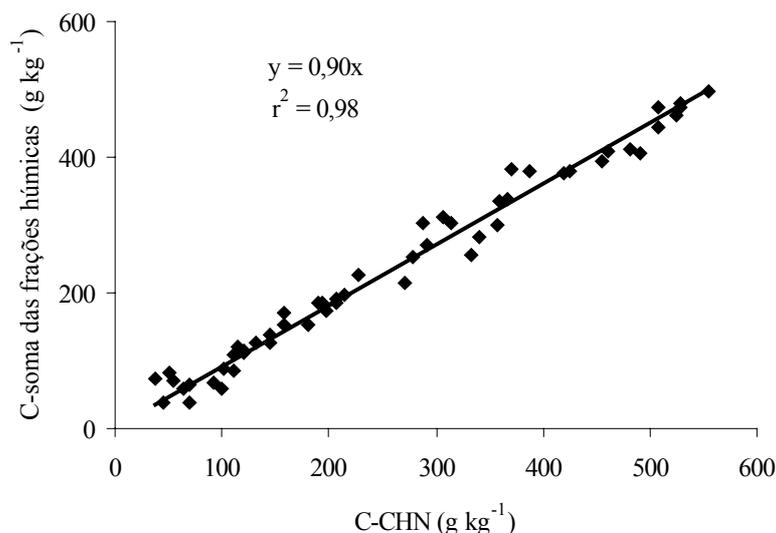


Figura 38. Relação entre a soma das frações húmicas e o carbono total pelo CHN.

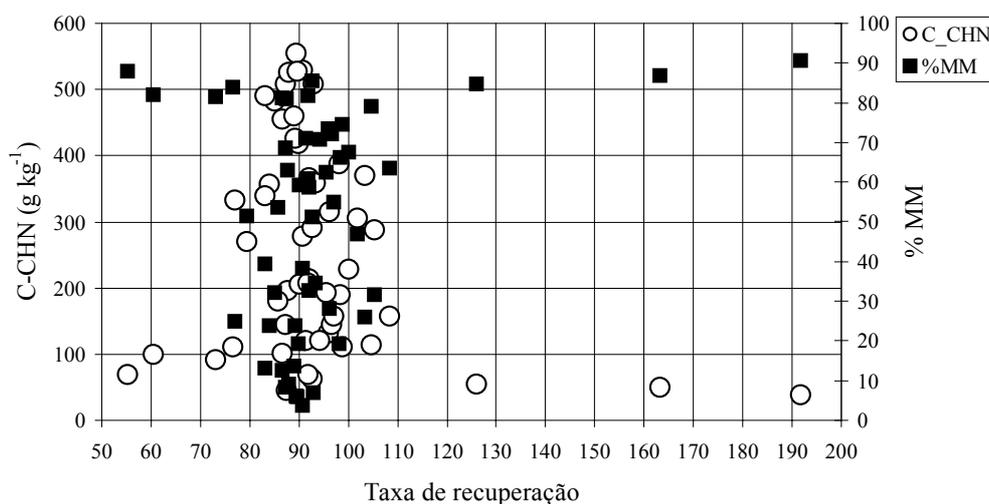


Figura 39. Relação entre a taxa de recuperação, o % de material mineral (MM) e o C total determinado por CHN.

Existe elevada correlação do carbono total com as frações FAH ($r=0,90$) e HUM ($r=0,95$), ambos com coeficientes significativos a $p=0,000$, e inferior com a FAF ($r=0,49$, $p=0,00$). Segundo Schnitzer (1986), apud Benites (1998), 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 menor correlação da FAF com o carbono orgânico total também foi observada por Benites (1998), em solos da Serra do Brigadeiro, MG. Tais resultados refletem a característica de alta solubilidade e mobilidade da FAF no solo (Stevenson, 1982; Benites, 1998). A HUM apresentou correlação positiva e significativa ($r=0,43$, $p=0,01$) com o teor de fibras esfregadas, esperado já que estas são quantificadas na fração HUM. Assim como há correlação positiva ($r=0,40$, $p=0,01$) da FAF com o teor de fibras esfregadas, o que possivelmente é devido a 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 40), indicando que esta fração está intimamente relacionada aos teores de N no solo. A FAH ($r=0,53$), HUM ($r=0,66$), soma das frações húmicas ($r=0,69$), C ($r=0,69$) e o %MM ($r=-0,75$) também apresentaram correlação com os teores de nitrogênio, sendo os coeficientes significativos a $p=0,00$.

A Tabela 12 apresenta os coeficiente de correlação das frações húmicas e do carbono total com as propriedades químicas dos solos: P assimilável, valor S, valor T, pH em KCl, alumínio trocável, H trocável, carbono determinado no extrato alcalino de NaOH (Csoda) a $0,1\text{mol L}^{-1}$ e leituras em colorímetro dos extratos alcalinos a 380, 465 e 665nm. O valor T apresentou correlação positiva e significativa com a FAH, HUM, C, leituras a 380, 465 e 665nm e Csoda. Sendo a correlação mais elevada a observada com a FAH, indicando que esta fração aumenta a CTC do solo, mais do que outros tipos de substâncias húmicas. O valor S apresentou melhor correlação com a FAF e também correlacionou-se com FAH, HUM e C. O Al trocável não apresentou correlação significativa com nenhuma das frações húmicas. O H trocável e o pH em KCl apresentaram boa correlação com FAH, HUM, C, para leituras a 380, 465 e 665nm e Csoda, porém com sinais inversos, sendo positiva a correlação do H trocável e negativa a do pH em KCl. O P assimilável apresentou correlação significativa com a FAF. 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, e parece não possuir correlação com a acidez do solo. Estes resultados são um indicativo de que Organossolos com maior fertilidade natural tendem a promover a degradação do material orgânico e assim a produção da FAF.

A FAF apresentou correlação positiva e significativa, porém não elevada com o Csoda e as leituras do extrato alcalino a 380 e a 465nm. Já a FAH apresentou elevadas correlações positivas com as leituras nessa faixa do espectro e com o Csoda e inferior com a leitura a 665nm, o mesmo foi observado para o C. A HUM apresentou comportamento semelhante ao do C, porém com menores coeficientes de correlação, com exceção da correlação com a leitura do extrato a 665nm. Provavelmente esse é um efeito de colinearidade, causado pela alta correlação da HUM com o C, uma vez que não é esperado essa correlação pelo fato de a HUM não ser solúvel em meio alcalino. A alta correlação das leituras do extrato alcalino a 380nm com o C indica o potencial de se utilizar este método para estimar os teores de carbono (Tabela 12).

A relação C/N não apresentou alta correlação 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 é função do teor da FAF e da soma das frações húmicas (SOMA), como segue:

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

Os valores da relação FAH/FAF variaram de 1,47 a 14,41, indicando haver 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, 1998). Indicando que a oxidação periódica dos horizontes superiores dos solos, devido à oscilação do lençol freático, favorece a formação de compostos orgânicos solúveis, componentes da FAF, em consequência da maior atividade microbológica. Zech et al. (1994), apud Benites (1998), observou maior formação dessas substâncias em solos nos períodos mais quentes e com maior intensidade da atividade microbológica.

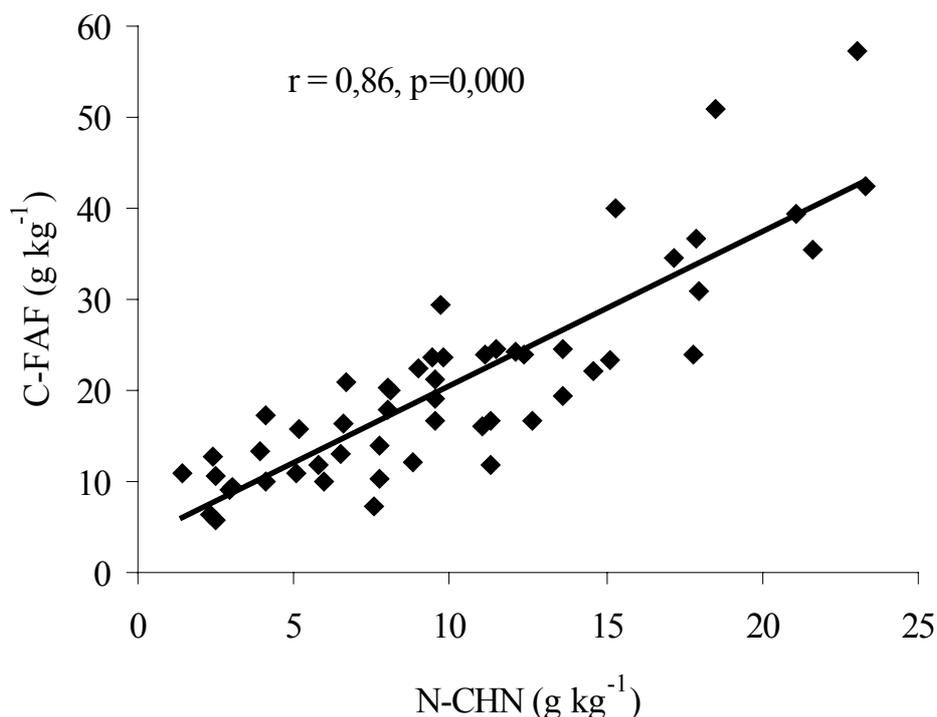


Figura 40. Relação do nitrogênio determinado por CHN com a fração ácido fúlvico (FAF).

Tabela 12. Matriz com os coeficientes de correlação entre FAF, FAH, HUM, C, Valor T, Valor S, P assimilável, H trocável, Al trocável, pH KCl, Csoda e leituras dos extratos alcalinos a 380, 465 e 665nm.

	FAF	FAH	HUM	C	380nm	465nm	665nm	Csoda
Valor T	0,01ns	0,60***	0,44**	0,50***	0,50***	0,58***	0,58***	0,49***
Valor S	0,42**	0,28*	0,28*	0,33*	0,18ns	0,15ns	0,03ns	0,38***
P	0,49***	-0,08ns	0,15ns	0,09ns	-0,02ns	-0,11ns	-0,16ns	0,04ns
H⁺	-0,11ns	0,66***	0,42**	0,50***	0,52***	0,66***	0,72***	0,45***
Al³⁺	-0,13ns	-0,05ns	0,05ns	-0,01ns	0,07ns	0,04ns	-0,01ns	0,00ns
pH KCl	-0,18ns	-0,73***	-0,65***	-0,71***	-0,74***	-0,75***	-0,42**	-0,71***
380nm	0,41**	0,89***	0,87***	0,92***	-	-	-	0,93***
465nm	0,28*	0,92***	0,77***	0,86***	-	-	-	0,88***
665nm	-0,09ns	0,50***	0,12ns	0,29*	-	-	-	0,32*
Csoda	0,54***	0,85***	0,88***	0,93***	-	-	-	-

*** - 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; Csoda = teor de carbono no extrato alcalino de NaOH 0,1mol L⁻¹.

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 (1998), essa relação fornece informações sobre a gênese do solo, identificando zonas de movimentação ou acúmulo de carbono. O autor em seu trabalho observou picos da relação EA/HUM em horizontes espódicos, já 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, um Organossolo formado sob condições de hidromorfismo e com elevados teores de material mineral, com uso atual de pastagem, têm comportamento semelhante ao de Espodossolos, como verificado no trabalho de Benites (1998). Nesse perfil, ocorreu um pico da relação EA/HUM no 3º horizonte (Cg1), que coincide com o aumento do % 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, 1998) para os Organossolos.

4.5.2 Adoção das frações húmicas no 5º ou 6º nível categórico para Organossolos

Como já discutido, as frações húmicas correlacionam-se com diferentes propriedades dos solos e, devido aos elevados valores dessas frações nos Organossolos, podem ser úteis no auxílio à classificação no 5º ou 6º nível categórico. Portanto, para a distinção dos Organossolos ou dos horizontes hísticos propõe-se a seguinte subdivisão de classes, com base nos teores das frações húmicas (FAF e FAH) e nos percentuais do extrato alcalino (EA) em relação a soma das frações húmicas (SOMA):

a) fração ácido fúlvico (FAF) no solo com 20g kg^{-1} 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^{-1} de C ou menos – **hipohúmico** (n=25) e maior do que 90 – **húmico** (n=28); e

c) percentual do EA/SOMA em 50% ou menos – **hipoalcalino-solúvel** (n=24) e maior do que 50% - **alcalino-solúvel** (n=29).

Visando fundamentar as divisões propostas acima, foram realizadas análises estatísticas de comparação de dados entre propriedades dos solos das amostras classificadas segundo a proposta (Tabela 13). Quando os dados seguiram as premissas do modelo (homogeneidade de variâncias e distribuição normal dos erros) para a análise, o teste t de student para média foi o 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 13), 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 características auxiliam na inferência de que solos fúlvicos tendem a apresentar maior fertilidade natural, menor grau de decomposição da matéria orgânica e maior potencial de subsidência.

Na análise entre os hipohúmicos e húmicos (Tabela 13) 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 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 no %EA pode-se verificar diferença no teor de N total, escala de von Post, % de fibras esfregadas, pH em água, Ds e RM (Tabela 13). 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 se mostraram mais decompostos pois apresentaram menores % de fibras esfregadas e maiores valores na escala de von Post e como reflexo do tipo de material orgânico apresentaram maior Ds e RM, indicando menor potencial de subsidência.

A Tabela 14 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 flexibilizar 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, 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 é fundamental a padronização do método para o fracionamento das substâncias húmicas e até mesmo o seu aprimoramento, principalmente em Organossolos e outros solos com horizonte hístico, visando-se separar matéria orgânica leve da humina real do solo. Assim podemos chegar a limites mais precisos entre as classes, nos níveis de família ou série.

Tabela 13. 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 do percentual da FAF+FAH soma total das frações húmicas (%EA).

Variável	Teste utilizado (medida)	Hipofúlvicos (n=28) (Até 20g C kg⁻¹ da FAF)	Fúlvicos (n=25) (> 20g C kg⁻¹ da FAF)
N total (g kg ⁻¹)	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 _c kg ⁻¹)	Mann-Whitney (mediana)	3,95 b	5,80 a
Ds (g cm ⁻³)	Mann-Whitney (mediana)	0,54 a	0,19 b
RM (cm cm ⁻¹)	Mann-Whitney (mediana)	0,251 ^a	0,040b

Variável	Teste utilizado	Hipohúmicos (n=25) (Até 90g C kg⁻¹ da FAH)	Húmicos (n=28) (>90g C kg⁻¹ da FAH)
N total (g kg ⁻¹)	t (média)	7,4 b	12,6 a
Von Post	Mann-Whitney (mediana)	8 a	7 a
Valor S (cmol _c kg ⁻¹)	Mann-Whitney (mediana)	2,6 b	7,4 a
Valor T (cmol _c kg ⁻¹)	Mann-Whitney (mediana)	29,0 b	56,9 a
H + Al (cmol _c kg ⁻¹)	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 ⁻³)	Mann-Whitney (mediana)	0,56 a	0,23 b
RM (cm cm ⁻¹)	Mann-Whitney (mediana)	0,265 a	0,037 b

Variável	Teste utilizado	Hipoalcalino-solúveis(n=24) (Até 50% de EA)	Alcalino-solúveis (n=29) (>50% de EA)
N total (g kg ⁻¹)	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 ⁻³)	Mann-Whitney (mediana)	0,17 b	0,46 a
RM (cm cm ⁻¹)	Mann-Whitney (mediana)	0,029 b	0,197 a

Letras diferentes na mesma linha diferem significativamente a 5%.

Tabela 14. Classificação dos perfis segundo o teor das frações húmicas.

Estados/ Amostras	Frações húmicas		
	Ácido fúlvico, FAF	Ácido húmico, FAH	%EA
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

4.6 Propriedades e Classificação dos Perfis Coletados

A seguir são discutidos aspectos relativos a pedogênese, classificação e principais características dos perfis de Organossolos e solos com horizonte hístico, coletados para este estudo. A descrição dos perfis é apresentada em anexo.

4.6.1 Perfis coletados em regiões altimontanas e bem drenados

Na Tabela 15 estão apresentados os resultados das análises dos perfis coletados em regiões altimontanas.

Tabela 15. Resultados das análises dos perfis coletados em regiões altimontanas.

Amostra	Grau von Post	Fibras		Ds	Dp	DMO	Porosidade	IP	Cor pirofosfato	RM
		esfregadas	%							
PR3 Oo	3	60	0,14	1,24	0,11	0,89	6	10YR 8/2	0,02	
RJ1 A1	4	20	0,54	1,09	0,08	0,50	3	10YR 5/2	0,31	
RJ1A2	6	16	0,96	1,08	0,09	0,11	3	10YR 5/2	0,58	
RJ1 Bi	9	0	0,86	1,10	0,11	0,22	3	10YR 5/2	0,50	
RJ12Bi	9	0	0,85	1,10	0,13	0,23	3	10YR 5/2	0,48	

Amostra	MM	MO	C CHN			C/N	FAF ¹		HUM	SOMA	FAH/FAF	EA/HUM
			g kg ⁻¹	N CHN	C/N		g kg ⁻¹	g kg ⁻¹				
PR3 Oo	19	806,0	418,9	23,0	18	57,3	84,2	235,2	376,7	1,47	0,60	
RJ1 A1	86	143,6	63,5	4,1	15	9,9	21,4	27,5	58,9	2,16	1,14	
RJ1A2	91	93,4	38,0	2,3	17	6,4	12,8	53,6	72,9	1,99	0,36	
RJ1 Bi	87	130,1	49,9	3,0	17	9,3	17,8	54,3	81,4	1,92	0,50	
RJ12Bi	85	153,6	55,3	2,5	22	10,5	28,2	30,9	69,7	2,69	1,25	

Amostra	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Valor S			H ⁺	Valor T	H+Al	Valor V	m	Sat. Na
					cmol _c kg ⁻¹	Al ³⁺	cmol _c kg ⁻¹						
PR3 Oo	1,7	10,8	1,25	1,16	14,9	0,7	24,22	39,8	24,9	37	4	2,9	
RJ1 A1	0	1,2	0,32	0,65	2,2	0,5	23,59	26,3	24,1	8	19	2,5	
RJ1A2	0	0,6	0,10	0,05	0,8	0,2	19,49	20,4	19,6	4	17	0,2	
RJ1 Bi	0	0,6	0,10	0,05	0,7	0,2	28,02	29,0	28,2	3	21	0,2	
RJ12Bi	0	0,6	0,02	0,04	0,7	0,1	24,65	25,4	24,8	3	13	0,2	

Amostra	pH água	pH KCl	pH CaCl ₂	P			
				mg kg ⁻¹	380	465	665
PR3 Oo	5,7	3,7	3,5	226	0,4932	0,4370	0,0172
RJ1 A1	5,13	5,13	3,8	18	0,1403	0,1531	0,0094
RJ1A2	5,13	5,13	4,0	23	0,0928	0,1060	0,0065
RJ1 Bi	5	5	4,0	2	0,1362	0,1391	0,0087
RJ12Bi	5,1	5,1	4,1	2	0,1959	0,2439	0,0216

Ds- densidade do solo; Dp – Densidade das partículas; DMO – densidade da matéria orgânica; IP – índice de pirofosfato; RM – resíduo mínimo; MM – material mineral; MO – material orgânico; FAF – fração ácido fúlvico; FAH – fração ácido húmico; HUM – fração húmica; SOMA – soma das frações húmicas.

a) Perfil PR3

O perfil PR3 foi coletado na Serra da Baitaca, PR, em região próxima à Curitiba, a uma altitude de 1330m. Situa-se no terço superior de elevação com 67% de declive, em relevo montanhoso. É um solo raso, com boa drenagem e horizonte hístico O, assentado diretamente sobre a rocha. Por erosão, o material mineral é perdido, à medida que a rocha é intemperizada, enquanto ocorre a acumulação de material orgânico, favorecida pelas condições de altitude e as baixas temperaturas. Esse perfil de solo fez parte do roteiro da VI RCC (Curcio et al., 2000), quando foi novamente coletado.

O perfil possui horizonte Oo de coloração bruno-acinzentado muito escuro, cor que pode refletir o teor de FAF, uma vez que, de todas as amostras essa foi a que mostrou a menor relação FAH/FAF (1,47). A fração HUM predominou no perfil PR3, em relação as demais frações húmicas, o que é devido aos elevados teores de fibras. Com base no índice de pirofosfato, nas fibras esfregadas e na escala de von Post, o material foi classificado como fíbrico, porém possui muito material humificado, com a soma das frações FAH e FAF igual a 141,5g C kg⁻¹ de solo. A relação EA/HUM foi baixa no PR3, indicando baixa relação de materiais orgânicos alcalino-solúveis em relação àqueles insolúveis, também reflexo do teor de fibras esfregadas. Os altos teores de C, de fibras esfregadas e a cobertura do solo com vegetação nativa favorecem a baixa densidade do solo do horizonte Oo, que foi de 0,14g cm⁻³. A boa drenagem, a elevada

declividade e o baixo teor de material mineral (19%), favorecem a perda de material orgânico mais solúvel do perfil, o que pode explicar o predomínio de HUM no Oo.

Quanto às características químicas, o pH em água é considerado alto (5,7). Observa-se, dentre as bases, o predomínio de Mg^{2+} , reflexo da natureza alcalina das rochas que compõem o substrato mineral. A CTC do horizonte Oo ficou pouco abaixo da média ($39,8 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$) e o valor S próximo desta ($14,9 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$). Apesar dos altos teores de fibras esfregadas, a relação C/N foi de moderada a baixa (18), em função dos elevados teores de N total.

O ambiente de ocorrência desse solo é o mais frágil de todos os perfis coletados, além de apresentar espécies endêmicas, na posição da Serra da Baitaca examinada. A vegetação é totalmente dependente do horizonte Oo e este também é dependente da vegetação primária, indicando que a incidência de fogo na área ou o desmatamento podem comprometer totalmente o ecossistema, levando à uma rápida degradação ambiental. O uso atual desse solo com vegetação nativa, é o mais indicado, uma vez que é inapto à agricultura e possui altíssimo risco de degradação. Até mesmo o turismo ecológico pode, facilmente e em pequeno intervalo de tempo, causar danos irreversíveis ao ambiente.

Segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 1999) este perfil é classificado como NEOSSOLO LITÓLICO Hístico típico, não se enquadrando nos Organossolos devido à pequena espessura do horizonte Oo. Entretanto, sua pedogênese é compatível com a de Organossolos Fólicos. O principal fator de formação são os organismos e o mecanismo é a adição de material da vegetação nativa, sob a influência dos fatores relevo e clima, que favorecem a preservação do material orgânico. Assim, sugere-se a mudança no limite mínimo de espessura para Organossolos, que passaria de 30cm para 20cm de horizonte hístico, em solo com contato lítico e ambiente de altitude, como no PR3. Desta forma, o perfil seria classificado como ORGANOSSOLO FÓLICO Fábriico lítico. Quanto aos níveis inferiores, baseado no critério de teor das frações húmicas e %EA o PR3 é fúlvico, hipohúmico e hipoalcalino-solúvel.

b) Perfil RJ1

Este perfil foi coletado no Parque Nacional de Itatiaia, na região da divisa entre os estados do RJ e MG, entre Engenheiro Pedreira e Itamonte. A altitude é de 1700m sendo coletado em uma encosta com 10% de declive. Sua posição na paisagem é em situação ligeiramente deprimida, no terço inferior da vertente, em interflúvio com forma aproximada de uma sela ou patamar. Portanto está em ambiente de boa drenagem, sem a presença de solos hidromórficos próximos. Porém, como situa-se próximo a base dessa “sela”, recebe sedimentos coluviais das seções mais elevadas. Este processo de adição foi evidenciado pela presença de uma linha de pedras, entre os horizontes Bi e 2Bi, caracterizando uma descontinuidade litológica, como também por calhaus e cascalhos presentes nos horizontes A1 e A2. A posição na paisagem e a declividade favorecem a formação de um perfil de solo profundo (Anexo 1).

O perfil RJ1 apresenta grande diferenciação de horizontes, tendo todos os horizontes altos teores de C, no método do CHN, para horizontes minerais, porém insuficientes para serem classificados como materiais orgânicos e, portanto, como horizontes hísticos. Destacando-se que nos métodos Y&B e da mufla, os horizontes superficiais têm mais de 8% de C. Por esta razão, apesar de sua classificação no SiBCS como Cambissolo, o RJ1 foi incluído na avaliação de solos com horizonte hístico.

O horizonte A1, com profundidade de 0 a 25cm, apresenta grande volume de folhas, galhos, frutos e outras partes de vegetais, os quais têm diâmetros grosseiros e, no

destorroamento e tamisação, foram separados da fração terra fina. A Ds no A1 é baixa ($0,54\text{Mg m}^{-3}$), quando comparada a valores freqüentes em solos minerais, o que resulta da grande quantidade de tecidos vegetais no perfil, corroborada pelo teor de fibras esfregadas de 20%. Porém, em termos de massa do solo, há um predomínio de material mineral com textura média. Se avaliada a fração orgânica do A1 está seria classificada, com base na TFSA, como de material hêmico, porém em toda a massa do horizonte é grande o volume de partes de vegetais. Este horizonte, pelo elevado teor de fibras esfregadas, possui predomínio de matéria orgânica pouco decomposta na fração HUM, tendo relação EA/HUM superior a 1, indicando o predomínio na TFSA de compostos orgânicos alcalino-solúveis. A relação FAH/FAF é baixa, em relação a outros solos.

O horizonte A2 também apresenta tecidos vegetais como o A1, mas em menores quantidade, e possui Ds superior a do A1, que é 0,54 no A1 e $0,96\text{Mg m}^{-3}$ no A2. Já os teores de fibras esfregadas são pouco menores do que os verificados no A1 (Tabela 15), o que também caracteriza matéria orgânica pouco decomposta na fração HUM. A mais baixa relação EA/HUM, nesse horizonte em relação aos demais, pode caracterizar a ocorrência de eluviação incipiente de matéria orgânica no A2.

Embora os horizontes A1 e A2 apresentem cores comuns a horizontes minerais, os horizontes Bi e 2Bi apresentam cor preta N 2/, rara em horizontes minerais. Entretanto, como os teores de C são insuficientes para classificá-los como hísticos, é de se supor que essa cor seja reflexo do capeamento do material orgânico sobre o mineral. Outro fator, que pode estar colaborando com essa cor, é a característica sáprica do material orgânico em sua grande maioria humificado, com predomínio da FAH e da HUM, com humina real, substâncias que apresentam coloração preta.

Os horizontes Bi e 2Bi apresentam propriedades morfológicas muito semelhantes, sendo separados no campo pela presença de uma linha de pedras, caracterizando descontinuidade litológica. Da mesma maneira, as propriedades físicas e químicas são similares, com exceção curiosa das frações FAH e HUM, que no Bi possuem valores três vezes superiores à FAH e no 2Bi seus teores são praticamente iguais. Tais diferenças refletem-se no aumento das relações FAH/FAF e EA/HUM no 2Bi, que pode ser fruto da descontinuidade litológica, que favoreceu mais a formação de FAH neste horizonte (2Bi). Percebe-se também ligeiro aumento do teor da FAF neste horizonte, o que pode caracterizar o processo de podzolização, porém em intensidade insuficiente para classificar o horizonte como espódico.

A relação C/N do perfil é próxima da média (15 a 22). Os valores de pH são acima da média (5,0 a 5,1) e o Al^{3+} é baixo ($0,1$ a $0,5\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$) para solos com elevados teores de matéria orgânica e de regiões altimontanas. Os teores de Ca^{2+} neste solo são praticamente nulos e predomina no complexo sortivo o Mg^{2+} , reflexo da natureza alcalina das rochas que compõem o substrato mineral. Porém o valor S é baixo ($0,7$ a $2,2\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$), sendo um solo com forte distrofismo.

Como o solo se localiza em um parque nacional e se encontra com cobertura de floresta, está com uso adequado. Todavia não é um ambiente tão frágil quanto o PR3 e apresenta uma maior capacidade de suporte para atividades como ecoturismo.

Quanto à classificação, considerando o C_CHN, é um CAMBISSOLO HÚMICO Distrófico típico. No entanto, pelos elevados teores de material orgânico humificado nos horizontes câmbicos, sugere-se no 4º nível categórico o ebânico, para ressaltar a presença desse caráter no horizonte diagnóstico. Os baixos teores de C levam a classificação do RJ1, segundo o teor das frações húmicas, em hipofúlvico, hipohúmico e com base no %EA em hipoalcalino-solúvel epialcalino-solúvel.

4.6.2 Perfis coletados em áreas de baixada, solos hidromórficos

Nesses solos o principal processo de formação é a paludização.

- Solos tiomórficos da planície litorânea

Os resultados das análises dos perfis de solos tiomórficos estão na Tabela 16.

Tabela 16. Resultados das análises dos perfis de solos tiomórficos.

Amostra	Grau von Post	Fibras		Ds	Dp Mg m ⁻³	DMO	Porosidade m ³ m ⁻³	IP	Cor pirofosfato	RM mm ⁻¹	
		esfregadas	%								
AL1 Hop1	2	66	0,06	1,27	0,05	0,95	6	10YR 8/2	0,01		
AL1 Hop2	2	62	0,08	1,11	0,01	0,93	7	10YR 8/1	0,04		
AL1 Cgj	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
AL2 Hdopj	8	24	0,38	1,14	0,20	0,67	1	10YR 5/4	0,12		
AL2 Hdoj1	3	38	0,11	1,23	0,10	0,91	3	10YR 6/3	0,01		
AL2 Hdoj2	3	68	0,08	1,25	0,07	0,94	4	10YR 7/3	0,01		
AL2 Hoj	3	48	-	-	-	-	3	10YR 6/3	-		
AL2 Cgj	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
BA2 Hdj	8	8	0,26	1,19	0,24	0,78	3	10YR 6/3	0,02		
BA2 Hdoj1	4	28	0,14	1,23	0,13	0,89	4	10YR 7/3	0,00		
BA2 Hdoj2	6	28	0,20	1,17	0,15	0,83	4	10YR 7/3	0,03		
BA2 Cgj	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
BA3 Hdopj1	6	24	0,31	1,18	0,25	0,74	3	10YR 6/3	0,04		
BA3 Hdopj2	6	18	0,17	1,23	0,16	0,86	3	10YR 6/3	0,01		
BA3 Hdoj	6	22	0,11	1,23	0,10	0,91	3	10YR 6/3	0,01		
RS4 Hpj	9	6	0,43	1,17	0,33	0,63	1	10YR 5/4	0,07		
RS4 Hdj	8	8	0,13	1,16	0,09	0,89	1	10YR 5/4	0,03		
RS4 Hdoj	8	8	0,15	1,17	0,13	0,87	5	10YR 7/2	0,01		
RS5 Hdpj	9	4	0,36	1,17	0,24	0,69	2	10YR 5/3	0,08		
RS5 Hdj	7	4	0,26	1,16	0,13	0,78	1	10YR 5/4	0,09		
RS5 Cg	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
SC2 Hdoj1	5	18	0,19	1,21	0,17	0,84	2	10YR 6/4	0,02		
SC2 Hdoj2	5	30	0,09	1,2	0,08	0,93	2	10YR 6/4	0,00		
Amostra	MM %	MO	C CHN g kg ⁻¹	N CHN	C/N	FAF ¹	FAH g kg ⁻¹	HUM	SOMA	FAH/ FAF	EA/ HUM
AL1 Hop1	24	760	357,8	21,1	17	39,3	88,5	172,7	300,6	2,25	0,74
AL1 Hop2	84	161	110,4	7,7	14	10,3	27,7	46,5	84,4	2,69	0,82
AL1 Cgj	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AL2 Hdopj	47	531	305,8	12,4	25	23,9	131,0	156,3	311,2	5,48	0,99
AL2 Hdoj1	8	916	508,1	12,1	42	24,3	193,8	225,6	443,7	7,99	0,97
AL2 Hdoj2	13	873	454,7	9,5	48	21,2	139,7	232,7	393,6	6,58	0,69
AL2 Hoj	71	290	120,7	2,9	42	9,2	22,0	79,2	110,4	2,41	0,39
AL2 Cgj	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BA2 Hdj	9	909	525,3	15,1	35	23,2	185,7	252,8	461,7	8,01	0,83
BA2 Hdoj1	4	963	528,5	11,1	48	23,8	188,8	267,2	479,8	7,93	0,80
BA2 Hdoj2	26	740	369,9	9,5	39	16,7	189,5	175,8	381,9	11,37	1,17
BA2 Cgj	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BA3 Hdopj1	19	807	387,6	17,9	22	36,5	159,5	184,3	380,3	4,37	1,06
BA3 Hdopj2	6	939	555,4	11,0	50	16,2	198,9	281,1	496,2	12,31	0,77
BA3 Hdoj	7	929	508,3	12,6	40	16,6	208,4	247,2	472,2	12,52	0,91
RS4 Hpj	24	763	425,7	13,6	31	19,4	160,7	199,4	379,6	8,27	0,90
RS4 Hdj	32	678	482,2	11,3	43	16,6	153,7	240,1	410,4	9,29	0,71
RS4 Hdoj	13	869	490,0	8,8	56	12,1	138,4	256,3	406,8	11,49	0,59
RS5 Hdpj	35	654	358,5	14,6	25	22,3	164,4	147,8	334,5	7,38	1,26
RS5 Hdj	51	488	291,6	11,5	25	24,4	134,0	111,4	269,9	5,48	1,42
RS5 Cg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SC2 Hdoj1	14	865	460,0	18,0	26	30,9	143,1	235,6	409,6	4,63	0,74
SC2 Hdoj2	6	940	528,1	13,6	39	24,5	188,4	260,3	473,2	7,68	0,82

Continuação da Tabela 16.

Amostra	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Valor S	Al ³⁺	H ⁺	Valor T	H+Al	Valor V	m	Sat. Na
	cmol _c kg ⁻¹											%
AL1 Hop1	0,8	1,8	0,14	0,29	3,0	0,6	11,28	14,9	11,9	20	17	1,9
AL1 Hop2	0,5	1,6	0,06	0,04	2,2	1,3	10,09	13,6	11,4	16	37	0,3
AL1 Cgj	0,3	0,5	0,02	0,04	0,9	1,1	3,52	5,5	4,6	16	56	0,7
AL2 Hdopj	0,8	1,2	0,19	0,35	2,5	6,0	33,98	42,5	40,0	6	70	0,8
AL2 Hdoj1	1,0	1,0	0,08	0,25	2,3	6,1	43,24	51,7	49,3	4	72	0,5
AL2 Hdoj2	1,4	0,7	0,06	0,21	2,4	4,1	26,76	33,2	30,9	7	63	0,6
AL2 Hoj	1,4	1,1	0,02	0,05	2,6	49,7	65,47	117,7	115,2	2	95	0,0
AL2 Cgj	1,9	1,5	0,03	0,04	3,5	23,4	32,54	59,4	55,94	6	87	0,1
BA2 Hdj	5,6	3,6	0,12	0,14	9,5	3,3	75,57	88,3	78,9	11	26	0,2
BA2 Hdoj1	2,0	2,2	0,05	0,09	4,3	3,7	64,12	72,2	67,8	6	46	0,1
BA2 Hdoj2	3,8	4,2	0,06	0,18	8,2	8,5	80,11	96,9	88,6	9	51	0,2
BA2 Cgj	6,0	6,1	0,06	0,09	12,2	29,4	51,5	93,1	80,9	13	71	0,1
BA3 Hdopj1	5,9	5,7	0,39	0,28	12,3	1,6	43,28	57,2	44,9	21	12	0,5
BA3 Hdopj2	1,7	3,1	0,10	0,27	5,2	2,6	40,96	48,7	43,6	11	33	0,5
BA3 Hdoj	1,6	3,5	0,15	0,31	5,6	2,6	48,22	56,4	50,8	10	32	0,6
RS4 Hpj	3,4	4,3	0,24	0,09	8,0	5,5	83,60	97,1	89,1	8	41	0,1
RS4 Hdj	4,5	13,4	0,24	0,05	18,2	3,8	66,49	88,5	70,3	21	17	0,1
RS4 Hdoj	4,5	15,4	0,08	0,05	20,0	0,9	45,96	66,9	46,9	30	4	0,1
RS5 Hdpj	8,3	13,4	0,05	0,14	21,9	0,6	52,37	74,9	53,0	29	3	0,2
RS5 Hdj	4,0	6,0	0,09	0,12	10,2	2,2	44,99	57,4	47,2	18	18	0,2
RS5 Cg	1,1	3,7	0,08	0,05	4,9	1,7	27,3	34,0	29,0	15	26	0,2
SC2 Hdoj1	2,9	3,6	0,23	0,16	6,9	2,2	47,47	56,6	49,7	12	24	0,3
SC2 Hdoj2	4,4	3,1	0,23	0,16	7,9	2,1	42,12	52,1	44,2	15	21	0,3
Amostra	pH água	pH KCl	pH CaCl ₂	P			380	465	665			
				mg kg ⁻¹			nm					
AL1 Hop1	4,4	3,5	4,2	35	0,5370	0,3431	0,0179					
AL1 Hop2	4,3	3,4	4,4	19	0,1433	0,0944	0,0048					
AL1 Cgj	3,4	2,4	2,7	0	-	-	-					
AL2 Hdopj	3,2	3,1	4,1	21	0,6343	0,6778	0,0268					
AL2 Hdoj1	3,0	2,3	3,4	0	0,8918	1,0208	0,0302					
AL2 Hdoj2	3,2	2,8	3,7	1	0,7862	0,8451	0,0389					
AL2 Hoj	1,7	1,4	3,0	0	0,3087	0,2490	0,0087					
AL2 Cgj	1,9	1,7	3,2	0	-	-	-					
BA2 Hdj	3,4	1,8	3,1	0	0,8836	1,0446	0,0603					
BA2 Hdoj1	3,2	1,6	2,8	0	0,7903	0,9468	0,0519					
BA2 Hdoj2	2,5	1,8	2,8	0	0,6639	0,9377	0,0703					
BA2 Cgj	1,8	1,6	1,8	0	-	-	-					
BA3 Hdopj1	3,6	2,5	3,6	54	0,7834	0,7283	0,0275					
BA3 Hdopj2	3,5	2,3	3,4	0	1,0132	1,0132	0,0213					
BA3 Hdoj	3,4	2,6	3,5	0	0,8084	0,8696	0,0305					
RS4 Hpj	3,0	1,6	2,8	17	0,7127	0,8834	0,1143					
RS4 Hdj	3,2	2,5	2,9	6	0,5737	0,7053	0,0573					
RS4 Hdoj	3,6	2,9	3,8	5	0,6608	0,6744	0,0390					
RS5 Hdpj	3,7	2,8	3,7	13	0,5237	0,6101	0,0372					
RS5 Hdj	3,5	2,6	3,5	27	0,4240	0,4775	0,0250					
RS5 Cg	4,0	3,1	3,8	75	-	-	-					
SC2 Hdoj1	3,6	2,3	3,2	28	0,6131	0,6131	0,0188					
SC2 Hdoj2	3,3	2,1	3,3	6	0,6387	0,6676	0,0106					

Ds- densidade do solo; Dp – Densidade das partículas; DMO – densidade da matéria orgânica; IP – índice de pirofosfato; RM – residuo mínimo; MM – material mineral; MO – material orgânico; FAF – fração ácido fúlvico; FAH – fração ácido húmico; HUM – fração humina; SOMA – soma das frações húmicas.

a) Perfil AL1

O perfil AL1 foi coletado próximo a margem da lagoa de Jequiá, em Jequiá da Praia, AL. Localiza-se a uma altitude aproximada de 3m, em terraço marinho com 2% de declive, em ambiente de drenagem impedida.

Os horizontes Hop1 e Hop2 apresentam cores e estruturas comuns de horizontes hísticos em ambiente saturado por água, com pequena espessura de material orgânico (Anexo 1). A área onde está o AL1 tem efeito regulador na dinâmica de água superficial, por estar no entorno da lagoa recebendo o excesso das águas, quando ocorrem as cheias. A ausência de sistema de drenagem artificial e a pequena pressão de uso favorecem a formação de horizontes hísticos fibricos, com baixa densidade do solo e baixo resíduo mínimo, sendo um solo com alto potencial de subsidência.

O teor de C no Hop2 é inferior ao verificado no Hop1, porém o elevado teor de fibras está de acordo com o predomínio da fração HUM, em relação as demais frações húmicas. A relação FAH/FAF varia pouco nos horizontes, entre 2,25 e 2,69, respectivamente em Hop1 e Hop2. A relação EA/HUM apresenta valores inferiores a 1 (um) e pouca variação entre os horizontes orgânicos.

De uma forma geral, é um solo com baixa fertilidade natural. Os valores de pH em água estão em torno da média nos Hop1 e Hop2 (4,4 e 4,3), porém o horizonte Cg apresentou maior acidez (pH de 3,4), caracterizando a presença de tiomorfismo. Apesar do ambiente lagunar, com águas apresentando alguma salinidade, o material fibroso com baixa CTC não favoreceu a adsorção de bases, tendo o solo baixa saturação por bases (16 a 20%). O efeito da salinidade é observado apenas no predomínio de Mg^{2+} em relação ao Ca^{2+} , no Na^+ em relação ao K^+ e nos teores de P relativamente elevados nos horizontes hísticos (19 e $35mg\ kg^{-1}$).

A indicação de uso deste solo é a preservação ambiental, localiza-se em área estuarina, definida como de proteção ambiental. Além disso, a pequena espessura do material orgânico, associada a sua natureza fibrica e seus baixos valores de resíduo mínimo, o torna um solo de alto potencial de subsidência. É um solo frágil, com alto risco de degradação ambiental caso ocorra drenagem artificial. Ocorrendo subsidência deste solo, a ponto de reduzir significativamente os teores de C orgânico, o solo formado seria um Neossolo Quartzarênico Hidromórfico, com baixa aptidão agrícola e com baixa capacidade de suporte para atividades humanas em geral.

O perfil AL1 foi classificado como ORGANOSSOLO TIOMÓRFICO Fíbrico térrico, devido aos baixos valores de pH no Cg, que está dentro de 100cm de profundidade. Baseado no teor das frações húmicas, o perfil é hipofúlvico, porém epifúlvico devido ao horizonte superficial, e com base nos teores da FAH é hipohúmico e hipoalcalino-solúvel.

b) Perfis AL2, BA2, BA3, SC2 e RS4

Os perfis AL2, BA2, BA3, SC2 E RS4 terão sua discussão em conjunto, devido às suas semelhanças, sendo destacadas no texto algumas particularidades e propriedades individuais.

Todos estes perfis foram coletados em planícies no litoral brasileiro. O mais distante da região costeira (RS4) localiza-se entre 8 e 10km da Lagoa dos Patos no RS, os demais estão próximos do mar. A influência marinha favoreceu o tiomorfismo nesses solos, ocorrendo valores de pH em água bastante baixos, até mesmo inferiores a 2, com predomínio de pH em torno de 3,5, dentro de uma profundidade de 100 cm. A maioria dos perfis apresenta horizontes hísticos com elevados teores de C, predominantemente

hêmicos, com exceção do RS4 que é sáprico, provavelmente devido à drenagem excessiva e o longo tempo de uso para pastagem.

Como pode ser observado (Anexo 1), apesar das diferenças de latitude dos perfis, desde AL até o RS, os mesmos apresentam muitas semelhanças. Quanto às frações húmicas os horizontes hísticos apresentam predomínio da HUM, em relação as demais frações húmicas, a qual em parte é constituída de humina real e o restante pela matéria orgânica leve, com raras exceções. As relações FAH/FAF são de médias a altas variando de 2,41 a >12, indicando alta proporção da FAH e baixa da FAF nos perfis, e aumentam em profundidade. Talvez a relação FAH/FAF mais baixa nos horizontes superficiais seja devido a maior oxidação dessas camadas, favorecendo a formação de substâncias orgânicas da FAF. No perfil AL2 essa relação diminui nos dois horizontes mais profundos (Hdoj2 e Hoj), o que pode ser reflexo da presença de fragmentos de caules de árvores ainda pouco decompostas, que são fonte de formação de matéria orgânica da FAF. A relação EA/HUM tende a ser baixa nesses solos, com valores inferiores a 1 (um) na maioria dos horizontes. Exceção ocorre no Hdoj2 do BA2 e no Hdoj1 do BA3, com valores de 1,17 e 1,06, respectivamente.

Quanto à fertilidade natural o principal fator limitante é a forte acidez desses solos. Uma estratégia para minimizar a acidez pode ser através da manutenção do nível do lençol freático a cerca de 30cm de profundidade, como discutido na revisão de literatura no item 2.10. Neste caso, tais solos podem apresentar algum potencial para o uso com pastagens naturais ou plantadas. A drenagem excessiva desses solos pode torná-los inaptos à agricultura pela oxidação dos sulfetos a sulfatos e formação de ácido sulfúrico. Dentre os perfis deste grupo, somente o AL2 apresentou uso agrícola por ocasião da coleta. Os elevados teores de C, o material orgânico em estágio intermediário de decomposição e os baixos valores de RM, conferem a estes solos alto potencial de subsidência. Os valores de CTC dos solos variaram de médios a altos (33,2 a 117,7cmol_c kg⁻¹) para Organossolos e a soma de bases foi considerada baixa no AL2 (2,3 a 2,6cmol_c kg⁻¹) e média (4,3 a 21,9cmol_c kg⁻¹) nos demais, porém como o cátion predominante no complexo sortivo foi o H⁺, o valor V foi baixo, inferior a 30% em todos os solos, caracterizando forte distrofismo, mesmo nos horizontes com teores mais altos de bases. A relação C/N nesses solos tende a ser elevada, na maioria das amostras acima de 30, o que pode diminuir a disponibilidade de N.

Todos os perfis foram classificados como ORGANOSSOLOS TIOMÓRFICOS, com variações no terceiro e quarto nível categórico. O perfil BA2 é formado por material predominantemente hêmico e com horizonte Cg (mineral) dentro de 100cm da superfície, sendo classificado, nos níveis de grande grupo e sub-grupo, como Hêmico térrico. O AL2 possui características semelhantes, porém o horizonte Cg ocorre somente a 150cm de profundidade, sendo classificado como Hêmico típico. Os perfis BA3 e SC2 também são hêmicos e o RS4 é sáprico e todos são mais espessos que os BA2 e AL2.

A área de ocorrência dos perfis BA3, SC2 e RS4 foi percorrida e avaliada em diferente pontos, por tradagem, quanto à profundidade do substrato ou horizonte mineral. No perfil SC2, em local próximo a trincheira, foi encontrado substrato arenoso a cerca de 3m de profundidade. Já nos perfis BA3 e RS4 o substrato mineral não foi identificado dentro de uma profundidade de cerca de 3m. Essa grande espessura de material orgânico, superior a 200cm poderia ser utilizada para definir esses Organossolos no 4º nível categórico. De acordo com as classes atuais no SiBCS, os perfis BA3 e SC2 são ORGANOSSOLOS TIOMÓRFICOS Hêmicos, sendo proposto o sub-grupo espesso, ao invés de típico, para ambos. O RS4 é classificado como ORGANOSSOLO TIOMÓRFICO Sáprico típico. De maneira similar à abordada acima sugere-se o sub-grupo espesso para os Organossolos com espessura contínua de

horizontes hísticos superior a 200 cm. A importância em se separar os solos com mais de 200cm de espessura de material orgânico se dá pelo maior tempo necessário para que ocorra a subsidência total, caso seja drenado e usado agricolamente. A presença de troncos de árvores nos perfis BA3, AL2 e SC2 poderia também ser usada, para fins de classificação, nos quinto e sexto níveis categóricos. Baseado no teor da FAF o AL2 é fúlvico endohipofúlvico, o BA2 e BA3 hipofúlvico epifúlvico, o RS4 hipofúlvico e o SC2 fúlvico, a classificação indica que com exceção do RS4 esses perfis foram classificados em superfície como fúlvicos, mas mesmo o RS4 sendo hipofúlvico em superfície o teor da FAF foi limítrofe para ser classificado como fúlvico ($19,4\text{g kg}^{-1}$, Tabela 16). Com base na FAH todos foram húmicos e o AL2 endohipohúmico, refletindo a grande semelhança nos processos pedogenéticos desses solos, em função do ambiente costeiro. E com base no %EA os perfis AL2, BA3, RS4 e SC2 são hipocalcino-solúveis e o BA2 é alcalino-solúvel e epihipocalcino.

c) Perfil RS5

Este perfil foi coletado em Viamão, RS, em uma bacia diferente da bacia do RS4, após o divisor de águas. No momento da coleta o solo estava em pousio, mas é cultivado com arroz em outras épocas do ano.

O perfil RS5 também apresenta caráter tiomórfico, caracterizado pelo pH 3,5 no horizonte Hdj. As principais diferenças em relação aos Organossolos Tiomórficos discutidos anteriormente estão na Ds mais elevada ($0,26$ a $0,36\text{Mg m}^{-3}$), fruto de um teor mais baixo de C, se comparado ao RS4 ($291,6$ a $358,5\text{g kg}^{-1}$), nos horizontes Hdp e Hdj e do baixo teor de fibras (4%), caracterizando estes horizontes como sápricos. Outra particularidade é o predomínio da FAH em relação a HUM e a FAF, apresentando alta relação FAH/FAF (4,6 a 5,5) e EA/HUM entre 1 e 1,5. Apesar do teor de C não ser tão elevado os teores da FAH são acima da média ($134,0$ a $164,4\text{g kg}^{-1}$), resultando em CTC próxima da média (57,4) no horizonte Hdj e acima dessa no Hdp (74,9). O valor S também está em torno da média ($10,2$ a $21,9\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$) com baixa saturação por bases (18 a 29%).

A principal limitação ao uso agrícola é a acidez excessiva, que pode ser ainda aumentada com a drenagem. A relação C/N está próxima da média (25), o que não deve gerar grandes problemas de disponibilidade de N. Apresenta alto potencial de subsidência visto os baixos valores ($0,08$ a $0,09$) de RM.

Como pode ser observado na descrição morfológica, o perfil possui uma camada mineral na profundidade entre 46 e 58cm, acima de um horizonte hístico 2Hd. A camada mineral foi formada por algum episódio pretérito de cheia, que levou a deposição de sedimentos minerais sobre o horizonte 2Hd. O que identifica a deposição sedimentar por ação fluvial, com variação irregular de C orgânico em profundidade. De acordo com o SiBCS, o perfil RS5 é classificado como ORGANOSSOLO TIOMÓRFICO Sáprico típico. Entretanto, pela influência aluvionar na gênese do solo, sugere-se o termo flúvico, para o quarto nível categórico. O sub-grupo flúvico seria definido pela presença de camada ou horizonte de constituição mineral formado por ação fluvial dentro de 100cm de profundidade do solo. Baseado no teor das frações húmicas o RS5 é fúlvico e húmico e no %EA alcalino-solúvel.

- Solos não tiomórficos

Na Tabela 17 estão apresentados os resultados das análises dos perfis de solos hidromórficos não tiomórficos.

Tabela 17. Resultados das análises dos perfis de solos hidromórficos não tiomórficos.

Amostra	Grau von Post	Fibras		Ds	Dp Mg m ⁻³	DMO	Porosidade m ³ m ⁻³	IP	Cor picrofosfato	RM mm ⁻¹
		esfregadas	%							
DF1 Hdp	8	2	0,80	1,12	0,15	0,29	3	10YR 5/2	0,43	
DF1 Hd1	9	2	0,57	1,12	0,15	0,49	2	10YR 4/2	0,28	
DF1 Hd2	9	0	0,39	1,13	0,14	0,65	2	10YR 4/2	0,16	
ES1 Hdp1	9	4	0,65	1,13	0,30	0,42	2	10YR 6/4	0,23	
ES1 Hdp2	7	16	0,70	1,13	0,26	0,38	2	10YR 4/2	0,30	
ES1 Hdo	6	24	0,34	1,14	0,11	0,70	1	10YR 5/4	0,15	
MG1 Hdo	8	24	0,18	1,18	0,11	0,85	3	10YR 6/3	0,05	
MG1 Hd	7	14	0,39	1,13	0,16	0,65	1	10YR 4/3	0,15	
MG1 Cg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
MG1 2Hdo	7	36	0,26	1,11	0,18	0,76	2	10YR 5/3	0,06	
MG2 Hdo1	7	20	0,41	1,11	0,09	0,63	3	10YR 6/3	0,22	
MG2 Hdo2	7	20	0,24	1,14	0,10	0,79	6	10YR 8/2	0,10	
MS2 Hdo	4	16	0,29	1,13	0,09	0,74	2	10YR 5/3	0,14	
MS2 Cg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
MS2 2Hd	10	8	0,86	1,11	0,29	0,22	4	10YR 6/2	0,38	
PR2 Hdp1	9	4	0,66	1,11	0,18	0,40	0	10YR 3/3	0,32	
PR2 Hdp2	10	0	0,47	1,13	0,18	0,58	3	10YR 5/2	0,20	
PR2 Hdp3	10	1,2	0,42	1,13	0,20	0,63	2	10YR 4/2	0,14	
RJ3 Hdp	6	12	0,16	1,17	0,10	0,86	2	10YR 6/4	0,04	
RJ3 Hdo1	4	16	0,17	1,2	0,12	0,86	2	10YR 6/4	0,03	
RJ3 Hdo2	6	28	0,15	1,2	0,11	0,88	1	10YR 6/5	0,02	
RJ3 Ho	5	80	0,15	1,18	0,10	0,87	3	10YR 6/3	0,03	
RJ3 Cg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
RJ4 Hdp1	9	20	0,80	1,11	0,15	0,28	1	10YR 4/3	0,43	
RJ4 Hdp2	9	8	0,96	1,11	0,17	0,14	2	10YR 4/2	0,53	
RJ4 Cg1	9	2	0,97	1,10	0,12	0,12	3	10YR 5/2	0,57	
RJ4 Cg2	9	2	0,82	1,10	0,16	0,25	2	10YR 4/2	0,44	
RJ4 Cg3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
RS3 Hdo	5	16	0,10	1,20	0,04	0,92	5	10YR 7/2	0,04	
RS3 Hd1	8	4	0,46	1,15	0,12	0,60	3	10YR 5/2	0,23	
RS3 Hd2	10	4	0,53	1,11	0,08	0,52	4	10YR 6/2	0,25	
RS3Cg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
SP1 Hp1	9	4	0,58	1,13	0,23	0,49	2	10YR 4/2	0,24	
SP1 Hp2	10	4	0,61	1,11	0,19	0,45	2	10YR 4/2	0,28	
SP1 Cg1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
SP1 Cg2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Continuação da Tabela 17.

Amostra	MM	MO	C CHN	N CHN	C/N	FAF ¹	FAH	HUM	SOMA	FAH/ FAF	EA/ HUM
	%		g kg ⁻¹			g kg ⁻¹					
DF1 Hdp	81	187	101,7	5,8	18	11,8	37,8	38,6	88,2	3,21	1,29
DF1 Hd1	73	265	132,4	6,6	20	16,3	67,3	43,5	127,1	4,14	1,92
DF1 Hd2	63	370	196,6	8,0	25	17,8	119,4	35,1	172,3	6,69	3,91
ES1 Hdp1	54	464	179,8	9,5	19	19,1	47,0	88,0	154,0	2,46	0,75
ES1 Hdp2	63	366	157,7	8,1	19	20,1	53,0	97,7	170,7	2,63	0,75
ES1 Hdo	67	325	227,7	9,7	23	29,3	84,8	113,8	227,9	2,89	1,00
MG1 Hdo	38	615	279,0	15,3	18	40,0	65,9	147,4	253,4	1,65	0,72
MG1 Hd	59	412	213,7	9,8	22	23,6	95,5	77,6	196,7	4,05	1,54
MG1 Cg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MG1 2Hdo	33	672	366,7	17,2	21	34,7	142,9	159,6	337,2	4,12	1,11
MG2 Hdo1	79	209	114,8	7,7	15	14,0	45,1	61,1	120,2	3,22	0,97
MG2 Hdo2	59	407	206,4	11,3	18	11,9	68,5	105,7	186,1	5,77	0,76
MS2 Hdo	71	291	121,1	8,0	15	20,2	52,3	41,4	114,0	2,58	1,75
MS2 Cg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MS2 2Hd	66	337	189,3	7,6	25	7,3	99,4	79,6	186,3	13,66	1,34
PR2 Hdp1	72	279	144,1	6,5	22	13,1	89,5	36,5	139,2	6,81	2,81
PR2 Hdp2	62	376	192,8	6,0	32	10,0	143,4	30,7	184,1	14,41	5,00
PR2 Hdp3	51	485	270,0	6,7	40	21,0	153,7	39,6	214,3	7,31	4,42
RJ3 Hdp	40	605	339,8	21,6	16	35,5	115,3	131,8	282,6	3,25	1,14
RJ3 Hdo1	28	718	314,9	23,3	14	42,6	121,2	139,2	303,0	2,85	1,18
RJ3 Hdo2	25	750	332,3	18,5	18	51,0	104,8	99,7	255,6	2,05	1,56
RJ3 Ho	32	684	288,5	17,8	16	24,0	95,2	184,4	303,6	3,97	0,65
RJ3 Cg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RJ4 Hdp1	81	186	91,7	5,2	18	15,6	30,5	20,9	67,1	1,95	2,21
RJ4 Hdp2	82	179	99,5	4,1	24	17,2	34,2	8,9	60,2	1,99	5,79
RJ4 Cg1	88	121	69,8	2,4	29	12,7	22,4	3,5	38,6	1,76	9,94
RJ4 Cg2	81	281	44,8	1,4	32	11,0	22,1	6,0	39,1	2,00	5,56
RJ4 Cg3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RS3 Hdo	55	450	158,3	9,0	18	22,3	60,9	70,4	153,6	2,73	1,18
RS3 Hd1	75	255	110,3	5,1	22	11,0	52,8	45,2	109,0	4,81	1,41
RS3 Hd2	82	182	69,3	2,5	28	5,9	42,3	15,5	63,6	7,19	3,11
RS3Cg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SP1 Hp1	61	391	207,4	9,4	22	23,7	112,8	53,7	190,2	4,76	2,54
SP1 Hp2	69	313	144,4	3,9	37	13,2	95,1	17,7	126,0	7,19	6,12
SP1 Cg1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SP1 Cg2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Continuação da Tabela 17

Amostra	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Valor S	Al ³⁺	H ⁺	Valor T	H+Al	Valor V	m	Sat. Na
	cmol _c kg ⁻¹										%	
DF1 Hdp	8,6	10,2	0,27	2,02	21,0	0,0	12,21	33,3	12,2	63	0	6,1
DF1 Hd1	1,4	3,9	0,11	0,56	5,9	0,3	28,79	35,0	29,0	17	4	1,6
DF1 Hd2	8,5	10,0	0,10	0,35	18,9	0,1	38,18	57,2	38,3	33	1	0,6
ES1 Hdp1	0,7	1,5	0,38	0,21	2,8	0,8	20,49	24,1	21,3	12	22	0,9
ES1 Hdp2	4,6	3,1	0,19	0,06	7,9	1,5	29,69	39,1	31,2	20	16	0,2
ES1 Hdo	1,7	2,9	0,54	0,28	5,4	0,9	23,52	29,8	24,4	18	14	0,9
MG1 Hdo	0,6	0,9	0,41	1,08	3,0	7,9	21,97	32,9	29,9	9	73	3,3
MG1 Hd	3,2	1,6	0,07	0,91	5,8	1,9	43,64	51,3	45,5	11	25	1,8
MG1 Cg	0,8	0,8	0,09	1,16	2,9	3,1	21,3	27,3	24,4	10	52	4,3
MG1 2Hdo	0,9	0,8	0,11	0,73	2,5	3,6	38,15	44,3	41,7	6	59	1,7
MG2 Hdo1	0,2	1	0,06	0,82	2,1	1,3	11,90	15,3	13,2	14	38	5,4
MG2 Hdo2	2,9	1,3	0,03	0,82	5,1	0,3	23,50	28,9	23,8	18	6	2,8
MS2 Hdo	2,7	0,7	0,05	0,06	3,5	1,6	22,82	27,9	24,4	13	31	0,2
MS2 Cg	4,7	2,0	0,04	0,03	6,8	2,5	24,1	33,3	26,6	20	27	0,1
MS2 2Hd	3,7	2,4	0,06	0,06	6,2	2,2	32,29	40,7	34,5	15	26	0,1
PR2 Hdp1	5,6	3,3	0,42	0,05	9,4	0,7	34,12	44,2	34,8	21	7	0,1
PR2 Hdp2	3,5	1,8	0,17	0,14	5,6	4,5	58,70	68,8	63,2	8	45	0,2
PR2 Hdp3	1,4	1,7	0,20	0,19	3,5	2,9	51,55	57,9	54,5	6	45	0,3
RJ3 Hdp	8,2	13,7	0,57	0,73	23,2	2,4	23,18	48,8	25,6	48	9	1,5
RJ3 Hdo1	12,1	14,8	0,27	0,65	27,8	1,1	18,87	47,7	20,0	58	4	1,4
RJ3 Hdo2	10,1	13,3	0,18	0,59	24,2	1,0	18,64	43,8	19,6	55	4	1,3
RJ3 Ho	9,6	15,5	0,17	0,65	25,9	1,0	32,50	59,4	33,5	44	4	1,1
RJ3 Cg	4,5	11,7	0,38	0,19	16,8	0,4	8,2	25,4	8,6	66	2	0,7
RJ4 Hdp1	2,5	4,7	0,12	0,26	7,6	0,1	20,20	27,9	20,3	27	1	0,9
RJ4 Hdp2	0,4	1,6	0,13	0,48	2,6	0,0	20,30	22,9	20,3	11	0	2,1
RJ4 Cg1	0,3	0,8	0,06	0,02	1,1	0,0	16,83	18,0	16,8	6	0	0,1
RJ4 Cg2	0,5	1,0	0,13	0,65	2,3	0,0	32,01	34,3	32,0	7	0	1,9
RJ4 Cg3	0,1	0,4	0,06	0,05	0,6	0,0	10,4	11,0	10,4	5	0	0,4
RS3 Hdo	1,0	0,9	0,17	0,56	2,6	2,3	25,26	30,2	27,6	9	47	1,9
RS3 Hd1	0,4	0,9	0,05	0,56	1,9	5,8	36,44	44,2	42,2	4	75	1,3
RS3 Hd2	0,3	1,0	0,03	0,65	2,0	9,4	36,64	48,0	46,0	4	83	1,3
RS3Cg	0,7	0,5	0,07	0,73	2,0	8,1	11,9	22,0	20,0	9	80	3,3
SP1 Hp1	0,6	1,5	0,45	0,61	3,2	0,4	57,85	61,4	58,2	5	11	1,0
SP1 Hp2	0,3	1,1	0,12	0,04	1,5	0,3	41,50	43,3	41,7	3	14	0,1
SP1 Cg1	0,0	0,6	0,06	0,04	0,7	0,2	14,4	15,2	14,5	5	18	0,3
SP1 Cg2	0,0	0,6	0,06	0,03	0,7	0,2	7,8	8,6	7,9	8	18	0,4

Continuação da Tabela 17.

Amostra	pH água	pH KCl	pH CaCl ₂	P	380	465	665
				mg kg ⁻¹	nm		
DF1 Hdp	5,9	4,7	4,1	25	0,1953	0,2393	0,0221
DF1 Hd1	5,4	3,7	4,2	18	0,2544	0,3218	0,0316
DF1 Hd2	5,6	3,7	5,3	6	0,2986	0,4426	0,0614
ES1 Hdp1	4,0	3,5	3,7	8	0,4448	0,4981	0,0242
ES1 Hdp2	3,9	3,3	4,2	28	0,3359	0,3218	0,0103
ES1 Hdo	4,0	3,5	3,3	18	0,3429	0,3558	0,0129
MG1 Hdo	4,5	3,7	4,0	1	0,5755	0,5542	0,0290
MG1 Hd	4,6	3,8	4,0	13	0,4942	0,5553	0,0381
MG1 Cg	4,9	4,1	4,2	6	-	-	-
MG1 2Hdo	4,5	3,7	3,9	4	0,6746	0,6994	0,0411
MG2 Hdo1	5,1	4,2	4,6	22	0,3408	0,3408	0,0107
MG2 Hdo2	5,1	4,3	4,6	4	0,2280	0,2100	0,0097
MS2 Hdo	4,4	3,3	4,1	26	0,3485	0,4044	0,0230
MS2 Cg	4,3	3,1	4,1	1	-	-	-
MS2 2Hd	4,3	3,1	4,1	14	0,4345	0,5286	0,0384
PR2 Hdp1	4,4	3,5	3,4	40	0,3377	0,4427	0,0417
PR2 Hdp2	4,1	3,1	4,0	7	0,4442	0,5706	0,0638
PR2 Hdp3	4,5	3,3	4,2	8	0,5093	0,6889	0,0889
RJ3 Hdp	4,8	3,2	4,0	15	0,5600	0,5854	0,0187
RJ3 Hdo1	5,3	3,2	4,6	2	0,5381	0,5632	0,0188
RJ3 Hdo2	4,9	3,5	4,8	11	0,4558	0,4263	0,0146
RJ3 Ho	5,1	3,2	4,2	13	0,4538	0,4123	0,0159
RJ3 Cg	5,5	3,3	4,4	18	-	-	-
RJ4 Hdp1	5,5	4,3	4,4	23	0,2120	0,2572	0,0253
RJ4 Hdp2	5,9	4,1	4,9	2	0,2150	0,2597	0,0246
RJ4 Cg1	5,9	4,0	4,6	0	0,1456	0,1865	0,0174
RJ4 Cg2	5,8	3,9	4,4	0	0,2883	0,3889	0,0476
RJ4 Cg3	5,9	4,0	4,5	4	-	-	-
RS3 Hdo	4,0	3,4	3,9	4	0,3591	0,3835	0,0180
RS3 Hd1	4,0	3,2	3,8	1	0,3252	0,3252	0,0297
RS3 Hd2	4,1	3,1	3,8	1	0,2861	0,3061	0,0318
RS3Cg	4,3	3,0	3,7	20	-	-	-
SP1 Hp1	5,2	3,2	4,4	4	0,3687	0,4694	0,0530
SP1 Hp2	5,1	3,5	4,4	1	0,2789	0,4338	0,0436
SP1 Cg1	4,9	3,2	4,4	2	-	-	-
SP1 Cg2	5,1	3,3	4,0	3	-	-	-

Ds- densidade do solo; Dp – Densidade das partículas; DMO – densidade da matéria orgânica; IP – índice de pirofosfato; RM – resíduo mínimo; MM – material mineral; MO – material orgânico; FAF – fração ácido fúlvico; FAH – fração ácido húmico; HUM – fração húmica; SOMA – soma das frações húmicas.

a) Perfil RJ3

O perfil RJ3 foi coletado em São José da Boa Morte, RJ, a uma altitude de aproximadamente 40m, em uma área extensa de várzea, anteriormente litorânea mas que hoje não possui influência marinha, somente fluvial. A área passou a ser usada para fins agrícolas cerca de uma década atrás, com a realização de macro drenagem a cerca de duas décadas.

O perfil RJ3 apresenta cores escuras (Anexo 1) características de Organossolos e o material quando exposto ao ar tende a se escurecer ainda mais, sugerindo um processo oxidativo de compostos orgânicos. No campo, o material apresentava características de material fibrico, com muitos fragmentos de tecido vegetal de tifáceas pouco decompostos, porém a pequena resistência desses tecidos à ação mecânica, na determinação das fibras esfregadas em laboratório, fez com que o perfil fosse classificado como hêmico. O que também foi indicado pelos baixos valores do índice de pirofosfato, de 1 a 3.

É um solo com altos teores de C (288,5 a 339,8g kg⁻¹), baixa densidade do solo (0,15 a 0,17Mg m⁻³) e baixo RM (0,02 a 0,04m m⁻¹). Os teores de fibras esfregadas (12, 16, 28 e 80%), que aumentam em profundidade, podem estar refletindo a drenagem e o manejo agrícola relativamente recente da área. É um solo com alto potencial de subsidência. O horizonte Cg é maciço com baixa condutividade hidráulica e quando seco fica extremamente duro, indicando que a secagem extrema desse horizonte pode causar endurecimento irreversível.

O perfil apresenta FAF acima da média (24,0 a 51,0g kg⁻¹) e predomínio da fração HUM, que é uma mistura de humina real e de matéria orgânica leve. A relação FAH/FAF encontra-se entre 2 e 4, não tão elevada como as observadas em outros solos discutidos anteriormente. A relação EA/HUM varia entre 1,14 e 1,56 nos três horizontes superficiais, mais decompostos e é inferior a 1 (0,65) no Ho, de natureza fibrica.

O perfil apresenta baixa relação C/N (14 a 18), CTC próxima da média (43,8 a 59,4cmol_c kg⁻¹), o pH em água (4,8 a 5,3), a soma de bases (23,2 a 27,8cmol_c kg⁻¹) e o valor V% (44 a 58%) são altos, inclusive os horizontes Hdo1 e Hdo2 são caracterizados como eutróficos. O RJ3 é o perfil de maior fertilidade, dentre os discutidos nesse item. Mesmo no banco de dados a partir de levantamentos de solo, são observados poucos solos mais férteis do que o RJ3. Entretanto, é um solo relativamente raso, com 90cm de espessura de material orgânico e com alto potencial de subsidência. Apresenta potencial de uso conflitante, pois embora tenha alto potencial produtivo também apresenta alto risco de degradação. Para a sustentabilidade de sistemas agrícolas na área do assentamento em São José da Boa Morte, deve-se evitar a drenagem excessiva, diminuir a intensidade das práticas de aração e gradagem, evitar o tráfego de máquinas e, especialmente, eliminar a prática da queima de resíduos culturais e da vegetação espontânea, sendo indicados métodos de cultivo mínimo.

As características de alto teor de matéria orgânica (>65%) e baixa densidade, indicam que o RJ3 seria melhor classificado como um Organossolo Háptico. Entretanto, de acordo com as classes e critérios no SiBCS, ele é identificado no nível de subordem como México, pois os dois horizontes superficiais, que recebem maior influência do manejo com uso de máquinas agrícolas, apresentam densidade do solo de 0,16 e 0,17Mgm⁻³, ligeiramente superior ao limite de 0,15Mg m⁻³ adotado no SiBCS. Este perfil é um bom exemplo da razão para propor o uso da densidade do solo como característica acessória e não diagnóstica na classificação dos Organossolos. Portanto, propõe-se para o RJ3 a classificação de ORGANOSSOLO HÁPTICO Hêmico térrico, ressaltando no nível de família a característica de eutrofismo. Baseado no teor das

frações húmicas o RJ3 é fúlvico, húmico e no % EA é alcalino-solúvel endohipoalcalino-solúvel.

Vale destacar que, apenas com base na morfologia, é difícil diferenciar no campo os Organossolos Mésicos dos Háplicos. Além do que, como observado na Figura 16, somente 12% das amostras dos horizontes inseridos no banco de dados compilados dos diversos levantamentos estão dentro dos critérios estabelecidos pelo SiBCS com base na densidade. Portanto sugere-se o agrupamento das duas subordens, Mésicos e Háplicos, mantendo-se o nome Háplico e, em níveis inferiores, separar os solos com base no teor das frações húmicas, atributo este que apresenta como características acessórias, entre outras, a densidade do solo.

b) Perfil ES1

Este perfil foi coletado a uma altitude de aproximadamente 15m em Mimoso do Sul, ES, em terraço aluvionar próximo de um córrego, em terreno com risco de alagamento.

A análise da morfologia dos horizontes Hdp1 e Hdp2 (Anexo 1), principalmente da cor cinzenta do Hdp2 e da textura dos dois horizontes, sugere a influência de sedimentos minerais depositados por enchentes sobre os materiais orgânicos, favorecendo a gênese de uma estrutura bem desenvolvida, identificada como moderada a forte pequena granular. Porém, o teor de C e matéria orgânica, determinados pelos vários métodos, é suficiente para classificar os materiais como orgânicos. Provavelmente, a morfologia similar a de horizontes minerais seja devido a forte interação entre os materiais orgânico e mineral, principalmente com a fração argila, adicionada nos períodos de inundação. As demais propriedades morfológicas do Hdo confirmaram, no campo, quanto à sua natureza orgânica.

O ES1 apresenta uma camada de material orgânico de espessura inferior a 200cm, com valores intermediários de C (157,7 a 227,7g kg⁻¹), sendo os 40cm superficiais de material sáprico e de 40 a 100cm é hêmico. Os dois primeiros horizontes apresentam alta Ds (0,65 e 0,70Mg m⁻³) e alto RM (0,23 a 0,30m m⁻¹), demonstrando que este solo está em processo avançado de subsidência, o que também explica a morfologia atípica. Já o Hdo apresenta Ds (0,34Mg m⁻³) e RM (0,15m m⁻¹) um pouco abaixo da média, sendo um horizonte com potencial moderado de subsidência enquanto os superficiais Hdp1 e Hdp2 apresentam baixo potencial.

A fração HUM é predominante no perfil, que possui baixos valores de relação EA/HUM, entre 0,75 e 1. Porém a HUM em superfície (horizontes Hdp1 e Hdp2) é predominantemente composta de humina real e em subsuperfície (Hdo) também apresenta matéria orgânica leve. A relação FAH/FAF encontra-se entre 2 e 3, pouco abaixo da média.

Os valores da relação C/N são próximos da média (19 a 23), o que não deve causar forte deficiência de N, os solos são ácidos, com pH abaixo da média (3,9 a 4,0), baixa CTC (24,1 a 39,1cmol_c kg⁻¹) e baixa soma de bases (2,8 a 7,9cmol_c kg⁻¹), sendo portanto considerado um solo pobre. Devido ao risco de enchente, o potencial para a agricultura fica restrito aos meses mais secos do ano ou a culturas adaptadas.

Quanto à classificação do ES1 no SiBCS, dentre os 100cm superficiais 60cm são de material hêmico, assim temos um ORGANOSSOLO MÉSICO Hêmico típico. A característica de os horizontes superficiais serem de natureza sáprica deverá ser ressaltada em nível de família. Baseado no teor das frações húmicas o ES1 é fúlvico endohipofúlvico e hipohúmico, e no %EA hipoalcalino-solúvel.

- Solos hidromórficos de regiões interioranas do Brasil

a) Perfil RJ4

O perfil RJ4 foi coletado em área de fundo de vale com relevo plano, inserida em relevo regional forte ondulado no domínio de Mar de Morros, no estado do RJ, município de Nova Friburgo. A altitude aproximada é de 800m e o relevo é fortemente ondulado a montanhoso.

A maioria dos horizontes do perfil RJ4 apresenta baixos teores de C, sendo esta a variável utilizada para separar os horizontes em H ou Cg. O material orgânico é predominantemente sáprico, entretanto Hdp1 apresenta um teor maior de fibras esfregadas, as quais são mais devidas às raízes mortas da brachiária que ao grau de decomposição do material orgânico original, sendo assim discutível a sua classificação como hêmico, por esse critério. A difícil diferenciação entre as fibras herdadas e atuais é uma limitação do critério de teor de fibras para qualificar a natureza do material orgânico.

Quanto às frações húmicas os quatro primeiros horizontes superficiais do perfil Hdp1, Hdp2, Cg1 e Cg2, apresentam predomínio da fração FAH. As relações FAH/FAF são baixas, em torno de 2 ou menos, indicando baixa proporção da FAH sobre a FAF. A relação EA/HUM tende a ser alta, variando de 2,2 a 9,9, com a presença de um pico, característico de horizonte espódico no horizonte Cg1, coincidindo com o aumento do teor de material mineral. Provavelmente isso ocorreu pela afinidade que as frações alcalino-solúveis possuem pela matriz mineral do solo, de textura argilosa. Dentre os perfis estudados este é o único que apresentou valores da relação EA/HUM superiores aos da FAH/FAF.

Quanto à fertilidade natural o principal fator limitante é a baixa soma de bases (7,6 no horizonte Hdp1, mas inferior a $3\text{cmol}_c\text{ kg}^{-1}$ nos demais) e o caráter distrófico. Os valores de pH em água são elevados (5,5 a 5,9), com ausência de Al tóxico. Apresenta baixa CTC (22,9 a $27,9\text{cmol}_c\text{ kg}^{-1}$) para Organossolos. A relação C/N está em torno da média (18 a 32).

É um solo com baixíssimo potencial de subsidência devido aos baixos teores de C (inferiores a 100g kg^{-1}), alta DS (0,80 a $0,97\text{Mg kg}^{-1}$) e altos valores de RM (0,43 a $0,57\text{m m}^{-1}$). O uso atual com pastagem se torna sustentável, desde que respeitada a capacidade de suporte animal. Na região serrana, tais solos são os que apresentam melhor aptidão agrícola, podendo conduzir a elevadas produtividades, principalmente de oleráceas.

No SiBCS o RJ4 é classificado como ORGANOSSOLO MÉSICO Sáprico terrico, por apresentar horizonte mineral dentro de 100cm de profundidade. Porém, tem características intermediárias para um Gleissolo Melânico. Caso seja manejado de maneira a favorecer a oxidação da matéria orgânica e diminuir sua adição, será transformado neste. Baseado no teor das frações húmicas o RJ4 é hipofúlvico e hipohúmico, refletindo os baixos teores de matéria orgânica, e com base no %EA alcalino-solúvel.

b) Perfis MG1 e MG2

Os perfis MG1 e MG2, assim como o RJ4, foram coletados em terraços aluviais inseridos no domínio do Mar de Morros. O MG1 foi coletado em Juiz de Fora, MG, e tem uma altitude de 874m. O MG2 localiza-se na fazenda experimental da Embrapa Gado de Leite, em Coronel Pacheco, MG, a uma altitude de 432m.

O perfil MG1 apresenta teores de C mais elevados do que o MG2 (213,7 a 366,7 o MG1 e 114,8 a 206,4g kg⁻¹ o MG2). O material orgânico é predominantemente hêmico, com exceção do Hd do MG1. Quanto às frações húmicas os horizontes hísticos apresentam predomínio da fração HUM, a qual, pelo material ser hêmico, é constituída tanto de humina real como de matéria orgânica leve. A exceção do horizonte 2Hdo onde predomina a FAH. Esse horizonte ocorre abaixo de um horizonte mineral Cg, formado em algum episódio deposicional, de maneira similar ao perfil RS5. A relação FAH/FAF é baixa no horizonte Hdo do MG1 (1,6) e varia entre 3,2 e 5,8 nos demais horizontes dos dois perfis. A relação EA/HUM tende a ser baixa, variando de 0,7 a 1,5.

Quanto à fertilidade natural, o principal fator limitante é a baixa soma de bases (2,1 a 5,8cmol_c kg⁻¹) e o caráter distrófico. Os valores de pH em água são pouco acima da média (4,5 a 5,1), com presença de Al tóxico. Apresenta baixos valores de CTC (15,3 a 51,3cmol_c kg⁻¹) para Organossolos. A relação C/N varia de média a baixa (15 a 22).

São solos com moderado a alto potencial de subsidência devido à DS (0,18 a 0,41Mg m⁻³) e aos valores de RM (0,05 a 0,22m m⁻¹). O perfil MG1 apresenta melhor drenagem e maior espessura de material orgânico do que o MG2 (Anexo1), resultando em maior aptidão agrícola. O perfil MG2 recebe água de duas encostas, estando em uma zona de surgência e ocupa uma pequena área na paisagem, motivo para recomendar que seu uso seja com vegetação nativa.

No SiBCS o perfil MG1 é classificado como ORGANOSSOLO MÉSICO Hêmico típico, mas, da mesma forma que no RS5, sugere-se o caráter flúvico no quarto nível. O MG2 é classificado como ORGANOSSOLO MÉSICO Hêmico térrico. Baseado no teor das frações húmicas o MG1 é fúlvico e húmico epihipohúmico, enquanto o MG2 é hipofúlvico e hipohúmico. No %EA o MG1 é alcalino-solúvel epihipoalcalino-solúvel e o MG2 hipoalcalino-solúvel.

c) Perfis DF1, MS2, SP1, PR2 e RS3

Os perfis DF1, MS2, SP1, PR2 e RS3, além de estarem localizados no interior do território brasileiro, têm em comum muitas propriedades, apesar dos diferentes ambientes de ocorrência. O DF1, coletado em Guará, DF, em uma vereda em área de Cerrado, a uma altitude superior a 700m. O MS2 foi coletado no vale do Rio Paraná, na localidade de Porto Morumbi, MS, a uma altitude de 280m. O SP1 foi coletado no vale do Rio Paraíba do Sul, em Taubaté, SP, a uma altitude superior a 400m, no domínio de Mata Atlântica, mas com cobertura atual de gramíneas. O perfil PR2 foi coletado em Tijucas do Sul, PR, a uma altitude de 850m, no ambiente das Florestas Mistadas de Araucária; assim como o RS3, que foi coletado no Parque Nacional de Aparados da Serra, em Cambará do Sul, RS, a uma altitude de 890m, ocorrendo também na área do parque os campos naturais.

Os perfis DF1, MS2, SP1, PR2 e RS3 apresentam em comum teores medianos na maioria dos horizontes entre 100 e 300g kg⁻¹ de C e são predominantemente sápricos, com exceção de alguns horizontes que possuem maior quantidade de raízes. A Ds na maioria dos horizontes varia de média a alta, entre 0,39 e 0,80Mg m⁻³, com exceção do Hdo1 do RS3 que é um horizonte com material orgânico hêmico e densidade de 0,10Mgm⁻³. O RM varia de médio a alto (0,14 a 0,43m m⁻¹, excluindo RS3Hdo), e o conjunto dessas características faz com que esses solos tenham potencial de subsidência de moderado a baixo. Tal característica favorece a exploração agrícola desses solos, desde de que não se localizem em áreas de proteção ambiental.

Outra característica marcante nesses solos é o predomínio da fração FAH sobre a HUM e a FAF. O que resulta em elevados valores da relação EA/HUM, na maioria das

amostras acima de 2, podendo chegar a 6,1, como no horizonte Hdp2 do SP1. Os horizontes com menores valores dessa relação, numericamente, estão entre 1 e 2, em nenhum caso ela é inferior a 1. O que mostra o predomínio dos compostos alcalino-solúveis em relação a humina, que é insolúvel nesses solos sápricos do interior brasileiro. O teor mais elevado de material mineral (>51%) nesses solos, pode favorecer o predomínio da FAH, haja vista a afinidade entre os constituintes orgânicos e a fração mineral, principalmente argila. A relação FAH/FAF também é elevada na grande maioria das amostras, normalmente superior a 4.

Quanto à fertilidade a maioria dos solos apresenta soma de bases inferior a média (inferior a $8,0\text{cmol}_c\text{ kg}^{-1}$) e baixos a médios valores de pH (4,0 a 5,2), caracterizando solos de baixa fertilidade entre os Organossolos. A exceção se dá ao perfil DF1 que apresenta soma de bases no Hdp e no Hd2 superior a média ($18,9$ a $21,0\text{cmol}_c\text{ kg}^{-1}$) sendo o primeiro eutrófico. Até mesmo o perfil RS3 apresenta forte acidez (pH em água igual a 4,0 e 4,1) e baixa fertilidade, mesmo sendo formado em região de basalto. A relação C/N é bastante variável nesses solos, sendo observados valores que variam de baixo a alto (15 a 40).

Características tão similares resultaram em uniformidade na classificação, segundo o SiBCS, até o terceiro nível categórico, sendo todos os perfis ORGANOSSOLOS MÉSICOS Sápricos. No quarto nível, os perfis MS2, SP1 e RS3 são térricos e DF1 e PR2 são típicos. Baseado no teor das frações húmicas há maior diferenciação entre os perfis sendo o DF1 hipofúlvico e hipohúmico endohúmico, o MS2 fúlvico e hipohúmico, o PR2 hipofúlvico endofúlvico e húmico, o RS3 hipofúlvico epifúlvico e hipohúmico e o SP1 hipofúlvico epifúlvico e húmico. Quanto ao %EA foram todos alcalino-solúveis.

4.6.3 Classificação dos perfis no sistemas brasileiro, Soil Taxonomy e FAO

Os perfis coletados para a execução do presente trabalho foram classificados segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 1999), o Soil Taxonomy (Estados Unidos, 1999) e o mapa mundial de solos: legenda revisada (FAO, 1988), com o objetivo de se comparar esses diferentes sistemas. A Tabela 18 apresenta a classificação dos perfis.

Comparando os três sistemas de classificação apresentados na Tabela 18, verifica-se que o da FAO (1988) apresentou menor discriminação entre os solos. O que pode ser explicado pela proposta inicial da FAO, que objetivou a elaboração de uma legenda para o mapa de solos mundial, fazendo com que, na escala proposta, não houvesse um grande nível de detalhamento com muitas subdivisões dos solos.

O sistema do Estados Unidos (1999) apresentou certa limitação na classificação dos solos com presença de materiais sulfúricos ou sulfídricos. O perfil AL1 apresenta material orgânico fíbrico, como o Soil Taxonomy não reconhece Fibrists com atributos de tiomorfismo o perfil foi classificado como Sulfihemists, mas o que expressaria melhor sua classificação seria o grande grupo “Sulfofibrists”, que não existe no sistema. Já os grandes grupos Sulfohemists e Sulfosapristis só admitem o subgrupo Typic, mas também a melhor classificação para o perfil BA2 seria Terric. O perfil RS5 classificado como Typic Sulfosapristis seria melhor classificado caso fosse admitido o subgrupo Fluvaquentic no grande grupo Sulfosapristis como observado para o perfil MG1 que é um Fluvaquentic Haplohemist.

Tabela 18. Classificação dos perfis segundo diferentes sistemas

Perfil	SiBCS (Embrapa, 1999)	Estados Unidos (1999)	FAO (1988)
AL1	ORGANOSSOLO TIOMÓRFICO Fíbrico térrio	Terric Sulfohemists	Histosol tiônico
AL2	ORGANOSSOLO TIOMÓRFICO Hêmico típico	Typic Sulfohemists	Histosol tiônico
BA2	ORGANOSSOLO TIOMÓRFICO Hêmico térrio	Typic Sulfohemists	Histosol tiônico
BA3	ORGANOSSOLO TIOMÓRFICO Hêmico típico	Typic Sulfohemists	Histosol tiônico
DF1	ORGANOSSOLO MÉSICO Sáprico típico	Typic Haplosaprists	Histosol térrio
ES1	ORGANOSSOLO MÉSICO Hêmico típico	Hydric Haplohemists	Histosol térrio
MG1	ORGANOSSOLO MÉSICO Hêmico típico	Fluvaquentic Haplohemists	Histosol térrio
MG2	ORGANOSSOLO MÉSICO Hêmico térrio	Hydric Haplohemists	Histosol térrio
MS2	ORGANOSSOLO TIOMÓRFICO Sáprico térrio	Terric Haplosaprists	Histosol térrio
PR2	ORGANOSSOLO MÉSICO Sáprico típico	Typic Haplosaprists	Histosol térrio
PR3	NEOSSOLO LITÓLICO Hístico típico	Lithic Udifolists	Histosol fólico
RJ1	CAMBISSOLO HÚMICO Distrófico típico	Humic Pachic Dystrudepts	Cambisol húmico
RJ3	ORGANOSSOLO HÁPLICO Hêmico térrio	Hydric Haplohemists	Histosol térrio
RJ4	ORGANOSSOLO MÉSICO Sáprico térrio	Humaqueptic Endoaquents	Gleysol úmbrico
RS3	ORGANOSSOLO MÉSICO Sáprico térrio	Terric Haplosaprists	Histosol térrio
RS4	ORGANOSSOLO TIOMÓRFICO Sáprico típico	Typic Sulfosaprists	Histosol tiônico
RS5	ORGANOSSOLO TIOMÓRFICO Sáprico típico	Typic Sulfosaprists	Histosol tiônico
SC2	ORGANOSSOLO TIOMÓRFICO Hêmico típico	Typic Sulfohemists	Histosol tiônico
SP1	ORGANOSSOLO MÉSICO Sáprico térrio	Terric Haplosaprists	Histosol térrio

O perfil RJ3 no sistema Embrapa (1999) foi classificado como ORGANOSSOLO HÁPLICO, se diferenciando da maioria dos solos que foram classificados como Mésicos. Nos sistemas Estados Unidos (1999) e FAO (1988) não foi verificada essa separação, sendo o RJ3 um Haplohemist no Estados Unidos e Histosol térrio no sistema FAO, o que está de acordo com o proposto para esse perfil no item anterior.

O perfil PR3, classificado segundo Embrapa (1999) como NEOSSOLO LITÓLICO Hístico típico, nos dois outros sistemas foram classificados como “Folists”, sendo Lithic Udifolists no Soil Taxonomy e Histosol fólico no da FAO.

Sobre o perfil RJ1, o mesmo foi classificado como CAMBISSOLO HÚMICO (Embrapa, 1999) e seus equivalentes nos três sistemas. O perfil RJ4, que devido aos baixos teores de carbono orgânico para material orgânico, da mesma maneira como o RJ1, não foi classificado no sistema Estados Unidos (1999) e no da FAO (1988) como Histosol, sendo o horizonte superficial identificado como húmico e o solo como Entisol no Soil Taxonomy, conduzindo a classe Humaqueptic Endoaquents, e no da FAO como Gleysol úmbrico.

Apesar das diferenças destacadas acima, os três sistemas taxonômicos apresentaram boa correspondência entre si. Os solos foram separados pelo ambiente de ocorrência, principalmente os fólicos e os tiomórficos, ou grau de decomposição do material orgânico. Observa-se que o sistema da FAO (1988) agrupou um maior número

de solos do que os demais sistemas, com apenas cinco classes de solos distintas. O Estados Unidos (1999) apresenta poucas diferenciações no quarto nível, de acordo com o grande grupo, necessitando ampliar o número de subgrupos para os solos com tiomorfismo. Quanto ao SiBCS (Embrapa, 1999), além de outras considerações feitas anteriormente, sugere-se a união dos Háplicos e Mésicos no segundo nível categórico e, no quarto nível, parece importante adotar novos subgrupos como por exemplo flúvico.

4.7 Análise de Componentes Principais Aplicada ao Agrupamento dos Solos

Atributos dos solos como o ambiente de ocorrência (local) e a presença de horizonte mineral dentro de 100cm de profundidade ou 200cm (térrico) foram selecionados para a análise dos componentes principais. Também propriedades referentes às médias dos horizontes hísticos de cada perfil, quais sejam: teor de fibras esfregadas (fib_esfr), densidade do solo (Ds), teor de carbono determinado pelo CHN (CO_CHN), pH em água, teor de FAF, FAH e HUM, relação FAH/FAF, EA/HUM e FAH/HUM. As variáveis qualitativas foram transformadas em números e todas foram normalizadas. A análise dos componentes principais considerou os dois primeiros fatores, que tiveram Eigenvalue acumulado de 73,1%. A Tabela 19 apresenta os escores de cada variável para os fatores de ordem 1 e 2. A Figura 41 (a e b) mostra o agrupamento dos solos com base em sua classificação no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 1999). Para produzir a Figura 41, os valores normalizados de cada variável de cada perfil foi multiplicado pelo seu escore equivalente e efetuada a soma de todos esses produtos.

Tabela 19. Escores dos fatores 1 e 2 da análise dos componentes principais para os perfis coletados no estudo.

Variável	Fator 1	Fator 2
Térrico	-0,35415	-0,5588
Fib_esfr	-0,4711	0,753295
Ds	0,879468	-0,25993
CO_CHN	-0,94071	-0,07353
pHágua	0,738419	0,457213
FAF	-0,45345	0,644043
FAH	-0,7835	-0,48649
HUM	-0,93573	0,09316
FAH/FAF	-0,3996	-0,80069
EA/HUM	0,718639	-0,37911
FAH/HUM	0,674255	-0,47135
Local	0,651176	0,379542

Na Figura 41(a) observa-se um bom agrupamento dos solos pela sua classificação no segundo nível categórico. Para os solos altimontanos, que no SiBCS são classificados como Neossolo Litólico (PR3) e Cambissolo Húmico (RJ1), observa-se a posição de destaque, em relação aos demais solos, e a distância gráfica considerável entre eles, o que é coerente diante das particularidades dos perfis PR3 e RJ1. Os Organossolos Tiomórficos apresentaram o melhor agrupamento, com exceção do perfil AL1, que possui características diferenciadas dos demais. Os Organossolos Mésicos ocuparam outra posição no gráfico, também apresentando um bom agrupamento. E o Organossolo Háplico ficou entre os Mésicos e os Tiomórficos, mais próximo dos

mésicos, o que fundamenta ainda mais a proposta de reunir as subordens Mésicos e Háplicos, discutida anteriormente.

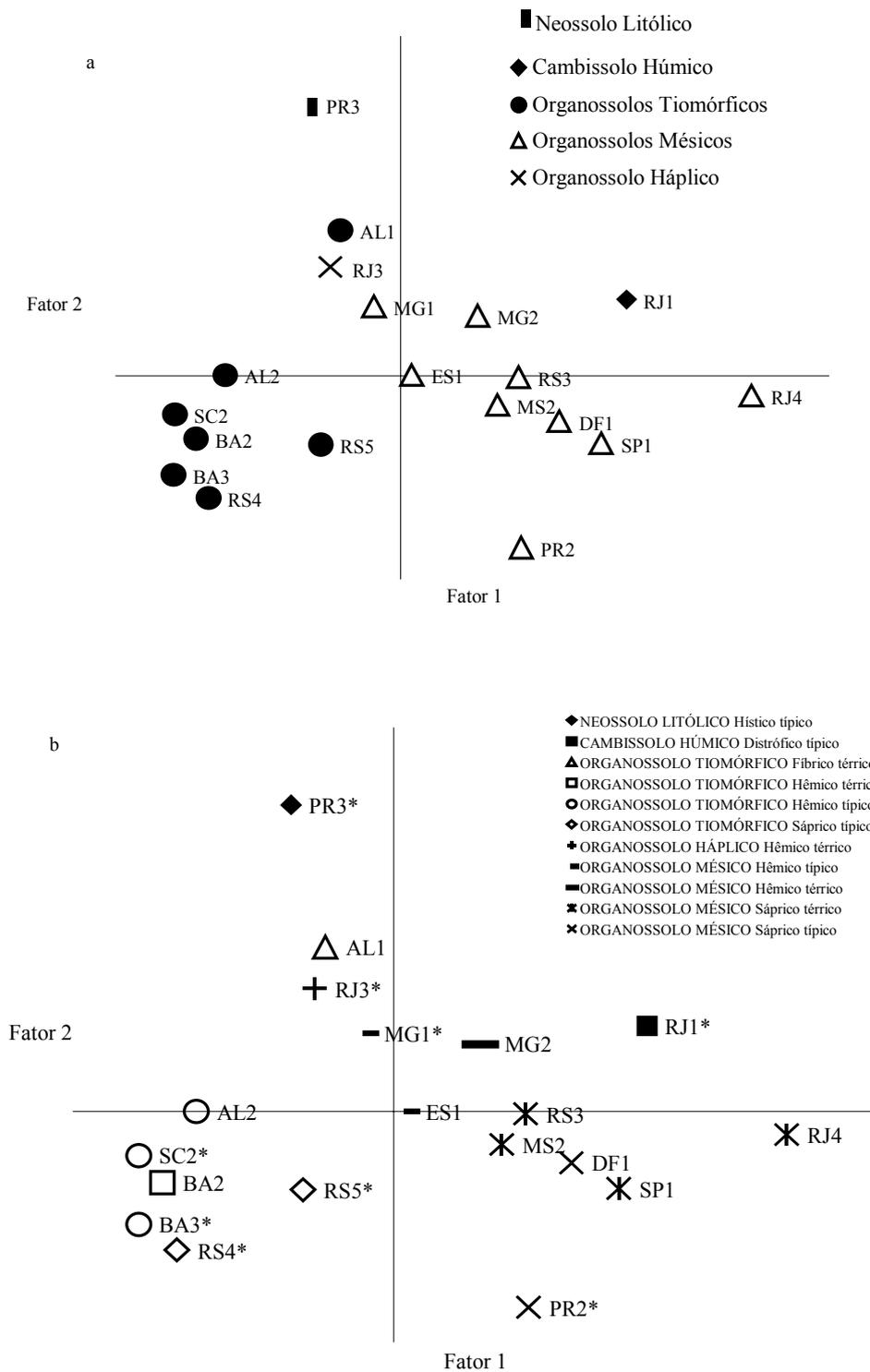


Figura 41. Agrupamento dos perfis coletados no estudo, com base na análise dos componentes principais. *Indicando propostas de novas classes, explicadas no texto.

A Figura 41(b) é semelhante a (a), porém os solos se encontram em grupos com marcas de classificação até o quarto nível categórico e com um asterisco alertando para aqueles que tiveram alguma sugestão de modificação na classificação, discutida no item 4.6. Entre os Tiomórficos, a separação mais eficiente se deu para o AL1, que é Fíbrico, e ficou isolado dos demais. O gráfico mostra eficiência também na divisão dos Mésicos Hêmicos dos Mésicos Sápricos, sendo que os Mésicos Hêmicos ficaram mais próximos do Háplico Hêmico, o que era esperado, em função da natureza hêmica do material orgânico. De maneira geral, pode-se afirmar que a análise dos componentes principais foi útil no agrupamento dos perfis de solos.

4.8 Estimativa do Estoque de C nos Organossolos Brasileiros

Com base em resultados de análises de aproximadamente 100 perfis de Organossolos descritos em levantamentos pedológicos no Brasil, foi calculado o teor médio de carbono nesses solos (223g kg^{-1}), a densidade do solo média ($0,63\text{Mg m}^{-3}$) e a espessura média da camada orgânica ($0,74\text{m}$). A partir desses dados foi estimado em $0,64\text{Pg}$ ($\text{P} = \text{Penta}$, corresponde a 10^{15}) o estoque de carbono nos Organossolos brasileiros, utilizando-se como referência a área de 611.883 hectares, que como já foi discutido no item 2.10 está subestimada. Com base na extensão estimada de Organossolos nos levantamentos citados da Tabela 20 (total de $1.315.693$ hectares), ao se considerar 1 milhão de hectares essa estimativa sobe para $1,04\text{Pg}$ de carbono. Esses valores correspondem a 104kg de C por metro quadrado. Em estimativas da região amazônica Batjes & Dijkshoorn (1999), consideraram para os Organossolos o valor de $72,4\text{kg m}^{-2}$.

Os estoques de carbono nos Organossolos brasileiros, com base na área aproximada de 1 milhão de hectares, são cerca de 7 vezes maiores do que a estimativa de emissão de carbono na forma de CO_2 pelos solos, devido às mudanças do uso e manejo da terra no Brasil, no período de 1 ano, estimados por CENA-USP, s.d. Esses valores de carbono nos Organossolos correspondem a cerca de $1,55\%$ dos estoques de carbono nos solos da Amazônia Sul-Americana, estimados por Batjes & Dijkshoorn (1999) e $1:1.500$ de todo o carbono presente nos solos do mundo (Hayes; Clapp, 2001), um potencial de emissão de carbono para a atmosfera de $1:6$ da emissão dos combustíveis fósseis, quando relacionados aos dados apresentados por Hayes & Clapp (2001). Portanto o manejo conservacionista dos Organossolos é interessante para se evitar a emissão de gases de efeito estufa para a atmosfera e nos aspectos relacionados à conservação da biodiversidade, pelo fato de muitos desses solos servirem como suporte para a vida de espécies endêmicas.

Tabela 20. Proporção (%) e área mapeada (km²) aproximada de ORGANOSSOLOS, a partir de alguns levantamentos de solos de várias regiões no Brasil.

Localização	Fonte	Unidade de mapeamento	Proporção na associação	Extensão relativa aos Organossolos
SUDESTE				
Espírito Santo	Boletim Técnico nº45 (Embrapa, 1978) e 47 (Embrapa, 1976)	HGHd	40	400
		HGHe	50	5
		Hod1	60	15
		Hod2	60	40
CNPGL, Coronel Pacheco, MG	Boletim nº76 (Embrapa, 1980)	HO1	100	0,02
		HO2	100	0,02
		HO3	100	0,2
Minas Gerais	Boletim nº13 (Serviço Nacional de Pesquisas Agrônomicas, 1962) Boletim de Pesquisa nº1 (Embrapa, 1982) Boletim Técnico nº60 (Embrapa, 1979)	H1	Indefinida	-
		Hga	40	102
		HGPa	Indefinida	862,6*
São Paulo	Boletim Técnico nº12 (Comissão de Solos, 1960)	Aqa2	Indefinida	790,5*
		Solos Orgânicos	100	22
SUL				
Rio Grande do Sul	Boletim Técnico nº30 (EMBRAPA, 1973)	TAIM	100	1365
Paraná	Boletim de Pesquisa nº57 (EMBRAPA, 1984)	HO	100	766
		HOa1	100	404
		HOa2	65	25
CENTRO-OESTE				
Distrito Federal	Boletim Técnico nº53 (EMBRAPA, 1978) Boletim Técnico nº8 (EPFS, 1966/67)	Hi2	Indefinida	87*
		O	100	-
Mato Grosso do Sul	Boletim Técnico nº18 (Div. de Pesquisa Pedológica, 1971)	HGPe1	20	485
		HOD	100	835
Mato Grosso	Boletim Técnico nº10 (EPFS, 1970)	Hi	Indefinida	248*
NORDESTE				
Estado de Alagoas	Boletim Técnico nº35 (EMBRAPA, 1975)	HGPd	20	2,4
		HGd	20	70,4
		HOD	60	6,4
Estado da Bahia	Boletim Técnico nº38 (EMBRAPA, 1976) Boletim Técnico nº 52 (EMBRAPA, 1977/79)	HGd2	Indefinida	2000*
		HQd	Indefinida	210*
		AQd3	Indefinida	2932*
Estado da Paraíba	Boletim Técnico nº15 (EPFS, 1972)	HG1	Indefinida	1060*
		HGd	20	-
Estado de Pernambuco	Boletim Técnico nº 26 (Divisão de Pesquisa Pedológica, 1972/73)	HG	20	-
		A2	Indefinida	-
Estado do Rio Grande do Norte	Boletim Técnico nº21 (Divisão de Pesquisa Pedológica, 1971)	HOe	100	-
		HGe1	40	-
		HGe2	40	-
Estado de Sergipe	Boletim Técnico nº36 (Centro de Pesquisas Pedológicas, 1975)	HGe	Indefinida	68,8*
		HGed3	Indefinida	56,8*
		HGd	Indefinida	99,4*
NORTE				
Amapá	Boletim de Pesquisa nº3 (EMBRAPA, 1982)	HGH2	100	198,39

* área relativa a toda a unidade de mapeamento, que contém outras classes de solos.

5. CONCLUSÕES

a) A maior frequência de perfis de Organossolos descritos no Brasil é observada entre 0 e 20m ou acima de 400m de cota em relação ao nível médio do mar.

b) São mais comuns nos Organossolos no Brasil espessuras de material orgânico de até 120cm a partir da superfície do solo. Os materiais orgânicos podem apresentar grande variação de cor, predominando as escuras, porém cores mais claras também ocorrem em horizontes hísticos. Com base na avaliação da consistência desses solos pode-se afirmar que a secagem extrema dificulta seu manejo. A estrutura se apresenta muito variável, sendo a maciça e a granular os tipos predominantes.

c) Os altos teores de material orgânico dificultam a determinação da granulometria do material mineral do solo pelos métodos convencionais, desenvolvidos para solos minerais, sendo necessários trabalhos de pesquisa que desenvolvam métodos adequados para Organossolos. Uma vez que os dados de amostras dos levantamentos pedológicos não mostram correlação dos teores de argila com os de carbono orgânico, para os Organossolos brasileiros, sugere-se o uso de um limite único inferior de 80gkg^{-1} de carbono orgânico para definição de material orgânico.

d) Os Organossolos estudados apresentaram baixos valores de densidade do solo, variável esta que se correlacionou negativamente ao teor de carbono orgânico e positivamente com o grau de decomposição da matéria orgânica.

e) O resíduo mínimo pode ser utilizado para estimar o potencial de subsidência de um Organossolo.

f) A maior parte da matéria orgânica dos solos estudados é sáprica ou hêmica. A classificação do material orgânico em fibrício, hêmico e sáprico com base no teor de fibras esfregadas e no índice de pirofosfato teve boa correlação com o método de von Post, se mostrando adequada na separação desses materiais e na relação com o uso e cobertura das terras. Porém o método para determinação do teor de fibras esfregadas é de execução trabalhosa e pode resultar em erros analíticos, devendo ser revisado e melhorado.

g) Os Organossolos avaliados são predominantemente ácidos, em especial os tiomórficos muito frequentes na planície litorânea, apresentam alta capacidade de troca catiônica, soma de bases muito variável e saturação por bases baixa. Os valores de pH em KCl podem ser utilizados na caracterização desses solos. Os teores de carbono orgânico se correlacionaram com os de nitrogênio total e não se correlacionaram com os de fósforo assimilável. A relação C/N teve grande variação.

i) Os teores das frações húmicas nos Organossolos tiveram grande variação, com predomínio da fração humina seguida da fração ácidos húmicos. A fração ácido fúlvico apresentou baixa correlação com o carbono e correlacionou-se à maior fertilidade química dos solos. A fração ácido húmico apresentou alta correlação com a CTC do solo.

j) Os teores das frações ácido fúlvico e ácido húmico e o percentual do extrato alcalino em relação a soma das frações húmicas podem ser utilizados na classificação dos Organossolos em níveis hierárquicos inferiores.

l) Há relação entre o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos e os sistemas Soil Taxonomy e da FAO.

m) A análise multivariada dos componentes principais se mostrou adequada no agrupamento dos solos estudados com base nos atributos dos perfis.

n) Quanto ao SiBCS, propõem-se nesse trabalho a união dos Organossolos Mésicos e Hápticos no segundo nível categórico. E no quarto nível categórico sugere-se a inclusão dos sub-grupos flúvico e espesso na ordem dos Organossolos e ebânico na ordem dos Cambissolos.

o) É também reforçada a proposta apresentada na VI RCC de adotar-se a espessura mínima de 20cm de material orgânico para definir Organossolos Fólicos com contato lítico na profundidade citada.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os métodos para determinação da granulometria do solo foram desenvolvidos e testados para materiais minerais do solo. Nos horizontes hísticos a separação dos materiais orgânicos dos minerais para a determinação granulométrica é uma operação difícil e que pode gerar erros no resultado final da análise granulométrica. Assim, é necessário desenvolver métodos próprios para essa análise em amostras de horizontes hísticos ou com altos teores de matéria orgânica.

Para classificar os materiais orgânicos em fibricos, hêmicos e sápricos deve-se utilizar em conjunto o teor de fibras esfregadas e o índice de pirofosfato na interpretação dos resultados, sugere-se para tal o emprego do gráfico apresentado na Figura 21 como auxiliar na classificação. No campo é recomendado que seja executado o método de classificação do material orgânico quanto ao grau de decomposição de von Post.

O método para determinação dos teores de fibras deve ser aprimorado, pois alguns atributos do solo como teor e tamanho de grãos de areia, quantidade de carvão e agregados resistentes podem comprometer fortemente sua precisão.

Devem ser desenvolvidos métodos próprios para determinação dos teores de Al^{3+} nos horizontes hísticos, pois altas concentrações de H^+ podem levar a superestimativa dos teores de alumínio extraível.

A sensação ao tato dos materiais orgânicos é diferente da dos materiais minerais, portanto, sugere-se o desenvolvimento de um sistema diferenciado de classificação da textura expedita para horizontes hísticos e materiais orgânicos.

Ao se coletar material de horizontes hísticos é importante acondicionar parte dessas amostras em recipiente fechado, mantendo as condições de umidade próximas daquelas no momento da coleta, para posterior execução em laboratório de algumas análises. Esse cuidado é ainda mais importante nos solos com caráter tiomórfico.

São necessárias mais pesquisas sobre o fracionamento de substâncias húmicas nos Organossolos para validar a proposta de classificação no 5º e 6º níveis categóricos com bases nos teores das frações da matéria orgânica. Também é importante o desenvolvimento de método para diferenciar a matéria orgânica leve da humina.

Segundo a literatura, para o manejo conservacionista dos Organossolos, a manutenção do lençol freático a 30cm de profundidade impede uma forte subsidência desses solos e, naqueles com problemas de tiomorfismo em camadas abaixo desta profundidade, a acidez torna-se menos problemática permitindo o manejo e cultivo agrícola com culturas de sistema radicular superficial.

Para se medir a subsidência de um Organossolo um método prático citado na literatura e que pode gerar resultado satisfatório é a fixação de um poste a uma determinada profundidade e a medição das variações da altura acima do nível do solo com o passar do tempo, como parâmetro de avaliação da redução de volume do solo.

Os Organossolos apresentam elevados estoques de carbono sequestrado e devem ter seu manejo direcionado à preservação destes teores, o que contribuirá para minimizar a emissão de gases de efeito estufa.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AANDAHL, A.R. Histosols: their characteristics, classification, and use. SSSA Special Publication Series. Madison. 136p. 1974.
- ALPERN, B. Combustíveis fósseis sólidos. V.4, tradução de Santo & Barradas. CPRM. Rio de Janeiro, 1981. 85p.
- ANDRIESSE, J.P. Uso de solos orgânicos em condições tropicais e subtropicais aliado às possibilidades brasileiras. IN: SIMPÓSIO NACIONAL DE SOLOS ORGÂNICOS, Curitiba, 1984. Anais. Curitiba: MA / Provárzeas Nacional, Embrater, Seag – Paraná e Acarpa / Emater - Paraná, 1984. p.11-34.
- ANDRIESSE, J.P. Nature and management of tropical peat soils. Rome: FAO, 1988. (FAO SOILS BULLETIN 59).
- ANJOS, L.H.C.; PEREIRA, M.G.; RAMOS, D.P. 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, 1999. P.91-118.
- BATJES, N.H.; DIJKSHOORN, J.A. Carbon and nitrogen stocks in the soils of the Amazon region. Geoderma, v.89, p.273-286, 1999.
- BAUTERS, T.W.J.; STEENHUIS, T.S.; DICARLO, D.A.; NIEBER, J.L.; DEKKER, L.W.; RITSEMA, C.J.; PARLANGE, J.Y.; HAVERKAMP, R. Physics of water repellent soils. Journal of Hydrology, v.231-232, p.233-243, 2000.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de cultura. R. bras. Ci. Solo, v.21, p.105-112, 1997.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O. (Eds.) Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre: Genesis, 1999. P.9-26.
- BENITES, V.M. Caracterização de solos e de substâncias húmicas em áreas de vegetação rupestre de altitude. 2002. 71f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002.
- 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. 1998. 125f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1998.
- BENITES, V.M., KER, J.C. e MENDONÇA, E.S. Fracionamento quantitativo de substâncias húmicas como auxiliar na identificação de diferentes solos da região Sul do Brasil – VI RCC. p.184-192, In Curcio et al.(Eds.).Guia de excursão de estudos de solos nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná. EMBRAPA Florestas, Colombo, 2000
- BENITES, V.M, SCHAEFER, C.E.R.G., MENDONÇA, E.S. e MARTIN NETO, L. 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, v.25, p.661-674. 2001

- BERNARDO, S. Manual de irrigação. 6 ed. Viçosa: UFV, Impr. Univ., 657p. 1995
- BLOMBÄCK, K.; ECKERSTEN, H.; LEWAN, E.; ARONSSON, H. Simulations of soil carbon and nitrogen dynamics during seven years in a catch crop experiment. *Agricultural Systems*, v.76, p.95-114. 2003.
- BRADY, N.C. Natureza e propriedades dos solos. 7. ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1989.
- CANADA. Le système canadien de classification des sols. 2^a ed. Centre d'edition du gouvernement du Canada, Ottawa. 1987.
- CANELAS, L.P.; MORAES, A.A.; RUMJANEK, V.M.; SANTOS, G.A. Métodos complementares. In: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O. Fundamentos da matéria orgânica do solo. Porto Alegre, Genesis, 508p. 1999.
- CANELAS, L.P.; SANTOS, G.A.; AMARAL SOBRINHO, N.M.B. Reações da matéria orgânica. In: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O. Fundamentos da matéria orgânica do solo. Porto Alegre, Genesis, 508p. 1999.
- CARDOSO, E.J.B.N. Efeito da matéria orgânica na biologia do solo. In: ENCONTRO SOBRE MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO - PROBLEMAS E SOLUÇÕES -, Botucatu, 1992. Anais. Botucatu, Faculdade de Ciências Agrônomicas - UNESP. Ed. GUERRINI, I.A.
- CENA-USP. Emissão de CO₂ pelos solos devido às mudanças do uso da terra e manejo. [2002?].
- CENTRO DE PESQUISAS PEDOLÓGICAS. Boletim Técnico nº 36. Levantamento exploratório – reconhecimento de solos do Estado de Sergipe. Recife, 1975.
- CHAPLOT, V.; BERNOUX, M.; WALTER, C.; CURMI, P.; HERPIN, U. Soil carbon storage prediction in temperate hydromorphic soils using a morphologic index and digital elevation model. *Soil Science*, v.166, n.1, p.48-60. 2001.
- CHEN, Q.; SUN, YANMIN; SHEN, C.; PENG, S.; YI, W.; LI, Z.; JIANG, M. Organic matter turnover rates and CO₂ flux from organic matter decomposition of mountain soil profiles in the subtropical area, south China. *Catena*, v.49, n3, p 217-229. 2002.
- COELHO, M.R.; SANTOS, H.G.; SILVA, E.F.; AGLIO, M.L.D. O recurso natural solo. In: MANZATTO, C.V.; FREITAS JUNIOR, E.; PERES, J.R.R. Uso agrícola dos solos brasileiros. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 174p. 2002.
- COMISSÃO DE SOLOS. Boletim Técnico nº 12. Levantamento de solos de São Paulo. Rio de Janeiro, 1960. 634p.
- CONCEIÇÃO, M. 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)-Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Itaguaí, 1989.
- CONCEIÇÃO, M.; FREIXO, A.A.; ARAÚJO, W.S; CUNHA, T.J.F.; MARTIN NETO, L.; SAAB, S.C. Caracterização as substâncias húmicas em solos orgânicos do Estado do Rio de Janeiro, sob diversas atividades agrícolas. Rio de Janeiro: Pesquisa Andamento - Embrapa Solos, n.5, 1999c, p.6.
- CONCEIÇÃO, M.; MANZATTO, C.V.; ARAÚJO W.S; MARTIN NETO, L.; SAAB, S.C.; CUNHA, T.J.F.; FREIXO, A.A. Caracterização de solos orgânicos do Estado do Rio de Janeiro, propriedades físicas e morfológicas como subsídios à classificação. Rio de Janeiro: Pesquisa Andamento - Embrapa Solos, n.4, 1999b, p.6.

CONCEIÇÃO, M.; . ARAÚJO, W.S; CUNHA, T.J.F.; MARTIN NETO, L.; SAAB, S.C. Estudo comparativo de métodos de determinação do teor de matéria orgânica em solos orgânicos do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Pesquisa Andamento - Embrapa Solos, n.3, 1999a, p.5.

COUTO, E.G. Caracterização, gênese e uso de solos utilizados pelos agricultores do alto vale do Rio Arrojado, Bahia. 1984. 119f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1984.

CURCIO, G.R.; CARVALHO, A.P., BOGNOLA, I.A., GOMES, I.A., ROSSI, M., COELHO, M.R.; SANTOS, R.D. Reunião de classificação, correlação e aplicação de levantamentos de solos, 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. 222p. (Embrapa Florestas. Documentos, 222p.)

DEBANO, L.F. Water repellency in soils: a historical overview. *Journal of Hydrology*, v.231-232: 4-32. 2000.

DEKKER, L.W.; RITSEMA, C.J. Wetting patterns and moisture variability in water repellent Dutch soils. *Journal of Hydrology*, v.231-232: 148-164. 2000.

DIVISÃO DE PESQUISAS PEDOLÓGICAS. Boletim Técnico nº18. Levantamento de Reconhecimento dos solos do sul do Estado do Mato Grosso. Rio de Janeiro, 1971. 839p.

DIVISÃO DE PESQUISAS PEDOLÓGICAS. Boletim Técnico nº21. Levantamento exploratório - reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Norte. Rio de Janeiro, 1971. 531p.

DIVISÃO DE PESQUISAS PEDOLÓGICAS. Boletim Técnico nº26. Levantamento exploratório - reconhecimento dos solos do Estado de Pernambuco. Rio de Janeiro, 1972/73. 354p.

DIVISÃO DE PESQUISAS PEDOLÓGICAS. Boletim Técnico nº30. Levantamento de Reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul. Rio de Janeiro, 1973. 431p.

DUCHAUFOR, P. *Pédologie: pédogenèse et classification*. Paris: Masson, 1977. 477p.

EMBRAPA. Centro de Pesquisas Pedológicas. Boletim Técnico nº 35. Levantamento exploratório – reconhecimento de solos do Estado de Alagoas. Recife, 1975. 532p.

EMBRAPA Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos - SNLCS. Boletim Técnico nº 38. Levantamento exploratório – reconhecimento de solos da margem esquerda do Rio São Francisco Estado da Bahia. Recife, 1976. 404p.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos - SNLCS. Boletim Técnico nº 47. Aptidão agrícola dos solos do Estado do Espírito Santo. Rio de Janeiro, 1976. 31p.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos - SNLCS. Boletim Técnico nº 52. Levantamento exploratório – reconhecimento de solos da margem direita do Rio São Francisco Estado da Bahia. Recife, 1977/79. 1296p.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos - SNLCS. Boletim Técnico nº 53. Levantamento de Reconhecimento dos solos do Distrito Federal. Rio de Janeiro, 1978. 455p.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos - SNLCS. Boletim Técnico nº 45. Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Espírito Santo. Rio de Janeiro, 1978. 461p.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos - SNLCS. Boletim Técnico nº 60. Levantamento exploratório - reconhecimento de solos do norte de Minas Gerais. Rio de Janeiro, 1979. 408p.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro: SNLCS, 1979. 1v. paginação irregular.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos - SNLCS. Boletim Técnico nº 76. Levantamento semidetalhado de solos da área do centro nacional de pesquisa de gado de leite, Coronel Pacheco, MG. Rio de Janeiro, 1980. 252p.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos - SNLCS. Boletim de Pesquisa nº 1. Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos e avaliação da aptidão agrícola das terras do triângulo mineiro. Rio de Janeiro, 1982. 526p.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos - SNLCS. Boletim de Pesquisa nº 3. Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos e avaliação da aptidão agrícola das terras da área do pólo Amapá. Rio de Janeiro, 1982. 405p.

EMBRAPA - IAPAR. Boletim de Pesquisa nº 57. Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Paraná. Londrina, 1984.414p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análises de solos. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro, 1999. 412p.

EQUIPE DE PEDOLOGIA E FERTILIDADE DO SOLO – EPFS. Ministério da Agricultura - MA. Boletim Técnico nº 8. Levantamento semidetalhado dos solos de áreas do Ministério da Agricultura no Distrito Federal. Rio de Janeiro, 1966/67. 135p.

EQUIPE DE PEDOLOGIA E FERTILIDADE DO SOLO – EPFS. Ministério da Agricultura - MA. Boletim Técnico nº 10. Levantamento de reconhecimento dos solos da zona de Iguatemi, Mato Grosso. Rio de Janeiro, 1970. 99p.

EQUIPE DE PEDOLOGIA E FERTILIDADE DO SOLO – EPFS. Ministério da Agricultura - MA. Boletim Técnico nº 15. I Levantamento de exploratório - reconhecimento de solos do Estado da Paraíba. Rio de Janeiro, 1972. 670p.

ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. Soil Survey Division. Soil Conservation Service. Soil Survey Staff. Soil taxonomy: a basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. Washington, 1975. 754p. (USDA. Agriculture Handbook, 18).

ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. Natural Resources Conservation Service. Soil Survey Staff. Soil taxonomy: a basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. 2.ed. Washington, 1999. 869p. (USDA. Agriculture Handbook, 436)

- FANNING, D.S. & FANNING, M.C.B. Soil morphology, genesis, and classification. EUA: John Wiley & Sons, 1989. 395p.
- FAO. Soil map of the world – revised legend. World Soil Resources Report, 60; FAO, Rome, 1988. Technical paper 20 – ISRIC Wageningen. 143p.
- FAO. Soil map of the world: 1:5.000.000 legend. Paris: Unesco, 1974. V.1.
- FENG, Y.; LI, X. An analytical model of soil organic carbon dynamics based on a simple “hockey stick” function. *Soil Science*, v.166, n.7, p431-440. 2001.
- GALVÃO, F.A.D.; VAHL, L.C. Propriedades químicas dos solos orgânicos do litoral do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. *Revista Brasileira de Agrociência*, v.2, p.131-135. 1996.
- GARCIA, M.J. Potencialidade e aplicação de turfas. *Revista UnG, Guarulhos*, v.1, n.1, p-16-30. 1996.
- GONZÁLEZ, J.A.; GONZÁLEZ-VILA, F.J.; ALMENDROS, G; ZANCADA, M.C.; POLVILLO, O.; MARTIN, F. Preferential accumulation of selectively preserved biomacromolecules in the humus fractions from a peat deposit as seen by analytical pyrolysis and spectroscopic techniques. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, v.68-69, p.287-298. 2003.
- GORHAM, E. Northern Peatlands: Role in the Carbon Cycle and Probable Responses to Climatic Warming. *Ecological Applications: Vol. 1, No. 2*, p. 182–195. 1991.
- HAYES, M.H.B.; CLAPP, C.E. Humic substances: considerations of compositions, aspects of structure, and environmental influences. *Soil Science*, v.166, n11, p.723-727. 2001.
- HILBERT, D.W.; ROULET, N.; MOORE, T. Modelling and analysis of peatlands as dynamical system. *Journal of Ecology*, 88, p-230-242, 2000.
- IBGE. Diretoria de Geociências; Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Mapa de solos do Brasil, escala 1:5.000.000. Rio de Janeiro, 2001. 1 mapa color.
- INCORA – Instituto Colombiano de la Reforma Agraria. Mapificación caracterización Y clasificación de los suelos orgánicos del Valle de Sibundoy. INCORA. Bogotá. 148p. 1974.
- IPCC. Summary for Policymakers: A Report of Working Group I of the Intergovernmental Panel on Climate Change. 2001^a. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/pub/spm22-01.pdf>>. Acesso em 4 set. 2002.
- IPCC. A report accepted by Working Group I of the IPCC but not approved in detail. Technical Summary. 2001b. <<http://www.ipcc.ch/pub/wg1TARtechsum.pdf>>. Acesso em 4 set. 2002.
- IPCC. Revised 1996 IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories: Reference Manual. 1996. Disponível em: <<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs1.htm>>. Acesso em 4 set. 2002.
- IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de SP. Estudo das possibilidades de aproveitamento da turfa no Estado de São Paulo. Relatório nº 12761 - CESP. São Paulo. 1979. 191p.
- ISBELL, R.F. The Australian soil classification. CSIRO, Collingwood, 143p. 1996.

- ITO, A.; OIKAWA, T. A simulation model of the carbon cycle in land ecosystems (Sim-CYCLE): a description based on dry-matter production theory and plot-scale validation. *Ecological Modelling*, v.151, n.2-3, p143-176. 2002.
- JENNY, H. Factors of soil formation. New York: Mc Graw-hill, 1941, 281p.
- KAKEI, M.; CLIFFORD, P.E. Short-term effects of lime application on soil properties and fine-root characteristics for a 9-year-old Sitka spruce plantation growing on a deep peat soil. *Forestry*, v. 75, n. 1, p.37-49, 2002.
- KALBITZ, K.; GEYER, S. Different effects of peat degradation on dissolved organic carbon and nitrogen. *Organic Geochemistry*, v.33, p319-326, 2002.
- KAMPF, N.; SCHNEIDER, P. Caracterização de solos orgânicos do Rio Grande do Sul: propriedades morfológicas e físicas como subsídios à classificação. *Revista brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.13, n.2 , p.227-236, 1989.
- KERVEN, G.L.; MENZIES, N.W.; GEYER, M.D. Soil carbon determination by high temperature combustion – a comparison with dichromate oxidation procedures and the influence of charcoal and carbonate carbon on the measured value. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, v.31, p.1935-1939, 2000.
- LEAL, M.A.A.; DE-POLLI, H. Aplicação de modelos ao estudo da matéria orgânica. In: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O. Fundamentos da matéria orgânica do solo. Porto Alegre, Genesis, 508p. 1999.
- LEMONS, R. C.; SANTOS, R.D. Manual de descrição e coleta de solos no campo. 3ª ed. Campinas: SBCS/EMBRAPA - CNPS, 1996, 83p.
- LEPSCH, I.F.; QUAGGIO, J.A.; SAKAI, E.; CAMARGO, O.A.; VALADARES, J.M.A. da S. Caracterização, classificação e manejo agrícola de solos orgânicos do vale do Rio Ribeira de Iguape, SP. Campinas: Instituto Agrônomo, 1990. 58p. (Boletim técnico, 131).
- LOPES, A.S. Química dos solos orgânicos. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE SOLOS ORGÂNICOS, Curitiba, 1984. Anais. Curitiba: MA / Provárzeas Nacional, Embrater, Seag - Paraná e Acarpa / Emater - Paraná, 1984. p.63-70.
- LYNN, W.C.; MC KENZIE, W.E.; GROSSMAN, R.B. Field laboratory tests for characterization of Histosols. In: AANDAHL, A.R.; BUOL, S.W.; HILL, D.E.; BAILEY, H.H. Histosols their characteristics, classification, and use. Madison, Soil Science Society of America, 136p. 1974.
- MACCARTHY, P. The principles of humic substances. *Soil Science*, v.166, n.11, p738-751. 2001.
- MACHADO, P.L.O.A. Mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL): funcionamento, pontos críticos e possibilidades para alguns sistemas agrícolas no Brasil. [200?].
- MÄKILÄ, M.; SAARNISTO, M.; KANKAINEN, T. Aapa mires as a carbon sink and source during the Holocene. *Journal of Ecology*, 89: 589-599. 2001.
- MELLO, F. A.F.; SOBRINHO, M. de O.C. do BRASIL; ARZOLLA, S.; SILVEIRA, R.I.; COBRA NETTO, A.; KIEHL, J. de C. Fertilidade do solo. São Paulo: Nobel, 1985. 400p. 3a edição.
- 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)-Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 1999.

MITCHELL, E.A.D.; BTTLER, A.; GROSVERNIER, P.; RYDIN, H.; SIEGENTHLER, A.; GOBAT, J-M. Contrasted effects of increased n and CO₂ supply on two keystone species in peatland restoration and implications for global change. *Journal of Ecology*, 90: 529-533, 2002.

NELSON, D.W.; SOMMERS, L.E. Total carbon, organic carbon, and organic matter. p.539-579 In: *Methods of soil analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties – Agronomy Monograph no.9*. Madison: ASA-SSSA, 1982. 2 edition.

OLIVEIRA, J.B.; JACOMINE, P.K.T.; CAMARGO, M.N. *Classes gerais de solos do Brasil: guia auxiliar para seu reconhecimento*. 2.ed. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 201p.

PEREIRA, M.G. *Epidemiologia: teoria e prática*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1995. 583p.

PÉREZ, D.V.; SIMÃO, S.M.; SALATINO, A. Identificação e caracterização da repelência à água em alguns solos brasileiros. *R. Bras. Ci. Solo*, v.22, p.197-207, 1998.

PÉREZ, D.V.; ALCANTARA, S.; ARRUDA, R.J.; MENEGHELLI, N.A. Comparing two methods for soil carbon and nitrogen determination using selected brazilian soils. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, v.32, p.295-309, 2001.

PICCOLO, A. The supramolecular structure of humic substances. *Soil Science*, v.166, p.810-832, 2001.

PORTNOY, J.W. Salt marsh diking and restoration: biogeochemical implications of altered wetland hydrology. *Environmental Management*, New York, v.24, no 1, p. 111-120, 1999.

REYNOLDS, B.; FENNER, N. Export of organic carbon from peat soils. *Nature*, v.412, p.785. 2001.

RICE, J.A. Humin. *Soil Science*, v.166, n.1, p848-857. 2001.

SAARNIO, S.; ALM, J.; MARTIKAINEN, P.J.; SILVOLA, J. Effects of raised CO₂ on potencial CH₄ production and oxidation in, and CH₄ emission from, a boreal mire. *Journal of Ecology*, 86: 261-268, 1998.

SAARNIO, S; SILVOLA, J. Effects of increase CO₂ and N on CH₄ efflux from a boreal mire: a growth chamber experiment. *Oecologia*, 119:349-356, 1999.

SAKAI, E; LEPSCH, I.F. Levantamento pedológico detalhado da estação experimental de Pariquera-Açu. Instituto Agrônômico. Campinas. 56p. 1984. (Boletim Técnico N° 83)

SAKAI, E; LEPSCH, I.F. Levantamento pedológico detalhado e distribuição espacial de características dos solos do Pôlder Registro-I, SP. Instituto Agrônômico. Campinas. 56p. 1987. (Boletim Científico N° 10)

SCOTT, M.J.; JONES, M.N.; WOOF, C.; SIMON, B.; TIPPING, E. The molecular properties of humic substances isolated from a UK upland peat system: A temporal investigation. *Environment International*, v.27, p.449-462. 2001.

SEILER, E. *Acid sulphate soils: Their formation and agricultural use*. Hannover, Institute for Scientific Co-operation, 1992. p.92-110. (Natural Resources and Development, 35)

SOUZA JÚNIOR, V.S.; RIBEIRO, M.R.; OLIVEIRA, L.B. Propriedades químicas e manejo de solos tiomórficos da várzea do Rio Coruripe, Estado de Alagoas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.25, p.811-822. 2001.

STEVENSON, F.J. *Humus chemistry: genesis, composition, reactions*. John Wiley & Sons, Inc. USA. 443p. 1982.

STOLBOVOI, V. *Soils of Russia: correlated with the revised legend of the FAO soil map of the world and world reference base for soil resources*. IIASA, Laxemburg, 111p. 2000.

SUNDH, I.; NILSSON, M.; MIKKELÅ, C.; GRANBERG, G.; SVENSSON, B.H. Fluxes of methane and carbon dioxide on peat-mining areas in Sweden. *Ambio*, v.29, n.8, p 499-503. 2000.

SUSZCZYNSKI, E.F. *Turfa, o novo combustível nacional*. CPRM, Rio de Janeiro, 59p. 1980.

SVIREZHEV, Y.M. Simple spatially distributed model of the global carbon cycle and its dynamic properties. *Ecological Modelling*, v.155, n.1, p53-69. 2002.

SWIFT, R.S. Sequestration of carbon by soil. *Soil Science*, v.166, p.858-871. 2001.

TEDESCO, M.J.; VOLKWEISS, S.J.; BOHNEN, H. *Análises de solos, plantas e outros materiais*. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia-Departamento de Solos, 188p. 1995. (Boletim Técnico, 5).

USDA – United States Department of Agriculture. *Keys to Soil Taxonomy*. 2º impressão, Cornell University, New York, 1985, 244p.

USDA – United States Department of Agriculture. *Soil survey laboratory methods manual*. Version 3.0. USDA. 440p. 1996. (Soil Survey Investigations Report nº42)

WILLISON, T.M.; BAKER, J.C.; MURPHY, D.V. Methane fluxes and nitrogen dynamics from a drained fenland peat. *Biol Fertl Soils*, 27: 279-283. 1998.

YEOMANS, J.C.; BREMNER, J.M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. *Commun. In Soil Sci. Plant Anal.*, v.19, n.13, p. 1467-1476, 1988.

ANEXO I

Perfil AL1

DATA DA COLETA - 13/01/2002

CLASSIFICAÇÃO – ORGANOSSOLO TIOMÓRFICO Fíbrico térrico.

LOCALIZAÇÃO – Estrada que liga Jequiá da praia a usina Sinimbu, na altura do sítio Oitizeiro, a cerca de 40 m da estrada do lado direito, às margens da lagoa do Jequiá. Município de Jequiá da Praia, AL. 10°01'S e 36°02'W Gr.

SITUAÇÃO E DECLIVE – Terraço marinho com 2% de declive.

LITOLOGIA, FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Depósitos turfáceos e sedimentos arenosos Holoceno, Quaternário.

MATERIAL ORIGINÁRIO – Depósitos orgânicos sobre sedimentos marinhos arenosos.

PEDREGOSIDADE - Ausente

ROCHOSIDADE – Ausente

RELEVO LOCAL - Plano

RELEVO REGIONAL – Plano e Ondulado.

ALTITUDE – 3 m

EROSÃO – Não aparente.

DRENAGEM – Muito mal drenado

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Campo de várzea.

USO ATUAL – Campo com gramíneas espontâneas e baixa pressão de pastagem, com coqueiros espaçados.

DESCRITO E COLETADO POR – Gustavo Souza Valladares e Izabella Cabral Hassum.

OBSERVAÇÕES – Lençol freático aflorante, dificultando a descrição do perfil.

- Material orgânico pouco transformado, muito tecido vegetal (fibras), caracterizando como fíbrico.
- Ligeiro cheiro de gás sulfídrico e salinidade marinha no Cg.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

Hop1 - 0-27 cm; bruno muito escuro (10YR 2/2, úmido), cinzento muito escuro (10YR 3/1, seco); orgânica, material fíbrico, maciça fibrosa; dura, muito friável, não plástica e não pegajosa; transição plana e clara.

Hop2 - 27-65 cm; preto (10YR 2/1, úmido), cinzento escuro (10YR 4/1, seco); orgânica, material fíbrico, maciça fibrosa; dura, muito friável, não plástica e não pegajosa; transição plana e gradual.

Cgj - 65-120+ cm; bruno acinzentado (5Y 5/2, úmido), cinzento-brunado-claro (10YR 6/2, seco); areia; grãos simples; solta, não plástica e não pegajosa.

RAÍZES – Hop1 – abundantes finas.

Hop2 – muitas finas

Cg – raras finas

Perfil AL2

DATA DA COLETA - 13/01/2002

CLASSIFICAÇÃO – ORGANOSSOLO TIOMÓRFICO Hêmico típico.

LOCALIZAÇÃO – A 100 m da encosta do tabuleiro, na margem esquerda do Rio Coruripe, na estrada de Coruripe para Camaçari a 2,5 ou 3,0 km da estrada asfaltada que vai de Coruripe para Poxim, coletado na fazenda São Roque, propriedade do Sr. José dos Santos. Coruripe, AL. 10°07'S e 36°12'W Gr.

SITUAÇÃO E DECLIVE – Várzea no vale do rio Coruripe, que recebe influência da água da encosta.

LITOLOGIA, FORMAÇÃO GEOLÓGICA – sedimentos orgânicos / argilo-arenosos, Holoceno, Quaternário.
MATERIAL ORIGINÁRIO – Sedimentos orgânicos sobre sedimentos aluvias argilo-arenosos.
PEDREGOSIDADE - Ausente
ROCHOSIDADE – Ausente
RELEVO LOCAL - Plano
RELEVO REGIONAL – Plano e ondulado.
ALTITUDE – 5 m
EROSÃO – Não aparente.
DRENAGEM – Mal drenado (canais de drenagem afastados de mais ou menos 30 em 30m com cerca de 80cm de profundidade, drenagem feita a cerca de 20 anos).
VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Floresta perenifólia de várzea.
USO ATUAL – Rotação de culturas de mandioca, inhame, abacaxi, pimentão, etc.
DESCRITO E COLETADO POR – Gustavo Souza Valladares e Izabella Cabral Hassum.
OBSERVAÇÕES – Lençol freático a 65 cm de profundidade

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

Hdojp - 0-23 cm; preto (10YR 2/1 úmida), bruno muito escuro (10YR 2/2, seca); orgânica, forte muito pequeno blocos subangulares; dura, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e clara.
Hdoj1 - 23-35 cm; preto (N 2/ úmida), preto (10YR 2/1, seca); orgânica, maciça com fibras de troncos de árvores de 2 a 3 cm de diâmetro perfazendo em volume de 10 a 15% da massa do horizonte (cor 5YR 5/6, úmida); dura, friável, plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e clara.
Hdoj2 - 35-65 cm; preto (5YR 2,5/1, úmida), preto (10YR 2/1, seca); orgânica, maciça com fibras de troncos de árvores de 1 cm de diâmetro perfazendo em volume de 10 a 15% da massa do horizonte vermelho-amarelado (cor 5YR 5/6, úmida); dura, friável, plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e clara.
Hoj - 65-150 cm; bruno-acinzentado-escuro (10YR 4/2, úmida); argila, maciça com fibras muito finas; dura, friável, plástica e pegajosa; transição plana e difusa.
Cgj - 150-170+ cm; (5YR 5/1, úmida), mosqueado abundante, grande, proeminente (7,5YR 6/4); argila, maciça; plástica e pegajosa.

Perfil BA2

DATA DA COLETA - 16/01/2002
CLASSIFICAÇÃO – ORGANOSSOLO TIOMÓRFICO Hêmico térreo.
LOCALIZAÇÃO – Estrada BA001 p/ praia do Pratigi, 18,5 km, lado direito. Município de Ituberá, BA. 13°42,5'S e 38°59'W Gr.
SITUAÇÃO E DECLIVE – Terraço marinho e lacustre a 0-1% de declive.
LITOLOGIA, FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Depósitos turfáceos e sedimentos argilosos sobre arenosos marinhos. Holoceno / Quaternário.
MATERIAL ORIGINÁRIO – Depósitos orgânicos sobre sedimentos lacustres argilosos.
PEDREGOSIDADE - Ausente
ROCHOSIDADE – Ausente
RELEVO LOCAL - Plano
RELEVO REGIONAL – Plano.
ALTITUDE – 5 m
EROSÃO – Não aparente.
DRENAGEM – mal a imperfeitamente drenado.
VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Herbácea arbustiva de caráter hidrófilo.
USO ATUAL – Unidade de proteção ambiental, com capoeira em regeneração.
DESCRITO E COLETADO POR – Gustavo Souza Valladares e Izabella Cabral Hassum.

OBSERVAÇÕES – Lençol freático a 130 cm de profundidade.

- Fendas de 1 a 2 cm perpendiculares a superfície do solo, demonstrando o processo da subsidência pela drenagem do perfil.
- Presença de cupins no perfil.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

Hdoj1 - 0-15 cm; preto (N 2/, úmido), preto (N 2,5/, seco); orgânica; fraca média a grande blocos subangulares que se desfazem em fraca muito pequena a pequena granular; dura, friável, plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e clara.

Hdoj2 - 15-32 cm; preto (5YR 2,5/1, úmido), cinzento-muito-escuro (5YR 3/1, seco); orgânica; fraca pequena a grande blocos; dura, friável, plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e gradual.

Hdoj3 - 32-81 cm; preto (5YR 2/1, úmido), preto (N 2,5/, seco); orgânica; maciça com fibras; muito dura, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e difusa.

Cgj - 81-130+ cm; bruno (7,5YR 4/2, úmido), cinzento-escuro (10YR 4/1, seco); argila; maciça com algumas fibras; dura, friável, plástica e pegajosa.

Perfil BA3

DATA DA COLETA - 17/01/2002

CLASSIFICAÇÃO – ORGANOSSOLO TIOMÓRFICO Hêmico típico.

LOCALIZAÇÃO – Estrada que liga Arraial D'ajuda - BR101. Perfil a 100 m da estrada do lado direito, cerca de 300m antes do trevo para Trancoso. 16°28'S e 39°06'W Gr.

SITUAÇÃO E DECLIVE – Vale do rio Buranhém, em terraço flúvio-marinho a 1% de declive.

LITOLOGIA, FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Depósitos turfáceos e sedimentos argilo-arenosos. Holoceno / Quaternário.

MATERIAL ORIGINÁRIO – Depósitos orgânicos sobre sedimentos flúvio marinhos.

PEDREGOSIDADE - Ausente

ROCHOSIDADE – Ausente

RELEVO LOCAL - Plano

RELEVO REGIONAL – Plano.

ALTITUDE – 7 m

EROSÃO – Não aparente.

DRENAGEM – Mal drenado, drenos de 2m de profundidade

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Floresta perenifólia de várzea.

USO ATUAL – Pasto sujo com bubalinos.

DESCRITO E COLETADO POR – Gustavo Souza Valladares e Izabella Cabral Hassum.

OBSERVAÇÕES – Lençol freático 60 cm de profundidade.

- Área com muitos troncos e raízes de árvores, limitação à mecanização.
- Visível compactação na superfície do solo devido ao pisoteio dos bubalinos.
- Material orgânico pouco transformado como cascas de árvores, troncos e raízes, em conjunto com material mais transformado, material com transformação intermediária, do tipo hêmico.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

Hdopj1 - 0-14 cm; preto (5YR 2,5/1, úmido), preto (10YR 2/1, seco); turfosa; moderada muito pequena blocos angulares; muito dura, friável, plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e clara.

Hdopj2 - 14-40 cm; bruno-avermelhado-escuro (5YR 2,5/2, úmido), preto (10YR 2/1, seco); turfosa; maciça com fibras; muito dura, muito friável, plástica e pegajosa; transição plana e gradual.

Hdoj – 40-180+ cm; bruno-avermelhado-escuro (5YR 3/2, úmido), após alguns minutos exposto à atmosfera o material fica com coloração mais escura preto 5YR2,5/1, preto (10YR

2/1, seco); turfosa; maciça com fibras; muito dura, muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa.

Perfil DF1

DATA DA COLETA - 18/07/2001

CLASSIFICAÇÃO – ORGANOSSOLO MÉSICO Sáprico típico.

LOCALIZAÇÃO – Chácara 22 (pesque-pague) a 50 m da margem direita do Córrego Vicente Pires, em Guara II-DF, 15°48' S e 48°01' W Gr.

SITUAÇÃO E DECLIVE – Em ambiente de surgência de terraço aluvionar, 1 a 2% de declive.

LITOLOGIA, FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Depósitos orgânicos / argilosos

MATERIAL ORIGINÁRIO – Sedimentos orgânicos

PEDREGOSIDADE - Ausente

ROCHOSIDADE – Ausente

RELEVO LOCAL – Plano a suave ondulado.

RELEVO REGIONAL – Suave ondulado.

EROSÃO – Não aparente.

DRENAGEM – Mal drenado, com drenos artificiais rasos (60 cm de profundidade) distanciados de 30m, na época seca a calha do córrego é profunda e associada a declividade favorece uma certa drenagem.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Vereda.

USO ATUAL – Pasto sujo, bem denso, com palhada de espessura de 20cm ou mais cobrindo o solo.

DESCRITO E COLETADO POR – Gustavo Souza Valladares.

OBSERVAÇÕES – Lençol freático a 60 cm de profundidade

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

Hdp - 0-26 cm; preto (N 2/, úmida), preto (10YR 2/1, seca); orgânica, granular moderada média e blocos subangulares moderada pequenos; muito dura, friável, plástica e pegajosa; transição plana e clara.

Hd1 - 26-48 cm; preto (N 2/, úmida), cinzento-muito-escuro (N 3/, seca); orgânica, blocos subangulares fraca a moderada muito pequenos e agregados com aspecto maciço; muito dura, friável, plástica e pegajosa; transição plana e gradual.

Hd2 - 48-80+ cm; cinzento-muito-escuro (N 3/, úmida), cinzento-muito-escuro (10YR 3/1, seca); orgânica, maciça; muito dura, friável, plástica e pegajosa; transição plana e clara.

RAÍZES – Hdp – muitas finas.

Hd1 – muitas finas

Hd2 – raras finas

Perfil ES1

DATA DA COLETA - 20/01/2002

CLASSIFICAÇÃO – ORGANOSSOLO MÉSICO Hêmico típico.

LOCALIZAÇÃO – Município de Mimoso do Sul, a aproximadamente 14 km da entrada para São José das Torres (BR-101), em direção ao Rio de Janeiro, toma-se uma estrada a esquerda, localizando-se o perfil a cerca de 5 km na Fazenda Barreirinhas, de propriedade do Sr. Joaquim Paiva Gonçalves. 21°17'S e 41°12'W Gr.

SITUAÇÃO E DECLIVE – Terraço aluvial de 0 a 1% de declive.

LITOLOGIA, FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Depósitos turfáceos e sedimentos aluviais. Holoceno / Quaternário.

MATERIAL ORIGINÁRIO – Depósitos orgânicos e sedimentos aluviais.

PEDREGOSIDADE - Ausente

ROCHOSIDADE – Ausente

RELEVO LOCAL - Plano

RELEVO REGIONAL – Plano/ondulado.
ALTITUDE – 15 m
EROSÃO – Não aparente.
DRENAGEM – Mal drenado.
VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Campos de várzea
USO ATUAL – Pastagem.
DESCRITO E COLETADO POR – Gustavo Souza Valladares e Izabella Cabral Hassum.
OBSERVAÇÕES – Lençol freático a 20 cm de profundidade.
- Fibras na massa do horizonte Hdo de tecidos vegetais.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

Hdp1 - 0-10 cm; preto (10YR 2/1, úmido), cinzento-escuro (10YR 4/1, seco); argila; moderada a forte pequena granular; muito dura, friável, plástica e pegajosa; transição plana e clara.
Hdp2 - 10-40 cm; cinzento-escuro (10YR 4/1, úmido), cinzento-brunado-claro (10YR 6/2, seco); argila; moderada a forte pequena granular; muito dura, friável, plástica e pegajosa; transição plana e clara.
Hdo – 40-100+ cm; preto (10YR 2/1, úmido), bruno-acinzentado (10YR 5/2, seco); orgânica com argila; maciça com fibras; muito dura, muito friável, plástica e pegajosa.

Perfil MG1

DATA DA COLETA - 14/05/2002
CLASSIFICAÇÃO – ORGANOSSOLO MÉSICO Hêmico típico.
LOCALIZAÇÃO – Juiz de Fora, MG. UTM 7590148 / 0662946.
SITUAÇÃO E DECLIVE – Terraço aluvionar, 1%.
LITOLOGIA, FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Depósitos turfáceos e sedimentos aluviais. Holoceno / Quaternário.
MATERIAL ORIGINÁRIO – Depósitos orgânicos e sedimentos.
PEDREGOSIDADE - Ausente
ROCHOSIDADE – Ausente
RELEVO LOCAL - Plano
ALTITUDE – 874 m
EROSÃO – Não aparente.
DRENAGEM – Mal drenado.
VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Campo de várzea
USO ATUAL – Lotes em pousio.
DESCRITO E COLETADO POR – Gustavo Souza Valladares, Marcos Gervasio Pereira, André Faria e Ademir Fontana.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

Hdo - 0-22 cm; cinzento-muito-escuro (N 3/ , úmido), bruno-muito-escuro (10YR 2/2, seco); fraca muito pequena e pequena granular; muito dura; muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição plana e clara; raízes muitas finas.
Hd - 22-47 cm; preto (10YR 2/1 , úmido), cinzento-escuro (10YR 4/1, seco); moderada muito pequena blocos subangulares; muito dura; friável, plástico e pegajoso; transição plana e clara; raízes comuns finas.
Cg – 47-70 cm; cinzento-escuro (5Y 4/1, úmido), cinzento (10YR 5/1, seco); maciça; extremamente dura; friável, muito pegajoso e muito plástico.
2Hdo – 70-115+ cm; bruno-acinzentado-muito-escuro (10YR 3/2, úmido), preto (10YR 2/1, seco); muito dura.

Obs.: Presença de galhos e raízes com diâmetro superior a 5 cm; dreno com cerca de 1 m de profundidade a 5 metros do perfil, aberto a poucas semanas.

Perfil MG2

DATA DA COLETA - 15/05/2002

CLASSIFICAÇÃO – ORGANOSSOLO MÉSICO Hêmico térrico.

LOCALIZAÇÃO – Fazenda experimental da Embrapa Gado de Leite em Coronel Pacheco, MG. UTM 7614455 / 0678408.

SITUAÇÃO E DECLIVE – Várzea entulhada, 0 - 1%.

LITOLOGIA, FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Depósitos turfáceos e sedimentos aluviais e coluviais. Holoceno / Quaternário.

MATERIAL ORIGINÁRIO – Depósitos orgânicos e sedimentos.

PEDREGOSIDADE - Ausente

ROCHOSIDADE – Ausente

RELEVO LOCAL - Plano

ALTITUDE – 432 m

EROSÃO – Não aparente.

DRENAGEM – Muito mal drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Campo de várzea

USO ATUAL – Vegetação nativa.

DESCRITO E COLETADO POR – Gustavo Souza Valladares, André Faria e Ademir Fontana.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

Hdo1 - 0-20 cm; (10YR 4/1 , úmido), (10YR 6/2, seco); muito pequena blocos subangulares; dura, friável, plástico e pegajoso; transição plana e clara; raízes muitas finas.

Hdo2 - 20-60 cm; (10YR 2/2 , úmido), (10YR 4/1, seco); aspecto maciço com fibras, que se desfaz em fraca muito pequena blocos subangulares; muito dura; plástico e pegajoso; transição plana e gradual; raízes comuns finas.

Cg – 60-120 cm; (10YR 5/1, úmido), (10YR 6/1, seco); maciça; muito dura; raízes raras.

Obs.: Lençol freático a 25 cm de profundidade.

Perfil MS2

DATA DA COLETA - 11/04/2002

CLASSIFICAÇÃO – ORGANOSSOLO MÉSICO Sáprico térrico.

LOCALIZAÇÃO – Porto Morumbi, Eldorado, MS. Várzea próxima da área com olaria.

SITUAÇÃO E DECLIVE – Várzea no vale do Rio Paraná, próxima a terraços aluvionares, distando cerca de 200 m da margem direita do Rio Paraná.

LITOLOGIA, FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Depósitos turfáceos e sedimentos aluviais. Holoceno / Quaternário.

MATERIAL ORIGINÁRIO – Depósitos orgânicos e sedimentos.

PEDREGOSIDADE - Ausente

ROCHOSIDADE – Ausente

RELEVO LOCAL - Plano

ALTITUDE – 280 m

EROSÃO – Não aparente.

DRENAGEM – Muito mal drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Campos de várzea.

USO ATUAL – Extração de argila para olarias.

DESCRITO E COLETADO POR – Gustavo Souza Valladares e Milton Padovan.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

Hd - 0-40 cm; (Variegado de preto N 2/ e bruno 10YR 4/3, úmido), preto (10YR 2/1, seco); maciça fibrosa; dura; friável, não plástico e ligeiramente pegajoso; transição plana e clara.

Cg - 40-80 cm; cinzento-escuro (N 3/, úmido), cinzento-escuro (N 3/, seco); maciça; extremamente firme; dura; pegajoso e muito plástico.

2Hd - 150-180cm+; preto (N 2/, úmido), cinzento-escuro (10YR 4/1, seco); maciça; muito dura; muito friável, pegajoso e plástico.

Obs.: Camada Hd com pequenas manchas de materiais de diferentes naturezas, variando de sáprico a hêmico; lençol freático a 70 cm de profundidade.

Perfil PR2

DATA DA COLETA - 21/02/2002

CLASSIFICAÇÃO - ORGANOSSOLO MÉSICO Sáprico típico.

LOCALIZAÇÃO - Km 1 da PR 281, Campina, lado direito, Tijucas do Sul, PR.

SITUAÇÃO E DECLIVE - Terço inferior de elevação, 4% de declive em zona de surgência.

ALTITUDE - 850m.

LITOLOGIA, FORMAÇÃO GEOLÓGICA - sedimentos orgânicos.

MATERIAL ORIGINÁRIO - Sedimentos orgânicos.

PEDREGOSIDADE - Ausente

ROCHOSIDADE - Ausente

RELEVO LOCAL - Suave ondulado

RELEVO REGIONAL - Suave ondulado.

EROSÃO - Não aparente.

DRENAGEM - Mal drenado

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA - Floresta de Araucária.

USO ATUAL - Pastagem de azevém.

DESCRITO E COLETADO POR - Gustavo Souza Valladares, Marcos G. Pereira e Adierison G. Ebeling.

OBSERVAÇÕES - Drenos espaçados de 10 a 15 m, com 70 cm de profundidade.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

Hdp1 - 0-20 cm; preto (10YR 2/1, úmida), preto (7,5YR 2/1, seca); blocos angulares pequena forte; dura, friável, plástica e pegajosa; raízes muitas finas; transição plana e abrupta.

Hdp2 - 20-55 cm; preto (N 2/, úmida), preto (7,5YR 2/1, seca); aspecto maciço que se desfaz em blocos subangulares média e grande fraco; muito duro, friável, plástica e pegajosa; transição plana e clara.

Hdp3 - 55-120+ cm; preto (N 2/, úmida), preto (N 2/, seca); maciça com poucas fibras; muito duro, friável, plástica e pegajosa.

Perfil PR3

DATA DA COLETA - 22/05/2000 e 12/2000.

CLASSIFICAÇÃO - NEOSSOLO LITÓLICO Hístico típico

LOCALIZAÇÃO - Serra da Baitaca, próxima a Curitiba, estado do Paraná.

SITUAÇÃO E DECLIVE - Terço superior com 67% de declive.

ALTITUDE - 1330 metros.

LITOLOGIA, FORMAÇÃO GEOLÓGICA - Granitos alcalinos e subalcalinos do Proterozóico/Paleozóico - Suite Granítica-Cornubianítica Brasileira.

MATERIAL ORIGINÁRIO - Depósitos predominantemente vegetais.

PEDREGOSIDADE - Moderadamente pedregoso.

ROCHOSIDADE - Muito rochoso.

RELEVO LOCAL - Montanhoso.

RELEVO REGIONAL – Montanhoso.

EROSÃO – Laminar forte, a camada orgânica está assentada sobre a rocha, com ausência de horizonte mineral no perfil, demonstrando que o produto da intemperização da rocha é erodido no contato rocha-camada orgânica. A camada orgânica está estabilizada pela abundância de raízes da floresta presente nela.

DRENAGEM - Bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Floresta subtropical altimontana, floresta umbrófila densa altimontana.

USO ATUAL – Vegetação nativa.

DESCRITO E COLETADO POR – Itamar Antonio Bognola e Gustavo Ribas Curcio. No dia da excursão da RCC, o material foi também coletado por Gustavo Souza Valladares, que fez algumas observações e complementações na descrição morfológica.

OBSERVAÇÕES –

- perfil coletado em dia com alta nebulosidade;
- o horizonte hístico é composto por duas fases: subhorizonte de 3cm composto principalmente de folhas, nos primeiros estágios de decomposição e musgos; subhorizonte de 17 cm, composto por material mais humificado. A proporção de espessura entre os horizontes, onde prevalece material humificado, é o predominante neste tipo de ambiente, ou seja: a morfologia do material orgânico é sáprica;
- o simples caminhar para coleta deste perfil, proporcionou danos consideráveis neste ambiente, como por exemplo o afloramento da rocha;
- grande quantidade de pequenos sapos de 1 a 2 cm de tamanho, de cor alaranjada, na camada orgânica.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

Oo - 0-20cm; bruno-acinzentado muito escuro (10YR 2/2); orgânica; granular pequena e muito pequena e muito fibrosa; extremamente poroso, com espaços vazios irregulares na sua forma e tamanho; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição abrupta e plana.

R - 20cm+.

RAÍZES – O – abundantes finas e médias, comuns grossas.

Perfil RJ1

DATA DA COLETA - 13/08/2001

CLASSIFICAÇÃO – CAMBISSOLO HÚMICO Distrófico típico.

LOCALIZAÇÃO – Parque Nacional de Itatiaia – 2 km após a entrada em direção ao Pico das Agulhas Negras, em corte de estrada do lado direito.

SITUAÇÃO E DECLIVE – 1/3 inferior de encosta com 10% de declive em interflúvio altimontano.

ALTITUDE – 1700m.

LITOLOGIA E MATERIAL ORIGINÁRIO – Depósitos orgânicos sobre embasamento de rochas sieníticas.

PEDREGOSIDADE – Ligeiramente pedregosa

ROCHOSIDADE – Ausente

RELEVO LOCAL - Ondulado

RELEVO REGIONAL – Montanhoso

EROSÃO – Não aparente.

DRENAGEM – Bem drenado

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Floresta Altimontana.

USO ATUAL – Floresta secundária altimontana.

DESCRITO E COLETADO – Gustavo S. Valladares, Marcos G. Pereira e Anselmo Boechat.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A1 - 0-25 cm; bruno-escuro (7,5YR 3/2, úmida), cinzento-rosado (7,5YR 7/2, seca); franco-argilo-arenosa com cascalho, grãos simples e moderada muito pequena granular; solta, solta, não plástica e não pegajosa; transição plana e clara.
- A2 - 25-45 cm; cinzento (10YR 5/1, úmida), bruno-acinzentado (10YR 5/2, seca); franco-argilo-arenosa com cascalho, grãos simples e moderada muito pequena granular; muito friável, ligeiramente plástica e não pegajosa; transição plana e clara.
- Bi - 45-86 cm; preto (N 2/, úmida), preto (10YR 2/1, seca); argilo-arenosa, grande prismática que se desfaz em moderada média blocos subangulares; friável, plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e clara.
- 2Bi - 86-170+ cm; preto (N 2/); argilo-arenosa, grande prismática que se desfaz em moderada média blocos subangulares; friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa.

RAÍZES – A1 – abundantes finas.

A2 – muitas finas

Bi – comuns finas

2Bi – comuns finas

Na transição entre os horizontes Bi e 2Bi presença de linha de pedras.

Perfil RJ3

DATA DA COLETA - 02/11/2000

CLASSIFICAÇÃO – ORGANOSSOLO HÁPLICO Hêmico tértrico.

LOCALIZAÇÃO – São José da Boa Morte, Gleba D (Polder3), UTM 0715798; 7496739

SITUAÇÃO E DECLIVE – Várzea.

ALTITUDE – 40m.

LITOLOGIA, FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Sedimentos orgânicos / argilo-siltosos. Holoceno, Quaternário.

MATERIAL ORIGINÁRIO – Depósitos orgânicos e sedimentos minerais.

PEDREGOSIDADE - Ausente

ROCHOSIDADE – Ausente

RELEVO LOCAL - Plano

RELEVO REGIONAL – Plano.

EROSÃO – Não aparente.

DRENAGEM – Muito mal drenado

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Várzea úmida, campo de várzea com tifáceas.

USO ATUAL – Campo de várzea em pousio de culturas anuais.

DESCRITO E COLETADO POR – Gustavo S. Valladares e Lúcia Helena C. dos Anjos.

OBSERVAÇÕES – proporção de material (tecido vegetal) apodrecido uniforme em todos os horizontes H, com muitas fibras; lençol freático próximo do horizonte Cg.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- Hdp - 0-25 cm; cinzento-muito-escuro e preto (N 3/ e 10YR 2/1, cores úmidas mescladas no material quando exposto ao abrir a trincheira), cinzento-escuro (10YR 4/1, seca); orgânica, aproximadamente 2% em volume de caules (galhos) podres; maciça com fibras; muito dura, friável, plástica e não pegajosa; transição irregular ou descontínua e difusa.
- Hdo1 - 25-45 cm; preto (10YR 2/1, úmida), cinzento-muito-escuro (10YR 3/1, seca); orgânica; maciça fibrosa; muito dura, friável, ligeiramente plástica e não pegajosa; transição irregular ou descontínua e difusa.
- Hdo2 - 45-63 cm; cinzento-escuro e preto (10YR 4/1 e 10YR 2/1, cores úmidas mescladas no material quando exposto ao abrir a trincheira), cinzento-escuro (10YR 4/1, seca); orgânica; maciça fibrosa; muito dura, friável, plástica e ligeiramente pegajosa; transição irregular ou descontínua e difusa.

- Ho - 63-90 cm; cinzento-escuro e cinzento-muito-escuro (10YR 4/1 e 10YR 3/1, cores úmidas mescladas no material quando exposto ao abrir a trincheira), cinzento-escuro e cinzento-muito-escuro (10YR 4/1 e 10YR 3/1, seca); orgânica; maciça fibrosa; muito dura, friável, plástica e pegajosa; transição plana e clara.
- Cg - 90-130 cm+; cinzento-brunado-claro (2,5Y 6/2, úmida), cinzento-claro (5Y 7/1, seca); argilo-siltosa; maciça; extremamente dura, firme, plástica e muito pegajosa, friável, .

Perfil RJ4

DATA DA COLETA - 14/05/2002

CLASSIFICAÇÃO – ORGANOSSOLO MÉSICO Sáprico térreo.

LOCALIZAÇÃO – Município de Friburgo, RJ, propriedade do Sr. Joaquim.

SITUAÇÃO – Porção baixa da paisagem.

LITOLOGIA, FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Depósitos turfáceos e sedimentos aluviais/coluviais. Holoceno / Quaternário.

MATERIAL ORIGINÁRIO – Depósitos orgânicos e sedimentos.

PEDREGOSIDADE - Ausente

ROCHOSIDADE – Ausente

RELEVO LOCAL - Plano

ALTITUDE – Aproximadamente 800m.

EROSÃO – Não aparente.

DRENAGEM – Mal drenado.

USO ATUAL – Pastagem de brachiária.

DESCRITO E COLETADO POR – Marcos Gervásio Pereira e Sirgiane Cardozo.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

Hdp1 - 0-9 cm; preto (10YR 2/1, úmido), bruno muito-escuro (10YR 2/2, seco); moderada grande granular; transição plana e difusa.

Hdp2 - 9-43 cm; preto (N 2/, úmido), preto (10YR 2/1, seco); moderada média granular; transição plana e difusa.

Cg1 - 43-67 cm; preto (N 2/, úmido), cinzento escuro (10YR 4/1, seco); moderada pequena granular; transição plana e abrupta.

Cg2 - 67-74 cm; preto (10YR 2/1, úmido), cinzento (10YR 5/1, seco); maciça; transição plana e abrupta.

Cg3 - 74-97 cm; cinzento escuro (10YR 4/1, úmido), cinzento-brunado-claro (10YR 6/2, seco); maciça; transição plana e abrupta.

Hd - 97-115+ cm; preto (N 2/, úmido), preto (10YR 2/1, seco); maciça.

Perfil RS3

DATA DA COLETA - 16/02/2002.

CLASSIFICAÇÃO – ORGANOSSOLO MÉSICO Sáprico térreo.

LOCALIZAÇÃO – Parque Nacional de Aparatos da Serra, Cambará do Sul, RS. UTM 6772355N; 22587404E.

SITUAÇÃO E DECLIVE – Várzea, 0% de declive.

ALTITUDE – 890m.

LITOLOGIA, FORMAÇÃO GEOLÓGICA – sedimentos orgânicos / basalto.

MATERIAL ORIGINÁRIO – Sedimentos orgânicos sobre basalto

PEDREGOSIDADE - Ausente

ROCHOSIDADE – Ausente

RELEVO LOCAL - Plano

RELEVO REGIONAL – Suave ondulado.

EROSÃO – Não aparente.

DRENAGEM – Muito mal drenado

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Campo de várzea hidrófilo.

USO ATUAL – Vegetação nativa.

DESCRITO E COLETADO POR – Gustavo Souza Valladares, Marcos G. Pereira e Adierison G. Ebeling.

OBSERVAÇÕES – Lençol freático aflorante; condutividade hidráulica baixíssima.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

Hdo - 0-20 cm; preto (N 2/, úmida), preto (N 2/, seca); orgânica; maciça fibrosa; dura, friável, ligeiramente plástica e pegajosa; plana e clara.

Hd1 - 20-41 cm; preto (N 2/, úmida), preto (10 YR 2/1, seca); orgânica; maciça; muito dura, friável, plástica e pegajosa; plana e clara.

Hd2 - 41-70 cm; preto (N 2/, úmida), bruno muito escuro (10 YR 2/2, seca); orgânica; maciça com fibras; muito dura, friável, plástica e muito pegajosa; plana e gradual.

Cg - 70-90 cm; cinzento-muito-escuro (N 3/, úmida), cinzento (10YR 5/1, seca); argila; maciça; extremamente dura.

Perfil RS4

DATA DA COLETA - 18/02/2002

CLASSIFICAÇÃO – ORGANOSSOLO TIOMÓRFICO Sáprico típico.

LOCALIZAÇÃO – Fazenda São Roque, Viamão, RS; de 8 a 10 km da Lagoa dos Patos; UTM 6658786N; 22515524E.

SITUAÇÃO E DECLIVE – Várzea, 1% de declive.

ALTITUDE – 20m.

MATERIAL ORIGINÁRIO – Sedimentos orgânicos.

PEDREGOSIDADE - Ausente

ROCHOSIDADE – Ausente

RELEVO LOCAL – Plano.

RELEVO REGIONAL – Plano.

EROSÃO – Não aparente.

DRENAGEM – Mal drenado

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Campo de várzea hidrófilo

USO ATUAL – Pasto de gramíneas com samambaias.

DESCRITO E COLETADO POR – Gustavo Souza Valladares, Marcos G. Pereira e Adierison G. Ebeling.

OBSERVAÇÕES – Lençol freático a 110 cm de profundidade; drenos largos a 13 metros do perfil; Hdoj com mais fibras que Hdj.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

Hdpj - 0-16 cm; preto (N 2/, úmida), preto (N 2/, seca); orgânica; granular forte muito pequena; dura; friável, plástica e muito pegajosa; raízes abundantes finas; plana e gradual.

Hdj - 16-80 cm; preto (N 2/, úmida), cinzento-muito-escuro (N 3/, seca); orgânica; maciça com fibras; muito dura, friável, plástica e pegajosa; raízes poucas finas; plana e difusa.

Hdoj - 80-120+ cm; preto (N 2/, úmida), cinzento-muito-escuro (N 3/, seca); orgânica; maciça com fibras; muito dura, friável, ligeiramente plástica e pegajosa.

Perfil RS5

DATA DA COLETA - 18/02/2002

CLASSIFICAÇÃO – ORGANOSSOLO TIOMÓRFICO Sáprico típico.

LOCALIZAÇÃO – Assentamento “Filhos do Sapé”, Viamão, RS; UTM 66731217N; 22512940E.

SITUAÇÃO E DECLIVE – Várzea, 1% de declive.

ALTITUDE – 20m.
LITOLOGIA, FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Depósitos orgânicos e argilo-arenosos. Holoceno, Quaternário.
MATERIAL ORIGINÁRIO – Depósitos orgânicos e sedimentos argilo-arenosos.
PEDREGOSIDADE - Ausente
ROCHOSIDADE – Ausente
RELEVO LOCAL - Plano
RELEVO REGIONAL – Plano.
EROSÃO – Não aparente.
DRENAGEM – Muito mal drenado
VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Campo de várzea hidrófilo
USO ATUAL – No momento em pousio, mas costuma ser cultivada com arroz.
DESCRITO E COLETADO POR – Gustavo Souza Valladares, Marcos G. Pereira e Adierison G. Ebeling.
OBSERVAÇÕES – Lençol freático a 60 cm de profundidade.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

Hdp1 - 0-35 cm; preto (N 2/, úmida), preto (10YR 2/1, seca); orgânica; forte muito pequena granular; dura; muito friável, muito plástica e pegajosa; plana e clara.
Hdj - 35-46 cm; preto (10YR 2/1, úmida), cinzento-escuro (10YR 4/1, seca); orgânica; moderada muito pequena blocos subangulares; dura; muito friável, muito plástica e pegajosa; plana e abrupta.
Cg - 46-58 cm; bruno (10YR 5/3, úmida), bruno muito claro-acinzentado (10YR 7/3, seca); maciça com fibras; fraca; muito friável, plástica e pegajosa; plana e abrupta.
2Hd - 58-68+ cm; preto (10YR 2/1, úmida), cinzento-escuro (10YR 4/1, seca); orgânica; maciça; fraca; dura, friável, ligeiramente plástica e muito pegajosa.

Perfil SC2

DATA DA COLETA - 19/02/2002
CLASSIFICAÇÃO – ORGANOSSOLO TIOMÓRFICO Hêmico típico.
LOCALIZAÇÃO – BR 101, km 179, próximo a área de extração de areia, Governador Celso Portela, SC; 27°21.938S, 48°37.696W Gr.
SITUAÇÃO E DECLIVE – Várzea, 0% de declive.
ALTITUDE – 10m.
LITOLOGIA, FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Sedimentos orgânicos sobre substrato arenoso, Holoceno, Quaternário.
MATERIAL ORIGINÁRIO – Sedimentos orgânicos.
PEDREGOSIDADE - Ausente
ROCHOSIDADE – Ausente
RELEVO LOCAL - Plano
RELEVO REGIONAL – Plano.
EROSÃO – Não aparente.
DRENAGEM – Muito mal drenado
VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Floresta hidrófila.
USO ATUAL – Vegetação nativa em regeneração.
DESCRITO E COLETADO POR – Gustavo Souza Valladares, Marcos G. Pereira e Adierison G. Ebeling.
OBSERVAÇÕES – Lençol freático a 20 cm de profundidade; superfície do solo irregular e macia, afundando com o pisoteio, Presença de restos vegetais, caules e raízes com diâmetros superiores a 5 cm.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

Hdoj1 - 0-20 cm; preto (7,5YR 2/1, úmida), preto (7,5YR 2/1, seca); orgânica; forte pequena granular com muitos restos vegetais; muito duro, muito friável, não plástica e ligeiramente pegajosa; plana e gradual.

Hdoj2 - 20-100 cm+; cinzento-muito-escuro (10YR 3/1, úmida), preto (10YR 2/1, seca); orgânica; maciça muito fibrosa; muito duro, muito friável, não plástica e ligeiramente pegajosa.

Perfil SP1

DATA DA COLETA - 12/08/2001

CLASSIFICAÇÃO – ORGANOSSOLO MÉSICO Sáprico térreo.

LOCALIZAÇÃO – Rua 5, condomínio Taubaté Village ao lado do nº 741.

SITUAÇÃO E DECLIVE – Parte baixa da paisagem, com 4% de declive.

LITOLOGIA, FORMAÇÃO GEOLÓGICA – sedimentos orgânicos / argilo-arenosos

MATERIAL ORIGINÁRIO – Sedimentos orgânicos

PEDREGOSIDADE - Ausente

ROCHOSIDADE – Ausente

RELEVO LOCAL – Suave ondulado

RELEVO REGIONAL – Plano e suave ondulado.

EROSÃO – Não aparente.

DRENAGEM – Mal drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Campo de várzea.

USO ATUAL – Loteamento/ Brachiaria.

DESCRITO E COLETADO – Gustavo Valladares, Marcos Pereira e Anselmo Boechat.

OBSERVAÇÕES – No período chuvoso ocorre surgência na área.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

Hdp1 - 0-12 cm; preto (N 2/, úmida), preto (10YR 2/1, seca); orgânica, blocos subagulares muito pequenos moderada a forte; ligeiramente dura, friável, plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e clara.

Hdp2 - 12-45 cm; preto (N 2/, úmida); orgânica, maciça que se desfaz em blocos subagulares pequenos moderada; ligeiramente dura friável, plástica e pegajosa; transição plana e gradual.

Cg1 - 45-60 cm; cinzento-escuro (10YR 3,5/1, úmida); argila; maciça; friável, plástica e muito pegajosa; transição plana e gradual.

Cg2 - 60-100 cm+; cinzento brunado-claro (10YR 6/2, úmida); argila; maciça; friável, plástica e pegajosa.

RAÍZES – Hp1 – abundante finas.

Hp2 – muitas finas

Cg1 – raras finas

Cg2 – raras finas

Obs.:- Difícil avaliação da consistência molhada nas camadas Hdp1 e Hdp2, devido a resistência dos agregados e ao material estar seco.

- Não apresenta hidrofobicidade

ANEXO II

DescÁrea			
CódRel	CódAut	Fonte	Página
(1) - 57b AL		1 Boletim Técnico nº35, 1975-Ala	363
Data	ClasRelat		
07/03/71	SOLO ORGÂNICO DISTRÓFICO fase campo de várzea relevo plano		
Localização			
Estrada que liga a BR-101 (na usina Cansanção de Sinimbu) à lagoa do Jiquiá, distando cerca de 500m da lagoa			
Cidade		Estado	
São Miguel dos Campos		Alagoas	
Situação			
Área encharcada da várzea do Rio Jiquiá			
Declive	FormGeol	Litologia	MatOrig
	0 Holoceno	sedimentos	sedimentos orgânicos
Substrato	Altitude	Drenagem	VegNativa
	2	muito mal <input type="button" value="v"/>	campo de várzea
UsoAtual			
vegetação nativa			
ObsÁrea			

Figura 42. Exemplo de um formulário de descrição da área do banco de dados.