

AMALIA LIA ENDLER KAHIL

ANÁLISE DAS ALTERAÇÕES NA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO  
CAUSADAS PELO FLORESTAMENTO DE *Pinus elliottii* NA  
REGIÃO DA LAPA-PR

Dissertação submetida a Consideração da Comissão Examinadora, no Curso de Pós-Graduação em Agronomia - Área de Concentração-Ciência do Solo do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do Título de Mestre.

CURITIBA

1986



P A R E C E R

Os membros da Comissão Examinadora designada pelo Colegiado do Curso de Pós-Graduação em Agronomia-Área de Concentração "Ciência do Solo", para realizar a arguição da Dissertação de MESTRADO apresentada pela candidata AMALIA LIA ENDLER KAHIL, sob o título "ANÁLISE DAS ALTERAÇÕES NA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO CAUSADAS PELO FLORESTAMENTO COM *Pinus Elliottii* NA REGIÃO DA LAPA/PR", para obtenção do grau de Mestre em Agronomia - Área de Concentração "Ciência do Solo" do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, após haver analisado o referido trabalho e arguido a candidata, são de parecer pela APROVAÇÃO da Dissertação, completando assim os requisitos necessários para receber o grau e o diploma de Mestre em Agronomia-Área de Concentração "Ciência do Solo".

Observação: O critério de avaliação da Dissertação e Defesa da mesma é apenas APROVADA ou NÃO APROVADA.

Coordenação do Curso de Pós-Graduação, em Curitiba, 19 de dezembro de 1.986.

Professor Francisco Jose Pereira de Campos Carvalho, Dr.  
Presidente

Professor Carlos Bruno Reissmann, Dr.  
Primeiro Examinador

Engº Agrº Dr. Ricardo Peixoto  
Segundo Examinador

Prof. Marcos Luiz de Paula Souza  
Coordenador do CPGCS  
Mat. 5152



À meus pais

EUGENIO e OLINDA

A meu esposo

DANILO

e a meus filhos

FRANCISCO, FABIO e GUSTAVO

DEDICO.

## AGRADECIMENTOS

- Ao Prof. Dr. Francisco José Pereira de Campos Carvalho, pela amizade, orientação e estímulo durante todo o desenvolvimento do trabalho.

- Ao Prof. Dr. Marcos Luiz de Paula Souza, pelas sugestões e apoio durante o Curso e o desenvolvimento do trabalho.

- Ao Prof. Dr. Carlos Bruno Reissmann, pelas sugestões apresentadas.

- Ao Prof. Henrique Soares Koehler, pela orientação na realização das análises estatísticas.

- À Prof. Celina W. Koehler, pela amizade e orientação durante todo o desenvolvimento do trabalho.

- À BANESTADO Reflorestadora S.A. e ao Sr. Gustavo Kastrup, pela cessão da área para pesquisa.

- À CAPES, pela concessão de Bolsa de Estudos.

- Ao Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná - Departamento de Solos, pela oportunidade, à realização do Curso de Mestrado.

- Aos funcionários do Laboratório de Microbiologia do Solo, pela ajuda prestada nas determinações analíticas.

- Aos professores e funcionários do Departamento de So-  
los pelo estímulo e amizade.

- E a todos que contribuíram de alguma forma, para a rea-  
lização deste trabalho.

## BIOGRAFIA

AMALIA LIA ENDLER KAHIL, filha de Eugenio Endler e Olinda Jürgensen Endler, nasceu em Curitiba, Estado do Paraná, no dia 26 de dezembro de 1952.

Cursou o 1º Grau no Colégio Sagrado Coração de Jesus em Canoinhas - SC e o segundo grau cursou na Escola Técnica do Comércio em Canoinhas - SC. Ingressou na Faculdade de História Natural, na Universidade Católica do Paraná em 1973 e concluiu em 1977.

Em 1983, iniciou na Universidade Federal do Paraná, o Curso de Mestrado em Ciência do Solo, concluindo os requisitos para o grau de M.Sc. em 1986.

## S U M Á R I O

	<u>LISTA DE ILUSTRAÇÕES</u> .....	x
	<u>LISTA DE TABELAS</u> .....	xvi
	<u>RESUMO</u> .....	xxiii
1	<u>INTRODUÇÃO</u> .....	01
2	<u>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</u> .....	04
2.1	MATÉRIA ORGÂNICA .....	04
2.2	SUBSTÂNCIAS HÚMICAS .....	10
2.3	MATÉRIA ORGÂNICA EM REFLORESTAMENTOS .....	15
2.4	ESTUDOS DA MATÉRIA ORGÂNICA EM SOLOS FLORESTAIS NO BRASIL .....	18
2.5	MATÉRIA ORGÂNICA EM PODZÓIS .....	21
2.6	ALGUMAS CONSIDERAÇÕES SOBRE O FRACIONAMENTO DA MA- TÉRIA ORGÂNICA .....	23
3	<u>MATERIAL E MÉTODOS</u> .....	27
3.1	ÁREA EXPERIMENTAL .....	27
3.2	AMOSTRAGEM .....	29
3.3	PROCEDIMENTOS ANALÍTICOS .....	29
3.3.1	Reagentes e solventes .....	29
3.3.2	Análise estatística .....	30
3.3.3	Granulometria .....	30
3.3.4	pH .....	30
3.3.5	Matéria orgânica .....	30
3.3.6	Biomassa .....	32
3.3.7	Micorrizas .....	33

4	<u>RESULTADOS E DISCUSSÃO</u> .....	34
4.1	CARBONO TOTAL DO SOLO .....	34
4.2	COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS, REFERENTES AO CARBONO TOTAL, NO PRESENTE TRABALHO, COM OS OBTI- DOS ANTERIORMENTE POR DAROS <sup>18</sup> .....	38
4.3	RESULTADOS DO FRACIONAMENTO DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO .....	47
4.3.1	A Fração Matéria Orgânica Leve .....	49
4.3.2	Fração Hidrossolúveis .....	51
4.3.3	Fração Ácidos Fúlvicos Livres .....	53
4.3.4	Fração Pirofosfato .....	56
4.3.5	Fração Ácidos Fúlvicos Ligados a Pirofosfato ...	59
4.3.6	Fração Ácidos Húmicos Ligados a Pirofosfato ....	62
4.3.7	Fração Soda .....	64
4.3.8	Fração Ácidos Fúlvicos Ligados a Soda .....	66
4.3.9	Fração Ácidos Húmicos Ligados a Soda .....	68
4.3.10	Fração Ácidos Fúlvicos Totais .....	70
4.3.11	Fração Ácidos Húmicos Totais .....	73
4.3.12	Fração Humina .....	75
4.3.13	Fração Substâncias Húmicas Totais .....	77
4.4	CARACTERÍSTICAS DAS SUBSTÂNCIAS HÚMICAS NOS PERFIS SOB CAMPO NATIVO E <i>Pinus elliottii</i> .....	79
4.4.1	Variação Relativa dos Teores de Carbono das Di- ferentes Frações dos Perfis sob Campo Nativo e <i>Pinus elliottii</i> .....	80
4.4.1.1	Teores Relativos da Fração Matéria Orgânica Leve .....	80
4.4.1.2	Teores relativos da Fração Hidrossolúveis ....	83

4.4.1.3	Teores relativos da Fração Ácidos Fúlvicos Livres .....	85
4.4.1.4	Teores Relativos da Fração Pirofosfato ....	85
4.4.1.5	Teores Relativos da fração Ácidos Fúlvicos Ligados a Pirofosfato .....	88
4.4.1.6	Teores Relativos da Fração Ácidos Húmicos Ligados a Pirofosfato .....	90
4.4.1.7	Teores Relativos da Fração Soda .....	92
4.4.1.8	Teores Relativos da Fração Ácidos Fúlvicos Ligados a Soda .....	94
4.4.1.9	Teores Relativos da Fração Ácidos Húmicos Ligados a Soda .....	96
4.4.1.10	Teores Relativos da Fração Ácidos Fúlvicos Totais .....	98
4.4.1.11	Teores Relativo da Fração Ácidos Húmicos Totais .....	100
4.4.1.12	Teores Relativos da Fração Humina .....	102
4.4.1.13	Teores Relativos da Fração Substâncias Húmicas Totais .....	104
4.4.2	Variação Relativa dos Teores de Carbono das Diferentes Frações nas Diferentes Profundidades ....	106
4.5	ANÁLISE COMPARATIVA DE COMPOSIÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO NAS DIFERENTES PROFUNDIDADES NOS PERFIS SOB CAMPO NATIVO E <i>Pinus elliottii</i> .....	115
4.5.1	Análise comparativa da composição da matéria orgânica na profundidade de 0-2,5 cm .....	115
4.5.2	Análise comparativa da composição da matéria orgânica na profundidade de 2,5-5 cm .....	119

4.5.3	Análise comparativa da composição da matéria orgânica na profundidade de 5-10 cm .....	122
4.5.4	Análise comparativa da composição da matéria orgânica na profundidade de 10-25 cm .....	125
4.5.5	Análise comparativa da composição da matéria orgânica na profundidade de 25-40 cm .....	128
4.5.6	Análise comparativa da composição da matéria orgânica na profundidade de 40-55 cm .....	131
4.5.7	Análise comparativa da composição da matéria orgânica na profundidade de 55-70 cm .....	134
4.5.8	Análise comparativa da composição da matéria orgânica na profundidade de 70-100 cm .....	134
4.6	RELAÇÃO DAS DIFERENTES FRAÇÕES EM RELAÇÃO A ÁCIDOS HÚMICOS TOTAIS .....	139
4.7	ANÁLISE DE pH DOS PERFIS SOB CAMPO NATIVO E SOB <i>Pinus elliottii</i> .....	142
4.8	ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DOS PERFIS SOB CAMPO NATIVO E SOB <i>Pinus elliottii</i> .....	144
4.9	BIOMASSA RADICULAR TOTAL .....	144
4.10	EFEITO DO REFLORESTAMENTO COM <i>Pinus elliottii</i> NA MODIFICAÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO .....	150
5	<u>CONCLUSÕES</u> .....	158
	<u>SUMMARY</u> .....	160
	<u>APÊNDICES</u> .....	161
	<u>REFÊRENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u> .....	189

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### FIGURA

1	ÁREA EXPERIMENTAL: CAMPO NATIVO E REFLORESTAMENTO DE <i>Pinus elliottii</i> .....	28
2	FLUXOGRAMA RESUMIDO DO FRACIONAMENTO DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO .....	31
3	TEORES DE CARBONO TOTAL DO SOLO NOS PERFIS SOB CAMPO NATIVO E <i>Pinus elliottii</i> .....	36
4	COMPARAÇÃO DOS VALORES RELATIVOS À MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO DO PRESENTE TRABALHO COM OS OBTIDOS POR DAROS <sup>18</sup> .....	40
5	ÍNDICES DE COMPARAÇÃO DAS CURVAS REFERENTES AOS TEORES DE MATÉRIA ORGÂNICA PERFIS SOBRE <i>Pinus elliottii</i> E CAMPO NATIVO, ENTRE OS DADOS DO AUTOR DO ATUAL TRABALHO E OS OBTIDOS POR DAROS <sup>18</sup> .....	44
6	ÍNDICES DE COMPARAÇÃO RELATIVOS AS RELAÇÕES ENTRE AS CURVAS DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO DOS PERFIS SOBRE <i>Pinus elliottii</i> E CAMPO NATIVO ENTRE OS DADOS ATUAIS E OS OBTIDOS POR DAROS <sup>18</sup> .....	46
7	TEORES DE CARBONO NA FRAÇÃO MATÉRIA ORGÂNICA LEVE NOS PERFIS SOB CAMPO NATIVO E SOB <i>Pinus elliottii</i> ..	50

FIGURA

8	TEORES DE CARBONO NA FRAÇÃO HIDROSSOLÚVEIS NOS PERFIS SOB CAMPO NATIVO E SOB <i>Pinus elliottii</i> .....	52
9	TEORES DE CARBONO NA FRAÇÃO ÁCIDOS FÚLVICOS LIVRES NOS PERFIS SOB CAMPO NATIVO E SOB <i>Pinus elliottii</i> ..	54
10	TEORES DE CARBONO NA FRAÇÃO PIROFOSFATO NOS PERFIS SOB CAMPO NATIVO E SOB <i>Pinus elliottii</i> .....	57
11	TEORES DE CARBONO NA FRAÇÃO ÁCIDOS FÚLVICOS LIGADOS A PIROFOSFATO NOS PERFIS SOB CAMPO NATIVO E SOB <i>Pinus elliottii</i> .....	60
12	TEORES DE CARBONO NA FRAÇÃO ÁCIDOS HÚMICOS LIGADOS A PIROFOSFATO NOS PERFIS SOB CAMPO NATIVO E SOB <i>Pinus elliottii</i> .....	63
13	TEORES DE CARBONO NA FRAÇÃO SODA NOS PERFIS SOB CAMPO NATIVO E SOB <i>Pinus elliottii</i> .....	65
14	TEORES DE CARBONO NA FRAÇÃO ÁCIDOS FÚLVICOS LIGADOS A SODA NOS PERFIS SOB CAMPO NATIVO E SOB <i>Pinus elliottii</i> .....	67
15	TEORES DE CARBONO NA FRAÇÃO ÁCIDOS HÚMICOS LIGADOS A SODA NOS PERFIS SOB CAMPO NATIVO E SOB <i>Pinus elliottii</i> .....	69
16	TEORES DE CARBONO NA FRAÇÃO ÁCIDOS FÚLVICOS TOTAIS NOS PERFIS SOB CAMPO NATIVO E SOB <i>Pinus elliottii</i> ..	71
17	TEORES DE CARBONO NA FRAÇÃO ÁCIDOS HÚMICOS TOTAIS NOS PERFIS SOB CAMPO NATIVO E SOB <i>Pinus elliottii</i> ..	74

FIGURA

18	TEORES DE CARBONO NA FRAÇÃO HUMINA NOS PERFIS SOB CAMPO NATIVO E SOB <i>Pinus elliottii</i> .....	76
19	TEORES DE CARBONO NA FRAÇÃO SUBSTÂNCIAS HÚMICAS TOTAIS NOS PERFIS SOB CAMPO NATIVO E SOB <i>Pinus elliottii</i> .....	78
20	TEORES RELATIVOS NA FRAÇÃO MATÉRIA ORGÂNICA LEVE NOS PERFIS SOB CAMPO NATIVO E SOB <i>Pinus elliottii</i>	81
21	TEORES RELATIVOS NA FRAÇÃO HIDROSSOLÚVIES NOS PERFIS SOB CAMPO NATIVO E SOB <i>Pinus elliottii</i> .....	84
22	TEORES RELATIVOS NA FRAÇÃO ÁCIDOS FÚLVICOS LIVRES NOS PERFIS SOB CAMPO NATIVO E SOB <i>Pinus elliottii</i>	86
23	TEORES RELATIVOS NA FRAÇÃO PIROFOSFATO NOS PERFIS SOB CAMPO NATIVO E SOB <i>Pinus elliottii</i> .....	87
24	TEORES RELATIVOS NA FRAÇÃO ÁCIDOS FÚLVICOS LIGADOS A PIROFOSFATO NOS PERFIS SOB CAMPO NATIVO E SOB <i>Pinus elliottii</i> .....	89
25	TEORES RELATIVOS NA FRAÇÃO ÁCIDOS HÚMICOS LIGADOS A PIROFOSFATO NOS PERFIS SOB CAMPO NATIVO E SOB <i>Pinus elliottii</i> .....	91
26	TEORES RELATIVOS DA FRAÇÃO SODA NOS PERFIS SOB CAMPO NATIVO E SOB <i>Pinus elliottii</i> .....	93
27	TEORES RELATIVOS NA FRAÇÃO ÁCIDOS FÚLVICOS LIGADOS A SODA NOS PERFIS SOB CAMPO NATIVO E SOB <i>Pinus elliottii</i> .....	95

FIGURA

28	TEORES RELATIVOS NA FRAÇÃO ÁCIDOS HÚMICOS LIGADOS A SODA NOS PERFIS SOB CAMPO NATIVO E SOB <i>Pinus elliottii</i> .....	97
29	TEORES RELATIVOS NA FRAÇÃO ÁCIDOS FÚLVICOS TOTAIS NOS PERFIS SOB CAMPO NATIVO E SOB <i>Pinus elliottii</i>	99
30	TEORES RELATIVOS NA FRAÇÃO ÁCIDOS HÚMICOS TOTAIS NOS PERFIS SOB CAMPO NATIVO E SOB <i>Pinus elliottii</i>	101
31	TEORES RELATIVOS NA FRAÇÃO HUMINA NOS PERFIS SOB CAMPO NATIVO E SOB <i>Pinus elliottii</i> .....	103
32	TEORES RELATIVOS NA FRAÇÃO SUBSTÂNCIAS HÚMICAS TOTAIS NOS PERFIS SOB CAMPO NATIVO E SOB <i>Pinus elliottii</i>	105
33	TEORES RELATIVOS NOS PERFIS SOB CAMPO NATIVO NAS DIFERENTES PROFUNDIDADES DAS FRAÇÕES: MATÉRIA ORGÂNICA LEVE, HIDROSSOLÚVEIS; ÁCIDOS FÚLVICOS LIVRES, ÁCIDOS FÚLVICOS LIGADOS A PIROFOSFATO, ÁCIDOS FÚLVICOS LIGADOS A SODA, ÁCIDOS HÚMICOS LIGADOS A PIROFOSFATO, ÁCIDOS HÚMICOS LIGADOS A SODA E HUMINA...	107
34	TEORES RELATIVOS, NOS PERFIS SOB <i>Pinus elliottii</i> NAS DIFERENTES PROFUNDIDADES DAS FRAÇÕES: MATÉRIA ORGÂNICA LEVE, HIDROSSOLÚVEIS, ÁCIDOS FÚLVICOS LIVRES, ÁCIDOS FÚLVICOS LIGADOS A PIROFOSFATO, ÁCIDOS FÚLVICOS LIGADOS A SODA, ÁCIDOS HÚMICOS LIGADOS A PIROFOSFATO, ÁCIDOS HÚMICOS LIGADOS A SODA E HUMINA .....	108

FIGURA

35	TEORES RELATIVOS, NOS PERFIS SOB CAMPO NATIVO, NAS DIFERENTES PROFUNDIDADES DAS FRAÇÕES: MATÉRIA ORGÂNICA LEVE, HIDROSSOLÚVEIS, ÁCIDOS FÚLVICOS TOTAIS, ÁCIDOS HÚMICOS TOTAIS E HUMINA .....	110
36	TEORES RELATIVOS NOS PERFIS SOB <i>Pinus elliottii</i> NAS DIFERENTES PROFUNDIDADES DAS FRAÇÕES: MATÉRIA ORGÂNICA LEVE, HIDROSSOLÚVEIS, ÁCIDOS FÚLVICOS TOTAIS, ÁCIDOS HÚMICOS TOTAIS E HUMINA .....	111
37	TEORES RELATIVOS NOS PERFIS SOB CAMPO NATIVO NAS DIFERENTES PROFUNDIDADE, DAS FRAÇÕES: MATÉRIA ORGÂNICA LEVE, HIDROSSOLÚVEIS, ÁCIDOS FÚLVICOS LIVRES, FRAÇÃO PIROFOSFATO, FRAÇÃO SODA E HUMINA ....	113
38	TEORES RELATIVOS, NOS PERFIS SOB <i>Pinus elliottii</i> NAS DIFERENTES PROFUNDIDADES DAS FRAÇÕES: MATÉRIA ORGÂNICA LEVE, HIDROSSOLÚVEIS, ÁCIDOS FÚLVICOS LIVRES, FRAÇÃO PIROFOSFATO, FRAÇÃO SODA E HUMINA ...	114
39	COMPOSIÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO EM TEORES DE CARBONO NOS PERFIS SOB CAMPO NATIVO E SOB <i>Pinus elliottii</i> NA PROFUNDIDADE DE 0-2,5 cm .....	116
40	COMPOSIÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO EM TEORES DE CARBONO NOS PERFIS SOB CAMPO NATIVO E SOB <i>Pinus elliottii</i> NA PROFUNDIDADE 2,5 - 5 cm .....	120
41	COMPOSIÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA EM TEORES DE CARBONO DO SOLO NOS PERFIS SOB CAMPO NATIVO E SOB <i>Pinus elliottii</i> NA PROPRIEDADE de 5-10 cm .....	123

FIGURA

42	COMPOSIÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO EM TEORES DE CARBONO NOS PERFIS SOB CAMPO NATIVO E SOB <i>Pinus elliotii</i> NA PROFUNDIDADE DE 10-25 cm .....	126
43	COMPOSIÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO EM TEORES DE CARBONO NOS PERFIS SOB CAMPO NATIVO E SOB <i>Pinus elliotii</i> NA PROFUNDIDADE de 25-40 cm .....	129
44	COMPOSIÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO EM TEORES DE CARBONO NOS PERFIS SOB CAMPO NATIVO E SOB <i>Pinus elliotii</i> NA PROFUNDIDADE DE 40-55 cm .....	132
45	COMPOSIÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO EM TEORES DE CARBONO NOS PERFIS SOB CAMPO NATIVO E SOB <i>Pinus elliotii</i> NA PROFUNDIDADE DE 55 -70 cm .....	135
46	COMPOSIÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO EM TEORES DE CARBONO NOS PERFIS SOB CAMPO NATIVO E SOB <i>Pinus elliotii</i> NA PROFUNDIDADE DE 70-10 cm .....	137
47	BIOMASSA RADICULAR TOTAL NOS PERFIS SOB CAMPO NATIVO E SOB <i>Pinus elliotii</i> .....	146
48	BIOMASSA DE RAÍZES ATÉ 2 mm DE DIÂMETRO NOS PERFIS SOB CAMPO NATIVO E SOB <i>Pinus elliotii</i> .....	147
49	RAÍZES TOTAIS ANALISADAS NAS DIFERENTES PROFUNDIDADES NOS PERFIS SOB CAMPO NATIVO E SOB <i>Pinus elliotii</i> ..	148
50	DEPOSIÇÃO DE SUBSTÂNCIAS HÚMICAS POR MICORRIZAS ...	157

## LISTA DE TABELAS

### TABELA

1	TEORES DE CARBONO TOTAL NOS PERFIS SOB CAMPO NATIVO E <i>Pinus elliottii</i> .....	35
2	COMPOSIÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO EM PERFIS SOB CAMPO NATIVO E SOB FLORESTAMENTO DE <i>Pinus elliottii</i> NA PROFUNDIDADE 0-2,5 cm .....	117
3	COMPOSIÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO EM PERFIS SOB CAMPO NATIVO E SOB FLORESTAMENTO DE <i>Pinus elliottii</i> NA PROFUNDIDADE 2,5-5 cm .....	121
4	COMPOSIÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO EM PERFIS SOB CAMPO NATIVO E SOB FLORESTAMENTO DE <i>Pinus elliottii</i> NA PROFUNDIDADE 5-10 cm .....	124
5	COMPOSIÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO EM PERFIS SOB CAMPO NATIVO E SOB FLORESTAMENTO DE <i>Pinus elliottii</i> NA PROFUNDIDADE 10-25 cm .....	127
6	COMPOSIÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO EM PERFIS SOB CAMPO NATIVO E SOB FLORESTAMENTO DE <i>Pinus elliottii</i> NA PROFUNDIDADE 25-40 cm .....	130

TABELA

7	COMPOSIÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO EM PERFIS SOB CAMPO NATIVO E SOB FLORESTAMENTO DE <i>Pinus elliottii</i> NA PROFUNDIDADE 40-55 cm .....	133
8	COMPOSIÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO EM PERFIS SOB CAMPO NATIVO E SOB FLORESTAMENTO DE <i>Pinus elliottii</i> NA PROFUNDIDADE 55-70 cm .....	136
9	COMPOSIÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO EM PERFIS SOB CAMPO NATIVO E SOB FLORESTAMENTO DE <i>Pinus elliottii</i> NA PROFUNDIDADE 70-100 cm .....	138
10	RELAÇÃO DAS DIFERENTES FRAÇÕES EM RELAÇÃO A ÁCIDOS HÚMICOS TOTAIS NOS PERFIS SOB CAMPO NATIVO .....	140
11	RELAÇÃO DAS DIFERENTES FRAÇÕES EM RELAÇÃO A ÁCIDOS HÚMICOS TOTAIS NOS PERFIS SOB <i>Pinus elliottii</i> .....	141
12	pH DOS PERFIS SOB CAMPO NATIVO E SOB <i>Pinus elliottii</i>	143
13	ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DOS PERFIS SOB CAMPO NATIVO E SOB <i>Pinus elliottii</i> .....	145
14	ANÁLISE DE VARIÂNCIA SEGUNDO DELINEAMENTO COM PAR- CELAS SUB-DIVIDIDAS PARA OS FATORES LOCAL (PARCELA) E PROFUNDIDADES (SUB-PARCELA) PARA O CARBONO TOTAL DO SOLO .....	162
15	ANÁLISE DE VARIÂNCIA SEGUNDO DELINEAMENTO COM PAR- CELAS SUB-DIVIDIDAS PARA OS FATORES LOCAL (PARCELA) E PROFUNDIDADES (SUB-PARCELA) PARA OS TEORES DE CARBONO NA FRAÇÃO MATÉRIA ORGÂNICA LEVE .....	163

TABELA

16	ANÁLISE DE VARIÂNCIA SEGUNDO DELINEAMENTO COM PARCELAS SUB-DIVIDIDAS PARA OS FATORES LOCAL (PARCELA) E PROFUNDIDADE (SUB-PARCELA) PARA OS TEORES DE CARBONO NA FRAÇÃO HIDROSSOLÚVEIS .....	164
17	ANÁLISE DE VARIÂNCIA SEGUNDO DELINEAMENTO COM PARCELAS SUB-DIVIDIDAS PARA OS FATORES LOCAL (PARCELA) E PROFUNDIDADE (SUB-PARCELA) PARA OS TEORES DE CARBONO NA FRAÇÃO HIDROSSOLÚVEIS .....	165
18	ANÁLISE DE VARIÂNCIA SEGUNDO DELINEAMENTO COM PARCELAS SUB-DIVIDIDAS PARA OS FATORES LOCAL (PARCELA) E PROFUNDIDADE (SUB-PARCELA) PARA OS TEORES DE CARBONO NA FRAÇÃO PIROFOSFATO .....	166
19	ANÁLISE DE VARIÂNCIA SEGUNDO DELINEAMENTO COM PARCELAS SUB-DIVIDIDAS PARA OS FATORES LOCAL (PARCELA) E PROFUNDIDADE (SUB-PARCELA) PARA OS TEORES DE CARBONO NA FRAÇÃO ÁCIDOS FÚLVICOS LIGADOS A PIROFOSFATO .....	167
20	ANÁLISE DE VARIÂNCIA SEGUNDO DELINEAMENTO COM PARCELAS SUB-DIVIDIDAS PARA OS FATORES LOCAL (PARCELA) E PROFUNDIDADE (SUB-PARCELA) PARA OS TEORES DE CARBONO NA FRAÇÃO ÁCIDOS HÚMICOS LIGADOS A PIROFOSFATO .....	168
21	ANÁLISE DE VARIÂNCIA SEGUNDO DELINEAMENTO COM PARCELAS SUB-DIVIDIDAS PARA OS FATORES LOCAL (PARCELA) E PROFUNDIDADE (SUB-PARCELA) PARA OS TEORES DE CARBONO NA FRAÇÃO SODA .....	169

TABELA

22	ANÁLISE DE VARIÂNCIA SEGUNDO DELINEAMENTO COM PARCELAS SUB-DIVIDIDAS PARA OS FATORES LOCAL (PARCELA) E PROFUNDIDADE (SUB-PARCELA) PARA OS TEORES DE CARBONO NA FRAÇÃO ÁCIDOS FÚLVICOS LIGADOS A SODA .....	170
23	ANÁLISE DE VARIÂNCIA SEGUNDO DELINEAMENTO COM PARCELAS SUB-DIVIDIDAS PARA OS FATORES LOCAL (PARCELA) E PROFUNDIDADE (SUB-PARCELA) PARA OS TEORES DE CARBONO NA FRAÇÃO ÁCIDOS HÚMICOS LIGADOS A SODA .....	171
24	ANÁLISE DE VARIÂNCIA SEGUNDO DELINEAMENTO COM PARCELAS SUB-DIVIDIDAS PARA OS FATORES LOCAL (PARCELA) E PROFUNDIDADE (SUB-PARCELA) PARA OS TEORES DE CARBONO NA FRAÇÃO ÁCIDOS FÚLVICOS TOTAIS .....	172
25	ANÁLISE DE VARIÂNCIA SEGUNDO DELINEAMENTO COM PARCELAS SUB-DIVIDIDAS PARA OS FATORES LOCAL (PARCELA) E PROFUNDIDADE (SUB-PARCELA) PARA OS TEORES DE CARBONO NA FRAÇÃO ÁCIDOS HÚMICOS TOTAIS .....	173
26	ANÁLISE DE VARIÂNCIA SEGUNDO DELINEAMENTO COM PARCELAS SUB-DIVIDIDAS PARA OS FATORES LOCAL (PARCELA) E PROFUNDIDADE (SUB-PARCELA) PARA OS TEORES DE CARBONO NA FRAÇÃO HUMINA .....	174
27	ANÁLISE DE VARIÂNCIA SEGUNDO DELINEAMENTO COM PARCELAS SUB-DIVIDIDAS PARA OS FATORES LOCAL (PARCELA) E PROFUNDIDADE (SUB-PARCELA) PARA OS TEORES DE CARBONO NA FRAÇÃO SUBSTÂNCIAS HÚMICAS TOTAIS .....	175

TABELA

28	ANÁLISE DE VARIÂNCIA SEGUNDO DELINEAMENTO COM PARCELAS SUB-DIVIDIDAS PARA OS FATORES LOCAL (PARCELA) E PROFUNDIDADE (SUB-PARCELA) PARA OS TEORES RELATIVOS DA FRAÇÃO MATÉRIA ORGÂNICA LEVE .....	176
29	ANÁLISE DE VARIÂNCIA SEGUNDO DELINEAMENTO COM PARCELAS SUB-DIVIDIDAS PARA OS FATORES LOCAL (PARCELA) E PROFUNDIDADE (SUB-PARCELA) PARA OS TEORES RELATIVOS DA FRAÇÃO HIDROSSOLÚVEIS .....	177
30	ANÁLISE DE VARIÂNCIA SEGUNDO DELINEAMENTO COM PARCELAS SUB-DIVIDIDAS PARA OS FATORES LOCAL (PARCELA) E PROFUNDIDADE (SUB-PARCELAS) PARA OS TEORES RELATIVOS DA FRAÇÃO ÁCIDOS FÚLVICOS LIVRES .....	178
31	ANÁLISE DE VARIÂNCIA SEGUNDO DELINEAMENTO COM PARCELAS SUB-DIVIDIDAS PARA OS FATORES LOCAL (PARCELA) E PROFUNDIDADE (SUB-PARCELAS) PARA OS TEORES RELATIVOS DA FRAÇÃO PIROFOSFATO .....	179
32	ANÁLISE DE VARIÂNCIA SEGUNDO DELINEAMENTO COM PARCELAS SUB-DIVIDIDAS PARA OS FATORES LOCAL (PARCELA) E PROFUNDIDADE (SUB-PARCELAS) PARA OS TEORES RELATIVOS DA FRAÇÃO ÁCIDOS FÚLVICOS LIGADOS A PIROFOSFATO .....	180
33	ANÁLISE DE VARIÂNCIA SEGUNDO DELINEAMENTO COM PARCELAS SUB-DIVIDIDAS PARA OS FATORES LOCAL (PARCELA) E PROFUNDIDADE (SUB-PARCELAS) PARA OS TEORES RELATIVOS DA FRAÇÃO ÁCIDOS HÚMICOS LIGADOS A PIROFOSFATO .....	181

TABELA

34	ANÁLISE DE VARIÂNCIA SEGUNDO DELINEAMENTO COM PARCELAS SUB-DIVIDIDAS PARA OS FATORES LOCAL (PARCELA) E PROFUNDIDADE (SUB-PARCELA) PARA OS TEORES RELATIVOS DA FRAÇÃO DA SODA .....	182
35	ANÁLISE DE VARIÂNCIA SEGUNDO DELINEAMENTO COM PARCELAS SUB-DIVIDIDAS PARA OS FATORES LOCAL (PARCELA) E PROFUNDIDADE (SUB-PARCELA) PARA OS TEORES RELATIVOS DA FRAÇÃO ÁCIDOS FÚLVICOS LIGADOS A SODA .....	183
36	ANÁLISE DE VARIÂNCIA SEGUNDO DELINEAMENTO COM PARCELAS SUB-DIVIDIDAS PARA OS FATORES LOCAL (PARCELA) E PROFUNDIDADE (SUB-PARCELA) PARA OS TEORES RELATIVOS DA FRAÇÃO ÁCIDOS HÚMICOS LIGADOS A SODA .....	184
37	ANÁLISE DE VARIÂNCIA SEGUNDO DELINEAMENTO COM PARCELAS SUB-DIVIDIDAS PARA OS FATORES LOCAL (PARCELA) E PROFUNDIDADE (SUB-PARCELA) PARA OS TEORES RELATIVOS DA FRAÇÃO ÁCIDOS FÚLVICOS TOTAIS .....	185
38	ANÁLISE DE VARIÂNCIA SEGUNDO DELINEAMENTO COM PARCELAS SUB-DIVIDIDAS PARA OS FATORES LOCAL (PARCELA) E PROFUNDIDADE (SUB-PARCELA) PARA OS TEORES RELATIVOS DA FRAÇÃO ÁCIDOS HÚMICOS TOTAIS .....	186
39	ANÁLISE DE VARIÂNCIA SEGUNDO DELINEAMENTO COM PARCELAS SUB-DIVIDIDAS PARA OS FATORES LOCAL (PARCELA) E PROFUNDIDADE (SUB-PARCELA) PARA OS TEORES RELATIVOS DA FRAÇÃO HUMINA .....	187

TABELA

34	ANÁLISE DE VARIÂNCIA SEGUNDO DELINEAMENTO COM PARCELAS SUB-DIVIDIDAS PARA OS FATORES LOCAL (PARCELA) E PROFUNDIDADE (SUB-PARCELA) PARA OS TEORES RELATIVOS DA FRAÇÃO DA SODA .....	182
35	ANÁLISE DE VARIÂNCIA SEGUNDO DELINEAMENTO COM PARCELAS SUB-DIVIDIDAS PARA OS FATORES LOCAL (PARCELA) E PROFUNDIDADE (SUB-PARCELA) PARA OS TEORES RELATIVOS DA FRAÇÃO ÁCIDOS FÚLVICOS LIGADOS A SODA .....	183
36	ANÁLISE DE VARIÂNCIA SEGUNDO DELINEAMENTO COM PARCELAS SUB-DIVIDIDAS PARA OS FATORES LOCAL (PARCELA) E PROFUNDIDADE (SUB-PARCELA) PARA OS TEORES RELATIVOS DA FRAÇÃO ÁCIDOS HÚMICOS LIGADOS A SODA .....	184
37	ANÁLISE DE VARIÂNCIA SEGUNDO DELINEAMENTO COM PARCELAS SUB-DIVIDIDAS PARA OS FATORES LOCAL (PARCELA) E PROFUNDIDADE (SUB-PARCELA) PARA OS TEORES RELATIVOS DA FRAÇÃO ÁCIDOS FÚLVICOS TOTAIS .....	185
38	ANÁLISE DE VARIÂNCIA SEGUNDO DELINEAMENTO COM PARCELAS SUB-DIVIDIDAS PARA OS FATORES LOCAL (PARCELA) E PROFUNDIDADE (SUB-PARCELA) PARA OS TEORES RELATIVOS DA FRAÇÃO ÁCIDOS HÚMICOS TOTAIS .....	186
39	ANÁLISE DE VARIÂNCIA SEGUNDO DELINEAMENTO COM PARCELAS SUB-DIVIDIDAS PARA OS FATORES LOCAL (PARCELA) E PROFUNDIDADE (SUB-PARCELA) PARA OS TEORES RELATIVOS DA FRAÇÃO HUMINA .....	187

TABELA

40	ANÁLISE DE VARIÂNCIA SEGUNDO DELINEAMENTO COM PARCELAS SUB-DIVIDIDAS PARA OS FATORES LOCAL (PARCELA) E PROFUNDIDADE (SUB-PARCELA) PARA OS TEORES RELATIVOS DA FRAÇÃO SUBSTÂNCIAS HÚMICAS TOTAIS .....	188
----	---	-----

## RESUMO

O presente trabalho foi realizado no município da Lapa-PR em solo Podzólico-Vermelho Amarelo Álico, em uma área experimental, composta por duas condições de vegetação: Campo nativo e reflorestamento com *Pinus elliottii* com 17 anos de idade. Foram avaliados os efeitos causados pelo florestamento com *Pinus elliottii* na matéria orgânica do solo. O estudo concentrou-se na análise da matéria orgânica do solo através de seu fracionamento, pelo método de DABIN<sup>14</sup> nas diferentes profundidades do solo e da análise da biomassa radicular. Os resultados obtidos revelam: (a) foram encontradas diferenças qualitativas e quantitativas dos teores de matéria orgânica do solo, entre os perfis sob campo nativo e sob *Pinus elliottii*; (b) a redistribuição anteriormente encontrada, e verificada no atual trabalho pode ser explicada pelo aumento diferencial da matéria orgânica do solo nos perfis sob *Pinus elliottii* e sob campo nativo; (c) as diferenças entre os dois tratamentos é explicada nas camadas de 2,5-25 cm no Campo nativo pelo aumento diferencial das frações ácidos Fúlvicos livres, ácidos Fúlvicos ligados a Soda e nas camadas de 25-55 cm pelo aumento diferencial das frações ácidos Fúlvicos livres e ácidos Húmicos ligados a Pirofosfato; no *Pinus elliottii* pelo aumento diferencial das frações ácidos Fúlvicos ligados a Pirofosfato, ácidos Húmicos ligados a Soda e Humina em quaisquer profundidades entre 2,5 e 70 cm; (d) encontrou-se indicações de substâncias húmicas depositadas por micorrizas nos perfis sob *Pinus elliottii*; (e) os resultados do fracionamento da matéria orgânica do solo, não indicaram efeitos prejudiciais do florestamento, relativos a esse parâmetro, sendo inclusive possível que essa prática venha favorecer o acúmulo da matéria orgânica do solo ao longo do tempo, nas condições do atual experimento.

## 1 INTRODUÇÃO

Um ecossistema florestal natural, no seu climax, se mantém em equilíbrio. Quando a intervenção do homem modifica o funcionamento desse sistema, a dinâmica da matéria orgânica do solo é profundamente alterada. Os resultados dessa perturbação, sobre as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, são de grande monta, e, interferem, na capacidade de regeneração da floresta.

Os efeitos da retirada da vegetação natural, florestal ou não, e a nova utilização do solo, têm sido amplamente discutido e pesquisado, com a finalidade, de serem minimizados os efeitos da degradação do meio, através do uso racional do solo. Entre as possibilidades de utilização, situa-se o reflorestamento, principalmente, em áreas com limitações, de topografia e fertilidade do solo. O reflorestamento, geralmente realizado através da implantação de florestas puras, em substituição a vegetação natural, altera e torna o sistema pouco diversificado, mantendo, no entanto, a alta produtividade, e, tendendo a alcançar um novo equilíbrio, através do tempo.

No Paraná, a prática do reflorestamento expandiu-se em período de tempo relativamente curto, adquirindo elevada importância econmica.

Apesar da difusão e importância econmica dessa prática, nesta, tem sido pouco estudada o que se refere ao comportamento

da matéria orgânica, tanto em relação aos efeitos do reflorestamento por si, como na reutilização dessas áreas, após a retirada da floresta exótica.

Entre as espécies mais utilizadas no Estado do Paraná, destaca-se o *Pinus elliottii*. Estudos realizados em reflorestamentos, com a referida espécie, vêm demonstrando, que em nossas condições, a matéria orgânica do solo sofre alterações sensíveis, modificações estas, relacionadas de um modo geral, com a fertilidade do solo. Especificamente, o entendimento, de como, essa cobertura vegetal influencia a matéria orgânica do solo, torna-se essencial na avaliação do comportamento de uma segunda rotação, ou, a determinação do tipo de reutilização da área reflorestada, após a retirada da floresta, tendo em vista parâmetros de conservação do solo.

Entre os aspectos de interesse, relativos a matéria orgânica do solo, em nossas condições, destacam-se os estudos realizados por PAULA SOUZA<sup>53</sup> e DAROS<sup>18</sup>, onde foram observados incrementos nos teores de matéria orgânica do solo, em profundidade, e um decréscimo na superfície sob florestamento de *Pinus elliottii*, quando comparado com o Campo nativo utilizado para o florestamento (PAULA SOUZA<sup>53</sup>). Posteriormente se evidenciou que o reflorestamento promoveu uma redistribuição da matéria orgânica em profundidade, com aumento dos teores de matéria orgânica na superfície do solo (DAROS<sup>18</sup>). Esses dados indicam fenômenos de grande importância a longo prazo, que afetariam de maneira marcante o uso dessas áreas após a retirada da floresta, influenciando, inclusive, na própria avaliação da prática do reflorestamento com *Pinus elliottii*.

Dispondo da mesma área experimental, utilizada anteriormente por PAULA SOUZA<sup>53</sup> e DAROS<sup>18</sup>, foi estabelecida uma estraté-

gia de ação, no sentido de se tentar avaliar alguns parâmetros adicionais, relativos ao estudo da distribuição da matéria orgânica, e a possível ocorrência de podzolização, observada nessa área. Assim sendo, o presente trabalho teve como objetivo, fornecer elementos para a avaliação detalhada da matéria orgânica do solo no referido sistema, através de um estudo qualitativo de suas frações, obtidas pelo método de DABIN<sup>14</sup>.

A análise comparativa entre as áreas de Campo nativo e área florestada com *Pinus elliottii*, deverá colaborar para avaliação dos efeitos na matéria orgânica do solo, fornecendo parâmetros para futuras reutilizações das áreas, após a retirada da floresta, seja para fins agronômicos ou para novos reflorestamentos, e ainda, em estudos, relativos aos efeitos de florestamentos no solo.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO

A parte orgânica do solo consiste de um sistema complexo de substâncias, cuja dinâmica é determinada pela contínua adição de resíduos orgânicos, de origem vegetal e animal, provenientes da superfície do solo que são incorporados, pela ação da macro e mesofauna do solo e na forma de pluviolixiviados, ou ainda, depositados diretamente pelo sistema radicular. Essa série de compostos orgânicos é então submetida à ação degradativa microbiana (ALEXANDER<sup>1</sup>), principalmente, e, também, da macro e mesofauna do solo, resultando em um grande número de compostos orgânicos resultantes da decomposição do material originário, da ressíntese microbiana, e de alterações químicas não enzimáticas do solo.

O sistema radicular desempenha papel de grande importância na formação da matéria orgânica do solo, pela deposição de raízes mortas e liberação de exudatos, que são assimilados e metabolizados pelos microrganismos (ROVIRA<sup>60-61</sup>, DOMERGUES<sup>20</sup>, CALLOT *et alii*<sup>13</sup>; McLAREN<sup>47</sup>).

A decomposição da matéria orgânica não ocorre de uma forma rápida, sua cinética é controlada por uma série de fatores bio-físico-químicos que dependem da natureza dos constituintes vegetais e dos organismos decompositores atuantes no processo (BASTARDO<sup>10</sup>).

Segundo KONONOVA<sup>40</sup>, os compostos orgânicos presentes no solo podem ser classificados em dois grupos principais: o primeiro grupo de substâncias, constituídas de componentes da decomposição de resíduos vegetais e animais, produtos dessa decomposição e produtos de ressíntese nas células dos microrganismos. Esse grupo consiste de vários compostos orgânicos nitrogenados, e não nitrogenados, pertencentes a grupos da química orgânica, como exemplo, proteínas, carboidratos, ácidos orgânicos, ceras, resinas e outros. Coletivamente esses compostos de natureza não específica, formam 10-15% do total da matéria orgânica do solo. Ocorre, também, a presença no solo de substâncias, as quais pela complexidade e variabilidade, não podem ser incluídas em grupos específicos da química orgânica, essas substâncias são incluídas em grupos separados denominadas de substâncias húmicas. Em solos minerais, esse grupo de substâncias, formam uma grande parte da reserva total da matéria orgânica do solo, situando-se geralmente entre 85-90% do total de matéria orgânica do solo. As substâncias de ambos os grupos, incluindo os resíduos parcialmente decompostos formam a matéria orgânica do solo.

A permanência das substâncias orgânicas, que são depositadas no solo, varia conforme a natureza dessas, podendo ser, facilmente decompostas por microrganismos, ou resistentes, permanecendo assim, por períodos de tempo, desde poucas semanas a muitos anos (BURGES<sup>12</sup>, WAKSMAN<sup>86</sup>).

Na maioria dos solos cobertos por vegetação natural, os teores de matéria orgânica se mantêm, aproximadamente, constantes de um ano a outro, estabelecendo relações de equilíbrio aparente entre a vegetação, o solo e o clima.

O teor de carbono de um solo, em equilíbrio com a vegetação, pode ser considerado, função das adições e decomposições de matéria orgânica anuais. As adições anuais de matéria orgânica, dependendo do sistema em questão, apresentam grandes variações, o mesmo acontecendo em solos tropicais, cuja atividade da decomposição se torna especialmente alta. Tem-se observado adições entre 3 a 15 ton/ha em florestas tropicais, 1 a 8 ton/ha em pradarias temperadas. Da mesma forma, o nível de conversão da matéria orgânica fresca em carbono, sofre alterações, sendo, em geral, de 30 a 50% ao ano. O nível de decomposição anual da matéria orgânica do solo, varia de 2 a 5% em florestas tropicais, 0,5 a 1% em florestas temperadas, cerca de 1,2% nas savanas tropicais e 0,4% nas pradarias temperadas (SANCHES<sup>63</sup>).

Os ciclos biológicos dos nutrientes, nos ecossistemas florestais e agronômicos, são responsáveis pelo acúmulo de matéria orgânica no solo (KRAMER & KOZLOWSKI<sup>41</sup> e BARROS & BRANDI<sup>7</sup>). Estes, envolvem, em maior ou menor intensidade, a ciclagem de nutrientes, entre, o solo e a comunidade vegetal e animal. No entanto, esse acúmulo de matéria orgânica, está relacionado principalmente com o ciclo do carbono no solo, podendo este, ocorrer em condições tais, que favoreçam o acúmulo ou diminuição da matéria orgânica do solo.

Em solos minerais, os teores de matéria orgânica dependem de uma série de fatores, que exercem seus efeitos, individualmente ou em combinações, tais como: vegetação, disponibilidade de nutrientes, práticas culturais, clima, entre outros (BRADY<sup>11</sup>). A alteração acentuada em um determinado fator pode levar a marcada mudança, de maneira interrelacionada entre os diversos fatores, causando efeitos, que se refletem nas caracte-

rísticas quali quantitativas da matéria orgânica do solo. Em solos virgens, não perturbados pelo homem, na maioria dos casos, essas mudanças ocorrem muito lentamente, e talvez, sejam necessários centenas de anos para que ocorram mudanças no conteúdo, ou distribuição, da matéria orgânica nos solos (ALLISON<sup>2</sup>).

Os efeitos da vegetação, na matéria orgânica do solo, tem sido extensivamente estudados (RUSSEL<sup>62</sup>, KONONOVA<sup>40</sup>, FASSBENDER<sup>26</sup>). Segundo ALLISON<sup>2</sup>, os solos, formados em áreas, onde predominam uma cobertura constante de gramíneas, são normalmente mais férteis, seu conteúdo de matéria orgânica, se situa entre 3 a 6%, ocasionalmente ao redor de 10% na camada superficial, decrescendo progressivamente com a profundidade. Esses efeitos se evidenciam, de maneira marcante, quando se analisa algumas frações das substâncias húmicas. ANDERSON *et alii*<sup>5</sup>, analisando o carbono na fração humina, em solos sob cobertura vegetal composta principalmente de gramíneas, comparadas com as provenientes de solos sob florestas, observou que, as frações humina apresentaram-se mais abundantes quando da presença de gramíneas.

Um solo mantido sob cobertura natural, florestal ou campo, no momento em que passa a ser cultivado ocorrem modificações acentuadas, resultantes, principalmente, das espécies que compõe a nova cobertura vegetal e das práticas culturais. Em muitos casos, torna-se possível controlar o conteúdo da matéria orgânica, através dos efeitos, das diferentes espécies vegetais e sistemas de cultivo (THOMPSON & TROEH<sup>72</sup>).

A manutenção, ou o aumento nos teores de matéria orgânica dos solos cultivados, tem sido considerado, como sendo proporcional às freqüências com o qual os resíduos vegetais se

depositam no solo, e, dependentes também, do modo como são incorporados a ele (RUSSEL<sup>62</sup>).

JANSSEN<sup>36</sup>, demonstrou, que as diferenças aparentes de matéria orgânica do solo, encontrada após 25 anos do uso de diversas práticas culturais e de fertilização, estavam, relacionadas, à proporção de matéria orgânica jovem adicionada ao solo. Conclui-se que, as leguminosas de alta produção, tendem a aumentar a matéria orgânica e melhorar as propriedades físicas do solo.

A degradação do solo, atribuída ao cultivo, tem sido, sempre, um problema na agricultura, principalmente em climas tropicais, quando, as altas temperaturas e umidade, favorecem a atividade microbiana, culminando com, alta degradação da matéria orgânica do solo, que resulta, num declínio da sua estrutura (MARTEL<sup>45</sup>). Este efeito, ocorre principalmente, nos primeiros 2,5 centímetros de profundidade (DOUGLAS & GOSS<sup>19</sup>). No entanto, algumas culturas, podem ser utilizadas como recuperadoras da fertilidade quando incorporadas ao solo. ROSS *et alii*<sup>59</sup>, estudando os efeitos da recuperação de pastagens, após a remoção e incorporação da cobertura vegetal, no comportamento do carbono do solo, encontrou que o conteúdo da matéria orgânica do solo nas profundidades de 0 a 20 cm, eram inicialmente 58 e 40% e, após a incorporação, esse conteúdo aumentou lentamente, mantendo-se constante após 2 anos.

As essências florestais apresentam um comportamento diferente das culturas agrícolas, uma vez que, contribuem em muitos casos na melhoria das condições físicas e químicas do solo em que são implantadas (ROCHA FILHO *et alii*<sup>58</sup>). Suas raízes, atingindo maiores profundidades, retiram das camadas inferiores, elementos minerais, formando os tecidos, que são poste-

riormente incorporados às camadas superiores do solo, formando, a cada ano, uma nova manta orgânica, a qual, é transformada, em substâncias húmicas através de processos biológicos.

A transferência de elementos minerais, da manta orgânica, para o solo tem sido intensamente estudada na ciclagem de elementos em florestas. No retorno do elemento ao solo, através da decomposição da manta orgânica, deseja-se que, este fenômeno, seja acompanhado de uma maximização da humificação. A acumulação de nutrientes, no solo, ocorre paralelamente, ao ciclo do carbono no solo, sendo, parcialmente dependente deste. A acumulação, ocorre, na zona radicular, e, pode levar à formação de horizontes fisiologicamente enriquecidos (DUVIGNAUD & SMET<sup>24</sup>).

Sendo, a matéria orgânica, um estágio de reciclo de elementos, a sua diminuição no solo, significa, uma posterior redução nos teores dos vários elementos. A retirada da cobertura florestal tem, em geral, como consequência, uma menor quantidade de material orgânico incorporado e a rápida oxidação da matéria orgânica já existente, resultando, no decréscimo do nível de fertilidade do solo, até o ponto, em que, a vegetação é capaz de estabelecer um novo equilíbrio (BARROS & BRANDI<sup>7</sup>).

Muitas das influências sobre as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, são resultantes desta manta orgânica, que se acumula, sobre o solo. Em reflorestamentos homogêneos, tanto com espécies nativas quanto exóticas, observam-se alterações na quantidade e qualidade da matéria orgânica acumulada, em relação a da mata nativa. Esta forma de acúmulo, de certo modo seletivo, é, consequência da dinâmica de diferentes de cada espécie. Este aspecto em particular, pode a

longo prazo, afetar de modo distinto as propriedades do solo mencionadas. Isto, como conseqüência do fato de que a morfologia do humus não se relaciona somente à dinâmica da matéria orgânica em si, mas também à densidade, composição e produtividade do povoamento, bem como, às características do solo e do clima local (REISSMANN<sup>57</sup>).

## 2.2 SUBSTÂNCIAS HÚMICAS

As substâncias húmicas tem sido definida, na literatura, de diversos modos, em função de suas múltiplas características, e, de sua natureza heterogênea e complexa (TOLEDO<sup>73</sup>).

A maioria dos conceitos se baseiam na solubilidade (STEVENSON<sup>70</sup>), definindo, substâncias húmicas, como, a parte da matéria orgânica do solo, solúvel em álcalis. Esta característica, embora, não seja um critério adequado, tem assumido grande importância, embora, certas substâncias não húmicas, também possam ser separadas, do solo, por extrações em meio alcalino (STEELINK<sup>69</sup>). Devido a natureza complexa das substâncias húmicas, e, por não constituírem uma classe definida de compostos orgânicos, tem-se verificado, uma grande variedade de definições. Oportunamente, PRAKASH & RASHID<sup>56</sup>, salientaram as propriedades das substâncias húmicas como: "um grupo dinâmico de compostos heterogêneos que mudam constantemente com o tempo e conjuntura ambiental".

SCHNITZER<sup>65</sup>, apresentou uma definição considerada como uma das mais adequadas às substâncias húmicas: "substâncias húmicas são de coloração escura, ácidas, predominantemente aromáticas, hidrofílicas, quimicamente complexas, polieletrólíticas cujos pesos moleculares se situam na faixa de algumas cen-

tenas até muitos milhares. Esses materiais são normalmente divididos em três principais frações:

- a) ácidos húmicos, que são solúveis em álcalis diluídos mas precipitados na acidificação dos extratos alcalinos;
- b) ácidos fúlvicos que são a fração húmica obtida na solução quando o extrato alcalino é acidificado; isto é, solúvel em álcalis e diluídos em ácidos;
- c) humina, que é a fração húmica que não pode ser extraída do solo ou sedimentos, por bases, diluídas ou ácidos".

A síntese de substâncias húmicas tem sido objeto de muitos estudos. FELBECK<sup>27</sup> descreve quatro hipóteses para formação desses materiais:

. Hipótese de alterações das plantas - Postula que frações de tecidos vegetais que são resistentes a degradação microbiana, tais como tecidos lignificados, são alterados somente superficialmente no solo para formar substâncias húmicas. A natureza das substâncias formadas é fortemente influenciada pela natureza e origem da planta. Durante o primeiro estágio da humificação são formados ácidos húmicos e huminas de alto peso molecular. São subseqüentemente degradados em ácidos fúlvicos e ultimamente para  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2\text{O}$ .

. Hipótese da polimerização química - Postula que materiais de plantas são degradadas por microrganismos em pequenas moléculas, as quais são utilizadas por microrganismos como fonte de energia e carbono. Os microrganismos sintetizam fenóis e aminoácidos, que são secretados no ambiente onde se oxidam e se polimerizam em substâncias húmicas. A natureza e origem da

planta não tem efeitos no tipo de substâncias húmicas que são formadas.

. Hipótese da autólise de células - Postula que as substâncias húmicas são produtos de autólise de células vegetais e de microrganismos depois de mortos. Resultando restos celulares (açúcares, aminoácidos, fenóis e outros compostos aromáticos) condensados e polimerizados com radicais livres.

. Hipótese de síntese microbiana - Postula que os microrganismos utilizam os tecidos vegetais como fonte de energia e carbono para sintetizar intercelularmente substâncias húmicas de alto peso molecular. Após a morte dos microrganismos essas substâncias representam o primeiro estágio de humificação no solo, seguido pela degradação extracelular para ácidos húmicos, ácidos fúlvicos,  $\text{CO}_2$  e água.

Apesar de, em muitos casos, terem sido observadas evidências de predominância de uma ou outra hipótese, acima citadas, modernamente, aceita-se que, os quatro processos devem ocorrer simultaneamente e, em determinadas condições somente, um ou outro pode dominar.

Um esquema recentemente proposto por VARADACHARI *et alii*<sup>76</sup>, reuniu diferentes teorias, para explicar a formação das substâncias húmicas em várias situações, explicando a predominância das diferentes substâncias húmicas em diversos tipos de ambientes. Algumas fontes de Carbono, como, a lignina e carboidratos, são quebrados pelos microrganismos, através de enzimas extracelulares em unidades menores, como, compostos fenólicos, podendo servir como precursores das substâncias húmicas. Concluem que somente microrganismos capazes de utilizar, transformar e produzir fenóis são diretamente responsáveis

pela síntese das substâncias húmicas se bem que ocorrem também diferentes reações com aminoácidos, outros fenóis presentes no ambiente, polipeptídeos, compostos nitrogenados heterocíclicos, carboidratos, etc. Devido ao fato de o número de moléculas precursoras e a maneira como se combinam serem enormes, o material húmico presente no solo é muito heterogêneo, o que dificulta a ação das enzimas nos sítios específicos de reação. A diferença entre ácidos fúlvicos e ácidos húmicos é meramente no seu grau de polimerização e os ácidos fúlvicos não são necessariamente mais alifáticos que os ácidos húmicos.

As substâncias húmicas evoluem, diferentemente, em função do clima, com decomposição forte e evolução rápida sob climas úmidos, decomposição e evolução mais lenta sob climas secos. Outros fatores, tais como, aspectos físicos da estrutura ou os elementos químicos da fertilidade dos solos, apresentam uma correlação com o carbono total e os equilíbrios das frações húmicas (DABIN<sup>17</sup>).

Uma das características essenciais das substâncias húmicas é a sua resistência à biodegradação. Porém, esta resistência não é absoluta, e varia, segundo as frações consideradas, às condições do meio e à presença de colóides argilosos. Assim, os ácidos fúlvicos, são provavelmente, as fontes de carbono e nitrogênio mais facilmente utilizáveis que os ácidos húmicos, sendo os últimos mais carregados, os mais condensados, e portanto mais resistentes (MISHUSTIN & NKITIN<sup>49</sup>). As frações hidrolizáveis tem um "turnover" mais rápido, mas os complexos mais volumosos são os mais atacados (MATHUR & PAUL<sup>46</sup>) este processo recebe o nome de deshumificação.

As diversas substâncias húmicas, formadas a partir das matérias vegetais, podem ser extraídas e as proporções relati-

vas de cada uma podem ser avaliadas. Este modo de caracterização, da matéria orgânica do solo, resulta em separar a fração não humificada, "matéria orgânica leve", da fração humificada, extraíndo, em seguida, os ácidos fúlvicos e ácidos húmicos, e dosar, a fração humina, que corresponde, à matéria orgânica humificada dificilmente extraível. Segundo DUCHAUFOR<sup>22</sup>, essas frações são definidas da seguinte maneira:

"- os ácidos fúlvicos resultam da transformação mais ou menos rápida, ao contato da fase mineral, dos "precursores solúveis" originados pelos detritos vegetais; tratam-se, de ácidos fenólicos e ácidos alifáticos, de polímeros fenólicos mais ou menos coloridos, de sacarídeos, de uronídeos, de polipetídeos. Estes elementos organizam-se e polimerizam-se mais ou menos rapidamente no solo segundo as condições ecológicas locais e a atividade biológica global;

- Os ácidos húmicos são substâncias polimerizadas. Alguns desses ácidos, como os ácidos húmicos marrons, resultam de uma polimerização rápida de compostos hidrosolúveis, ou de uma fragmentação progressiva das moléculas de lignina, não sendo muito diferentes dos ácidos fúlvicos. Outros, como os ácidos húmicos cinza são constituídos de moléculas de grande tamanho, intimamente ligados às argilas;

- a humina é um conjunto complexo, dificilmente extraível, constituído de diversas formas: formas provenientes da evolução direta de certos compostos vegetais sem passar por uma fase solúvel, formas provenientes de uma insolubilização muito rápida de certos compostos solúveis, formas provenientes de uma "superevolução" dos ácidos húmicos por maturação lenta em clima de estações contrastadas".

Essa definição, tem-se observado, ser uma das mais completas, reunindo diferentes conceitos das diferentes frações das substâncias húmicas.

### 2.3 MATÉRIA ORGÂNICA EM REFLORESTAMENTOS

Os efeitos da retirada da vegetação natural e a nova utilização do solo, têm sido muito discutidos e pesquisados, em diversos países, com a finalidade de se evitar a degradação do meio, e, propor o uso racional das terras.

OVINGTON<sup>50</sup>, na Grã-Bretanha, concluiu que, em geral as acículas de coníferas tem alto teor de carbono e baixo de nitrogênio, portanto uma relação C/N alta. o que promove, o acúmulo de matéria orgânica na superfície. Estudos realizados em Gascone, na França, por JAQUIN & JUST<sup>37</sup>, evidenciaram que, os ácidos fúlvicos, produtos da decomposição da matéria orgânica em solos sob coníferas, são muito móveis e se acumulam em horizontes profundos, podendo migrar até o lençol freático, lixiviando solos bem drenados.

VELASCO & ALBAREDA, comparando a evolução de um solo, sob floresta de *Quercus tozza* desenvolvido sobre granito, e a influência da plantação de *Pinus silvestris*, nos solos da Espanha, concluíram que, o grau de humificação é consideravelmente maior no perfil de *Quercus* que no *Pinus*. Na floresta de *Quercus*, a síntese biológica, de ácidos húmicos ligados aos colóides minerais, é maior que no plantio de *Pinus*, onde são alcançados valores muito baixos, com 1,42%. A proporção de ácidos húmicos pouco polimerizados, e de ácidos fúlvicos, é mais elevada no perfil sob *Quercus*, que sob coníferas, onde a humificação é mais fraca, e, dentro dos ácidos húmicos, prati-

camente, só se acham presentes os menos polimerizados<sup>76</sup>. Os mesmos autores, comparando o humus de *Fagus* sp com espécies de coníferas, comprovaram que, nas substâncias húmicas de *Pinus* há predominância das frações solúveis, e o conteúdo de ácidos húmicos, de síntese, é maior que o de ácidos húmicos menos polimerizados. Nas substâncias húmicas de *Abeto*, predominam os ácidos fúlvicos sobre os húmicos. Em termos relativos, em ácidos húmicos, o *Pinus* se apresenta com quantidades maiores, sendo a relação ácidos fúlvicos-ácidos húmicos também maiores. Os autores concluíram que, as substâncias húmicas do *Abeto* se encontram estado de humificação mais avançada que o de *Pinus*<sup>78</sup>.

Em outro trabalho, VELASCO & ALBAREDA<sup>77</sup>, compararam *Pinus nigra* com espécies de *Quercus* e *Juniperus*, analisando a influência da vegetação no complexo absorvente do solo e no processo de humificação. Concluíram que, existe um forte predomínio, da fração ácidos fúlvicos sobre a fração de ácidos húmicos no *Pinus* e *Juniperus*, a exceção de *Quercus* onde esses valores se igualam. A porcentagem de ácidos húmicos apresentou-se muito baixo, devido a escassa síntese biológica, permitindo aos autores, estabelecer a seguinte série: *Quercus* > *Juniperus* > *Pinus*.

VELASCO<sup>79</sup> concluiu que, com a introdução de *Pinus*, substituindo floresta de *Quercus*, inicia-se um processo de degradação do solo. Assim como as características das substâncias húmicas da floresta de *Quercus*, melhoram com a profundidade, as características da floresta de *Pinus* se mantem mais ou menos invariáveis, a exceção da atividade biológica que decresce de maneira muito acentuada. VELASCO & MINGO<sup>80</sup>, afirmam, que o repovoamento artificial com *Pinus pinaster*, provocou uma mudança substancial, no processo de humificação, invertendo-se os valo-

res correspondentes a matéria orgânica livre, com estrutura organizada, e a matéria orgânica ligada, e, a fração humina não alcança 1% da matéria orgânica do solo. A escassa proporção da matéria orgânica ligada corresponde, quase exclusivamente, às frações húmicas solúveis nos reativos alcalinos, desaparecendo praticamente a via direta de humificação. Os processos de formação biofísicoquímicos, apenas transpassam, os primeiros estágios da formação de compostos fúlvicos e húmicos, provocando um desaparecimento, praticamente total, da humina microbiana na floresta de *Pinus*. Por sua vez, GONZALES *et alii*<sup>29</sup>, observaram, que solos em que a vegetação de *Quercus* foi substituída por *Pinus pinea*, apresentam uma humina ligeiramente superior. JAMET<sup>35</sup>, verificou, estudando a influência da introdução de florestas de *Pinus*, eucalipto e bambú, que a relação ácidos fúlvicos - ácidos húmicos no *Pinus* é pobre no horizonte A, e ligeiramente superior ao observado na savana.

As variações dentro das proporções dos diversos tipos de ácidos húmicos em profundidade, observa-se ser, sempre, em relação a natureza da cobertura existente no solo. ALMENDROS *et alii*<sup>4</sup>, comparando solos sob gramíneas e *Pinus*, observaram que a relação ácidos fúlvicos-ácidos húmicos apresenta-se mais elevada no solo sob gramínea, e a fração humina se apresenta maior no *Pinus*. SINGH & RAMAN<sup>67</sup>, trabalhando com *Pinus patula* de idades diferentes (17, 25 e 34 anos), mostram resultados que para a idade mais jovem, houve acúmulo de carbono nos primeiros 20 centímetros, já para os demais povoamentos, a distribuição foi homogênea. Investigando uma área com *Pinus edulis*, em relação a vegetação arbustiva, BARTH<sup>8</sup>, encontrou valores de matéria orgânica mais elevados para o

*Pinus*, inclusive na superfície, provavelmente, devido ao contínuo transporte de matéria orgânica da árvore para o solo. PEDRO<sup>55</sup>, demonstrou que, os ácidos húmicos analisados sob o *Pinus*, tem maior mobilidade, maior participação na alteração de fração mineral do solo e qualidade menos favoráveis como agentes formadores, quando comparados com as florestas de *Fraxinus*, *Ulmus* e *Quercus*.

BASTARDO<sup>9</sup>, estudando a dinâmica de desaparecimento da matéria vegetal de *Pinus* e em savana, concluiu que, a taxa de desaparecimento da matéria vegetal e a incorporação de nutrientes, é mais rápida no *Pinus*, que na savana, e se acumulam em níveis mais profundos, no solo.

#### 2.4 ESTUDOS DA MATÉRIA ORGÂNICA EM SOLOS FLORESTAIS NO BRASIL

Estudos realizados por MANARINO *et alii*<sup>44</sup>, comparando a matéria orgânica sob capoeira jovem, floresta primária, e capoeira de 35 anos no Amazonas, evidenciaram que sob a floresta, os precursores dos ácidos húmicos são imobilizados na mancha orgânica, rica em ácidos húmicos, e, o solo, é impregnado somente por substâncias orgânicas, fixadas na forma de ácidos fúlvicos livres e humina. Sob capoeira, a imobilização de precursores húmicos não se faz na superfície, mas no interior do solo. O material depositado na superfície se empobrece, em ácidos húmicos, enquanto que, o teor em carbono total, e as proporções desses ácidos, aumentam no solo. Os latossolos da Amazônia conforme verificado por VOLKOFF *et alii*<sup>85</sup>, são constituídos, principalmente, de ácidos fúlvicos livres e de humina, a participação das frações alcalino solúveis é muito pequena, e, localizada apenas nos horizontes superficiais do solo.

VOLKOFF & ANDRADE<sup>83</sup>, constataram que, em floresta úmida, campo, campo cerrado, floresta seca e caatinga, no Estado da Bahia, a humificação é forte, que as matérias húmicas formadas são instáveis, e, as frações pouco polimerizadas são bastante representativas, migrando a grandes profundidades. Os processos de humificação, como os produtos resultantes, são pouco diferentes de uma área para outra. As variações notadas, parecem, antes de tudo, quantitativas; a importância da variação da matéria-prima fornecida pela vegetação do solo, segundo o tipo de vegetação, explica essas diferenças.

VOLKOFF *et alii*<sup>84</sup>, analisaram a matéria orgânica através do seu fracionamento, associando-a ao material de origem, clima e vegetação, no sul do Brasil (RS), e, observaram que, perfis sob granito como material de origem, com vegetação de uma associação de floresta arbustiva, com dominância de pradaria, o humus que se formou foi facilmente extraível, rico em ácidos fúlvicos, rico em ácido húmico extraído com pirofosfato e pobre em humina. O perfil localizado sob substrato de gnais com pradaria típica, apresenta menos ácidos fúlvicos e notadamente mais humina, e os ácidos húmicos concentraram-se no horizonte A.

Muitas florestas artificiais de *Pinus* vem sendo implantadas no Brasil, principalmente nos últimos vinte anos, em áreas, originalmente sob vegetação de cerrado. Nessas áreas, apesar de baixa fertilidade natural do solo, as referidas essências florestais, na maioria dos casos, vem se desenvolvendo de modo satisfatório, mesmo sem o auxílio de adubações (GURGEL FILHO<sup>32</sup>).

LEPSH<sup>42</sup>, estudando a influência, do cultivo de Eucalipto e *Pinus*, nas propriedades químicas do solo, sob cerrado,

no Estado de São Paulo, verificou que, os teores de carbono orgânico não diferiram significativamente em função da vegetação apesar de mostrar variações dentro de uma mesma espécie.

A maioria das plantações florestais, em escala experimental, em Viçosa (MG) situa-se em solos pobres, antes utilizados para pastagens. O plantio de espécies florestais, em solos submetidos a este processo de empobrecimento, parece ser uma alternativa promissora de recuperação da fertilidade e proteção desses solos, uma vez que um grande número de espécies florestais pode explorar um grande volume de solo a profundidades relativamente elevadas, e aumentar o teor de nutrientes nas camadas superficiais através de caída anual das folhas, ramos, etc. BARROS<sup>7</sup>, verificando a eficiência de três espécies florestais, a Cotieira, Ipê-preto e *Pinus*, no melhoramento do solo, comparado com gramíneas, concluiu que, houve superioridade das espécies florestais, sobre o capim gordura, na recuperação do solo. O Ipê-preto, apresentou um maior teor de matéria orgânica, que o *Pinus*. Verificou também, que esse teor de matéria orgânica, sob a parcela de *Pinus elliottii*, é muito superior ao relatado por MELO *et alii*<sup>48</sup>, para a mesma espécie, em São Paulo, aos 4 anos de implantação. ROCHA FILHO *et alii*<sup>58</sup>, observaram que, tanto o *Pinus* como o Eucalipto, influenciaram positivamente, no teor de carbono orgânico no solo, em profundidade.

Estudando o comportamento microbiológico de solos, sob reflorestamento de *Pinus*, *Araucaria* e mata virgem, em Santa Catarina, TOSIN<sup>74</sup> constatou, através de análises químicas que, no solo com *Pinus* o teor de matéria orgânica diminuiu, que a acidez sofreu um aumento, e os teores de Ca, Mg e K caíram sensivelmente.

No Paraná, o reflorestamento, com *Pinus* spp, adquiriu elevada importância econômica, mas, esclarecimentos, inerentes ao comportamento dessas espécies nas propriedades do solo, ainda são poucos em nosso meio. Trabalhos conduzidos por PAULA SOUZA<sup>51,53-4</sup>, estudando comparativamente, uma área de campo nativo com outra florestada com *Pinus elliottii*, observou que, o *Pinus*, após aproximadamente 12 anos, provocou redistribuição da matéria orgânica, aumentando seu teor em profundidade. Do mesmo modo, na mesma área, DAROS<sup>18</sup>, concluiu, haver a redistribuição da matéria orgânica aumentando seus teores em profundidade nas unidades de solo Podzólico Vermelho suavemente ondulado (PVso) e Podzólico Vermelho ondulado (PVo), e que o teor de matéria orgânica, em superfície, aumentou na unidade Podzólico Vermelho ondulado e diminuiu na unidade Podzólico Vermelho suavemente ondulado.

## 2.5 MATÉRIA ORGÂNICA EM PODZÓIS

A vegetação e o clima, são fatores, mais importantes, que determinam as características de um solo. A vegetação, influi, na natureza do solo, e conseqüentemente, este, influi na qualidade da vegetação. A podzolização de solos tem sido amplamente discutida, mostrando que, o tipo de vegetação, contribui grandemente, nesse processo. Os podzóis, mas típicos, são normalmente aqueles formados sob florestas de coníferas. As acículas de coníferas são muito resistentes ao ataque de microrganismos, e tendem, a se acumular, na superfície do solo. O processo de podzolização, que ocorre, em climas temperados e tropicais é iniciado, pelo movimento descendente da água, carregando ácidos orgânicos, Fe, Al, bases e também

considerável quantidade de colóides minerais. Esta constante extração do solo, diminui a quantidade de matéria orgânica da superfície, que é depositada, em níveis diferentes no perfil do solo. Dependendo da textura do solo, pode depositar-se em grandes profundidades. Muitas das bases, particularmente Ca, que são extraídas, pela água, contendo, ácidos húmicos, são removidos completamente do perfil do solo. Esta constante extração e lixiviação, resulta, em solos de baixa fertilidade (ALLISON<sup>2</sup>).

GRAY & WILLIAMS<sup>31</sup>, salientam que, o material húmico, tem propriedades coloidais e capacidade em reter e trocar cations básicos, podendo exceder àquela das argilas minerais no mesmo solo. Este material forma associações com colóides minerais e pode ser adsorvido pela superfície das partículas minerais. O material húmico pode mover-se através do solo, sob certas condições, resultando em uma distribuição irregular da matéria orgânica através do perfil. Isto é particularmente marcante no podzol e em alguns outros tipos de solos.

KONONOVA<sup>40</sup> e SCHNITZER & KHAN<sup>64</sup>, afirmaram que, os ácidos fúlvicos são as mais importantes frações orgânicas, da matéria orgânica, em solos de podzol. KIMPE & MARTEL<sup>39</sup>, concordam que, em solos podzólicos, sob coníferas, os ácidos fúlvicos apresentam-se em maior quantidade. PAULA SOUZA<sup>52</sup>, revelou que, provavelmente, o produto acidificante, proveniente da decomposição das acículas de *Pinus*, acelera o processo de podzolização, nos solos onde se implantou este tipo de vegetação.

VOLKOFF & CERRI<sup>85</sup>, verificaram que, na região Amazônica, geralmente, sob floresta, encontram-se próximos uns dos outros, latossolos e podzóis, sendo que, a matéria orgânica

dos latossolos, apresenta-se, rica em ácidos fúlvicos livres na superfície. Observaram também que, esses ácidos, nos podzóis, são lixiviados em profundidade. No entanto DABIN<sup>16</sup>, constatou que nos podzóis do sul do Estado da Bahia, a matéria orgânica dos horizontes superficiais, é, de um modo geral, pobre em ácidos fúlvicos livres.

## 2.6 ALGUMAS CONSIDERAÇÕES SOBRE O FRACIONAMENTO DA MATÉRIA ORGÂNICA

A maior dificuldade, em todas as investigações sobre a composição do humus, reside em, se poder separar, o material não humificado, dos constituintes minerais do solo, sem que ocorram alterações nas diferentes frações das substâncias húmicas. As primeiras observações sobre as alterações, causadas por soluções alcalinas, foram realizadas por ARCHARD<sup>6</sup> e VAQUELIM<sup>74</sup>, quando, falaram que, parte desse material pode ser extraído com alcalis, após um pré-tratamento com ácido. SPRENGEL<sup>68</sup>, distinguiu o humus ácido de turfas do humus doce. Preparou humus ácido com ácido clorídrico diluído, extraíndo depois com solução de amoníaco, e, precipitando, o humus, novamente com ácido clorídrico. Desde 1786, as substâncias húmicas vem sendo estudadas através de extrações com álcalis e ácidos, sendo inclusive, estes os métodos predominantes atualmente com pequenas modificações. Esses métodos, se baseiam nos resultados de Sprengel, onde estas substâncias são colóides carregados negativamente quando estão em solução alcalina e retidos sobre os pontos carregados positivamente do solo ou partículas de argila.

Dois métodos vem obtendo a preferência:

- a) o de Sprengel que consiste em aumentar a concentração de íons hidroxilo, utilizando hidróxido de sódio, aumentando o pH ocasiona a dissociação dos íons hidrogênio e hidroxilos;
- b) métodos que se baseiam no uso de ânions, que formam complexos estáveis, com Ca, Al e Fe.

A extração de substâncias húmicas do solo, tem sido objeto, de um grande número de trabalhos. WIESEMULLER<sup>88</sup>, comparou diversas técnicas de extração dos ácidos húmicos e fúlvicos, por diferentes solventes. Esses solventes são principalmente, o Hidróxido de Sódio (NaOH) de concentração 1%, a quente e a frio, precedidos de um tratamento com ácido clorídrico 2% a 5% quente ou a frio. Um outro reativo é o pirofosfato de sódio 0,1 M.

Os resultados da extração, e fracionamento, variam de acordo, com a natureza do solvente e o processo de fracionamento. A utilização de líquidos ácidos, ou alcalinos, a fortes concentrações, a quente, provocam uma degradação importante de substâncias húmicas. Esta degradação, se manifesta, por uma diminuição do resíduo não extraível ou humina, e por um aumento correspondente de ácidos fúlvicos.

Os diferentes métodos a frio apresentam vantagens, de analogia entre eles, dando resultados, em particular, o resíduo não extraível, ou humina, mais elevado e mais constante.

FLAIG *et alii*<sup>28</sup> e DABIN<sup>15</sup> preconizaram o uso do método de KONONOVA & BELCHIKOVA<sup>38</sup>, que utilizam uma mistura de 0,1 M de Pirofosfato + 0,1 M de soda, com um produto sólido/líquido de 5/100.

Outros autores (THOMANN<sup>71</sup>), utilizam somente o Pirofosfato de sódio. DUCHAUFOR & JAQUIN<sup>21</sup>, apresentaram, um método, utilizando várias extrações sucessivas: primeiro uma eliminação da matéria orgânica vegetal leve por líquidos orgânicos pesados (mistura de álcool bromofórmio D= 1,8), depois, extrações dos produtos húmicos solúveis por soluções a pH cada vez maiores, usados sucessivamente na mesma amostra. Esse método permite uma extração bastante completa e bem reproduzível, da matéria húmica do solo, mas um pouco difícil para utilização em série, e o bromofórmio é um produto bastante tóxico.

Recentemente, vem recebendo atenção, métodos que se baseiam no ataque ao solo com reagentes de suposta intensidade de reação progressiva. DABIN<sup>14</sup> defende a seqüência de fracionamento; onde seriam efetuadas as seguintes operações:

- a) pré-tratamento ácido;
- b) tratamento com pirofosfato de sódio 0,1 M;
- c) tratamento com soda 0,1 M. Neste método as extrações se apresentam em seqüência, onde ocorre, o esgotamento por lavagens do solo, obtendo as diferentes frações da matéria orgânica.

Utiliza-se ácido fosfórico de concentração 2 M o qual apresenta vantagens sobre o uso do ácido clorídrico, não apresentando nenhuma propriedade de redução para a dosagem de Carbono com Bicromato de Potássio. Apresenta vantagem também em relação ao ácido sulfúrico, combinando com o Cálcio em fosfato monocálcico sendo mais solúvel que o sulfato de cálcio. Infere-se por essa seqüência que as frações estariam relacionadas com uma crescente afinidade das frações obtidas com as

partículas do solo. Na possibilidade de tal afirmativa, está correto afirmar que, esse tipo de extração, levaria a uma melhor caracterização, das substâncias húmicas do solo, no tocante a conservação de suas estruturas.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 ÁREA EXPERIMENTAL

O presente trabalho foi desenvolvido no Município da Lapa, na propriedade do Banestado Reflorestadora S.A. A região onde se situa a atual área experimental, localiza-se no Km 67, à margem direita da rodovia Curitiba-Lapa, entre as coordenadas geográficas de 25°54' latitude e 49°50' longitude.

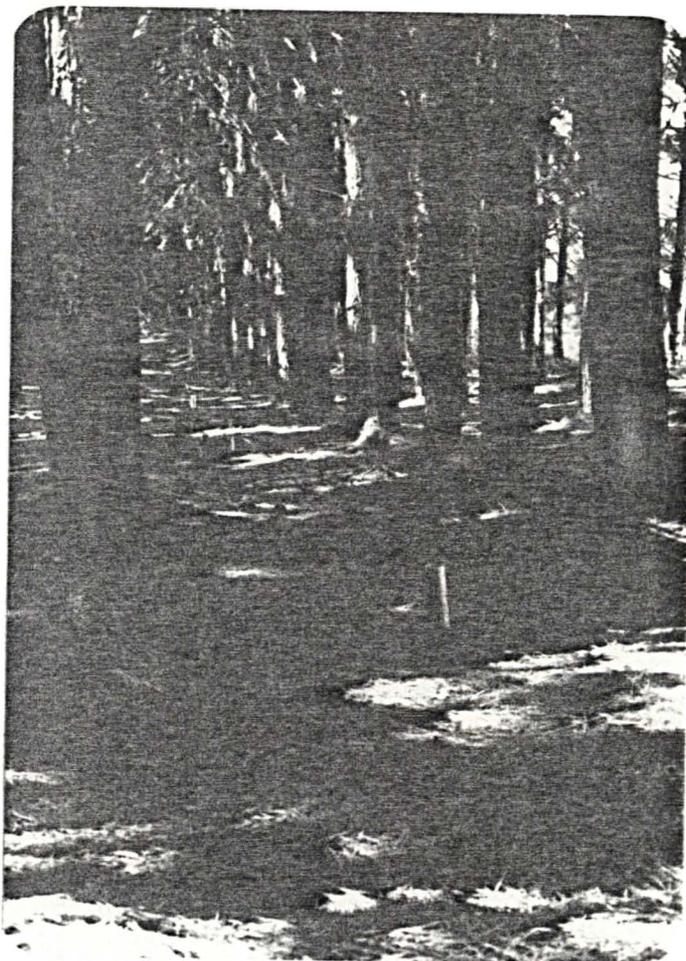
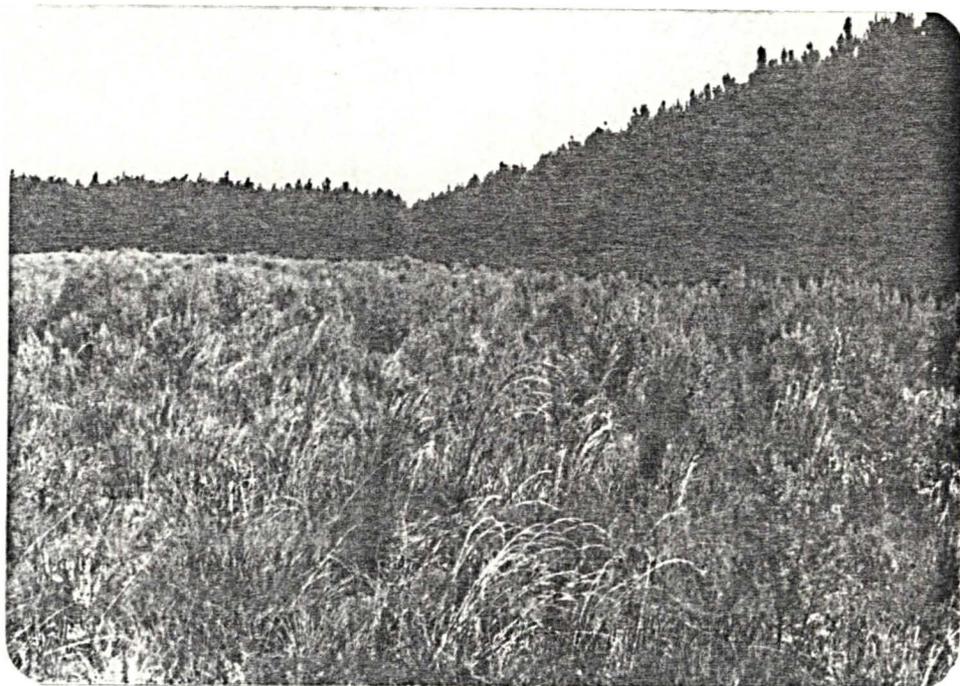
Nesta região o clima é sub-tropical úmido mesotérmico, cujas temperaturas médias anuais observadas se situam ao redor de 24°C para as máximas e ao redor de 11°C para as mínimas, sendo a média anual de 16°C (HERR<sup>33</sup>). A precipitação média anual, conforme o IAPAR<sup>34</sup>, é de 1.300 mm e a umidade relativa anual de 80%.

Essa área pertence ao grupo Carbonífero Superior, da Formação Palmira, constituída principalmente por tilitos, varvitos, arenitos e loessitos e ocupa o segundo planalto paranaense, segundo MAACK<sup>43</sup>.

O solo da área é bem drenado com profundidade efetiva de aproximadamente 150 cm, classifica-se como Podzólico Vermelho Amarelo Álico Latossólico relevo suave ondulado - PVso.

A área experimental é composta por duas condições de vegetação que foi estudada comparativamente; Campo nativo e reflorestamento de *Pinus elliottii*, sendo que as duas condições não apresentam sinais evidentes de erosão (Figura 1).

FIGURA 1. ÁREA EXPERIMENTAL: CAMPO NATIVO E FLORESTAMEN-  
TO DE *Pinus elliottii*



A área de Campo nativo, utilizado como pastagem natural com diversas espécies, inclusive gramíneas. A floresta de *Pinus elliottii*, reflorestada há 17 anos, sem ter sofrido desbaste, com espaçamento de 3,0 x 3,0 m. Não há informação de fertilização química, assim sendo os resultados obtidos nas análises do solo dessas áreas são apenas os efeitos da vegetação sob condições naturais.

### 3.2 AMOSTRAGEM

As amostras foram coletadas em agosto de 1983, em dois perfis sob Campo nativo e dois perfis sob *Pinus elliottii*, em oito profundidades a seguir: 0-2,5 cm; 2,5-5 cm; 5-10 cm; 10-25 cm; 25-40 cm; 40-55 cm; 55-70 cm; 70-100 cm, sendo que as amostras até a profundidade de 40 cm foram retiradas com faca, e as subseqüentes com trado holandês. Após a secagem ao ar e tamisadas em peneira de 0,5 mm, foram acondicionadas em sacos plásticos e analisadas em tempo inferior a 6 meses.

As amostras para a análise da biomassa radicular, foram coletadas em junho de 1986, na mesma área, em dois perfis de Campo nativo e dois perfis sob *Pinus elliottii*, nas mesmas profundidades em que se coletou as amostras anteriores, para a análise da matéria orgânica do solo. As amostras foram retiradas com faca em todas as profundidades e analisadas em seguida, em laboratório.

### 3.3 PROCEDIMENTOS ANALÍTICOS

#### 3.3.1 Reagentes e solventes

Todos os reagentes e solventes para as análises, foram

os de melhor qualidade encontradas, sendo o grau de P.A. de pureza o mínimo requerido. Sempre que disponível utilizou-se de graus de pureza superiores ao P.A.

### 3.3.2 Análise estatística

Os dados foram analisados segundo um delineamento inteiramente casualizado com 4 repetições. Foram estudados dois fatores em parcelas sub-divididas, com o fator local aplicado às parcelas e as profundidades aplicadas às sub-parcelas. A comparação das médias foi conforme o teste de Tuckey.

### 3.3.3 Granulometria

A granulometria foi determinada por dispersão mecânica pelo aparelho de ultrassom, determinando-se a fração argila pelo método do Densímetro (EMBRAPA<sup>25</sup>), a fração areia foi determinada por transação, e a fração silte pela diferença, segundo o método de VETORI & PIERANTONI<sup>82</sup>.

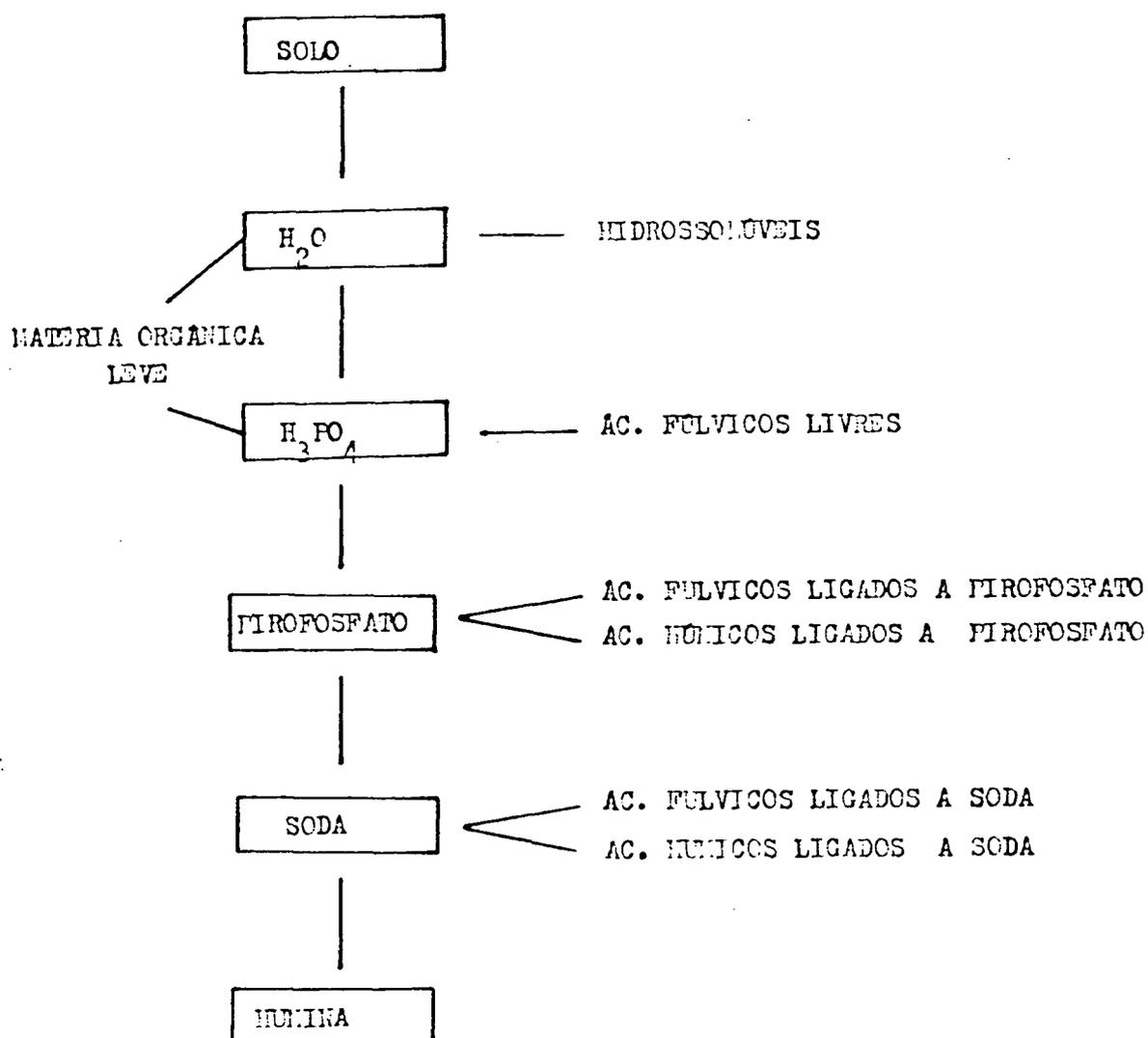
### 3.3.4 pH

O pH foi determinado em água, na diluição 1/2,5, usando eletrodo de vidro de nitrato de prata, em medidor de pH da marca Metrohm modelo E512.

### 3.3.5 Matéria orgânica

A matéria orgânica do solo foi fracionada pelo método de DABIN<sup>14-15</sup> (Figura 2). As diferentes frações assim obtidas foram avaliadas quantitativamente através da dogasem do carbono

FIGURA 2. FLUXOGRAMA RESUMIDO DO FRACIONAMENTO DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO



conforme método de WALKLEY & BLACK<sup>87</sup> modificado, a seguir descrito: a determinação do carbono na matéria orgânica leve e na humina, usou-se dicromato de potássio a 8%, em banho-maria em ebulição por uma hora. Para a dosagem do carbono nos extratos usou-se bicromato de potássio a 2% e fervidas em banho-maria por 30 minutos. O carbono das amostras determinou-se através de titulação por solução de Mohr a 0,2N.

A padronização foi realizada para cada conjunto de amostras, em cada determinação, quando simultaneamente foram usadas provas em branco e padrões EDTA, 12 mg e 6 mg em duplicatas. Todas as amostras foram analisadas em 4 repetições. A matéria orgânica leve foi obtida através da retenção em lã de vidro dos restos orgânicos que flotaram durante a obtenção das frações hidrossolúveis e ácidos fúlvicos livres. As frações obtidas através das extrações com água e ácido fosfórico 2M, foram denominadas de hidrossolúveis e ácidos fúlvicos livres, respectivamente. A solução resultante da extração com pirofosfato e soda, denominados respectivamente, fração pirofosfato e fração soda, foram utilizadas para separação dos ácidos fúlvicos e húmicos que receberam respectivamente as denominações de ácidos fúlvicos ligados a pirofosfato, ácido húmico ligados a pirofosfato, ácidos fúlvicos ligados a soda e ácidos húmicos ligados a soda.

O Carbono total foi analisado em amostras separadas por via seca, em aparelho modelo Wosthoff Carmhomat 8 ADG.

### 3.3.6 Biomassa radicular

A biomassa radicular foi analisada segundo método modificado de SCHUURMAN & GOEDEWAAGEN<sup>66</sup>, no sentido de substitui-

ção de pirofosfato de sódio por água, como dispersante da argila.

As amostras coletadas foram lavadas com água corrente em peneiras de 2 mm de diâmetro, sendo que as raízes menores que 2 mm de diâmetro foram retidas e posteriormente recolhidas por flotação em água.

Após tal operação as raízes foram secadas em estufa a 40°C, até peso constante.

### 3.3.7 Micorrizas

A determinação das micorrizas foi feita pela observação visual no perfil durante a coleta das amostras para a determinação da Biomassa radicular.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

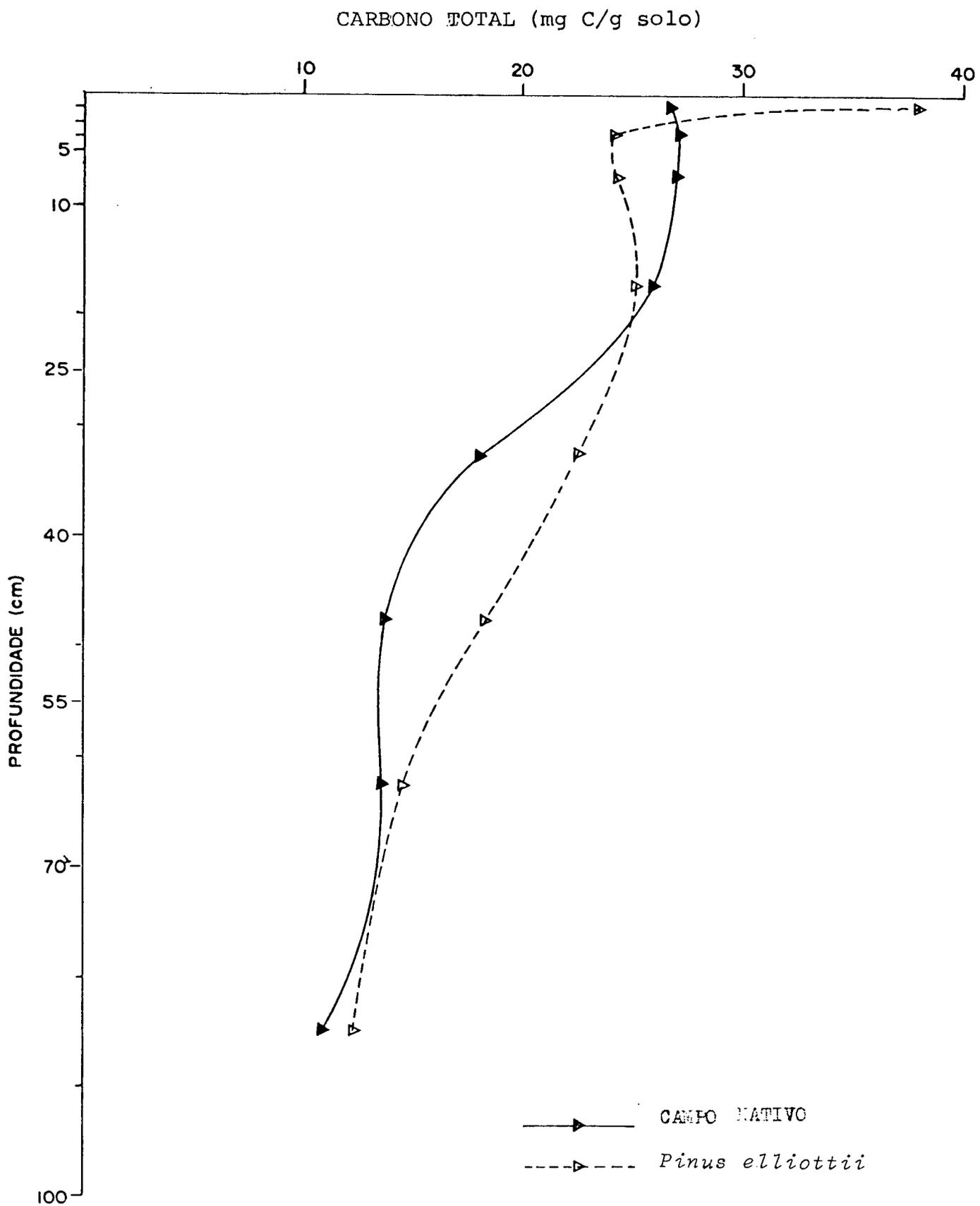
### 4.1 CARBONO TOTAL DO SOLO

As curvas de distribuição referentes aos teores de carbono do solo, nos perfis de campo nativo e *Pinus elliottii*, são apresentados na Tabela 1 e Figura 3. A análise de variância, e o teste de significância relativo a comparação das médias nas diferentes profundidades é apresentado na Tabela 14. A curva dos perfis sob *Pinus elliottii* revela, na profundidade de 0-2,5 cm, teores de carbono em torno de 37,92 mg C/g de solo, sendo estatisticamente maior que os encontrados na profundidade de 2,5-5 cm onde estes diminuíram para 24,40 mg C/g de solo. Na camada de 5-10 cm, observa-se que, praticamente, não houveram alterações em relação a camada de 2,5-5 cm, encontrando-se valores em torno de 24,42 mg C/g de solo, e para a profundidade de 10-25 cm o comportamento dos teores de carbono apresentaram um ligeiro aumento obtendo-se 25,23 mg C/g de solo. A partir da camada de 25-40 cm os teores de carbono decrescem, lentamente, com a profundidade, diminuindo de 22,62 mg a 18,14 mg entre 40-55 cm, e passando para 14,24 mg C/g de solo na profundidade de 55-70 cm. Entre 70-100 cm de profundidade os teores de carbono apresentam um decréscimo reduzido obtendo-se 12,18 mg, em relação as camadas anteriores.

TABELA 1. TEORES DE CARBONO TOTAL NOS PERFIS SOB CAMPO NATIVO E *Pinus elliottii*

Profundidade (cm)	Campo Nativo (mg C/g solo)	<i>Pinus elliottii</i> (mg C/g solo)
0 - 2,5	26,77	37,92
2,5 - 5	27,42	24,20
5 - 10	27,14	24,42
10 - 25	26,10	25,23
25 - 40	18,07	22,62
40 - 55	13,74	18,14
55 - 70	13,67	14,24
70 -100	10,81	12,18

FIGURA 3. TEORES DE CARBONO TOTAL DO SOLO NOS PERFIS SOB CAMPO NATIVO E *Pinus elliottii*



Para a curva de distribuição nos perfis do Campo nativo, os teores de carbono, obtidos na camada de 0-2,5 cm, foram de 26,88 mg C/g de solo. A curva revela um ligeiro aumento para as próximas duas camadas sendo 27,42 mg C/g de solo para a profundidade de 2,5-5 cm e 27,14 mg C/g de solo na de 5-10 cm. Na camada de 10-25 cm, os teores de carbono, passaram para 26,10 mg C/g de solo, apresentando um decréscimo acentuado na camada de 25-40 cm para 18,07 mg C/g de solo, diminuindo em seguida, nas duas profundidades seguintes, de 40-55 cm e 55-70 cm, onde, os teores de carbono, permaneceram praticamente os mesmos, respectivamente 13,74 mg e 13,67 mg C/g de solo. Após, observa-se uma diminuição, entre 70-100 cm, apresentando valores de 10,81 mg C/g de solo.

Comparando-se os perfis da distribuição de Carbono total do solo, nos perfis sob Campo nativo e *Pinus elliottii*, observa-se que, para o *Pinus* na profundidade de 0-2,5 cm ocorre um aumento nos perfis sob Campo nativo, estatisticamente significativo pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (Tabela 14). Nas camadas imediatamente subsequentes, de 2,5-5 cm e 5-10 cm, ocorre uma inversão, no sentido de teores mais elevados nos perfis sob Campo nativo (Figura 2), sem, no entanto, serem significativos pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Apesar desse fato essas diferenças podem ser consideradas como sendo tendências, que se aproximam da realidade, devido a estas terem sido observadas, para a mesma área experimental, anteriormente por DAROS<sup>18</sup> e PAULA SOUZA<sup>51</sup> e apesar de não terem sido apresentado no referido trabalho, dados referentes a testes estatísticos de comparação de médias.

Nas profundidades de 10-25 cm, os valores para os teores

de carbono, tanto para os perfis sob *Pinus elliottii* como para os sob Campo nativo, não foram estatisticamente diferentes, representando um ponto de intersecção, entre as duas curvas, quando, a seguir, demonstram aumento estatisticamente significativos a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, até a camada de 55-70 cm, quando se atinge valores não diferentes para ambos os tratamentos (Tabela 14 e Figura 3).

#### 4.2 COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS, REFERENTE AO CARBONO TOTAL, NO PRESENTE TRABALHO, COM OS DADOS OBTIDOS ANTERIORMENTE POR DAROS<sup>18</sup> e PAULA SOUZA<sup>51</sup>

Apesar de todos os possíveis erros, que podem advir, da comparação de dados obtidos, em diferentes trabalhos, realizados em épocas distintas, tornou-se necessário tal comparação, para explicar os resultados que serão apresentados no decorrer do presente trabalho. No entanto, devem ser considerados alguns aspectos intrínsecos do trabalho de DAROS<sup>18</sup> e PAULA SOUZA<sup>51</sup>, e do atual que facilitam tal comparação:

- a) foram utilizados em ambos os trabalhos, exatamente, a mesma área experimental;
- b) as análises do carbono total do solo, no trabalho de DAROS<sup>18</sup>, foram efetuados no Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Solos do Setor de Ciências Agrárias da UFPR, cujas análises quantitativas do carbono total do solo, tem conferido, em diferentes experimentos, com as realizadas em nosso laboratório.

Assim sendo, foram realizadas uma série de análises nos dados obtidos por DAROS<sup>18</sup>, e nos atuais, com a finalidade de

serem detectadas possíveis mudanças nos teores de carbono total, dos perfis sob Campo nativo e *Pinus elliottii*.

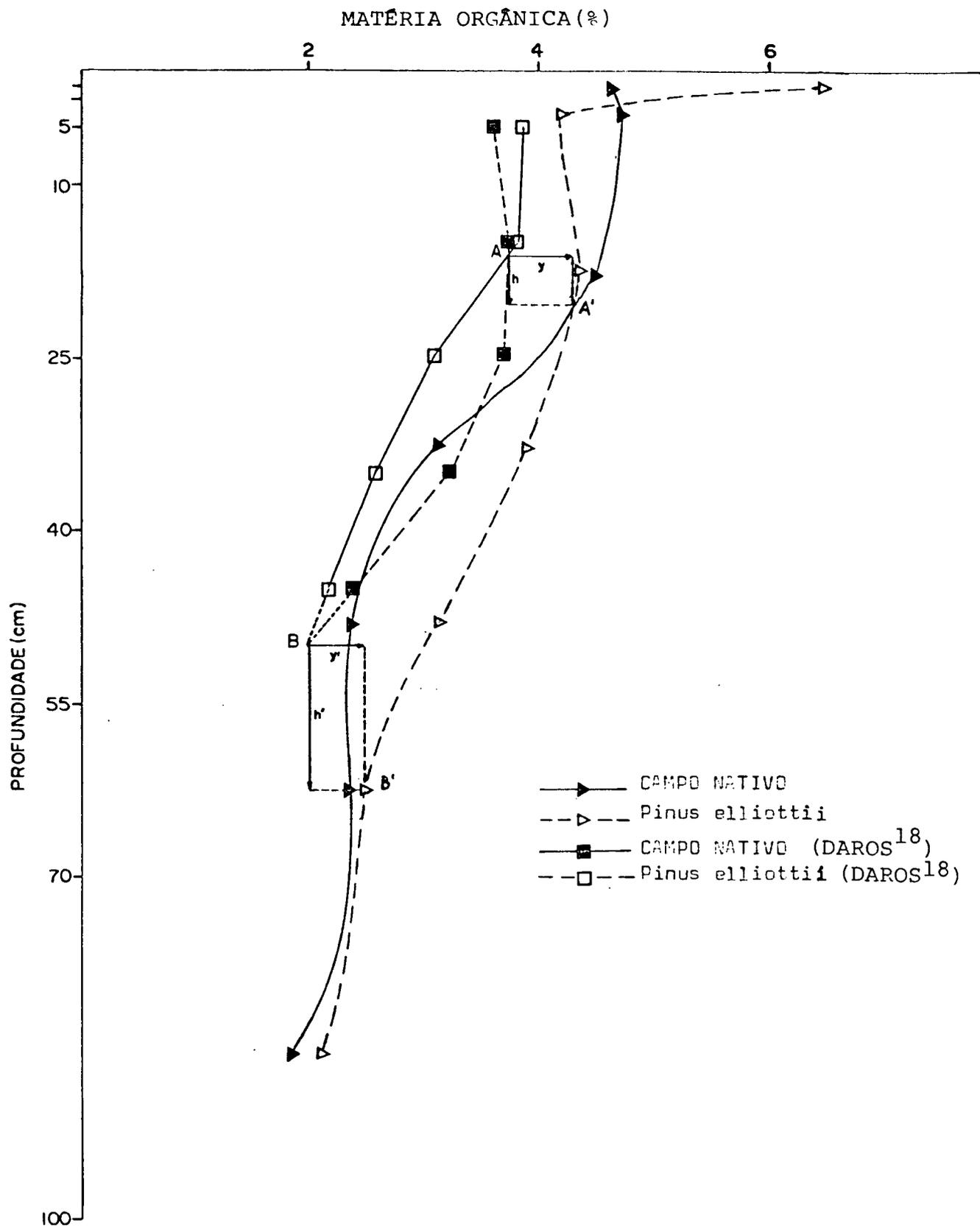
Utilizando-se do mesmo fator, que DAROS<sup>18</sup> utilizou, para conversão dos valores do carbono total para matéria orgânica, os dados do atual experimento foram assim convertidos, e colocados, em um mesmo gráfico comparativo com os dados do Quadro nº 12 de DAROS<sup>18</sup>, Figura nº 4.

Comparando-se os perfis de Campo nativo, observa-se que, aparentemente, os dados atuais refletem a mesma tendência de variação dos teores de matéria orgânica em profundidade, até a profundidade analisada por DAROS<sup>18</sup>, diferenciando, no entanto, em relação aos valores absolutos observados que são maiores no presente experimento. Aparentemente, essas diferenças tendem a ser mais elevadas nas camadas superiores.

Quando se considera os perfis sob *Pinus elliottii*, mais uma vez, são observados a mesma tendência até a profundidade analisada por DAROS<sup>18</sup>, exceto para a primeira camada do atual experimento (0-2,5 cm), que não pode ser comparada com os dados de DAROS<sup>18</sup>, devido a metodologia de amostragem utilizada no referido trabalho. Da mesma maneira que os perfis sob Campo nativo, os valores atuais apresentam-se, em termos absolutos, superiores aos observados por DAROS<sup>18</sup> e PAULA SOUZA<sup>51</sup>, no entanto, contrastando com os perfis sob Campo nativo, nos sob *Pinus elliottii*, as diferenças aparentemente podem ser maiores entre 40 e 55 cm de profundidade.

Por outro lado, quando são comparadas concomitantemente, as curvas dos perfis sob Campo nativo e *Pinus elliottii*, dos dois experimentos, nota-se que a interseção entre essas curvas, que ocorrem duas vezes, se encontram da seguinte

FIGURA 4. COMPARAÇÃO DOS VALORES RELATIVOS À MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO DO PRESENTE TRABALHO COM OS OBTIDOS POR DAROS<sup>18</sup>



maneira (Figura 4):

- a) interseção superior, do atual experimento (A') se encontra deslocada para uma maior profundidade, e maiores valores absolutos, em relação a do experimento de DAROS<sup>18</sup> (A), sendo o deslocamento relativo aos valores absolutos (y), relativamente maiores que na profundidade (h);
- b) a interseção inferior (B') do atual experimento se encontra também, deslocada para uma maior profundidade a maiores valores absolutos, porém contrasta com as diferenças observadas nas intersecções superiores, por ser o deslocamento relativo a profundidade (h'), relativamente, maiores que o dos valores absolutos (y').

Esses dados podem indicar mudanças na matéria orgânica desde os trabalhos de DAROS<sup>18</sup> quando o florestamento contava com 12 anos até o presente experimento que, adicionados aos dados relativos ao fracionamento da matéria orgânica e da determinação da biomassa radicular serão discutidos posteriormente no presente trabalho.

Apesar de, aparentemente, ocorrerem diferenças, os dados de valores totais são insuficientes, mesmo considerando o nível das diferenças encontradas simplesmente para se afirmar que existem tendências à diferenças. Com o objetivo de se comparar essas tendências, uma análise mais rigorosa, que a simples comparação dos dados absolutos, foi estabelecida, através da elaboração de índices que minimizariam os erros constantes decorrentes das análises realizadas em épocas diferentes. Foram, assim, estabelecidos dois índices comparativos: - o primeiro relativo a razão entre os valores obtidos para matéria orgânica

do solo, nas diferentes profundidades, entre o atual experimento e as correspondentes profundidades dos dados de DAROS<sup>18</sup>, definidos pelas expressões:

$$I_{PEi} = \frac{PEAi}{PEDI} \quad (1)$$

$$I_{CNI} = \frac{CNAi}{CNDi} \quad (2)$$

onde:

$I_{PEi}$  = índice de comparação das curvas referentes aos perfis sob *Pinus elliottii*, nas diferentes épocas, de uma determinada camada;

PEAi = valores para a matéria orgânica do solo dos perfis sob *Pinus elliottii*, no experimento atual, de uma determinada camada;

PEDI = valores para a matéria orgânica do solo, dos perfis sob *Pinus elliottii*, obtidos por DAROS<sup>18</sup>, para uma determinada camada;

$I_{CNI}$  = índice de comparação das curvas referentes aos perfis sob Campo nativo, nas diferentes épocas, de uma determinada camada;

CNAi = valores para a matéria orgânica do solo, dos perfis sob Campo nativo, no experimento atual, de uma determinada camada;

CNDi = valores para a matéria orgânica do solo, dos perfis sob Campo Nativo, obtidos por DAROS<sup>18</sup>, de uma determinada camada.

- O segundo, relativo a razão entre as divisões dos perfis sob *Pinus elliottii* e Campo nativo do atual experimento, e, a divisão entre os perfis sob *Pinus elliottii* e Campo nativo,

obtidos por DAROS<sup>18</sup> nas correspondentes profundidades. Nesse segundo caso, para que o índice defina valores relativos, o valor numérico obtido é decrescido de uma unidade, assim definidos pela expressão:

$$I_{cri} = \frac{\frac{PEAi}{CNAi}}{\frac{PEDI}{CNDi}} - 1 \quad \times 100 \quad (3)$$

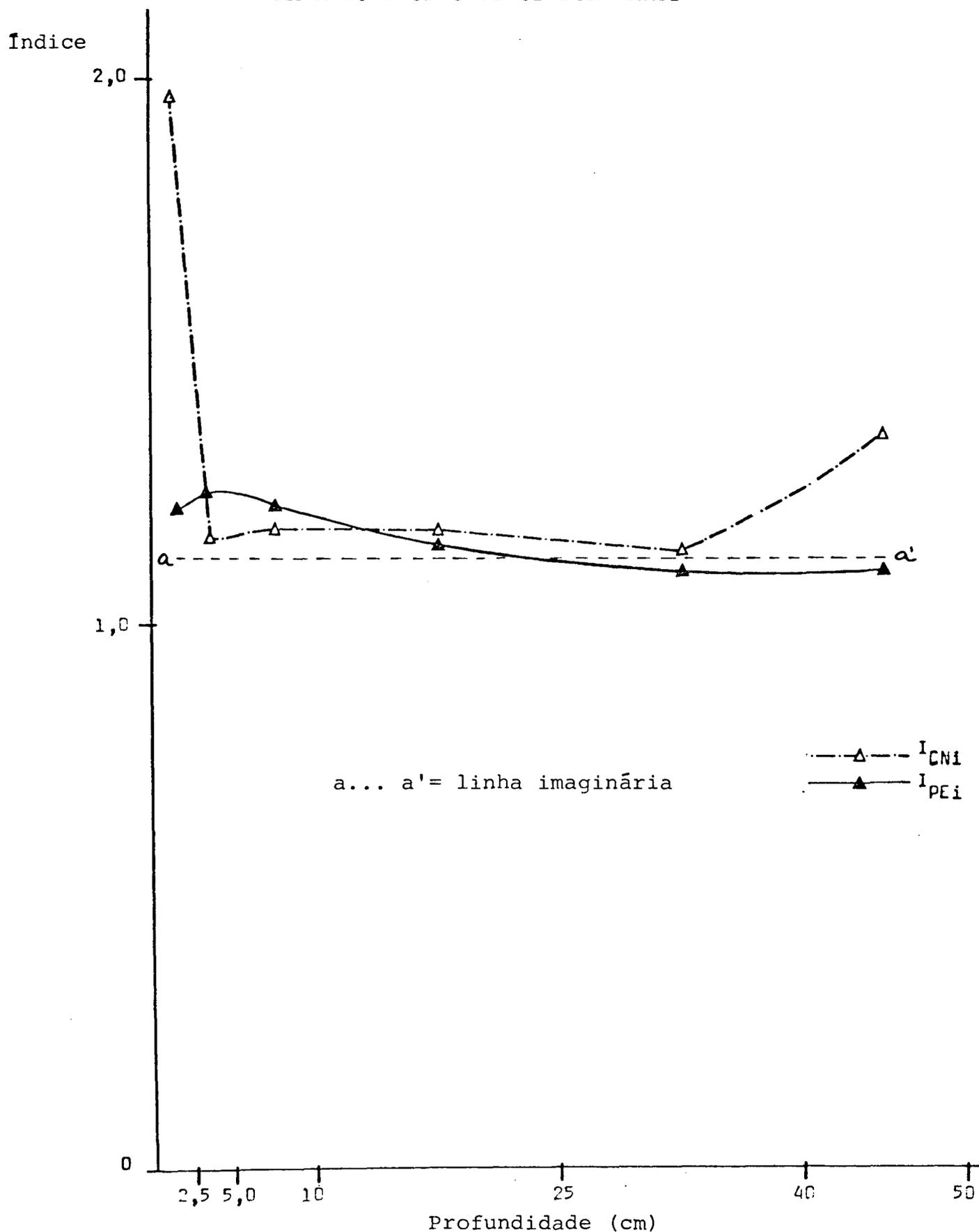
onde:

$I_{cri}$  = índice de comparação relativo às relações entre as curvas da matéria orgânica do solo, dos perfis sob *Pinus elliottii* e sob Campo nativo, entre as diferentes épocas, de uma determinada camada, expresso em porcentagem.

Os índices  $I_{PEi}$  e  $I_{CNI}$ , minimizam os erros constantes das análises efetuadas em épocas diferentes, uma vez que possíveis variações dessa natureza, para menos ou para mais, são praticamente eliminados durante a divisão dos valores absolutos. Com esses índices, são obtidas curvas, cuja comparação, é efetuada, para as camadas onde os valores do índice fogem de uma reta constante imaginária, ou seja, no caso de curvas idênticas é produzida uma reta com tangente igual a zero, cujos valores para os índices se situam ao redor de um. Os valores obtidos, desses índices, quando se situam acima (valores maiores), de uma linha constante, significam aumentos relativos nos teores de matéria orgânica no experimento atual, e, no caso de se situarem abaixo (valores menores), uma diminuição dos valores relativos no experimento atual.

Assim sendo, foram construídas as curvas para os índices  $I_{PEi}$  e  $I_{CNI}$  que são mostrados na Figura 5, e a linha imaginária

FIGURA 5. ÍNDICES DE COMPARAÇÃO DAS CURVAS REFERENTES AOS TEORES DE MATÉRIA ORGÂNICA PERFIS SOBRE *Pinus elliottii* E CAMPO NATIVO, ENTRE OS DADOS DO AUTOR DO ATUAL TRABALHO E OS OBTIDOS POR DADOS<sup>18</sup>



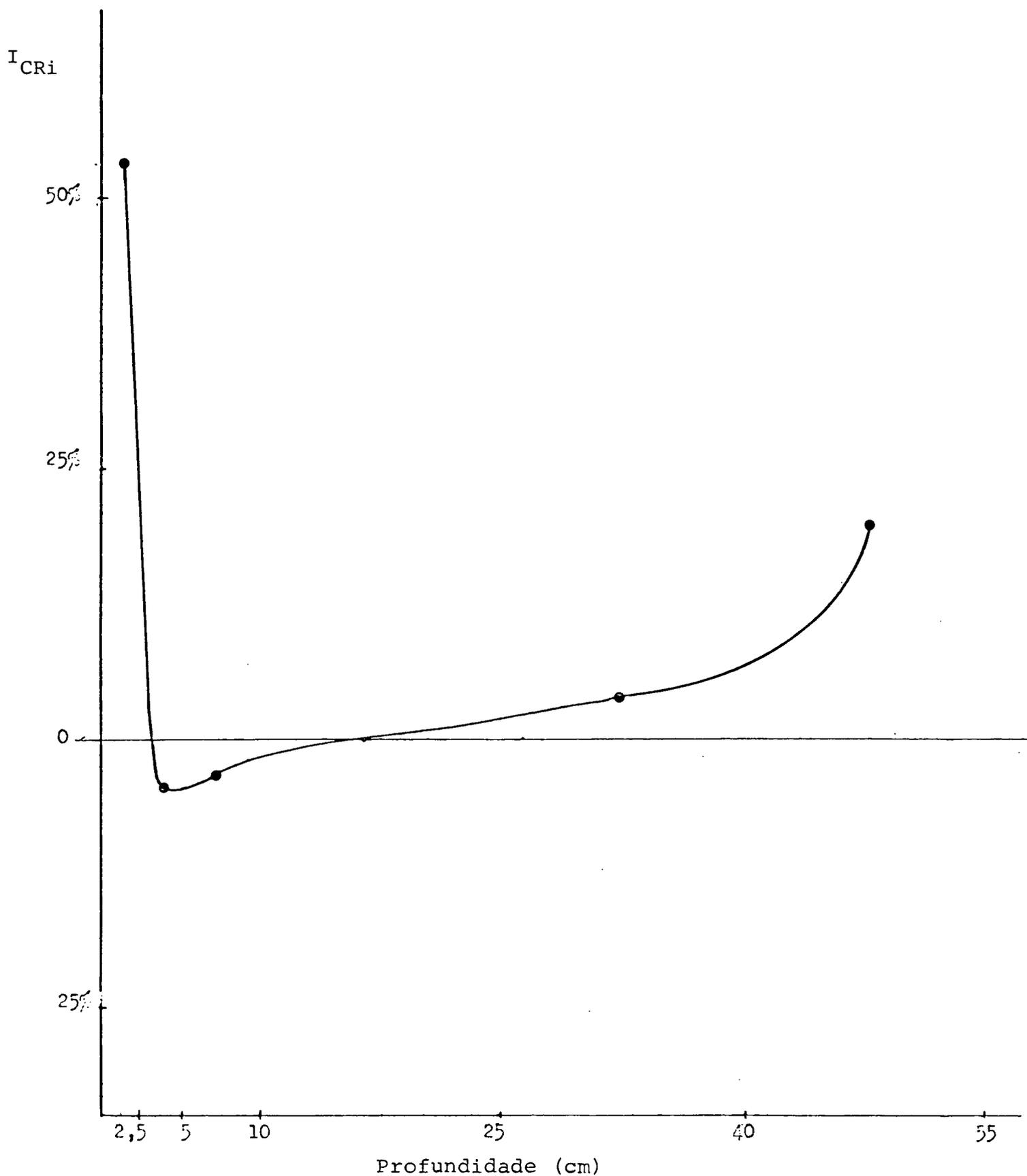
constante a-a'. Verifica-se uma tendência a aumentos relativo nos teores de matéria orgânica nas profundidades 0-2,5 cm e 40-55 cm, do atual experimento, nos perfis sob *Pinus elliottii*. Embora não muito visível também uma possível tendência a aumento nos teores de matéria orgânica, no atual experimento, nos perfis sob Campo nativo, nas profundidades de 0-2,5 cm, 2,5-5 cm e 5 a 10 cm.

Esses dados indicam uma possível deposição de matéria orgânica entre a coleta efetuada por DAROS<sup>18</sup> e o atual experimento nas camadas de 0-2,5 cm; 2,5-5 cm; 5-10 cm nos perfis de Campo nativo e nas de 0-2,5 cm e 40-55 cm dos perfis sob *Pinus elliottii*.

No caso dessas tendências, poderem ser consideradas, como válidas, seriam obtidos relações diferentes entre a matéria orgânica dos perfis sob Campo nativo e *Pinus elliottii*, nas diferentes épocas, o que significariam, modificações decorrentes entre os dois tipos de cobertura vegetal. Para tal, seriam utilizados índices do tipo  $I_{cri}$  que mostrariam as variações relativas em porcentagem. Quando do aumento relativo entre a matéria orgânica do solo, do experimento atual, nos perfis sob *Pinus elliottii*, em relação aos dos Campo nativo, e, em relação às condições inicialmente encontradas por DAROS<sup>18</sup>, os valores do  $I_{cri}$  apareceriam como números positivos. Para aumento relativo entre a matéria orgânica do solo, do experimento atual nos perfis sob Campo nativo em relação aos sob *Pinus elliottii*, e, em relação às condições iniciais encontradas por DAROS<sup>18</sup>, os valores do  $I_{cri}$  aparecem com números negativos.

Os resultados obtidos para os valores  $I_{cri}$  são apresentados na Figura 6. Constata-se que nas condições encontradas no

FIGURA 6. ÍNDICES DE COMPARAÇÃO RELATIVOS AS RELAÇÕES ENTRE AS CURVAS DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO DOS PERFIS SOBRE *Pinus elliottii* E CAMPO NATIVO ENTRE OS DADOS ATUAIS E OS OBTIDOS POR DAROS<sup>18</sup>



atual experimento, em relação às encontradas por DAROS<sup>18</sup>, houveram mudanças nos teores de matéria orgânica nos perfis sob *Pinus elliottii*, no sentido de aumento dos teores dessa, nas camadas de 0-2,5 cm e 40-55 cm, em relação aos perfis sob Campo nativo. Contrastando, nas camadas de 2,5-5 cm e 5-10 cm, do atual experimento devem ter ocorridos aumentos relativos nos perfis sob Campo nativo, em relação aos perfis sob *Pinus elliottii*, nas condições do atual experimento, em relação às originárias encontradas por DAROS<sup>18</sup>.

Os dados acima analisados (Figura 4, 5 e 6), sugerem possíveis tendências, a aumento, nos teores de matéria orgânica, nos perfis sob *Pinus elliottii* nas camadas 0-2,5 e 40-55 cm e nos sob Campo nativo nas camadas de 2,5-5 cm e 5-10 cm.

Inicialmente pode-se sugerir que a cobertura vegetal de *Pinus elliottii* e Campo nativo, poderiam estar depositando matéria orgânica nessas camadas. Esses dados serão adicionados aos relativos, ao fracionamento da matéria orgânica, e biomassa radicular, na análise dessa hipótese, no decorrer do presente trabalho.

#### 4.3 RESULTADOS DO FRACIONAMENTO DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO

Na tentativa de explicar as referidas diferenças entre os perfis dos Campo nativo e *Pinus elliottii*, observados por DAROS<sup>18</sup>, e comprovadas por nossas determinações, e ainda as possíveis diferenças com os dados obtidos em 1979, estabeleceu-se uma estratégia de ação, no sentido do uso do fracionamento de matéria orgânica do solo. Os dados assim obtidos poderiam fornecer subsídios para análise dos observados.

Entre os diferentes métodos, para fracionamento da maté-

ria orgânica do solo, optou-se pelo método de DABIN<sup>14</sup>, que tem por característica, fornecer frações resultantes de um ataque progressivo, por extratores cada vez mais enérgicos, de maneira que estas, assim obtidas sucessivamente, poderiam representar, diferentes graus de afinidade, com as micropartículas do solo.

Assim sendo, foram realizados estudos, a partir dessa metodologia que demonstrou, em nossas condições, ser bastante confiável no tocante à reproducibilidade, entre diferentes repetições, realizadas em bateladas diferentes, e, na recuperação, do carbono total da matéria orgânica (representado pela somatória dos valores obtidos por várias frações), que, em termos relativos se situaram entre 96 a 105% de recuperação.

As análises do carbono, realizadas nas diferentes frações, quando obtidas em repetições simultâneas, durante ao longo do fracionamento, tiveram variações menores que 2%. Quando o fracionamento das repetições eram efetuadas em épocas diferentes esse valor subia para 8%. Convém salientar que, para serem obtidos tal reproducibilidade dos dados, em qualquer determinação do carbono, sempre, foram realizadas, além das provas em branco, curvas padrões, simultâneas, utilizando-se do etileno diamino tetra acetado de sódio (EDTA) como padrões. Tal procedimento, verificou-se, de grande valia, no sentido de minimização, de possíveis fontes de variação, na metodologia utilizada, devido a causas várias, operacionais ou dos reagentes utilizados. As frações assim obtidas são a seguir descritas.

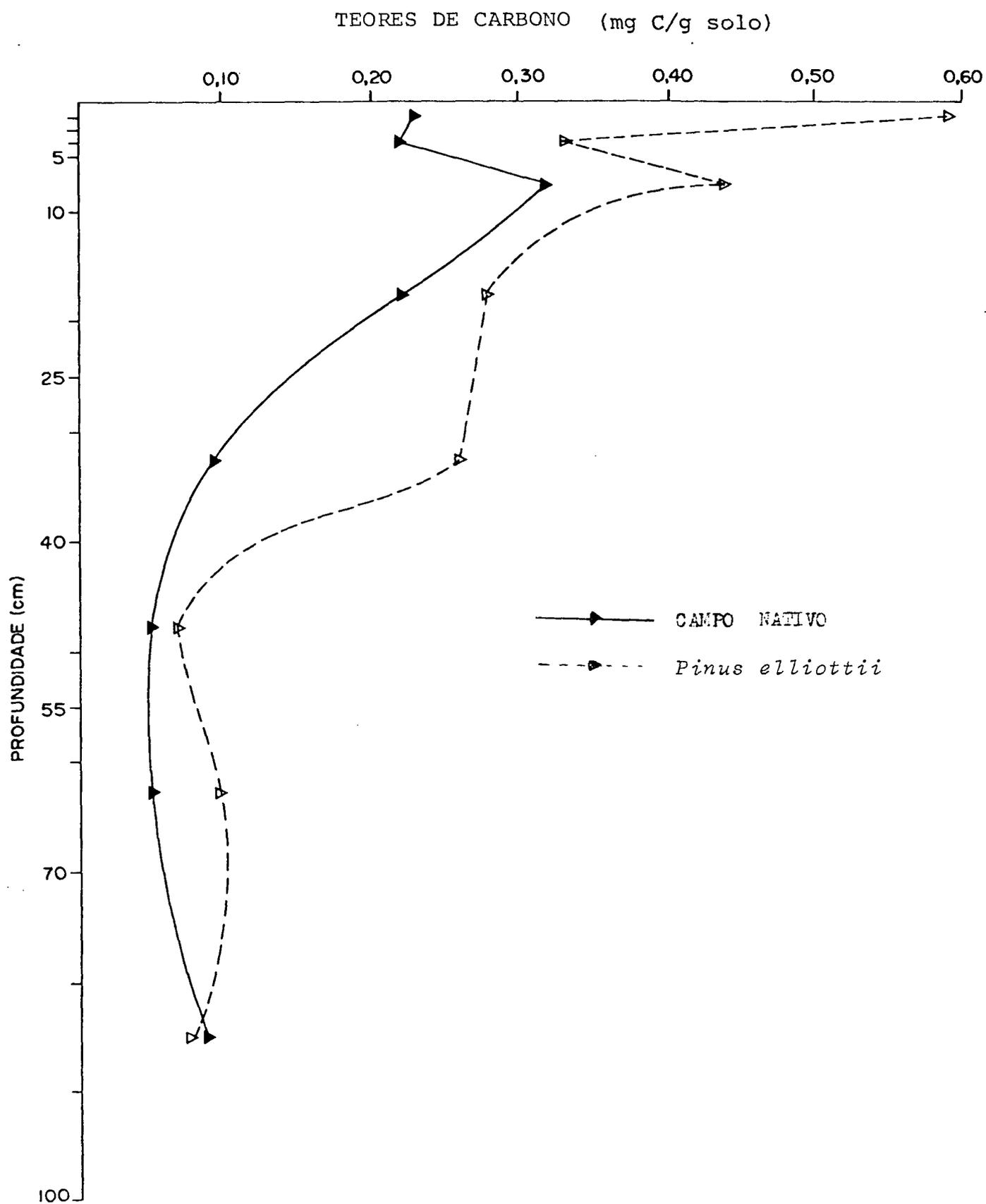
#### 4.3.1 A Fração Matéria Orgânica Leve

A curva de distribuição da matéria orgânica leve (Figura 7). Para os perfis do Campo nativo, considerando os teores de carbono, apresentou as seguintes características: as duas primeiras profundidades de 0-2,5 e 2,5-5 cm se encontram com valores praticamente iguais, com 0,23 mg e 0,22 mg C/g de solo, respectivamente. Entre 5 e 10 cm de profundidade, ocorre um aumento para 0,32 mg C/g de solo, apresentando um pico não significativo em relação as camadas anteriores. A partir dessa profundidade ocorre um decréscimo gradativo até estabilização, a partir da camada de 40-55 cm, até a profundidade de 100 cm. Entre a camada de acréscimo (5-10 cm), até a estabilização, ocorre uma diferença significativa entre as camadas.

Na curva de distribuição para os perfis sob *Pinus elliottii* (Figura 7), ocorre no início, na primeira camada de 0-2,5 cm, teores de carbono ao redor de 0,59 mg C/g de solo, decaindo bruscamente, na camada seguinte de 2,5-5 cm de profundidade, para 0,33 mg, diferença essa significativa a 5% pelo teste de Tukey (Tabela 15), voltando a aumentar na camada de 5-10 cm, não ocorrendo diferença entre a camada anterior a esta. Nas camadas de 10-25 cm a 25-40 cm ocorre uma queda dos teores de carbono passando de 0,44 mg na camada anterior para 0,28 mg e 0,26 mg C/g de solo, ocorrendo então uma diminuição brusca, significativa, até a profundidade de 40-55 cm, onde a partir dessa, os teores de equivalerem até a profundidade de 100 cm.

Interessante notar, que os valores das três últimas camadas de 40-55 cm a 70-100 cm de profundidade, para a matéria

FIGURA 7. TEORES DE CARBONO NA FRAÇÃO MATÉRIA ORGÂNICA LEVE NOS PERFIS SOB CAMPO NATIVO E SOB *Pinus elliottii*



orgânica leve tanto para o Campo Nativo como para o *Pinus elliottii*, são estatisticamente equivalentes.

#### 4.3.2 Fração Hidrossolúveis

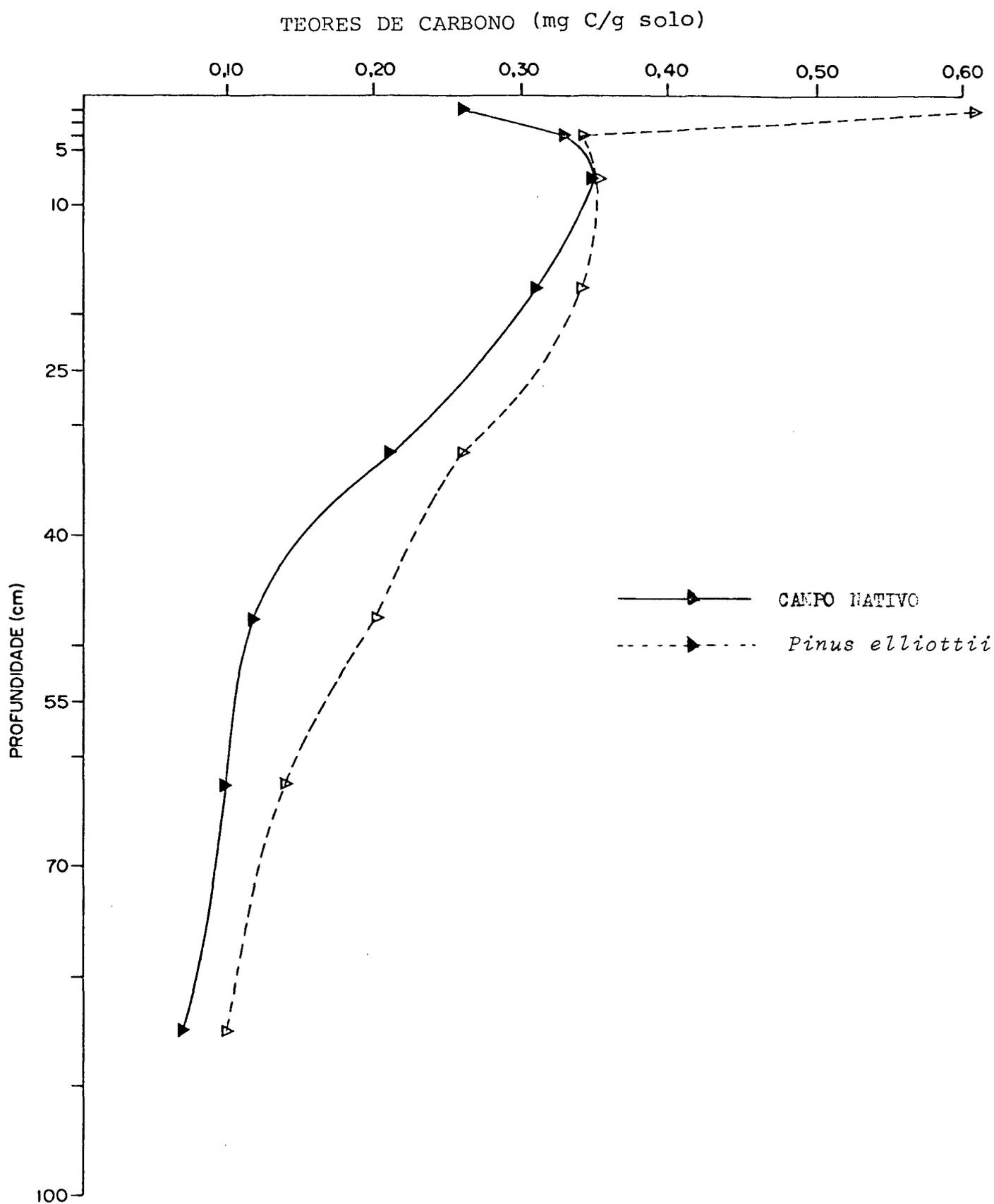
As curvas referentes aos teores de carbono na fração hidrossolúveis (Figura 8), apresentou no campo nativo, uma curva contínua, situando-se na primeira camada de 0-2,5 cm de profundidade, teores ao redor de 0,26 mg C/g de solo, ocorrendo um pequeno incremento para 0,33 mg e 0,35 mg C/g de solo, nas camadas de 2,5-5 cm e 5-10 cm respectivamente, após o qual, ocorre a seguir uma diminuição gradativa dos teores de carbono, nessa fração, até as três últimas camadas.

As diferenças entre o pico da curva relativa aos perfis sob Campo nativo, entre a primeira camada de 0-2,5 cm e a camada de 5-10 cm não são significativas, no entanto, entre esse pico e as três últimas camadas de 40-55 a 70-100 cm, ocorre uma diferença significativa.

A curva referente aos teores de carbono para o florestamento com *Pinus elliottii* (Figura 8), apresenta uma marcante diferença na primeira camada, quando comparados com o Campo nativo, apresentando teores de 0,61 mg C/g de solo, praticamente três vezes superior nessa profundidade de 0-2,5 cm. Na seguinte camada de 2,5-5 cm ocorre um decréscimo bastante acentuado, permanecendo praticamente constante na camada a seguir. Na profundidade de 10-25 cm, observa-se um ligeiro decréscimo de maneira contínua, até atingir um mínimo na camada de 70-100 cm, onde os teores se apresentam com 0,10 mg C/g de solo.

Convém notar, que as diferenças observadas para a

FIGURA 8. TEORES DE CARBONO NA FRAÇÃO HIDROSSOLÚVEIS NOS PERFIS SOB CAMPO NATIVO E SOB *Pinus elliottii*



profundidade de 0-2,5 cm, entre Campo nativo e *Pinus elliottii*, é significativa ao valor de 5% de significância, e que nas outras camadas não existe diferença significativa estatisticamente (Tabela 16). Embora possa haver visualmente uma tendência, nas camadas de 25-40 cm e 40-55 cm, à uma diferença maior a favor do *Pinus elliottii*, principalmente. Aparentemente, em todo o perfil, a exceção da camada de 5-10 cm, onde os valores foram praticamente idênticos, o perfil do *Pinus elliottii*, apresentou uma tendência maior e valores da fração Hidrossolúveis (Figura 8).

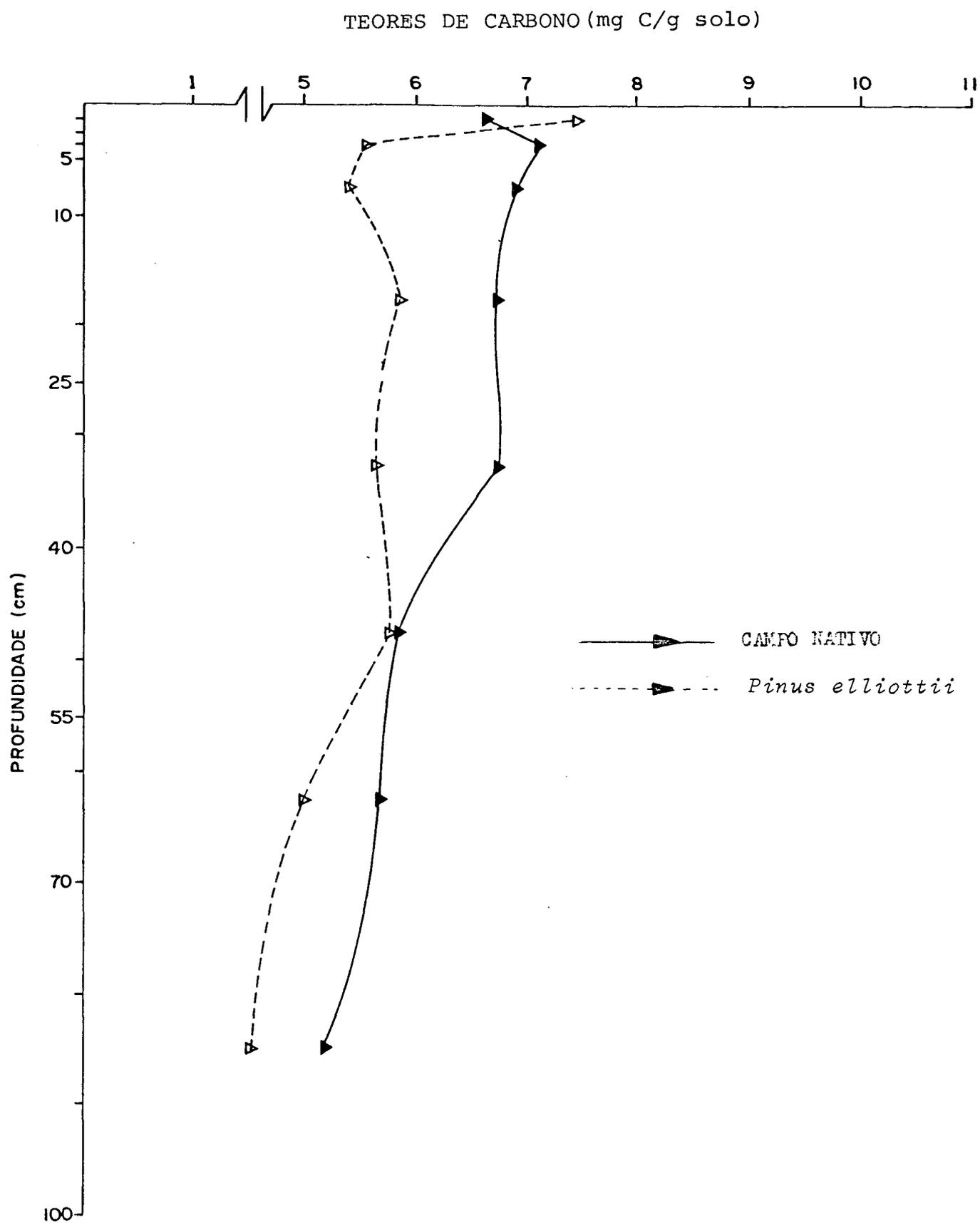
É interessante notar, que os valores obtidos para a fração Hidrossolúveis no *Pinus elliottii*, na camada de 0-2,5 cm (Figura 8), sendo bastante elevados, podem ser devido a possíveis pluviolixiviados, provenientes da camada de acículas de *Pinus* depositadas na superfície do solo.

#### 4.3.3 Fração Ácidos Fúlvicos Livres

Os teores de carbono na fração ácidos Fúlvicos Livres (Figura 9), apresentaram para os perfis de Campo nativo os seguintes resultados: as camadas de 0-2,5 cm a 25-40 cm de profundidade, não houve diferenças em termos de ácidos Fúlvicos Livres, entre as médias obtidas para os teores de carbono, para essa fração, no entanto, a partir da camada de 25-40 cm ocorre um ligeiro decréscimo se estabilizando até a última camada 70-100 cm de profundidade.

Convém notar, que, entre as duas primeiras camadas de 0-2,5 cm e 2,5-5 cm, a exemplo da fração Hidrossolúveis, ocorre uma tendência a aumentos dos teores de carbono, nesta fração, passando, de 6,64 mg para 7,17 mg C/g de solo.

FIGURA 9. TEORES DE CARBONO NA FRAÇÃO ÁCIDOS FÚLVICOS LIVRES  
NOS PERFIS SOB CAMPO NATIVO E SOB *Pinus elliottii*



A curva para o perfil sob *Pinus elliottii*, na primeira camada de 0-2,5 cm, apresenta valores, embora não significativo a nível estatístico, visualmente superiores, a mesma camada, dos perfis sob Campo nativo. Após essa camada, ocorre uma mudança significativa, no sentido de diminuição dos teores, passando de 7,46 mg a 5,54 mg C/g de solo, estabilizando a seguir da camada de 2,5-5 cm em diante, até 70-100 cm de profundidade.

Interessante notar, que esse decréscimo, dos teores da fração ácidos Fúlvicos Livres, entre a camada de 0-2,5 cm e as seguintes, além de serem significativos, podem estar significando, ácidos Fúlvicos Livres provenientes de pluviolixiviados, principalmente, a partir das acículas de *Pinus* decompostas na superfície.

Quando se compara as curvas da fração Hidrossolúveis (Figura 8) com as de ácidos Fúlvicos Livres (Figura 9), na camada de 0-2,5 cm e assim por diante, nota-se que da mesma maneira, como acontece na fração Hidrossolúveis, a diferença entre a primeira camada e a seguinte de 2,5-5 cm, é bastante significativa. Assim sendo, é possível até certo ponto, especular que, nessa primeira camada, podem ser resultados de pluviolixiviados, tanto os Hidrossolúveis como a fração ácidos Fúlvicos Livres. Ao que tudo indica, a penetração dos ácidos Fúlvicos Livres, via pluviolixiviados, provenientes da manta de acículas, fica restrita aos primeiros centímetros dos perfis.

Quando se compara a fração ácidos Fúlvicos Livres, dos perfis sob *Pinus elliottii*, com Campo nativo, podemos ver que ocorrerem diferenças significativas pelo teste de Tukey (Tabela 17) nas camadas de 2,5 a 5 cm, 5 a 10 cm e 25 a 40 cm, no

sentido de maiores teores de ácidos Fúlvicos Livres, nos perfis de Campo Nativo, em comparação com as camadas dos perfis sob *Pinus elliottii*.

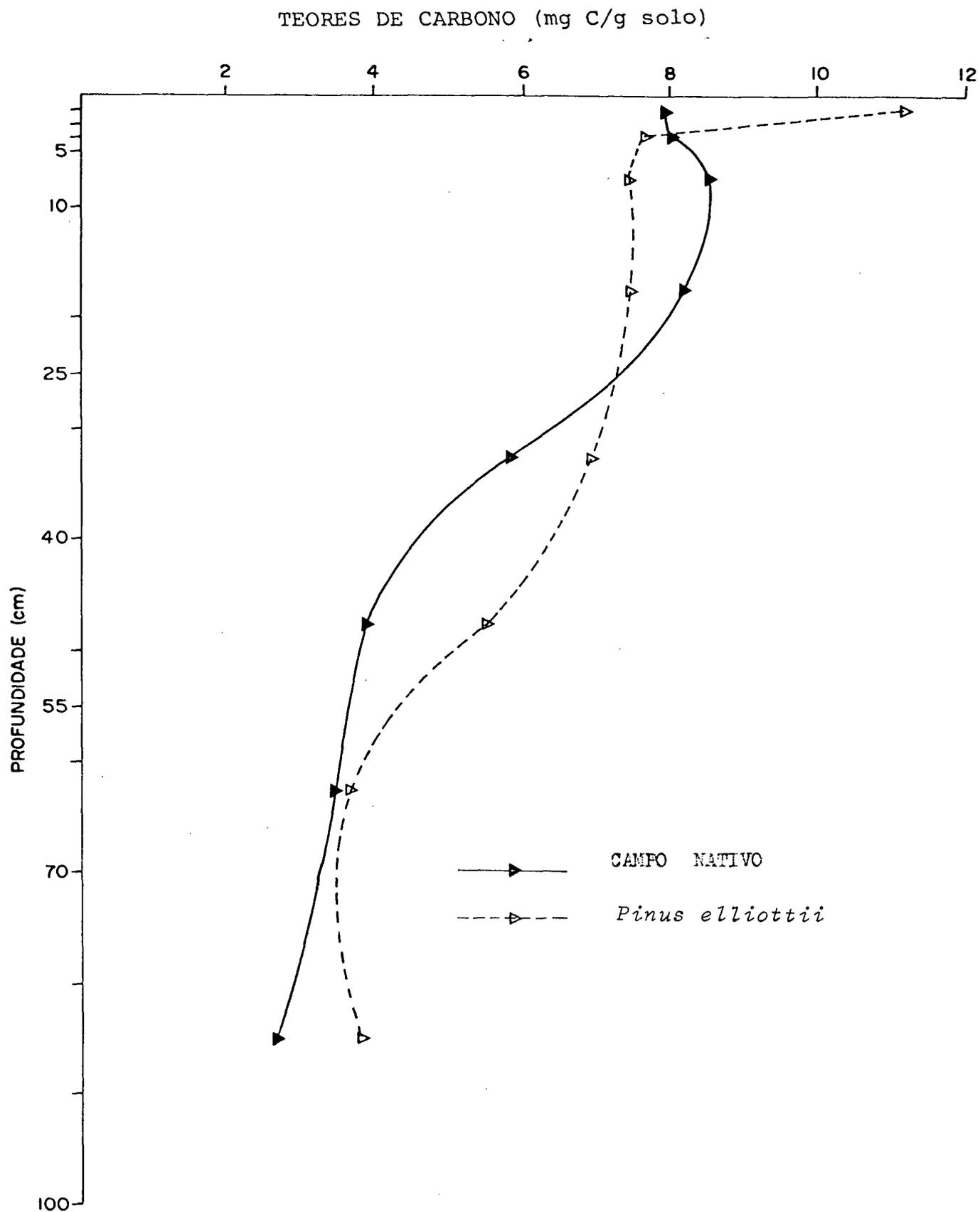
Interessante notar que, no caso de ácidos Fúlvicos Livres provenientes das camadas de acículas de *Pinus*, que por acaso, estivesse penetrando no solo, a partir da chuva, teria que se encontrar teores mais elevados de ácidos Fúlvicos Livres nos perfis de *Pinus*, no entanto, ocorre exatamente o inverso, no Campo nativo os ácidos Fúlvicos Livres são mais elevados. Até certo ponto, esse resultado se encontra de acordo com os resultados na literatura, uma vez que tem sido verificado, que solos sob gramíneas são ricos em ácidos Fúlvicos Livres, como demonstra ALMENDROS *et alii*<sup>4</sup>, quando encontrou relação de ácidos fúlvicos - ácidos húmicos mais elevada para solos sob gramínea.

#### 4.3.4 Fração Pirofosfato

A fração Pirofosfato para os perfis sob Campo Nativo, apresentou uma curva semelhante à obtida para a fração Hidrossolúveis (Figura 10). Verificando, um aumento entre a primeira camada, de 7,96 mg C/g de solo, até um máximo, com 8,54 mg, na camada de 5-10 cm de profundidade, diferença essa, entre as duas camadas, não significativa. A partir dessa profundidade, os teores decrescem, até praticamente a última camada analisada, decréscimo este, contínuo.

Os valores obtidos par os perfis sob *Pinus elliottii*, mais uma vez confirmam, na camada de 0-2,5 cm, teores mais elevados, com 11,16 mg C/g de solo, decrescendo da primeira profundidade, para a segunda, para 7,66 mg, sendo esta diferença

FIGURA 10. TEORES DE CARBONO NA FRAÇÃO PIROFOSFATO NOS PERFIS SOB CAMPO NATIVO E SOB *Pinus elliottii*



significativa quantitativamente. A partir daí ocorre um pequeno decréscimo, estabilizando-se nas duas últimas camadas de 55-70 a 70-100 cm de profundidade.

Quando se compara os valores de fração Pirofosfato, obtidos, entre os perfis sob *Pinus elliottii* e Campo nativo, com os dados obtidos para o carbono total do solo, verifica-se que as curvas observadas entre Campo nativo e *Pinus elliottii*, são semelhantes, exceto nas camadas de 0-2,5 cm e 2,5-5 cm de profundidade do perfil sob Campo nativo, que apresenta valores em relação a camada de 5-10 cm, inferiores na fração Pirofosfato.

Convém salientar que, ocorre aparente diferença positiva, no sentido de aumento da fração Pirofosfato, nos perfis de Campo Nativo, nas profundidades de 5-10 cm e 10-25 cm, o que se assemelha até certo ponto, com as diferenças obtidas na curva do Carbono total, o mesmo ocorrendo, de maneira inversa, no sentido de aumento dos teores nas frações sob *Pinus elliottii*, nas profundidades de 25-40 e 40-55 cm. Essas diferenças, no entanto, somente são significativas estatisticamente pelo teste de Tukey nas profundidades de 25 a 40 cm e 40-55 cm (Tabela 18). Parcialmente, as diferenças obtidas nas curvas do Carbono total do solo, nas camadas de 5-10 cm até 40-55 cm, são explicadas pela fração Pirofosfato.

A partir da fração Pirofosfato, são obtidas duas outras frações que são assim denominadas; ácidos fúlvicos ligados a Pirofosfato (Figura 11) e ácidos Húmicos ligados a Pirofosfato (Figura 12). Somando-se as curvas tanto do Campo nativo quanto do *Pinus elliottii*, nessas duas frações, estas reproduzem a curva da fração Pirofosfato (Figura 10).

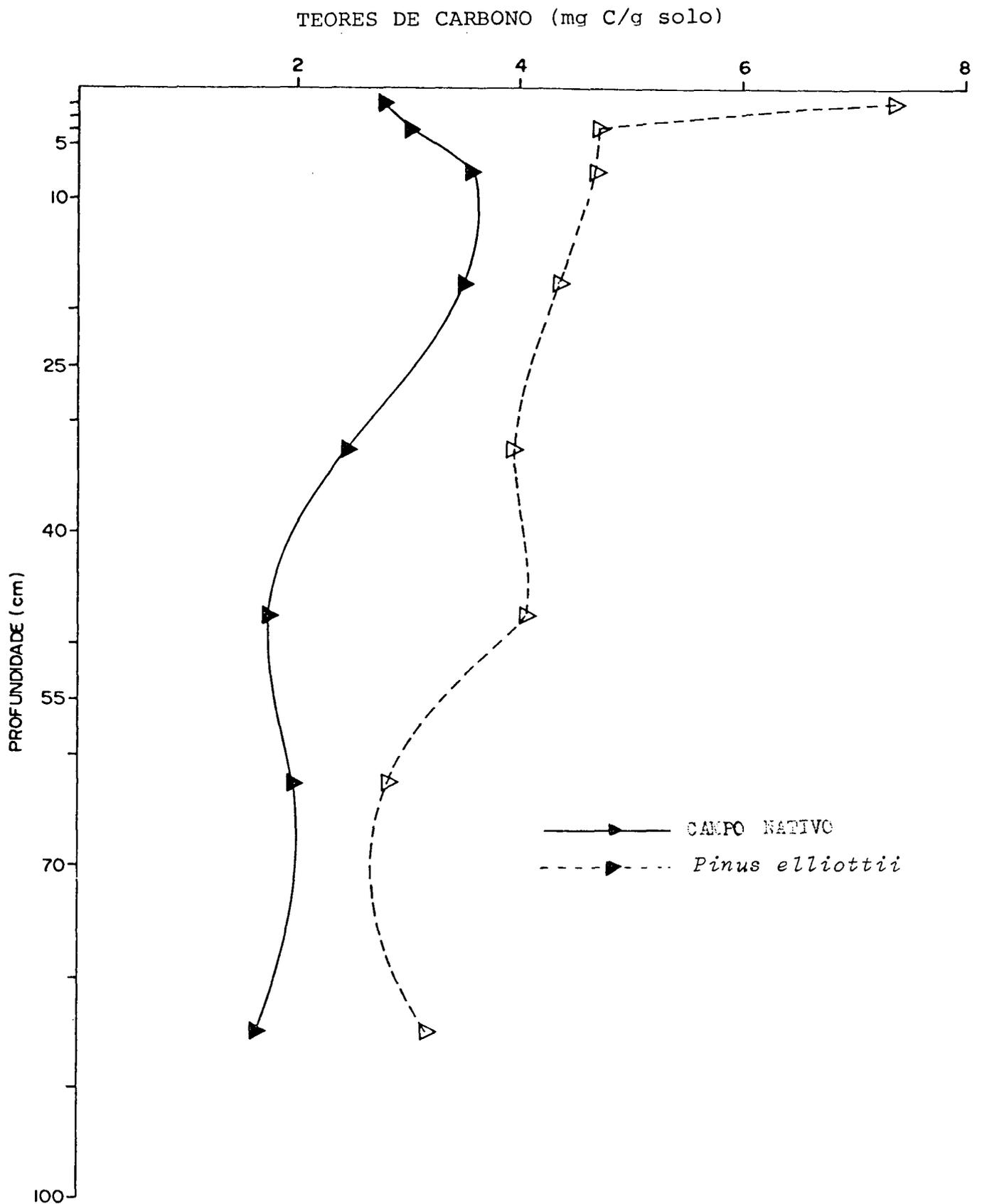
#### 4.3.5 Fração Ácidos Fúlvicos Ligados a Pirofosfato

A fração ácidos fúlvicos ligados a Pirofosfato (Figura 11), nos perfis referentes a Campo nativo, observa-se mais uma vez que na primeira camada de 0-2,5 cm, com 2,79 mg C/g de solo, ocorre uma diminuição em relação as camadas de 2,5-5 cm até 10-25 cm de profundidade, onde os teores observados foram de 3,04 mg e 3,52 mg C/g de solo. A partir dessas, ocorre um decréscimo até a profundidade de 40 cm, estabilizando-se a seguir até a profundidade de um metro.

Contrastando, sob *Pinus elliottii*, apesar da fração Pirofosfato ter demonstrado diferenças positivas e negativas, ao longo do perfil, os valores obtidos para o florestamento com *Pinus elliottii*, evidenciam na primeira camada, maiores teores de carbono (7,35 mg), significativo em relação a segunda camada onde os teores passam para 4,69 mg C/g de solo, novamente, e, analogamente, às frações Hidrossolúveis (Figura 7) e Matéria Orgânica Leve (Figura 6), sendo essas diferenças significativas no sentido de maiores teores de carbono. A partir dessas profundidades ocorre, praticamente, uma estabilização dos teores até a profundidade de 55 cm, diminuindo, nas duas últimas camadas, de 55-70 cm e 70-100 cm, onde praticamente se equivalem em termos de Carbono total. Observa-se que, sempre, os teores da fração ácidos fúlvicos ligados a Pirofosfato, no *Pinus elliottii*, foram superiores aos do Campo nativo, pelo menos visualmente, sendo no entanto somente nas camadas de 0-2,5 cm, até a camada de 40-55 cm, diferentes estatisticamente pelo teste de Tukey (Tabela 19).

Quando compara-se a fração Pirofosfato (Figura 10), com a fração ácidos fúlvicos ligados a Pirofosfato (Figura 11),

FIGURA 11. TEORES DE CARBONO NA FRAÇÃO ÁCIDOS FÚLVICOS LIGADOS A PIROFOSFATO NOS PERFIS SOB CAMPO NATIVO E SOB *Pinus elliottii*



observa-se um comportamento bastante distinto, entre as comparações das camadas específicas, de cada uma das frações.

Interessante notar que, de certa maneira, a fração ácidos Fúlvicos ligados a Pirofosfato, nos perfis sob *Pinus elliottii*, apresenta uma curva que muito se assemelha à fração ácidos Fúlvicos Livres (Figura 8), o mesmo ocorrendo, até certo ponto, com as do Campo nativo. No entanto, as diferenças ácidos Fúlvicos Livres, evidenciam, até a profundidade de 40 cm, com exceção da camada de 0-2,5 cm, diferenças estatisticamente significativas, maiores para o Campo nativo, sendo que essas diferenças observadas, podem estar relacionadas, provavelmente, com o efeito de diminuição das frações ácidos Fúlvicos livres nos perfis sob *Pinus elliottii*. Nota-se ainda, que esse decréscimo é acompanhado de um aumento das frações ácidos Fúlvicos ligados a Pirofosfato, e que, nas camadas de 2,5-5 cm até 25-40 cm, as diferenças observadas, quando comparadas com as frações ácidos Fúlvicos livres, tanto no Campo nativo quanto no *Pinus elliottii*, encontram-se, maiores na fração ácidos Fúlvicos ligados a Pirofosfato, em valores praticamente equivalentes.

As diferenças encontradas entre os perfis de Campo nativo e *Pinus elliottii* podem estar significando uma transformação de ácidos Fúlvicos livres, para ácidos Fúlvicos ligados a Pirofosfato nos perfis sob *Pinus elliottii*, tornando-se mais aderidos as micropartículas do solo, podendo inclusive representar modificações com a participação de microrganismos.

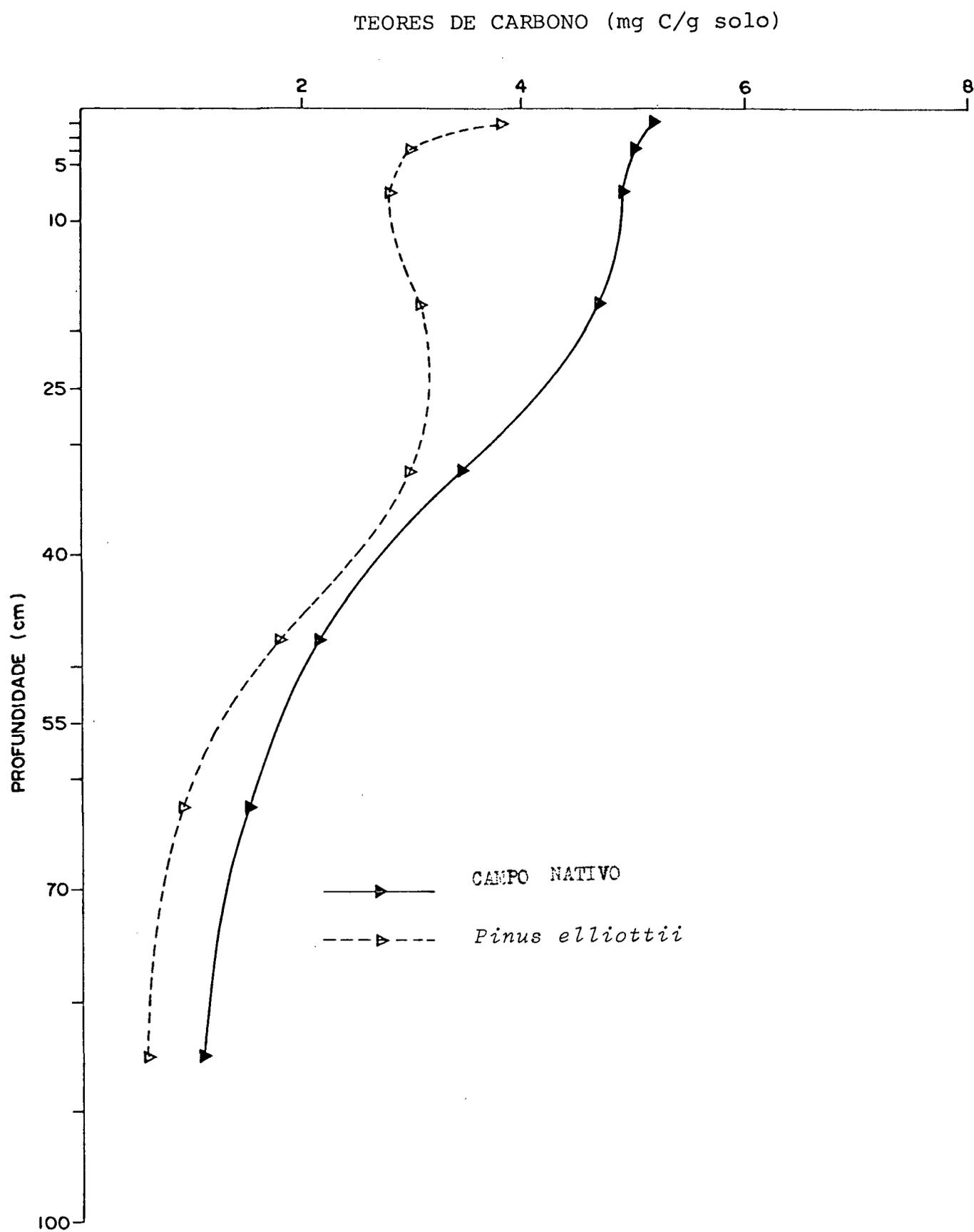
#### 4.3.6 Fração Ácidos Húmicos ligados a Pirofosfato

Nas frações ácidos Húmicos ligados a Pirofosfato (Figura 12), nos perfis sob Campo Nativo, observamos um decréscimo em profundidade, praticamente contínuo, da primeira camada de 0-2,5 cm até a última camada de 70-100 cm, diferença essa significativa.

Para a curva dos perfis sob *Pinus elliottii*, ocorre uma diferença visualmente pequena, entre a camada de 0-2,5 cm e 5-10 cm, com teores de carbono de 3,81 mg e 2,95 mg respectivamente, estabilizando-se em um mínimo de 2,76 mg C/g de solo na camada de 5-10 cm, onde a seguir, ocorre um leve aumento não significativo em teores de Carbono, até a profundidade de 40 cm. A partir dessa camada, a curva praticamente acompanha a curva do Campo nativo, equivalendo-se estatisticamente. Contrastando, nas camadas de 0-2,5 a 2,5 a 10 cm, ocorrem diferenças estatísticas significativas, no sentido de maiores teores de carbono, nos perfis de Campo nativo (Tabela 19).

Quando comparadas as curvas dos ácidos Fúlvicos ligados a Pirofosfato (Figura 11) com as de ácidos Húmicos ligados a Pirofosfato (Figura 12), se observa que, os valores obtidos para as curvas da fração ácidos húmicos ligados a Pirofosfato, a referente ao florestamento com *Pinus elliottii*, se encontra sempre com menores teores do que para os perfis sob Campo nativo, ou seja, o oposto que as curvas dos ácidos fúlvicos ligados a Pirofosfato.

FIGURA 12. TEORES DE CARBONO NA FRAÇÃO ÁCIOS HÚMICOS LIGADOS  
A PIROFOSFATO NOS PERFIS SOB CAMPO NATIVO E SOB  
*Pinus elliottii*



#### 4.3.7 Fração Soda

A fração Soda (Figura 13) em perfis sob Campo nativo, apresenta nas camadas de 0-2,5 cm a 10-25 cm teores de carbono, praticamente iguais, e, nas camadas de 10-25 cm para 25-40 cm, ocorre uma diminuição nos teores de carbono, diminuição esta, significativa em relação as camadas anteriores. Entre a camada de 40-55, e a última camada de 70-100 cm, ocorre um leve decréscimo, em termos de carbono total, sendo no entanto, esse decréscimo somente ao nível de tendência visual.

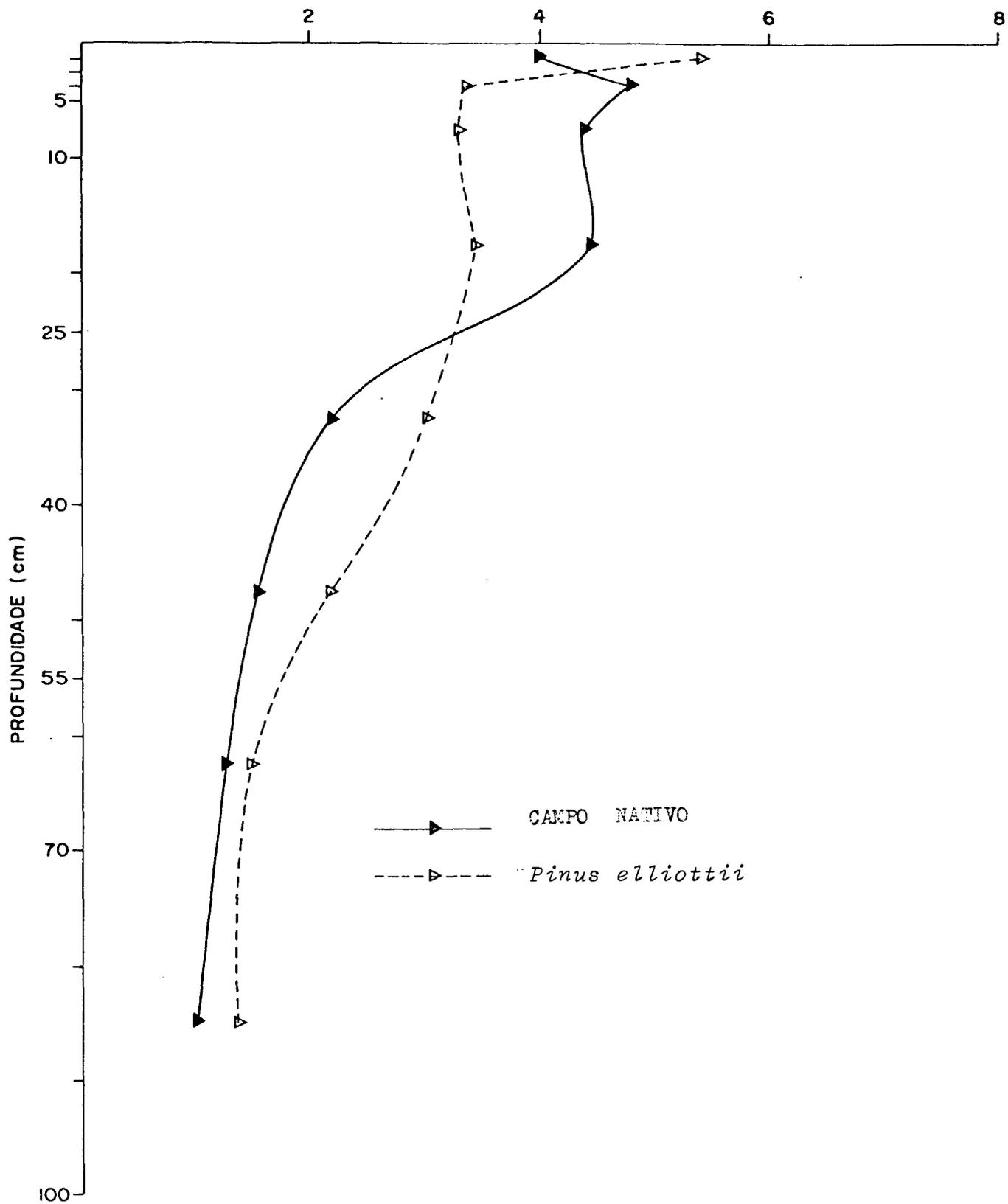
Com relação aos dados obtidos, nos perfis sob *Pinus elliottii*, mais uma vez, na camada de 0-2,5 cm de profundidade, em relação a camada de 2,5-5 cm, ocorre um aumento de teores de carbono, na primeira profundidade. A partir da profundidade de 2,5-5 cm, com 3,34 mg C/g de solo, até a camada de 10-25 cm, ocorre uma estabilização, com ligeiro decréscimo até a camada de 55-70 cm, com 1,48 mg C/g de solo, quando esta se equivale à camada de 70-100 cm de profundidade, decréscimo este significativo.

Convém notar, uma tendência nas camadas de 2,5-5 cm até 10-25 cm para valores obtidos nos perfis de Campo nativo, de teores maiores, em relação aos perfis sob *Pinus elliottii*, e na camada de 25-40 cm, uma leve tendência a ser maior no *Pinus elliottii*.

Quando se compara as curvas obtidas na fração Soda (Figura 13), com as curvas obtidas para o Carbono total (Figura 3), observa-se que as profundidades, de 2,5-5 cm a 10-25 cm, a exemplo da curva do Carbono total, ocorre um aumento nos per-

FIGURA 13. TEORES DE CARBONO NA FRAÇÃO SODA NOS PERFIS SOB CAMPO NATIVO E SOB *Pinus elliottii*

TEORES DE CARBONO (mg C/g solo)



fis sob Campo nativo, em relação aos perfis sob *Pinus elliottii*. O mesmo não ocorrendo com as diferenças na camada de 25-40 cm quando aparentemente, na fração Soda existem valores superiores para o *Pinus elliottii* em relação aos teores de carbono no Campo nativo.

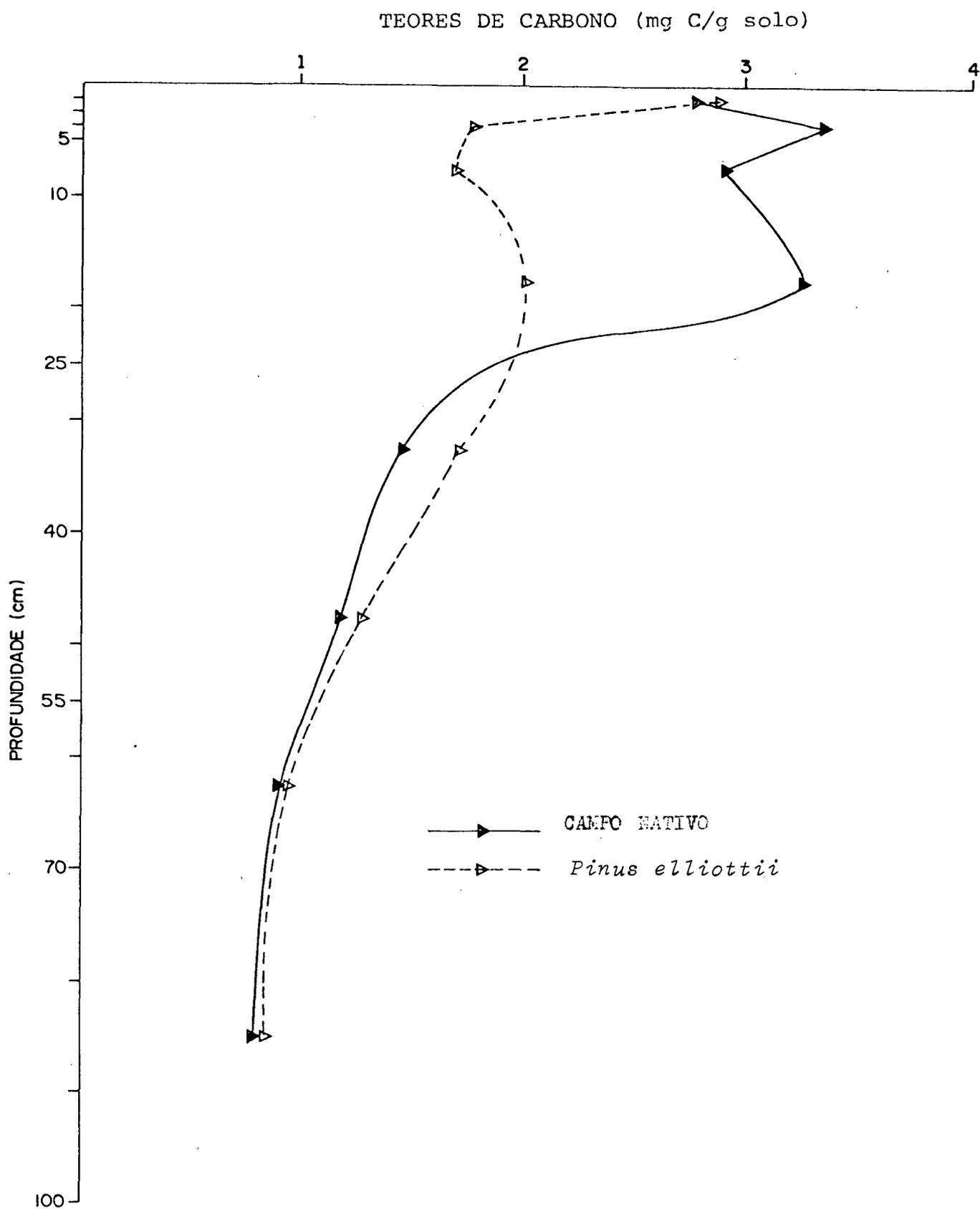
Nas camadas de 40-55 cm e 55-70 cm, também as curvas da fração Soda se assemelham a do Carbono Total sem, no entanto, apresentarem diferenças estatisticamente significativas entre os valores sob Campo nativo e *Pinus elliottii* (Tabela 2J).

Quando se faz a separação dos ácidos Húmicos e Fúlvicos a partir da fração Soda, obtém-se a fração ácidos Fúlvicos ligados a Soda (Figura 14) e ácidos Húmicos ligados a Soda (Figura 15), sendo que a somatória dessas curvas reproduzem as curvas obtidas na fração Soda (Figura 13).

#### 4.3.8 Fração Ácidos Fúlvicos ligados a Soda

Analisando-se a curva referente a fração ácidos Fúlvicos ligados a Soda (Figura 14) para os perfis sob Campo nativo, observa-se que, nas camadas de 0-2,5 cm até 10-25 cm, ocorrem valores estatísticos diferentes, com teores de carbono de 3,08 mg para a primeira profundidade e 3,4 mg C/g de solo para a camada de 10-25 cm de profundidade. A partir dessa camada de 10-25 cm ocorre uma drástica redução dos teores de carbono com relação a profundidade de 25-40 cm, com 1,69 mg, quando então através de um leve decréscimo não significativo, dos teores de carbono nesta fração, estendendo-se até a profundidade de um metro, constante.

FIGURA 14. TEORES DE CARBONO NA FRAÇÃO ÁCIDOS FÚLVICOS LIGADOS A SODA NOS PERFIS SOB CAMPO NATIVO E SOB *Pinus elliottii*



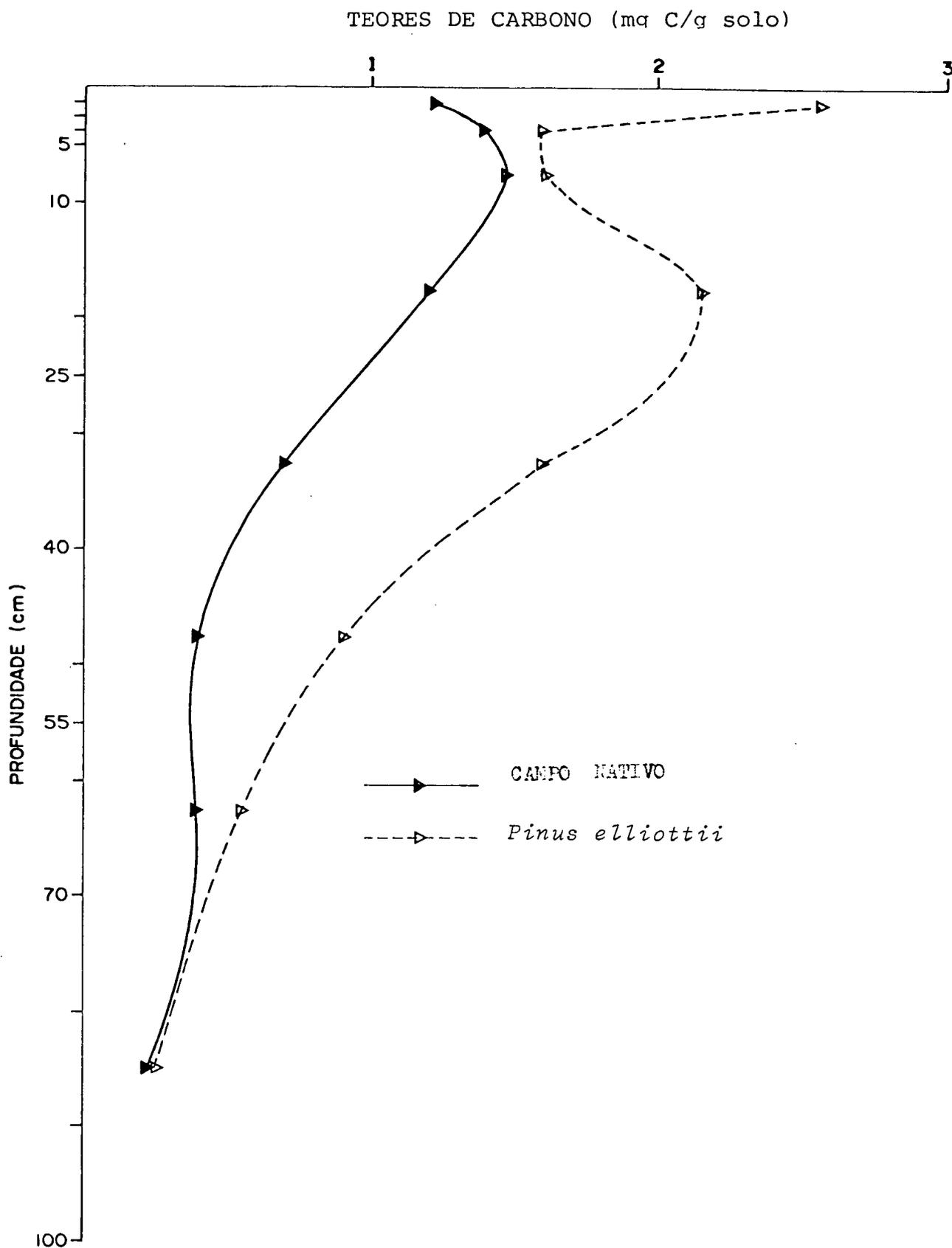
Quando analisamos os dados obtidos para a curva de ácidos Fúlvicos ligados a Soda, sob *Pinus elliottii*, observa-se que diferem acentuadamente, com relação aos dados obtidos para o Campo nativo, ocorrendo mais uma vez, decréscimo dos teores de carbono, da primeira camada de 0-2,5 cm, para a de 2,5-5 cm. Após a camada de 5-10 cm, ocorre um leve acréscimo na camada de 10-25 cm e decréscimo constante a seguir, até atingir valores praticamente idênticos nas duas últimas camadas até 100 cm.

Ao serem comparados os dados para os perfis sob Campo nativo e *Pinus elliottii*, convém notar que, ocorrem diferenças marcantes nas camadas de 2,5-5 cm até 10-25 cm, no sentido de teores mais elevados para o Campo nativo, valores estes, significativos ao teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade (Tabela 22), essa diferença explica essa porção das curvas da fração Soda (Figura 13). Ainda, as diferenças acima observadas nas profundidades de 2,5-5 cm e 10-15 cm contribuem para explicar a curva de Carbono total (figura 2). Ou seja, maior quantidade de ácidos Fúlvicos ligados a soda, nessas profundidades, nos perfis sob Campo nativo em relação dos perfis sob *Pinus elliottii*.

#### 4.3.9 Fração Ácidos Húmicos Ligados a Soda

Na fração Ácidos húmicos Ligados a Soda (Figura 15, nos perfis sob Campo nativo, ocorre novamente, um aumento da primeira camada de 0-2,5 cm para a segunda camada de 2,5-5 cm, com teores de 1,30 mg para 1,41 mg C/g de solo, formando um pico aparente, da terceira camada em diante, os valores diminuem, até atingir a camada de 40-55 cm, com 0,46 mg, quando então, os valores se tornam praticamente constantes.

FIGURA 15. TEORES DE CARBONO NA FRAÇÃO ÁCIDOS HÚMICOS LIGADOS A SODA NOS PERFIS SOB CAMPO NATIVO E SOB *Pinus elliottii*



Os dados obtidos para a curva dos perfis sob *Pinus elliottii*, apresentam valores superiores para a primeira profundidade de 0-2,5 cm, com 2,46 mg, decrescendo nas duas camadas seguintes, para 1,76 mg C/g se dolo. Na profundidade de 10-25 cm, ocorre um aumento, em relação as duas camadas anteriores, formando um pico significativo, quando, dessa em diante, decresce, até a última camada, sendo o decréscimo, entre as profundidades de 40-55 cm até 70-100 cm, significativamente menor que entre as profundidades de 10 a 25 cm e 25 a 40 cm.

Quando se compara as duas curvas, observa-se uma drástica diferença, na camada de 0-2,5 cm, com valores estatisticamente significantes, se igualando a seguir, com diferenças estatisticamente significativas a 5% de probabilidade do Teste de Tukey nas camadas de 10-25 cm e 25-40 cm (Tabela 23).

Interessante notar, que no solo sob *Pinus elliottii*, quando se compara as frações ácidos Fúlvicos ligados a Soda, com ácidos Húmicos ligados a Soda, observa-se que, ocorre predominância, de ácidos Húmicos, de maneira geral, no *Pinus elliottii*, com exceção das camadas de 2,5-5 cm a 5-10 cm e 55-70 cm e 70-100 cm, onde os teores de carbono se aproximam aos do Campo nativo.

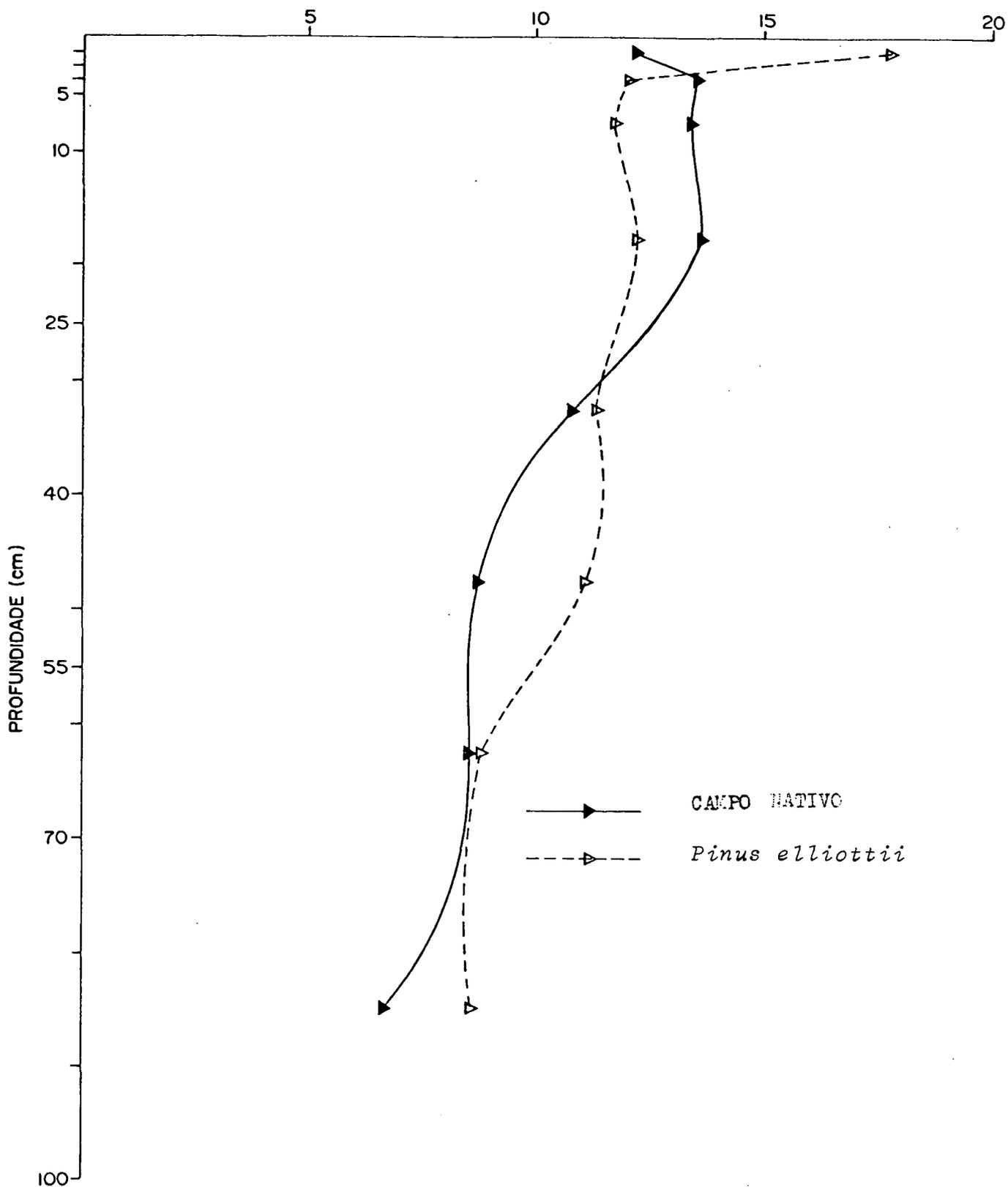
Quando se compara as curvas obtidas para ácidos Húmicos ligados a Soda, com as obtidas para as raízes (Figura 48) menores que 5 mm de diâmetro, observa-se que a curva para o *Pinus elliottii* praticamente se equivalem.

#### 4.3.10 Fração ácidos Fúlvicos Totais

Os teores de carbono na fração ácidos Fúlvicos Totais (Figura 16) são obtidos somando-se os teores de carbono da

FIGURA 16. TEORES DE CARBONO NA FRAÇÃO ÁCIDOS FÚLVICOS TOTAIIS NOS PERFIS SOB CAMPO NATIVO E SOB *Pinus elliotii*

TEORES DE CARBONO (mg C/g solo)



fração ácidos Fúlvicos Livres (Figura 9), ácidos Fúlvicos ligados a Pirofosfato (Figura 11) e ácidos Fúlvicos ligados a Soda (Figura 14).

Quando se analisa a curva dos ácidos Fúlvicos para os perfis sob Campo nativo observa-se que ocorre um aumento, não significativo, da primeira camada para a segunda camada, permanecendo praticamente constantes os teores de carbono até a camada de 10-25 cm. A partir dessa camada, ocorre uma diminuição dos teores de carbono dessa fração até a de 55-70 cm sendo a diferença entre essas profundidades significativas. Na última camada de 70-100 cm observa-se um leve decréscimo nos teores de carbono.

Para a curva dos perfis sob *Pinus elliottii* ocorre um decréscimo acentuado nos teores de carbono da primeira profundidade (0-2,5 cm) para a segunda (2,5-5 cm). A partir dessa profundidade os valores tendem a uma ligeira diminuição até a profundidade de 1 m.

Comparando-se as duas curvas observa-se para os perfis sob *Pinus elliottii* na primeira profundidade teores de carbono mais elevados em relação aos perfis sob Campo nativo, sendo a diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey (Tabela 24). Observa-se ainda que entre as camadas de 2,5-5 cm até 10-25 cm, os teores tendem a ser maiores no Campo nativo em relação ao *Pinus elliottii*, equivalendo-se aos valores na camada de 25-40 cm, quando a seguir a curva se inverte, apresentando visualmente uma diferença positiva para os perfis sob *Pinus elliottii* na profundidade de 40-55 cm. Nas duas últimas camadas até 1 metro os teores de carbono dos perfis sob *Pinus elliottii* praticamente se igualam aos sob Campo nativo.

Sendo a fração ácidos Fúlvicos Totais obtida pela soma-tória das frações ácidos Fúlvicos Livres, ácidos Fúlvicos ligados a Pirofosfatos e ácidos Fúlvicos ligados a Soda, os aumentos observados nas profundidades de 5-10 cm e 10-25 cm para o Campo nativo em relação ao *Pinus elliottii* podem ser explicados pela fração ácidos Fúlvicos ligados a Soda (Figura 14) e ácidos Fúlvicos Livres (Figura 9), onde os teores de carbono são maiores para o Campo nativo, nessas mesmas profundidades. Por sua vez os aumentos observados nas profundidades de 40-55 cm podem ser explicados pela fração ácidos Fúlvicos ligados a Pirofosfato (Figura 11) que se apresentam com teores mais elevados nessas mesmas profundidades.

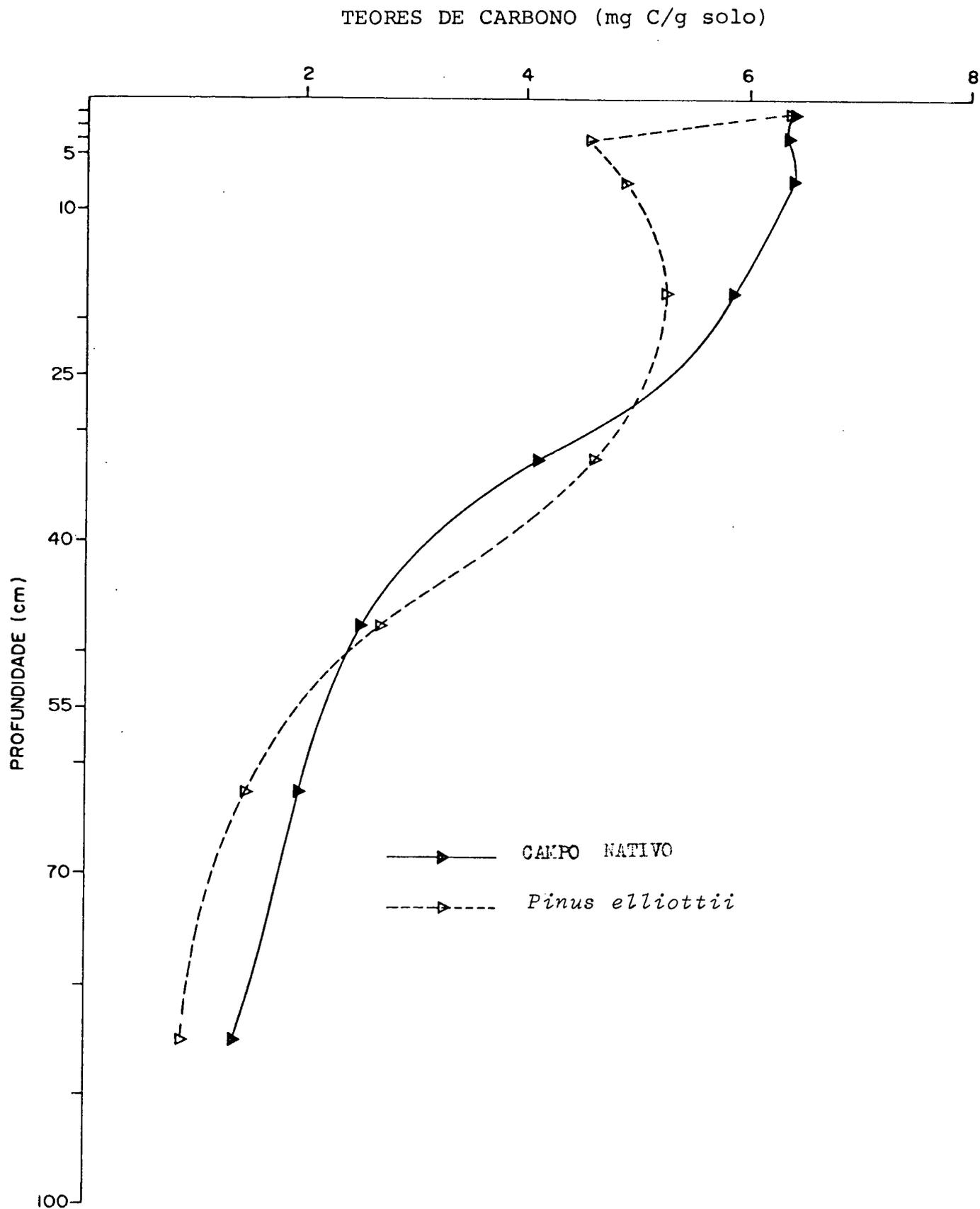
É interessante notar que, os resultados, referentes às curvas das frações ácidos Fúlvicos Totais, a partir da camada de 2,5 a 5 cm estas curvas se assemelham no tocante as inversões às de distribuição do Carbono total do solo em profundidade, sem no entanto explicá-la.

#### 4.3.11 Fração Ácidos Húmicos Totais

Analisando-se as curvas referentes a fração ácidos Húmicos totais (Figura 17) observa-se que os perfis sob Campo nativo apresenta, nas profundidades de 0-2,5 cm a 5-10 cm, valores para os teores de carbono semelhantes, diminuindo, a partir desse ponto gradativamente até a camada de 40-55 cm. A partir da camada de 40-55 cm até a camada de 70-100 cm o decréscimo se torna mais suave.

Para a curva dos perfis sob *Pinus elliottii*, observam-se valores mais elevados, na camada de 0-2,5 cm em relação à camada de 2,5-5 cm. A partir dessa profundidade até a camada de

FIGURA 17. TEORES DE CARBONO NA FRAÇÃO ÁCIDOS HÚMICOS TOTAIS  
NOS PERFIS SOB CAMPO NATIVO E SOB *Pinus elliottii*



10-25 cm ocorre um aumento dos teores de carbono, não significativos, em relação a camada de 2,5-5 cm, diminuindo a seguir, gradativamente até a camada de 70-100 cm.

Comparando-se as duas curvas, verifica-se que na camada de 0-2,5 cm os valores do Campo nativo são semelhantes, e que nas camadas de 2,5-5 cm até 10-25 cm, ocorre uma diferença favorável ao Campo nativo com relação ao *Pinus elliottii*, sendo que tanto na camada de 2,5-5 cm e 5-10 cm obteve-se uma significância ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey (Tabela 25).

A partir da camada de 10-25 cm as curvas dos perfis sob Campo nativo e *Pinus elliottii*, basicamente, são equivalentes.

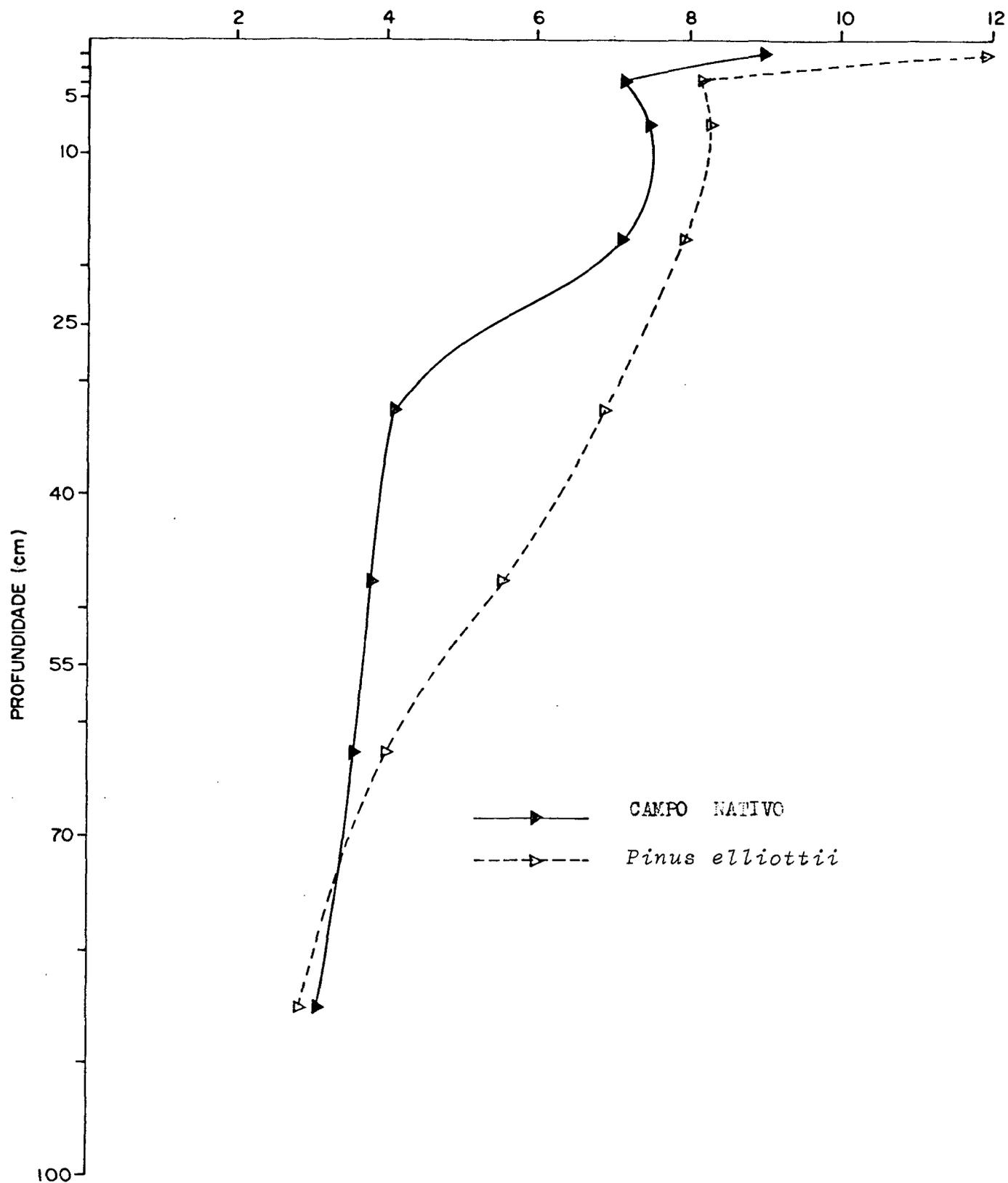
Sendo a fração ácidos Húmicos Totais, obtida através da soma das frações ácidos Húmicos ligados a Pirofosfato (Figura 12) e ácidos Húmicos ligados a Soda (Figura 15), explica-se o aumento verificado nas camadas de 2,5-5 cm até 10-25 cm para o Campo nativo, pela fração ácido Húmicos ligados a Pirofosfato (Figura 12).

#### 4.3.12 Fração Humina

Os teores de carbono obtidos na fração Humina (Figura 18), apresentaram valores superiores, nos perfis sob Campo nativo, a primeira camada, decrescendo até atingir um platô entre as profundidades de 2,5 cm até 25 cm, decrescendo até 55 cm, quando desta em diante, o decréscimo já não é tão pronunciado até a última camada.

Curva semelhante, no entanto com valores superiores, para as camadas de 0-2,5 cm, com 11,44 mg C/g de solo, a 10-25 cm, com 8,67 mg C/g de solo, observadas para a curva sob *Pinus elliottii*,

FIGURA 18. TEORES DE CARBONO NA FRAÇÃO HUMINA NOS PERFIS SOB  
CAMPO NATIVO E SOB *Pinus elliottii*  
TEORES DE CARBONO (mg C/g solo)



com um decréscimo gradativo, até a última camada, para 3,18 mg C/g de solo.

Apesar da curva relativa aos perfis sob *Pinus elliottii* mostrar valores superiores nas camadas de 25-40 cm e 40-55 cm em relação aos perfis sob Campo nativo somente se encontra diferença significativa a 5% de probabilidade do teste de Tukey na profundidade de 25-40 cm (Tabela 26).

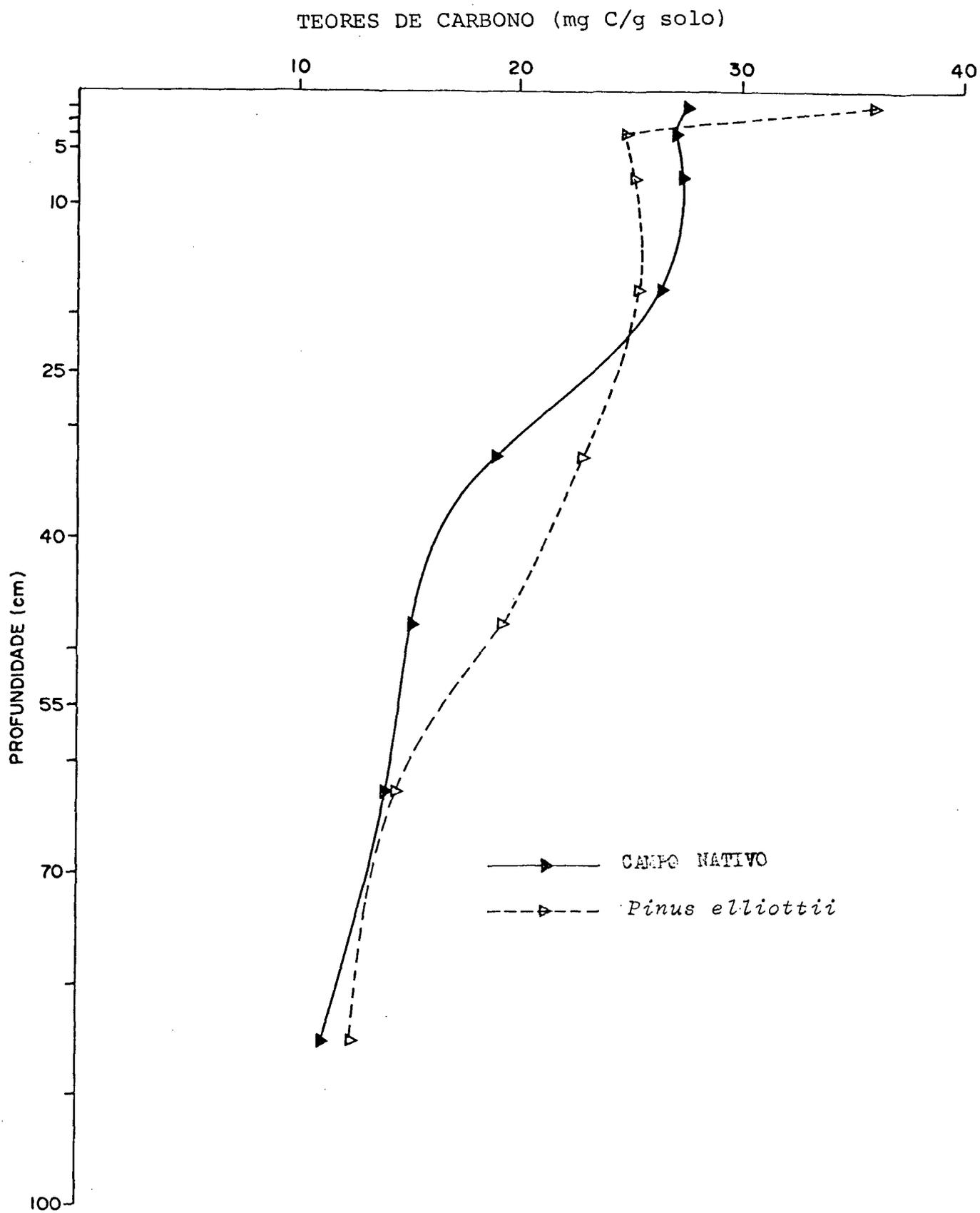
Quando se compara a fração Humina com as já observadas, e com o Carbono total do solo, observa-se que, provavelmente, as diferenças obtidas entre os perfis de Campo nativo e *Pinus elliottii*, na curva do Carbono total do solo, nas profundidades de 25-40 cm e 40-55 cm, podem ser explicadas pelas diferenças da fração Humina, somadas com as diferenças dos ácidos Fúlvicos ligados a Soda e ácidos Fúlvicos ligados a Pirofosfato. Por sua, as diferenças da camada de 2,5-5 cm a 10-25 cm, são explicadas pela fração ácidos Húmicos ligados a Soda e ácidos Húmicos ligados a Pirofosfato.

#### 4.3.13 Fração Substâncias Húmicas Totais

A fração substâncias Húmicas Totais (Figura 19) é reproduzida pela soma dos teores das frações ácidos Fúlvicos Totais (Figura 16), ácidos Húmicos Totais (Figura 17) e Humina (Figura 18).

A curva referente aos teores de Carbono na fração Substâncias Húmicas Totais, para os perfis sob Campo nativo apresenta teores semelhantes nas camadas de 0-2,5 até 5-10 cm, diminuindo levemente na camada de 10-25 cm onde estão o decréscimo se torna mais acentuado até a camada de 40-55 cm permanecendo praticamente constante até a camada de 70-100 cm.

FIGURA 19. TEORES DE CARBONO NA FRAÇÃO SUBSTÂNCIAS HÚMICAS  
TOTAIS NOS PERFIS SOB CAMPO NATIVO E SOB *Pinus  
elliottii*



Contrastando, a curva sob *Pinus elliottii* apresenta teores de carbono mais elevados na camada de 0-2,5 cm em relação à camada de 2,5-5 cm. Nas camadas seguintes até 10-25 cm os teores aumentam levemente, diminuindo gradativamente até a camada de 70-100 cm.

Comparando-se as duas curvas observa-se uma diferença significativa a 5% de probabilidade (Tabela 27), na camada de 0-25 cm, entre o Campo nativo e o *Pinus elliottii*.

Nas camadas de 2,5-5 cm a 10-25 cm ocorre uma diferença, apesar de não significativa estatisticamente, favorável ao campo nativo, diferença essa que se observa também, nas frações ácidos Fúlvicos totais (Figura 16) e ácidos Húmicos totais (Figura 16) nas mesmas profundidades, e, a diferença observada nas camadas de 25-40 cm e 40-55 cm, não significativa estatisticamente pelo teste de Tukey, também é observada nas mesmas camadas, nas frações ácidos Fúlvicos Totais (Figura 16) e na fração Humina (Figura 17).

Como seria de se esperar, as curvas referentes às substâncias húmicas totais praticamente reproduzem as relativas aos teores de Carbono total do solo (Figura 3). Uma vez que as substâncias húmicas totais representam a maior parte da matéria orgânica do solo, variando em nossas condições, entre 95 a 99% do Carbono total do solo das diferentes camadas, situando-se portanto perto dos limites superiores dos teores citados por KONONOVA<sup>40</sup>.

#### 4.4 CARACTERÍSTICAS DAS SUBSTÂNCIAS HÚMICAS NOS PERFIS SOB CAMPO NATIVO E *Pinus elliottii*

A caracterização das substâncias húmicas do solo dos perfis avaliados, é efetuada através da análise das curvas das

porcentagens relativas, de cada fração, obtida durante o fracionamento da matéria orgânica do solo. Essa análise é realizada de duas maneiras: das frações, individualmente, quando se obtém valores específicos para explicações de variações relativas da matéria orgânica do solo, e, comparativamente, através da visualização de todas as frações obtidas para cada camada. Os resultados obtidos são mostrados a seguir.

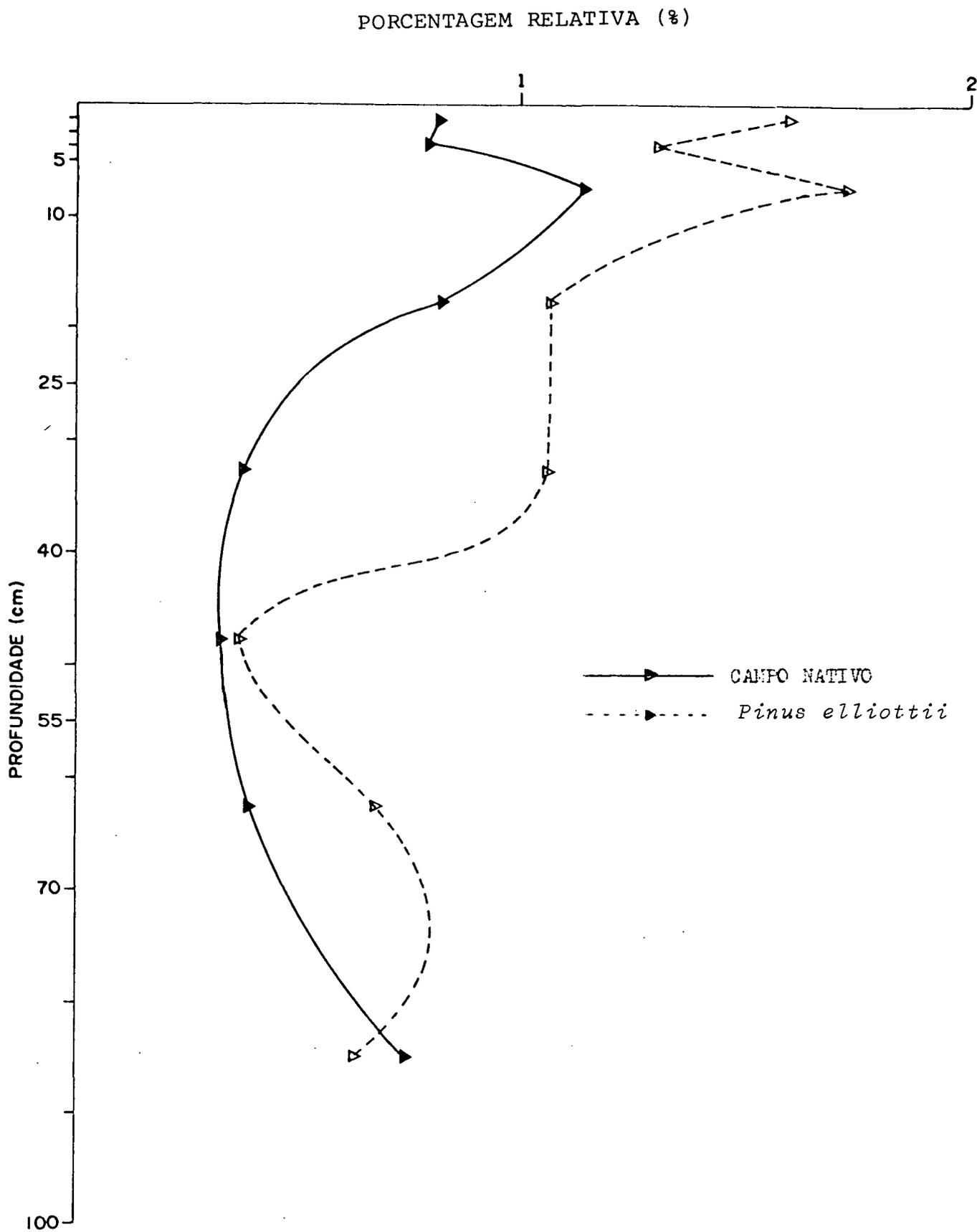
#### 4.4.1 Variação Relativa dos Teores de Carbono das Diferentes Frações dos Perfis sob Campo Nativo e *Pinus elliottii*

A variação relativa dos teores de Carbono das diferentes frações são analisadas através da determinação dos valores percentuais, em relação ao Carbono Total do solo, correspondentes aos teores de Carbono da fração em questão. Esses dados são, a seguir, colocados em gráficos onde são considerados como variáveis as porcentagens relativas e as profundidades.

##### 4.4.1.1 Teores Relativos da Fração Matéria Orgânica Leve -

As curvas referentes a distribuição de carbono da fração Matéria Orgânica Leve (Figura 20) considerando os teores relativos apresentou as seguintes características para o Campo nativo: as duas primeiras profundidades obtiveram teores relativos praticamente iguais, 0,83% para a profundidade de 0-2,5 cm e 0,80 para a profundidade de 2,5-5 cm, na camada seguinte, ocorre um aumento para 1,19% formando um pico nessa profundidade, decrescendo acentuadamente até a camada de 25-40 cm permanecendo praticamente constante até 70 cm. Na última camada ocorre novamente um aumento dos teores relativos para 0,71%.

FIGURA 20. TEORES RELATIVOS NA FRAÇÃO MATÉRIA ORGÂNICA LEVE  
NOS PERFIS SOB CAMPO NATIVO E SOB *Pinus elliottii*



A curva referente aos teores relativos para os perfis sob *Pinus elliottii* demonstra teores relativos, maiores na primeira profundidade com 1,54%, em relação à camada seguinte de 2,5-5 cm com 1,40%.

Na profundidade de 5-10 cm ocorre um acréscimo acentuado, onde a seguir os teores relativos diminuem significativamente até a profundidades de 10-25 cm, permanecendo constantes na camada seguinte. Na camada de 40-55 cm ocorre um decréscimo acentuado em relação à camada anterior, decréscimo este significativo, aumentando até a profundidade de 1 metro.

Comparando-se as duas curvas observa-se que em todo o perfil sob *Pinus elliottii*, os teores relativos foram maiores, em relação ao perfil sob Campo nativo. Sendo que, as diferenças, positivas para o *Pinus elliottii*, obtiveram significância estatística ao nível de 5% do teste de Tukey (Tabela 28) nas profundidades de 0-2,5 cm, 2,5-5 cm e 5-10 cm, e na camada de 25-40 cm, nas demais profundidades não se obteve diferenças estatísticas significativas.

Convém notar que, considerando o parâmetro matéria orgânica leve (Figura 20), evidencia marcadas diferenças, relativas à participação dessa na matéria orgânica total dos perfis. Essas diferenças estão relacionadas principalmente, com os diferentes sistemas radiculares, uma vez, desses serem os principais contribuintes para a fração matéria orgânica leve (ROVIRA<sup>60</sup>). Apesar de ocorrerem diferenças entre as curvas dos teores de carbono das frações matéria orgânica leve (Figura 7) e as relativas a biomassa radicular (Figuras 47 e 48).

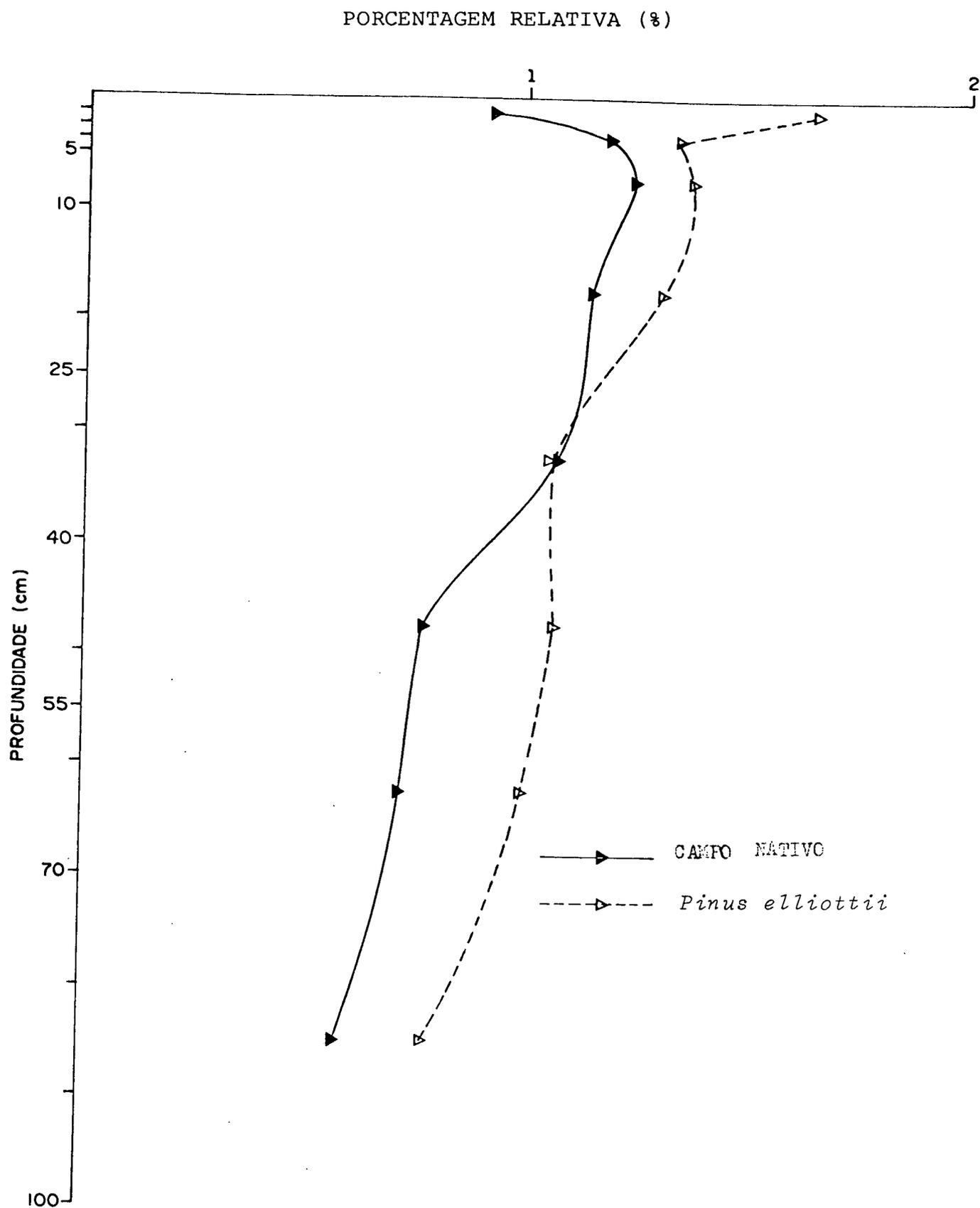
4.4.1.2 Teores relativos da Fração Hidrossolúveis - A fração Hidrossolúveis (Figura 21) apresenta para os perfis sob Campo nativos, um acréscimo, em termos relativos, da primeira camada para a segunda, permanecendo praticamente sem alterações até a camada de 25-40 cm, a partir daí, diminuem lentamente na camada de 40-55 cm, onde se estabilizam até a profundidade de 1 metro. Essas diferenças observadas não foram significativas.

Na curva, dos perfis sob *Pinus elliottii*, na camada de 0-2,5 cm, observa-se teores relativos maiores que a camada de 2,5-5 cm, onde a seguir os teores relativos permanecem praticamente iguais até a profundidade de 10-25 cm, diminuindo na camada de 25-40 cm até a camada de 70-100 cm.

Comparando-se as duas curvas, sob Campo nativo e sob *Pinus elliottii* observa-se que ocorre diferença significativa ao nível de 5% do testes de Tukey, somente na camada de 0-2,5 cm (Tabela 29). Observa-se ainda que, os teores relativos dessa fração tendem a ser superiores nos perfis sob *Pinus elliottii*, apesar de não significativos estatisticamente.

É interessante notar, para os Teores de Carbono relativo para os perfis sob *Pinus elliottii* e Campo nativo, somente são encontrados valores estatisticamente significativos na primeira camada (0-2,5 cm), considerando a grande quantidade de matéria orgânica na manta de acículas, pode ter ocorrido influência dos pluviolixiviados nessa primeira camada. Os dados indicam que, se esse efeito realmente ocorre, não representa grandes contribuições no tocante a matéria orgânica do solo nas camadas subsequentes.

FIGURA 21. TEORES RELATIVOS NA FRAÇÃO HIDROSSOLÚVEIS NOS PERFIS SOB CAMPO NATIVO E SOB *Pinus elliottii*



4.4.1.3 Teores relativos da fração Ácidos Fúlvicos Livres - Os teores relativos na fração ácidos Fúlvicos Livres (Figura 22) apresentam os seguintes resultados: para a curva dos perfis sob Campo nativo, são observados acréscimos desde 0-2,5 cm até 70-100 cm de profundidade.

Os teores relativos nos perfis sob *Pinus elliottii* apresentam comportamento semelhante à curva obtida nos perfis sob campo nativo, com valores inferiores em todas as profundidades. Embora essas diferenças possam indicar tendências para maiores valores nos perfis sob Campo nativo, somente nas profundidades de 25-40 cm, 40-55 cm e 70-100 cm estas foram significativas pelo teste de Tukey (Tabela 30).

É interessante notar, mais uma vez que, os ácidos Fúlvicos Livres são mais abundantes nos perfis sob Campo nativo quando comparados com os sob *Pinus elliottii*, sendo inclusive, a tal nível de influências, estatisticamente, a composição relativa da matéria orgânica nos perfis sob Campo nativo.

Considerando que o florestamento com *Pinus elliottii* foi implantado sob o campo nativo, os atuais dados indicam um decréscimo dos teores dos ácidos Fúlvicos Livres quando do florestamento com a referida espécie. Pode-se inferir que esses ácidos Fúlvicos possam ter sido transformados em outras frações ou até mesmo aumentado nos perfis sob Campo nativo, essa última possibilidade nos parece bastante improvável.

4.4.1.4 Teores Relativos da Fração Pirofosfato - A fração Pirofosfato (Figura 23) no Campo nativo apresenta um aumento dos teores relativos da primeira camada de 0-2,5 cm para a segunda de 2,5-5 cm. Os teores relativos aumentam levemente na camada

FIGURA 22. TEORES RELATIVOS NA FRAÇÃO ÁCIDOS FÚLVICOS LIVRES  
NOS PERFIS SOB CAMPO NATIVO E SOB *Pinus elliottii*

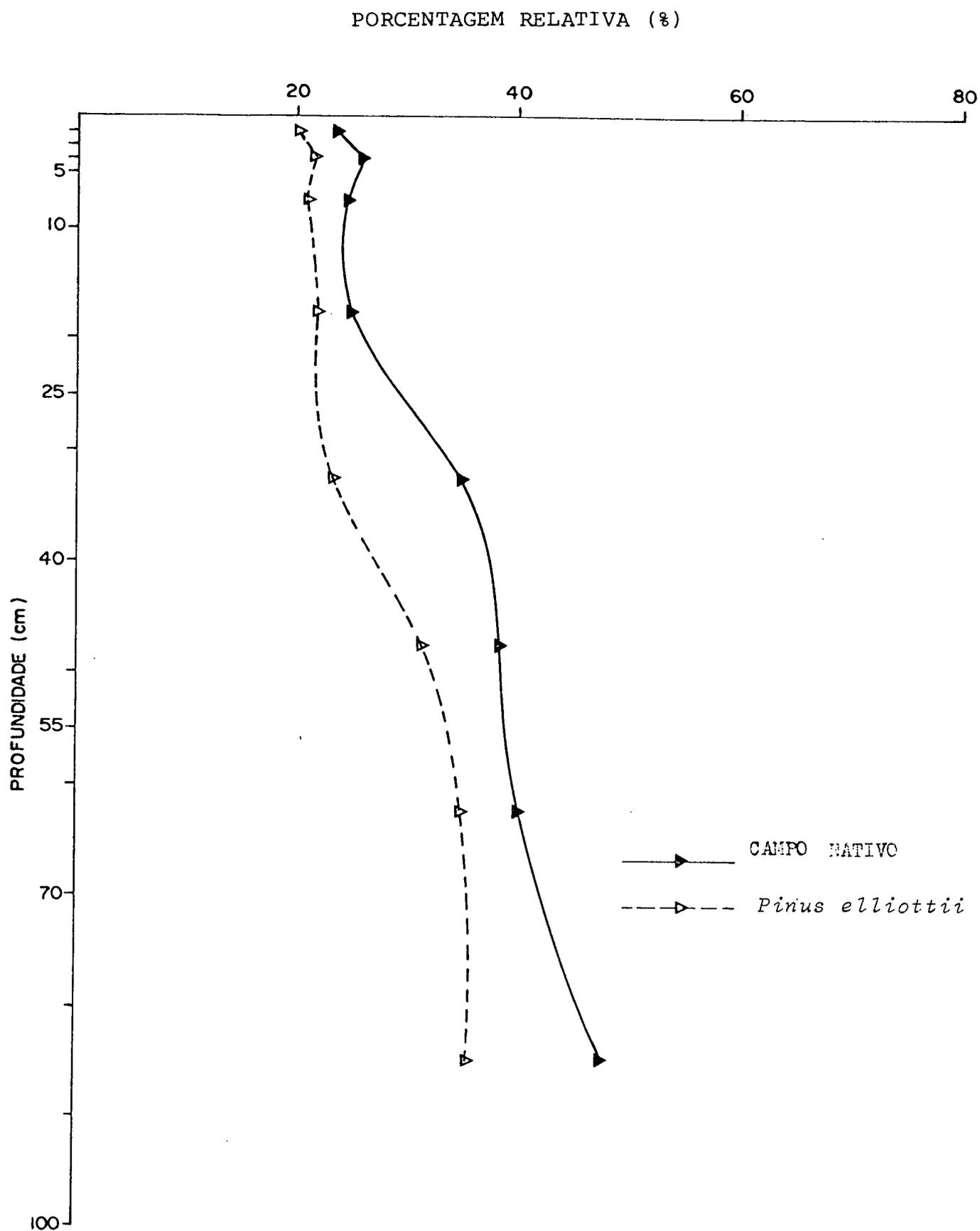
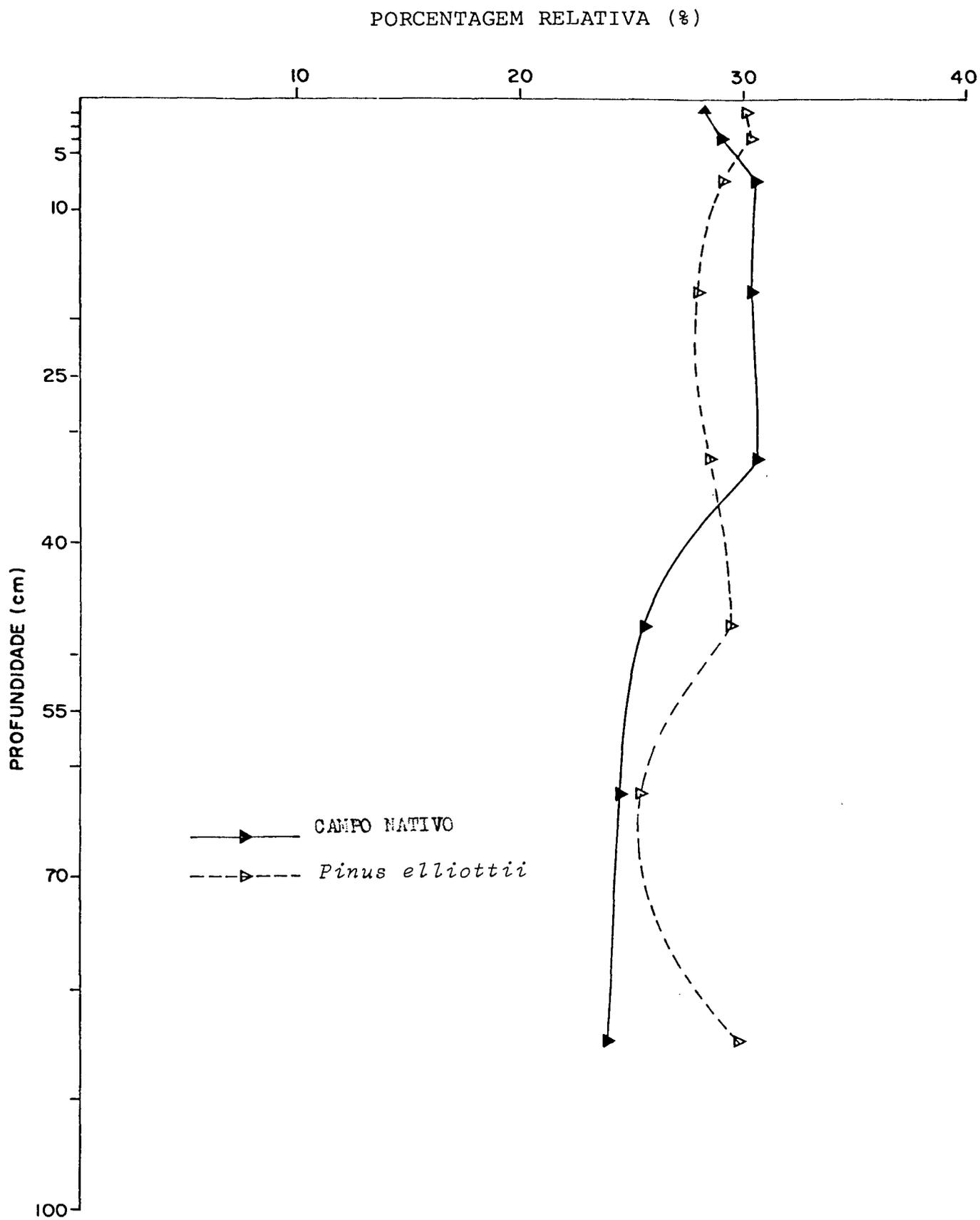


FIGURA 23. TEORES RELATIVOS NA FRAÇÃO PIROFOSFATO NOS PERFIS SOB CAMPO NATIVO E SOB *Pinus elliottii*



seguinte, de 5-10 cm, permanecendo constante até a camada de 25-40 cm, quando então na camada de 40-55 cm ocorre uma diminuição, apesar de não significativa, nos teores relativos dessa fração, permanecendo, sem alterações até a profundidade de 1 metro.

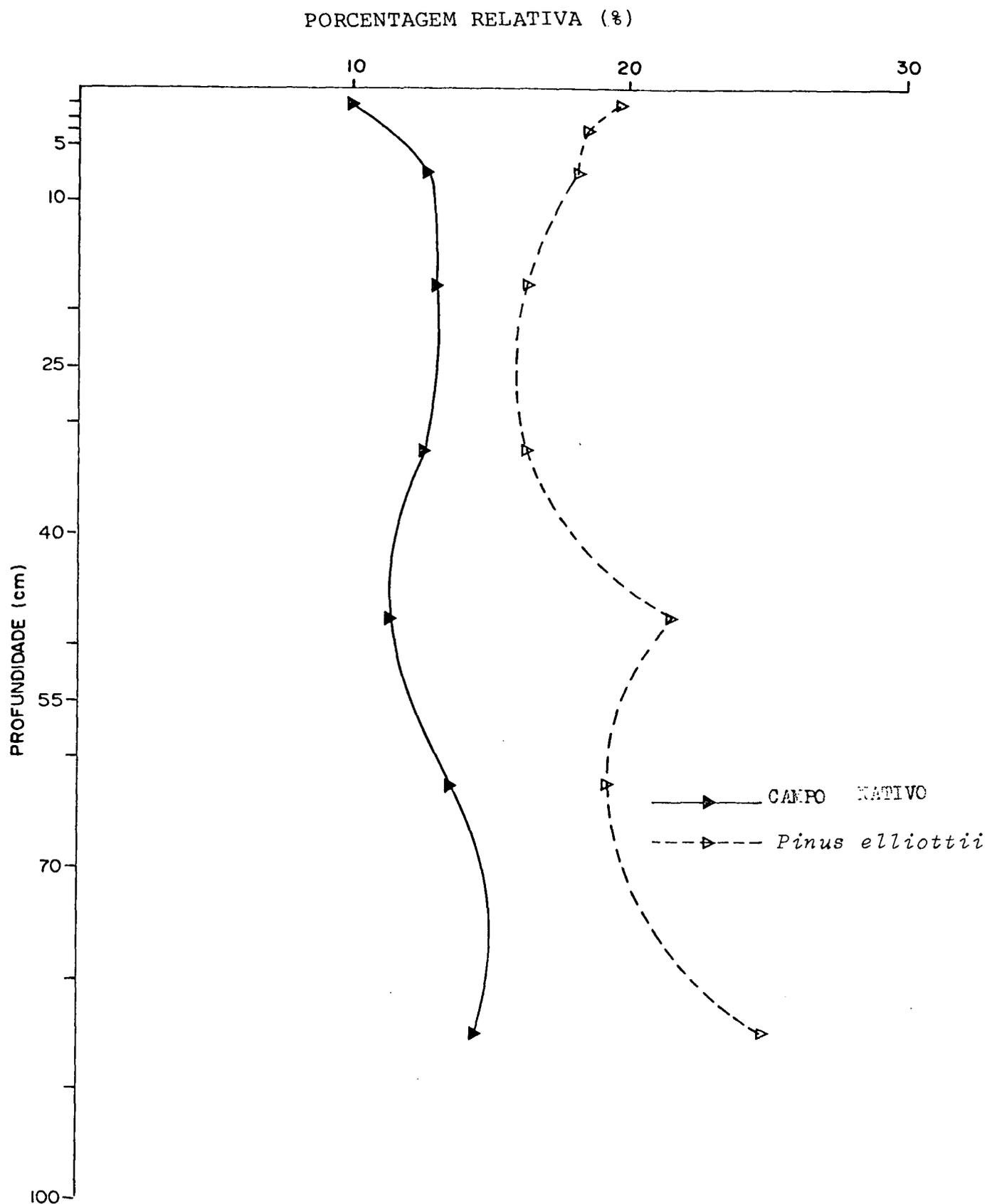
A curva para os perfis sob *Pinus elliottii* nas duas primeiras camadas apresentaram teores relativos, semelhantes, diminuindo levemente até a profundidade de 10-25 cm. Da camada de 25-40 cm a 40-55 cm observa-se um pequeno incremento não significativo em relação as camadas anteriores nos teores relativos, diminuindo a seguir na camada de 55-70 cm, aumentando novamente na última profundidade.

Comparando-se as duas curvas, observa-se que na primeira camada os teores são maiores para os perfis sob *Pinus elliottii* em termos relativos (Tabela 31).

Entre as camadas de 5-10 cm e 25-40 cm os perfis sob Campo nativo, apresentam teores relativos na fração Pirofosfato, mais elevados que no *Pinus elliottii* e que, a partir da camada de 25-40 cm, as curvas se invertem, apresentando maiores teores relativos no *Pinus elliottii*, com uma diferença estatística entre os dois tratamentos ao nível de 5% do teste de Tukey, nas camadas de 40-55 cm e 70-100 cm de profundidade.

4.4.1.5 Teores Relativos da fração Ácidos Fúlvicos ligados a Pirofosfato - Quando se analisa a curva dos perfis sob Campo nativo da fração ácidos Fúlvicos ligados a Pirofosfato (Figura 24) observa-se que da primeira camada para a segunda camada, ocorre um aumento, não significativo, permanecendo sem alterações significativas ao longo do perfil, apenas aumentando continuamente até a última camada.

FIGURA 24. TEORES RELATIVOS NA FRAÇÃO ÁCIDOS FÚLVICOS LIGADOS A PIROFOSFATO NOS PERFIS SOB CAMPO NATIVO E SOB *Pinus elliottii*



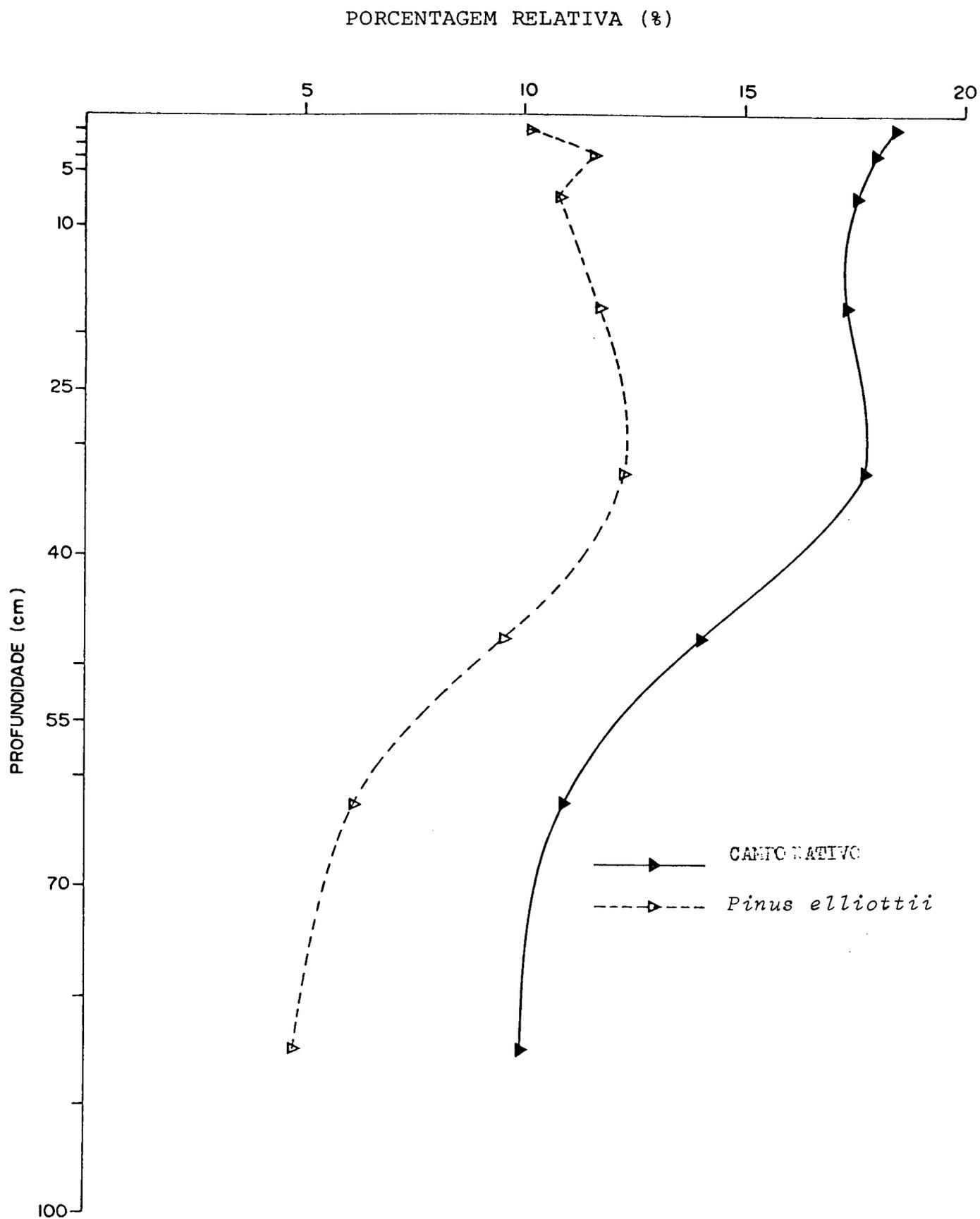
Na curva dos perfis sob *Pinus elliottii*, ocorre uma leve diminuição dos teores relativos da primeira para a segunda e terceira camada, sendo que a partir da profundidade de 5-10cm a diminuição se torna mais acentuada, apesar de não significativa, aumentando a seguir, na camada seguinte, diminuindo na profundidade de 55-70 cm e novamente aumentando até a profundidade de 1 metro.

Comparando-se as duas curvas, observa-se que ocorre maiores valores para os teores relativos nos perfis sob *Pinus elliottii* principalmente da primeira profundidade até a camada de 10-25 cm onde obteve-se uma diferença estatística (Tabela 32) a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. Na camada a seguir de 25-40 cm, apesar de não ocorrer diferença estatística, observa-se teores relativos também maiores para os perfis sob *Pinus elliottii*, ocorrendo nas camadas seguintes, novamente diferença estatística entre o Campo nativo e o *Pinus elliottii*.

É importante salientar as diferenças relativas a aumentos nos teores relativos, nos perfis sob *Pinus elliottii*, em todas as profundidades, o oposto do que ocorre com os ácidos fúlvicos livres. Os dados indicam um aumento dos ácidos Fúlvicos ligados a Pirofosfato nos perfis sob *Pinus elliottii*.

4.4.1.6 Teores Relativos da Fração Ácidos Húmicos Ligados a Pirofosfato - Para as curvas referentes aos teores relativos da fração ácidos Húmicos ligados a Pirofosfato (Figura 25) observa-se que, para os perfis sob Campo nativo ocorre uma leve diminuição da camada de 0-2,5 cm até 10-25 cm, aumentando levemente na camada de 25-40 cm, onde estão os teores relativos diminuem acentuadamente, até a camada de 55-70 cm estabelecendo-se na última profundidade.

FIGURA 25. TEORES RELATIVOS NA FRAÇÃO ÁCIDOS HÚMICOS LIGADOS A PIROFOSFATO NOS PERFIS SOB CAMPO NATIVO E SOB *Pinus elliottii*



Na curva sob *Pinus elliottii*, ocorre um aumento não significativo da primeira para a segunda camada, diminuindo levemente na profundidade de 5-10 cm. A partir dessa camada ocorre um pequeno incremento, não significativo até 25-40 cm, onde então os teores relativos diminuem gradativamente até 55-70 cm, estabilizando-se na última camada.

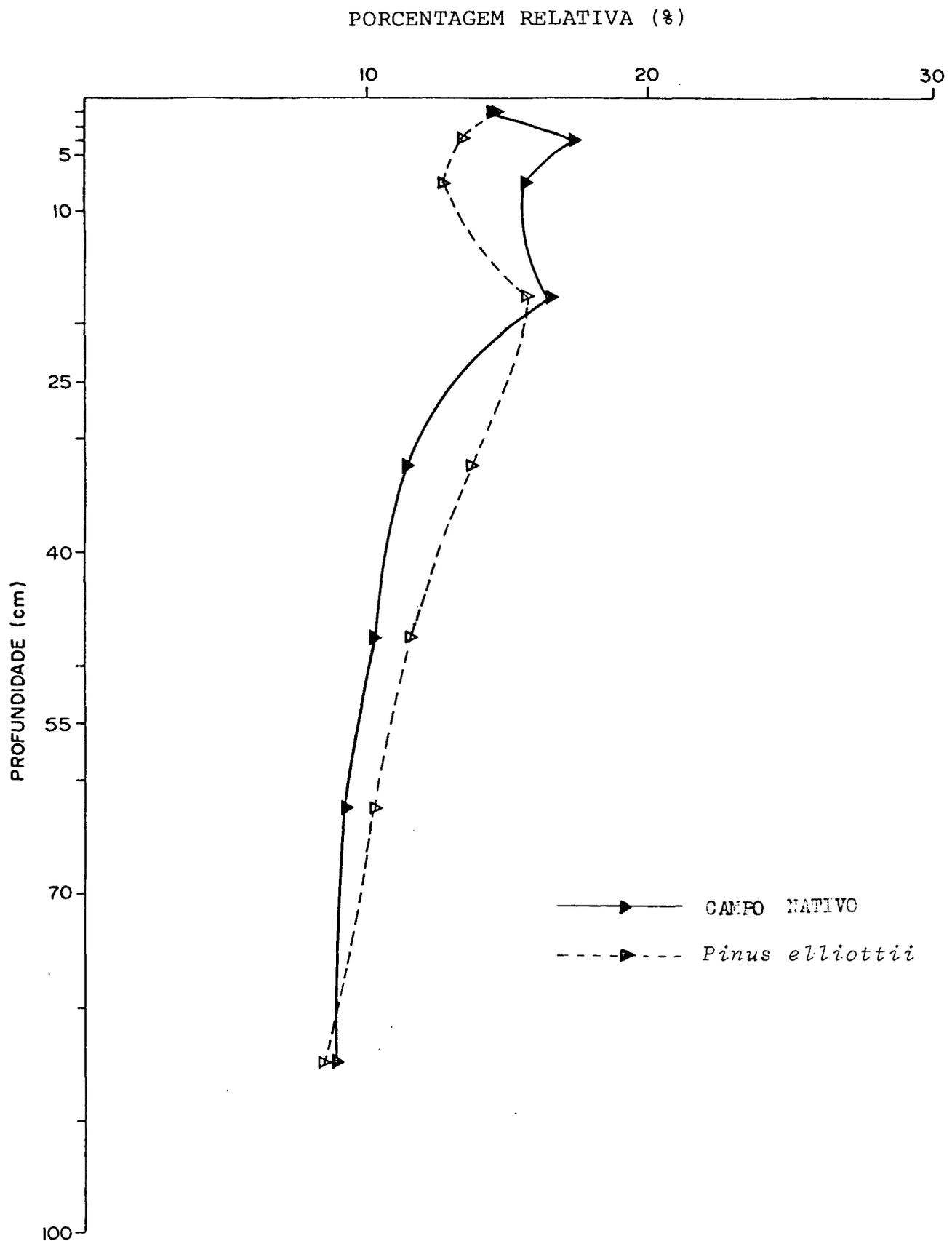
Comparando-se as duas curvas, observa-se que ocorrem valores mais elevados para o Campo nativo em todo o perfil, sendo que, obteve-se diferença estatística (Tabela 33), entre o Campo nativo e o *Pinus elliottii* em todo o perfil, diferença essa, significativa ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

4.4.1.7 Teores Relativos da Fração Soda - Os teores relativos da Fração Soda (Figura 26) no Campo nativo apresentam na primeira profundidade teores relativos com 15,61% aumentando na camada seguinte para 17,40%. Na camada de 5-10 cm ocorre um decréscimo não significativo, sendo que a seguir novamente ocorre um incremento dos teores relativos. A partir dessa camada de 10-25 cm, os teores relativos decrescem mais acentuadamente até 25-40 cm, onde a seguir se mantêm praticamente constantes até a profundidade de 1 metro.

Para a curva dos perfis sob *Pinus elliottii* os teores diminuem levemente da primeira para a segunda camada e terceira camada, onde a seguir, ocorre um aumento dos teores relativos na camada de 10-25 cm. Após essa camada, os teores decrescem lentamente até a profundidade de 1 metro.

Comparando-se as duas curvas, observa-se uma diferença a favor do Campo nativo entre a camada de 2,5-5 cm e 5-10 cm,

FIGURA 26. TEORES RELATIVOS DA FRAÇÃO SODA NOS PERFIS SOB CAMPO NATIVO E SOB *Pinus elliottii*



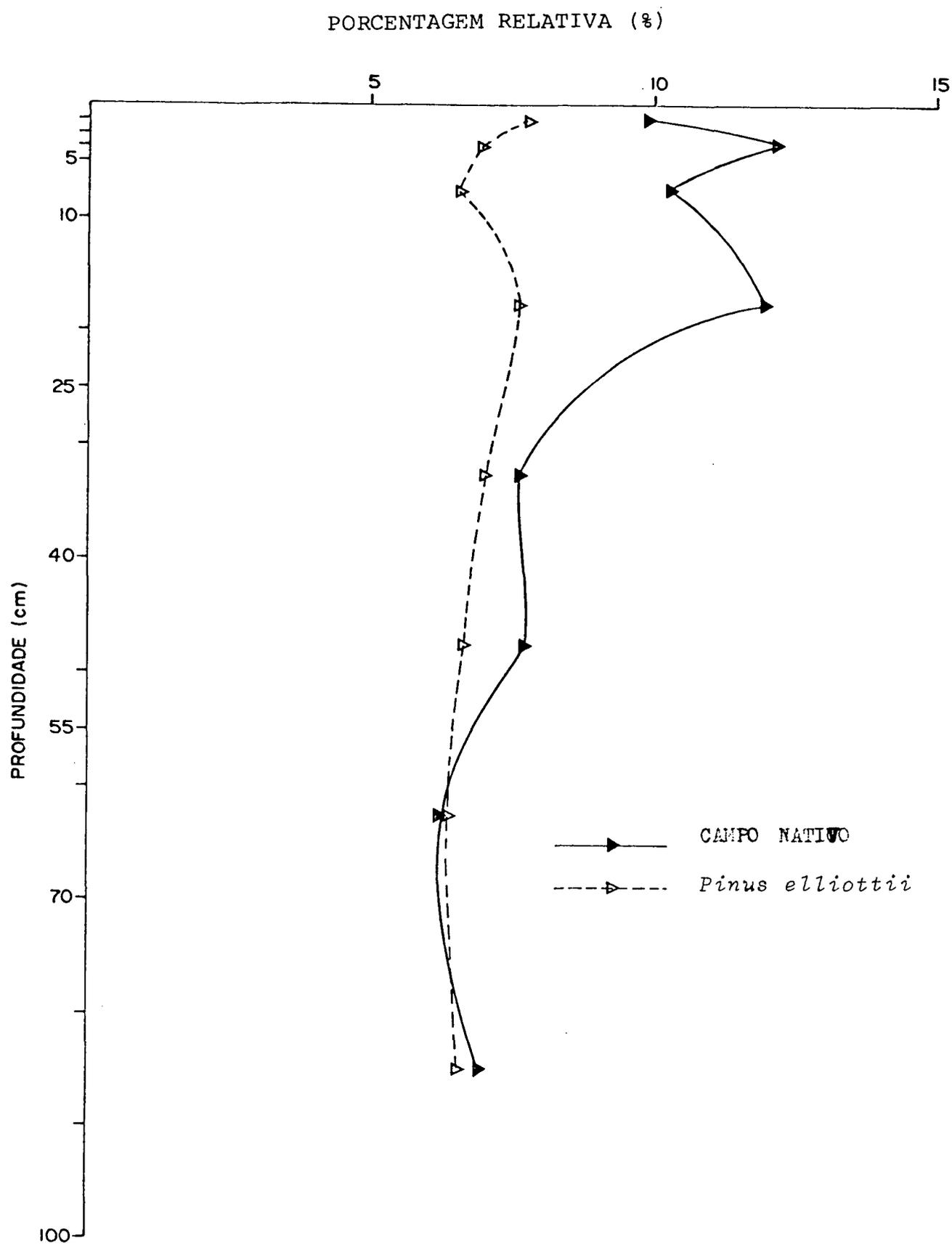
sendo que essa diferença apresentou significância estatística (Tabela 34). Observa-se que na primeira camada de 0-2,5 cm e na camada de 10-25 cm os valores se equivalem, nos dois tratamentos. A partir dessa profundidade os teores apresentam valores relativos, maiores para o *Pinus elliottii*, apesar de não significativo estatisticamente até a profundidade de 1 metro onde novamente os valores se equivalem.

Apesar de aparentemente possam ocorrer diferenças entre as curvas dos perfis sob Campo nativo e *Pinus elliottii*, principalmente nas primeiras profundidades, os resultados podem indicar que a fração Soda nos dois tratamentos foram praticamente idênticas.

4.4.1.8 Teores Relativos da Fração Ácidos Fúlvicos Ligados a Soda - Quando observamos as curvas referentes a fração ácidos Fúlvicos ligados a Soda (Figura 27) para o Campo nativo observamos que esta apresenta um aumento da primeira camada para a segunda em teores relativos, de 10,99 para 12,30, decrescendo novamente na camada de 5-10 cm. Na camada de 10-25 cm ocorre novamente um aumento significativo, formando um pico, sendo que a seguir, observa-se uma diminuição mais acentuada. A partir dessa profundidade os valores praticamente não se alteram, até a camada de 40-55 cm, onde levemente decrescem, permanecendo constante até 1 metro.

Para a curva dos perfis sob *Pinus elliottii*, ocorre uma pequena diminuição da primeira camada, de 0-2,5 cm até a camada de 5-10 cm, onde a seguir, na camada de 10-25 cm, ocorre um acréscimo não significativo, se mantendo, a curva, praticamente constante a partir dessa camada de 1 metro.

FIGURA 27. TEORES RELATIVOS NA FRAÇÃO ÁCIDOS FÚLVICOS LIGADOS A SODA NOS PERFIS SOB CAMPO NATIVO E SOB *Pinus elliottii*



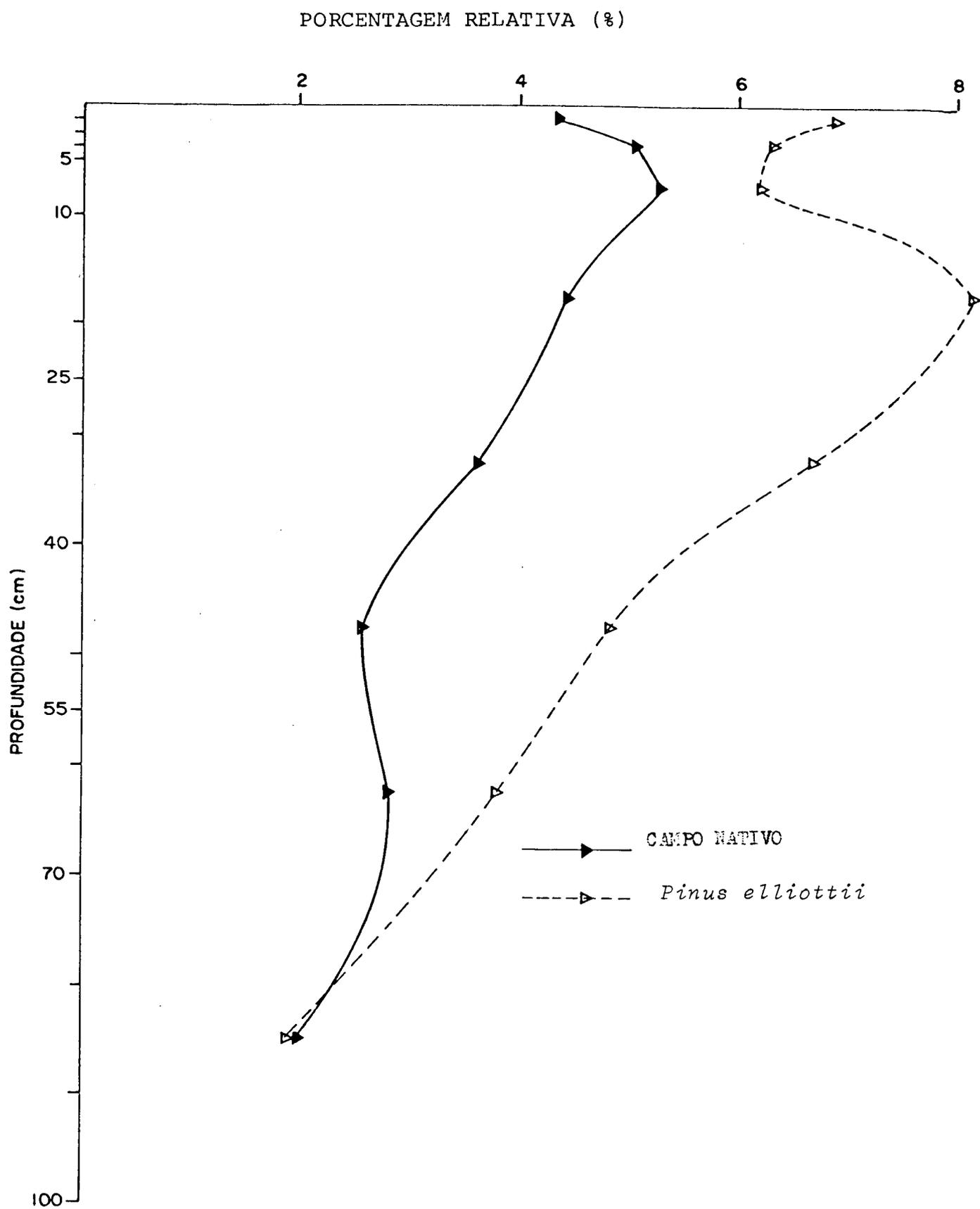
Comparando-se as duas curvas observa-se que os teores relativos da fração ácidos Fúlvicos ligados a Soda apresentam-se maiores para o Campo nativo em relação ao *Pinus elliottii*, principalmente até a camada de 25-40 cm sendo que nas camadas de 0-2,5 cm até 10-25 cm obteve-se uma diferença estatística significativa a 5% de probabilidade (Tabela 35). Nas profundidades seguintes não ocorre diferenças, uma vez que os valores praticamente se equivalem aos do *Pinus elliottii*.

É interessante notar que a fração ácidos Fúlvicos ligados a Soda nos perfis sob *Pinus elliottii*, são praticamente constantes, em relação a matéria orgânica total das diferentes camadas, representando diferenças em relação ao Campo nativo, nas camadas até 10 a 25 cm, esses dados levam a se inferir sobre alterações significativas nessas profundidades causadas pelo florestamento.

4.4.1.9 Teores Relativos da Fração ácidos Húmicos Ligados a Soda - Os teores relativos referentes a fração ácidos Húmicos ligados a Soda (Figura 28) apresentam, para os perfis sob Campo nativo, um aumento, da camada de 0-2,5 cm até 5-10 cm, diminuindo em seguida, gradativamente, até a profundidade de 40-55 cm. A partir dessa camada, ocorre um pequeno aumento, não significativo, até a camada de 55-70 cm onde então novamente, decrescem os valores dos teores relativos, até 1 metro.

Por sua vez quando se analisa a curva sob *Pinus elliottii* observa-se que ocorre um decréscimo não significativo, da primeira camada até a terceira camada de 5-10 cm. A partir dessa, observa-se um aumento acentuado até a profundidade de 10-25 cm, diminuindo novamente, mais acentuadamente até a profundidade de

FIGURA 28. TEORES RELATIVOS NA FRAÇÃO ÁCIDOS HÚMICOS LIGADOS A SODA NOS PERFIS SOB CAMPO NATIVO E SOB *Pinus elliotii*



1 metro, sendo que a diferença entre a camada onde ocorre o acréscimo, e a última camada é significativa numericamente.

Comparando-se as duas curvas, observa-se que os teores relativos obtidos nessa fração, são mais elevados em todo o perfil sob *Pinus elliottii* em relação ao Campo nativo. Sendo que as diferenças obtidas pelo teste de Tukey (Tabela 36), apresentam significância na camada de 0-2,5 cm até 40-55 cm, ao nível de 5% de probabilidade. Nas camadas seguintes os teores relativos se aproximam gradativamente até se equivalerem na última camada.

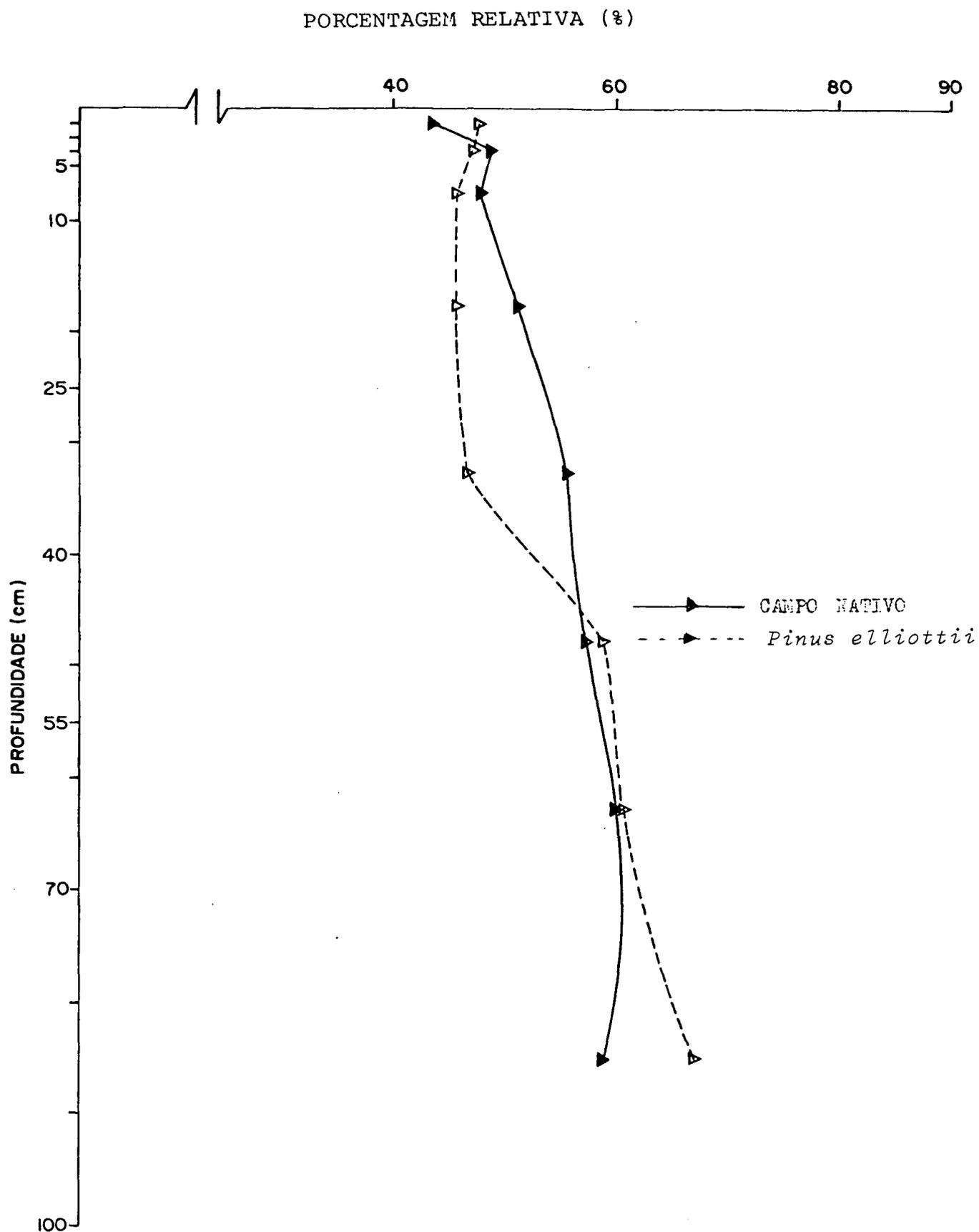
É importante salientar que, essa fração da matéria orgânica do solo, que é considerada das mais aderidas, é mais abundante, em termos relativos, nos perfis de *Pinus elliottii* quando comparado com os sob Campo nativo.

Quando se considera que o Campo nativo representa as condições iniciais antes do florestamento, verifica-se que o *Pinus elliottii* deve ter sido responsável pelo aumento dessa fração no solo.

4.4.1.10 Teores Relativos da Fração ácidos Fúlvicos Totais - A curva referente aos teores relativos da fração ácidos Fúlvicos Totais (Figura 29) nos perfis sob Campo nativo apresentou um leve aumento na primeira camada para a segunda camada permanecendo praticamente constante na camada seguinte de 5-10 cm. A partir dessa, ocorre um leve aumento gradativo até a camada de 55-70 cm, mantendo-o até 1 m de profundidade.

A curva para o *Pinus elliottii* apresentou valores semelhantes nas duas primeiras camadas, diminuindo levemente na camada de 5-10 cm, sendo que estes permaneceram constantes até a

FIGURA 29. TEORES RELATIVOS NA FRAÇÃO ÁCIDOS FÚLVICOS TOTAIS  
NOS PERFIS SOB CAMPO NATIVO E SOB *Pinus elliottii*



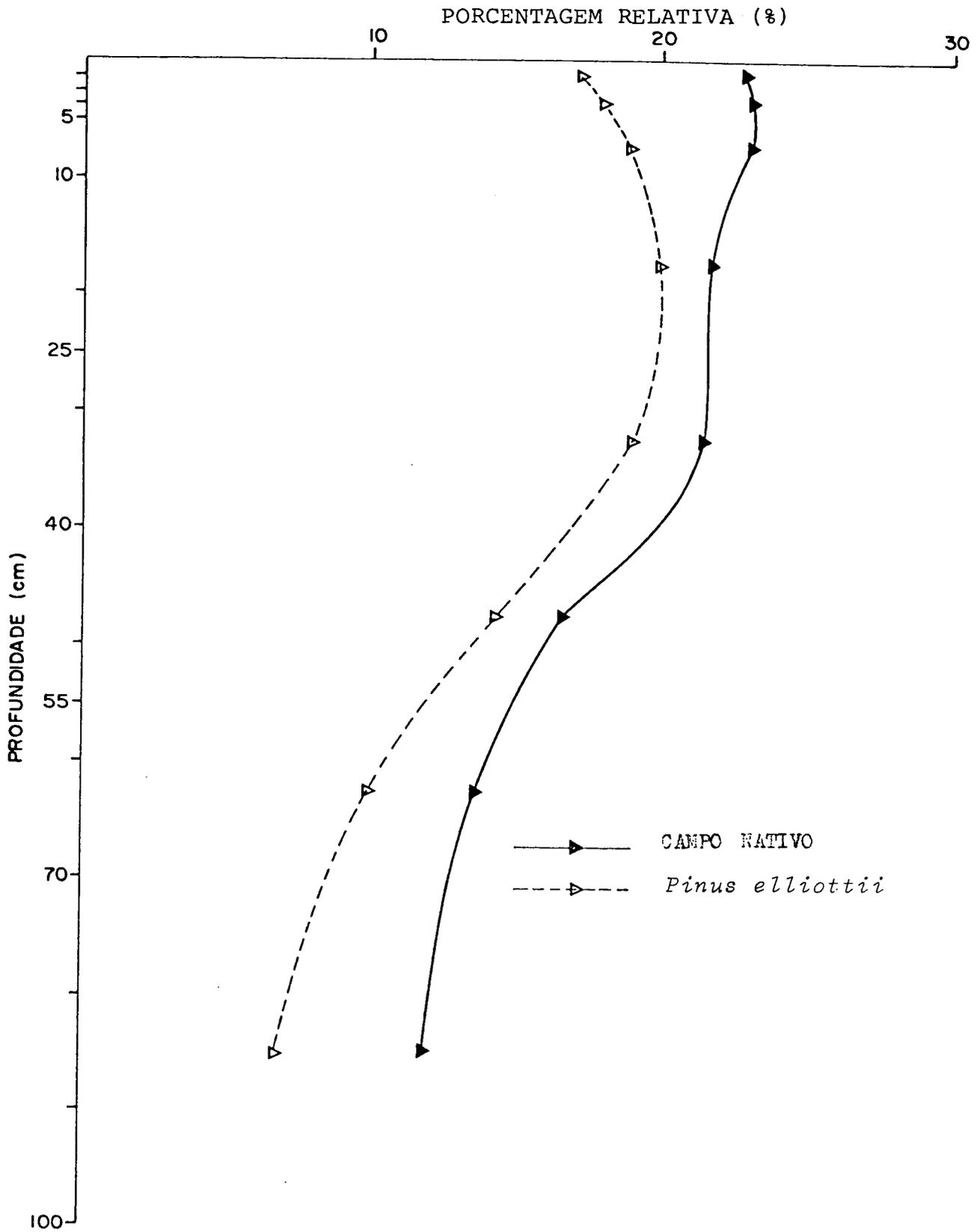
profundidade de 25-40 cm. Após essa camada ocorre um aumento significativo na camada de 40-55 cm, permanecendo sem alteração na profundidade de 55-70 cm, onde novamente ocorre um aumento dos teores. A diferença entre o acréscimo da camada de 25-40 cm e a de 70-100 cm observa-se ser bastante acentuado.

Comparando-se as duas curvas observa-se que nas 3 primeiras camadas os teores relativos praticamente se equivalem nos perfis sob Campo nativo com os sob *Pinus elliottii*. Observa-se, que ocorre valores superiores para o Campo nativo nas profundidades de 10-25 cm e 25-40 cm, apesar de apresentarem diferenças significativas apenas na camada de 25-40 cm e 70-100 cm (Tabela 37). Interessante notar que, a partir da camada de 40-55 cm até 1 metro os teores relativos entre as duas curvas praticamente se igualam.

O aumento observado no Campo nativo nas profundidades de 25-40 cm e 40-55 cm, pode ser explicado pela fração ácidos Fúlvicos Livres (Figura 22) que apresentam teores relativos mais elevados para o Campo nativo nessas profundidades, e somado a uma pequena contribuição da fração ácidos Fúlvicos ligados a Soda (Figura 27).

4.4.1.11 Teores Relativo da Fração Ácidos Húmicos Totais - Os teores relativos obtidos para os perfis sob Campo nativo na fração ácidos Húmicos Totais (Figura 30) apresentaram-se semelhantes desde a camada de 0-2,5 cm até 25-40 cm, onde a partir dessa profundidade os teores relativos decrescem lentamente até a profundidade de 1 metro, não ocorrendo diferenças significativas entre as camadas.

FIGURA 30. TEORES RELATIVAS NA FRAÇÃO ÁCIDOS HÚMICOS TOTAIS  
NOS PERFIS SOB CAMPO NATIVO E SOB *Pinus elliottii*



Por sua vez, a curva para os perfis sob *Pinus elliottii* apresenta um acréscimo gradativo, da primeira camada até 10-25 cm, diminuindo a partir dessa camada até a profundidade de 1 metro.

Comparando-se as duas curvas observa-se que os teores relativos, apresentam-se mais elevados para o Campo nativo, em todo o perfil, em relação ao *Pinus elliottii*, ocorrendo diferença significativa estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade (Tabela 38) até a profundidade de 10 cm, sendo que nas demais profundidades até 70 cm, as diferenças não estatisticamente significativas.

Os teores relativos, mais elevados para o Campo nativo, podem ser explicados, devido a fração ácidos Húmicos ligados a Pirofosfato que se apresentam maiores no Campo nativo.

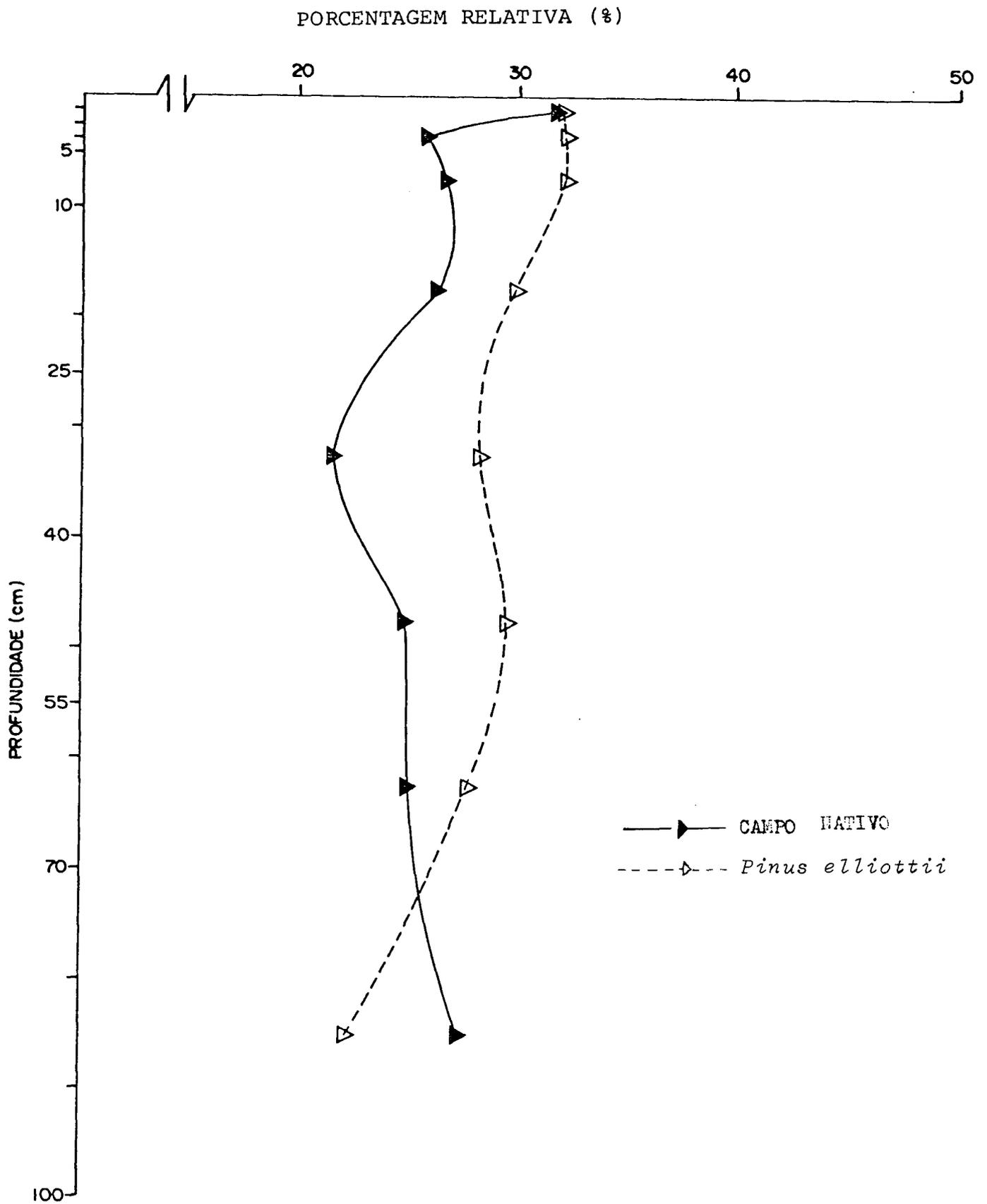
4.4.1.12 Teores Relativos da Fração Humina - Os teores relativos na fração Humina (Figura 31) apresentaram para o Campo nativo na primeira profundidade, valores mais elevados que nas três camadas seguintes onde os teores praticamente se equivalem.

A partir da camada de 10-25 cm ocorre uma diminuição significativa, aumentando na camada seguinte, permanecendo constante na camada de 55-70 cm, onde a partir dessa camada os teores relativos aumentaram levemente na última camada.

A curva dos perfis sob *Pinus elliottii* apresentou teores relativos semelhantes da primeira camada até a profundidade de 5-10 cm, diminuindo levemente até a camada de 25-40 cm, onde houve um pequeno aumento não significativo, na camada seguinte, diminuindo novamente até a camada de 1 metro.

Comparando-se as duas curvas para a fração Humina, dos perfis sob Campo nativo e sob *Pinus elliottii*, observa-se que

FIGURA 31. TEORES RELATIVOS NA FRAÇÃO HUMINA NOS PERFIS SOB CAMPO NATIVO E SOB *Pinus elliottii*



os teores relativos foram mais elevados para os perfis sob *Pinus elliottii* com exceção da primeira camada, onde os valores se equivalem, e na última camada onde os valores se apresentam menores que os sob Campo nativo. Apesar de visualmente, a curva dos perfis sob *Pinus elliottii* apresentar com teores relativos mais elevados em relação ao Campo nativo, não obteve-se significância estatística nas diferenças entre os perfis sob Campo nativo e sob *Pinus elliottii* (Tabela 39).

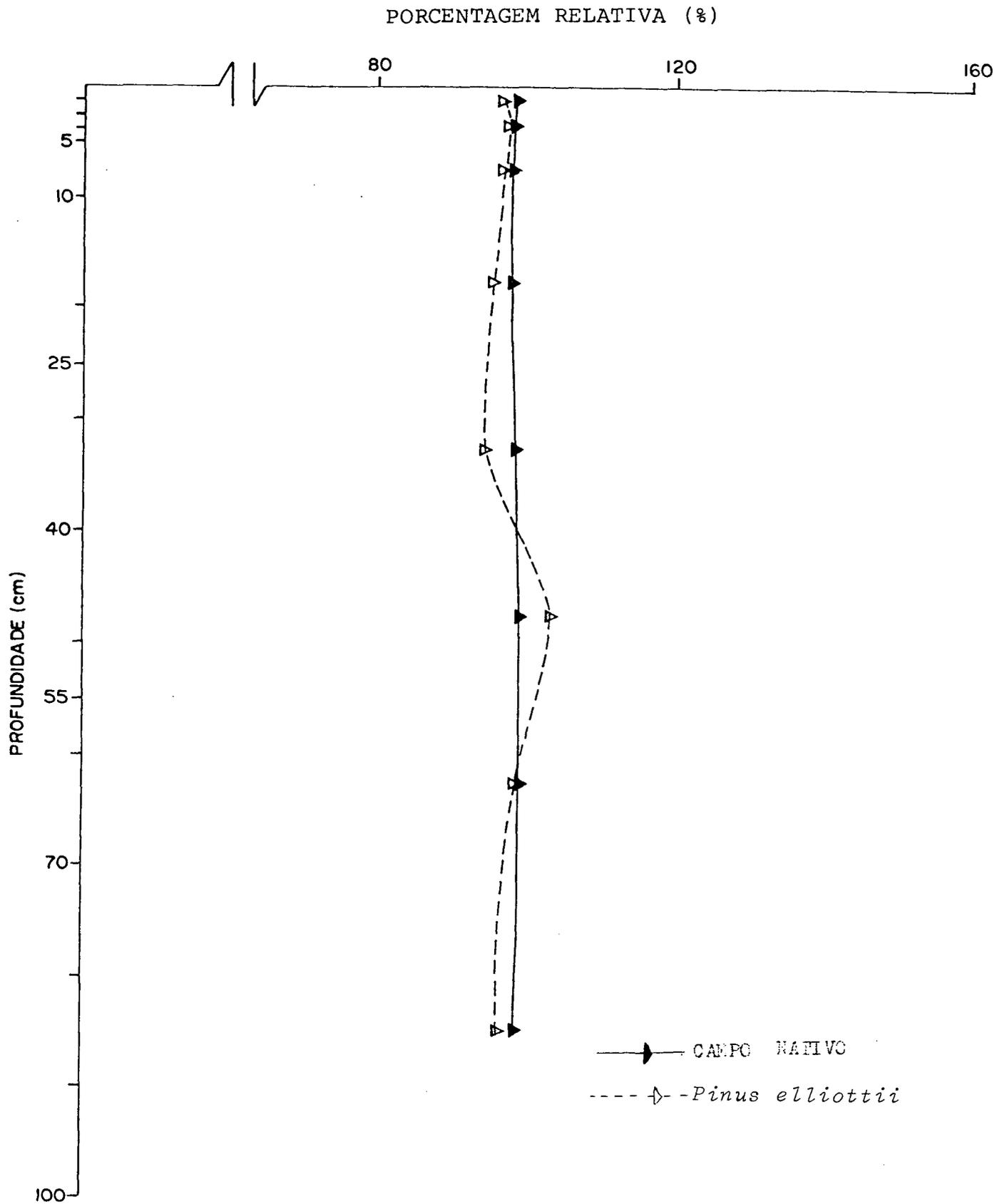
Convém notar que existe uma tendência a teores relativos mais elevados, para a fração Humina, nos perfis sob *Pinus elliottii*, que de certa maneira confirma os valores obtidos para as curvas de Carbono Total dessa fração. Considerando a situação do Campo nativo originários, pode-se afirmar que existe uma tendência a acúmulo da fração humina nos perfis sob *Pinus elliottii*.

4.4.1.13 Teores Relativos da Fração Substâncias Húmicas Totais - A curva referente as substâncias Húmicas Totais (Figura 32) nos perfis sob Campo nativo apresenta teores praticamente constantes da primeira profundidade de 0-2,5 cm até a última camada de 70-100 cm e com teores relativos passando 107,16% na camada de 0-2,5 cm para 120,14% na camada de 70-100 cm.

Para a curva sob *Pinus elliottii* os valores se mantem constantes da primeira profundidade até 25-40 cm, sendo que na camada de 40-55 cm ocorre um pequeno acréscimo não significativo, decrescendo logo em seguida nas duas camadas a seguir de 55-70 cm e 70-100 cm.

As curvas apresentaram diferenças estatísticas apenas nas camadas de 0-2,5 cm, 40-55 cm e 70-100 cm.

FIGURA 32. TEORES RELATIVOS NA FRAÇÃO SUBSTÂNCIAS HÚMICAS  
TOTAIS NOS PERFIS SOB CAMPO NATIVO E SOB *Pinus  
elliottii*



#### 4.4.2 Variação Relativa dos Teores de Carbono das Diferentes Frações nas Diferentes Profundidades

Os valores relativos referentes aos teores de carbono nas diferentes frações da matéria orgânica, foram resumidos para demonstrar a variação relativa nas diferentes camadas dos perfis analisados, comparando as variações observadas entre o Campo nativo e *Pinus elliottii*. Esses resumos são apresentados a seguir.

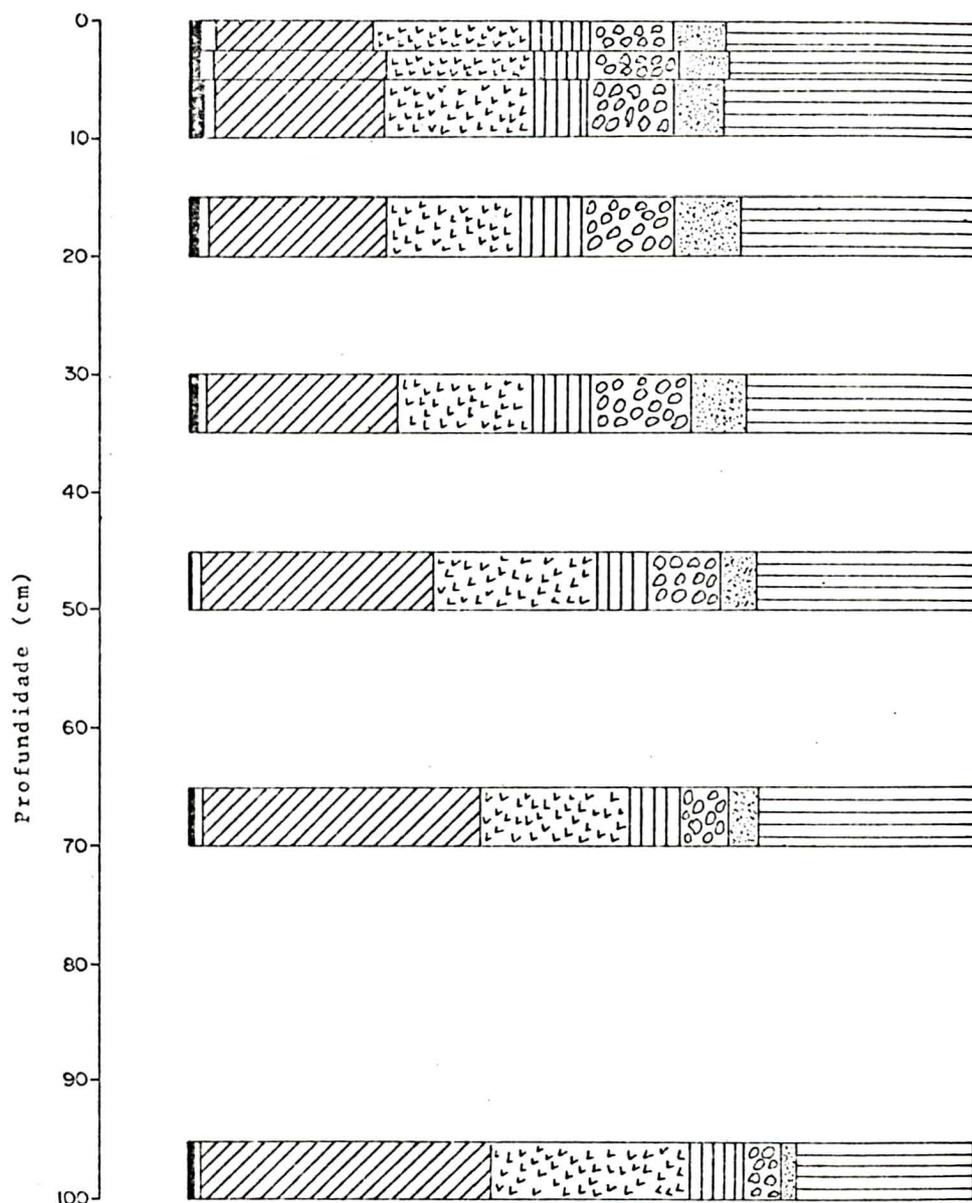
Comparando-se as variações relativas entre os perfis sob Campo nativo (Figuras 33 e 34), e os perfis sob *Pinus elliottii* observa-se que ocorreu um aumento da fração Matéria Orgânica leve, no *Pinus elliottii*, aumento esse de acordo com a biomassa radicular que se encontra em maior quantidade sob o *Pinus elliottii* (Figuras 47 e 48').

Observa-se uma variação na fração ácidos Fúlvicos Livres, diminuindo no *Pinus elliottii* em relação aos teores relativos encontrados inicialmente no Campo nativo (Figuras 33 e 34). Entretanto, para a fração ácidos Fúlvicos ligados a Pirofosfato, ocorreu uma variação positiva no *Pinus elliottii*, no sentido de aumento dos teores de carbono em todas as camadas do perfil (Figuras 33 e 34).

Quando se analisa a fração Ácidos Fúlvicos ligados a Soda (Figuras 33 e 34) observa-se que essas frações sofrem uma diminuição em termos relativos nos perfis sob *Pinus elliottii*, principalmente nas primeiras camadas de 0-2,5 cm até 25-40 cm. Na fração ácidos Húmicos ligados a Pirofosfato ocorrem uma variação, no sentido de diminuição dos teores de carbono no *Pinus elliottii*, em todas as camadas do perfil.



FIGURA 34. TEORES RELATIVOS DE C NO PERFIL SOB *Pinus elliottii* NAS DIFERENTES PROFUNDIDADES DAS FRAÇÕES: MATÉRIA ORGÂNICA LEVE, HIDROSSOLÚVEIS, ÁCIDOS FÚLVICOS LIVRES, ÁCIDOS FÚLVICOS LIGADOS A PIROFOSFATO, ÁCIDOS FÚLVICOS LIGADOS A SODA, ÁCIDOS HÚMICOS LIGADOS A PIROFOSFATO, ÁCIDOS HÚMICOS LIGADOS A SODA E HUMINA



LEGENDA:

	MATÉRIA ORGÂNICA LEVE		ÁCIDOS HÚMICOS LIGADOS A SODA
	HIDROSSOLÚVEIS		ÁCIDOS HÚMICOS LIGADOS A PIROFOSFATO
	ÁCIDOS FÚLVICOS LIVRES		ÁCIDOS HÚMICOS LIGADOS A SODA
	ÁCIDOS FÚLVICOS LIGADOS A PIROFOSFATO		HUMINA

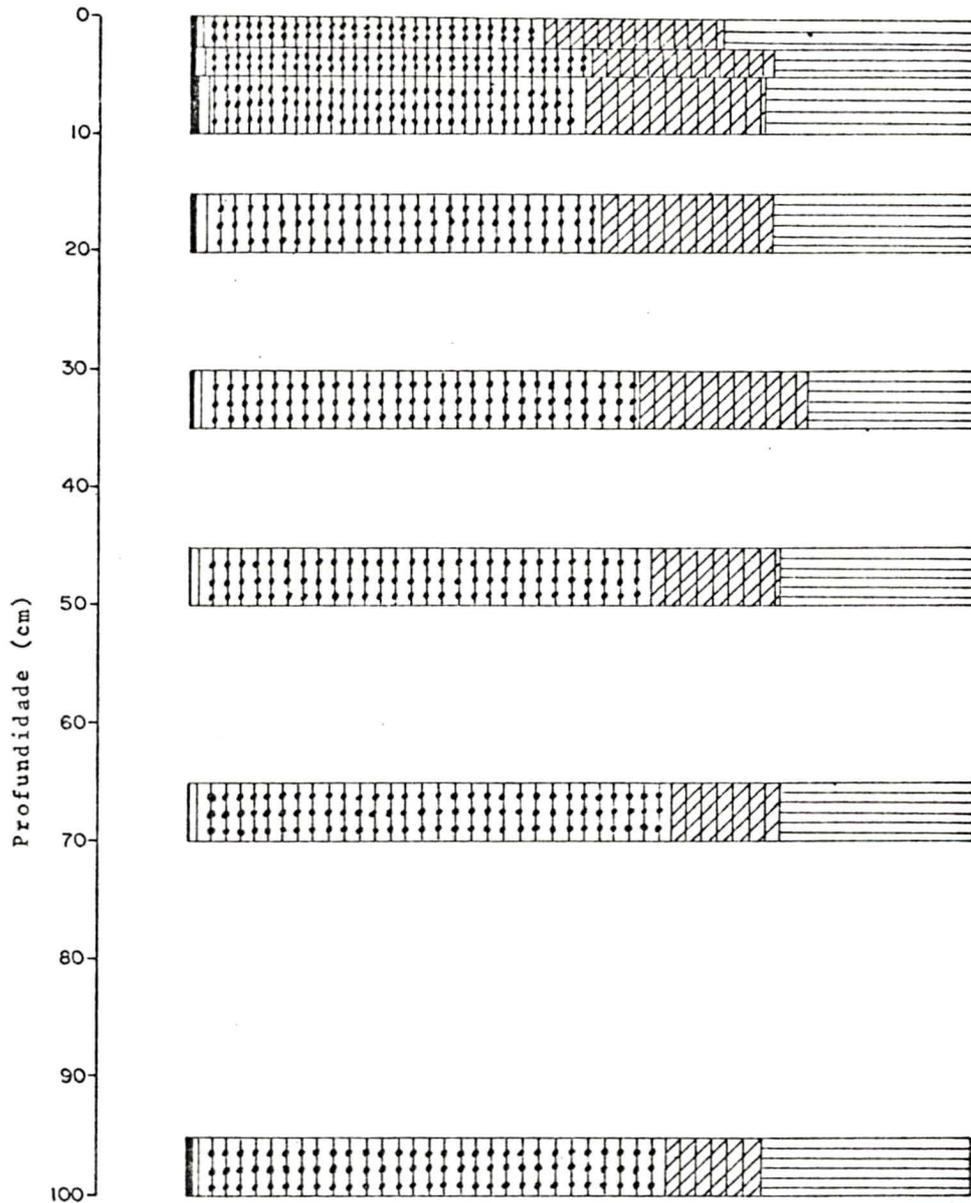
Quando se compara a fração ácidos Húmicos ligados a Soda (Figuras 33 e 34), verifica-se que nos perfis sob *Pinus elliottii* ocorreu uma variação relativa, positiva, dessa fração, aumentando os teores de carbono em praticamente todas as camadas, o mesmo ocorrendo com a fração Humina, onde se observa aumentos de teores nas camadas inferiores a de 0-2,5 cm, até a profundidade de 55-70 cm, sendo que na última camada os teores se apresentam levemente menores, quando se compara os teores da situação inicial no Campo nativo.

Comparando-se os perfis, sob Campo nativo e *Pinus elliottii* (Figuras 35 e 36), verifica-se uma variação relativa dos teores de carbono da fração ácidos Fúlvicos totais, na camada de 0-2,5 cm ocorre um aumento pequeno no *Pinus elliottii*. Nas camadas seguintes até a de 25-40 cm a variação relativa dessa fração, se situa no sentido de diminuição dos teores de carbono, nas camadas até 55-70 cm não ocorrem alterações sendo, na última camada, observado um aumento dos teores de carbono em relação a situação inicial do Campo nativo.

Quando se compara a fração ácidos Húmicos totais (Figuras 35 e 36), verifica-se que houve uma variação relativa, no sentido de diminuição dos teores de carbono dessa fração nos perfis sob *Pinus elliottii*, que pode ser explicada essa diminuição, pelo ácido Húmico Ligados a Pirofosfatos.

A fração Humina, observa-se que, na camada de 0-2,5 cm não ocorreu variação dos teores relativos, no entanto, quando se analisa as demais profundidades verifica-se que ocorreu variação, no sentido de aumentos dos teores relativos nos perfis sob *Pinus elliottii* em relação ao Campo nativo.

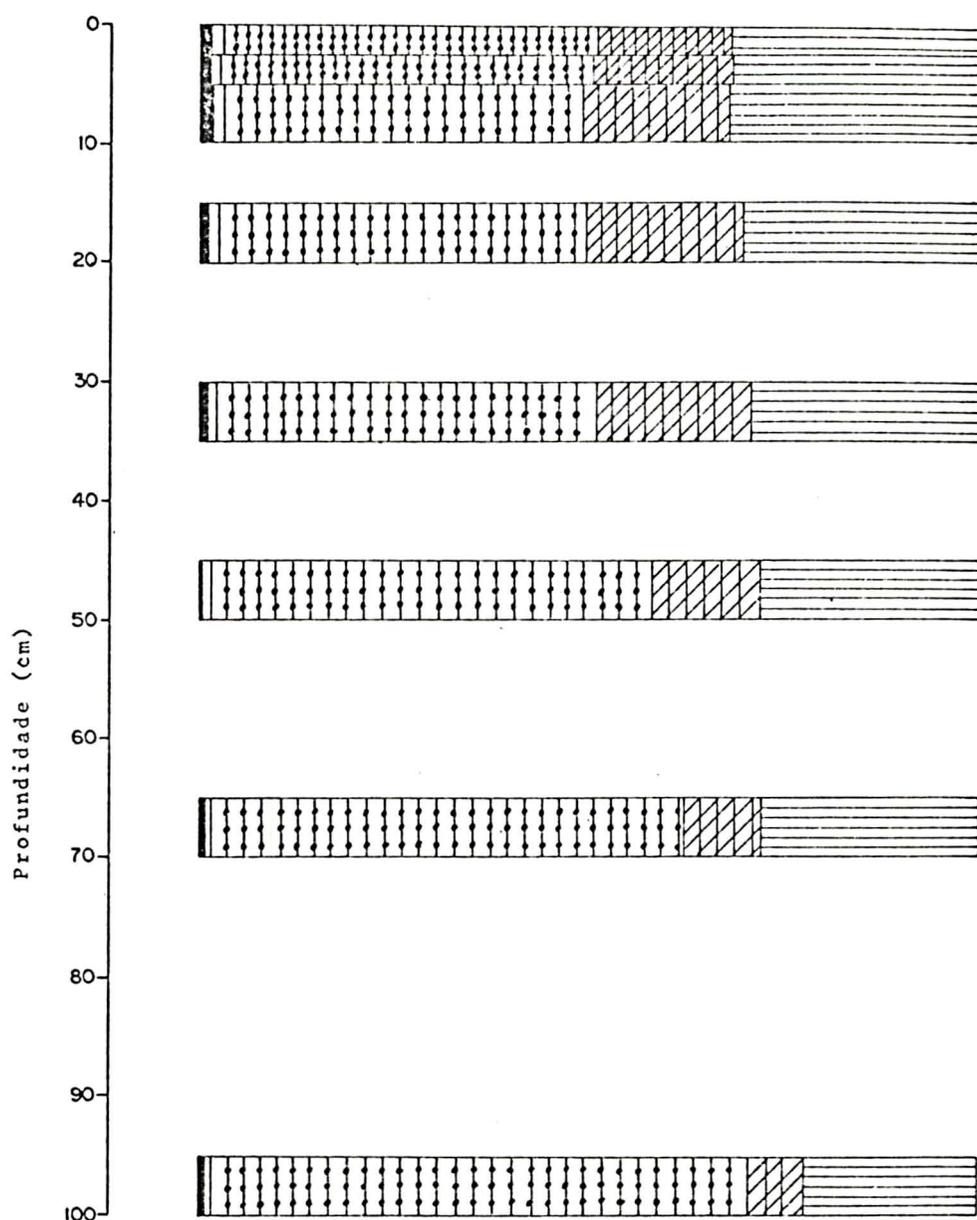
FIGURA 35. TEORES RELATIVOS DE C NO PERFIL SOB CAMPO NATIVO, NAS DIFERENTES PROFUNDIDADES DAS FRAÇÕES: MATÉRIA ORGÂNICA LEVE, HIDROSSOLÚVEIS, ÁCIDOS FÚLVICOS TOTAIS, ÁCIDOS HÚMICOS TOTAIS E HUMINA



LEGENDA:

- MATÉRIA ORGÂNICA LEVE
- HIDROSSOLÚVEIS
- ÁCIDOS FÚLVICOS TOTAIS
- ÁCIDOS HÚMICOS TOTAIS
- HUMINA

FIGURA 36. TEORES RELATIVOS DE C NO PERFIL SOB *Pinus elliottii* NAS DIFERENTES PROFUNDIDADES DAS FRAÇÕES: MATÉRIA ORGÂNICA LEVE, HIDROSSOLÚVEIS, ÁCIDOS FÚLVICOS TOTAIS, ÁCIDOS HÚMICOS TOTAIS E HUMINA



**LEGENDA:**

-  MATÉRIA ORGÂNICA LEVE
-  HIDROSSOLÚVEIS
-  ÁCIDOS FÚLVICOS TOTAIS
-  ÁCIDOS HÚMICOS TOTAIS
-  HUMINA

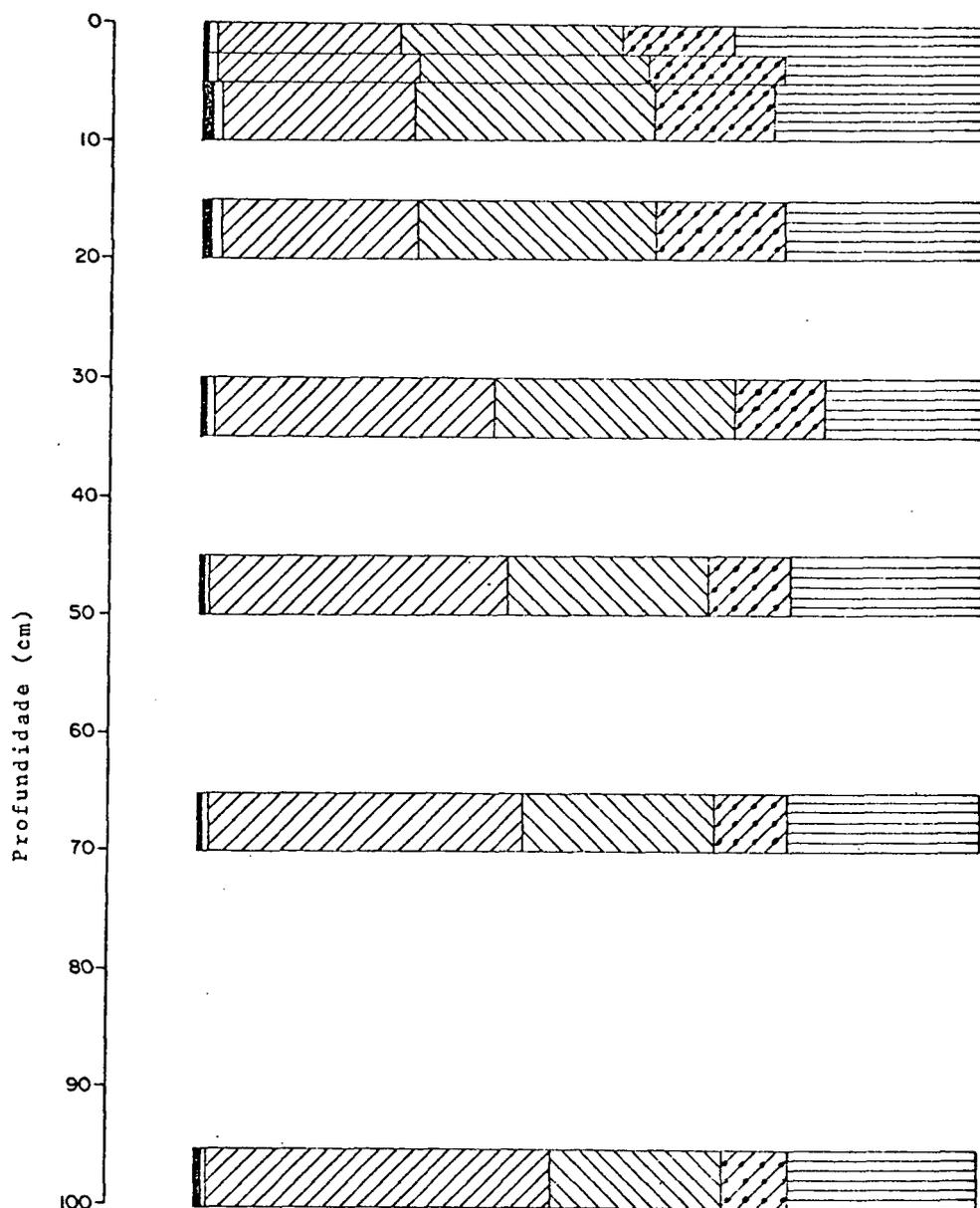
Analisando-se as frações ácidos Fúlvicos livres, Fração Soda e a Fração Pirofosfato (Figuras 37 e 38) verifica-se que ocorreu uma variação relativa, no sentido de diminuição dos teores relativos no *Pinus elliottii*, da fração ácidos Fúlvicos livres, em relação ao Campo nativo.

A variação relativa que se observa na fração Pirofosfato indica nas duas primeiras camadas aumento de teores no *Pinus elliottii*, e diminuição nas camadas seguintes até a profundidade de 40-55 cm, onde então ocorre aumentos dessa fração nas duas últimas camadas. Essa variação que se observa nas camadas de 5-10 cm a 40-55 cm, no sentido de diminuição dessa fração que pode ser explicada pela diminuição ocorrida nos teores da fração ácidos Húmicos ligados a Pirofosfato nessas profundidades.

Quando se compara a fração Soda observa-se que, praticamente, não ocorreu variações no *Pinus elliottii* dessa fração, sendo que nas camadas de 2,5-5 cm e 5-10 cm observa-se uma pequena variação, no sentido de diminuição dos teores relativos nos perfis sob *Pinus elliottii*, e na camada de 25-40 cm em diante observa-se uma tendência no sentido de aumento dessa fração.

Os dados acima apresentados, referentes a variação relativa dos teores de Carbono, das diferentes frações, nas diferentes profundidades, indicam que o florestamento com *Pinus elliottii* afetou qualitativamente a matéria orgânica do solo. Esses resultados serão comparados com o Carbono total a seguir.

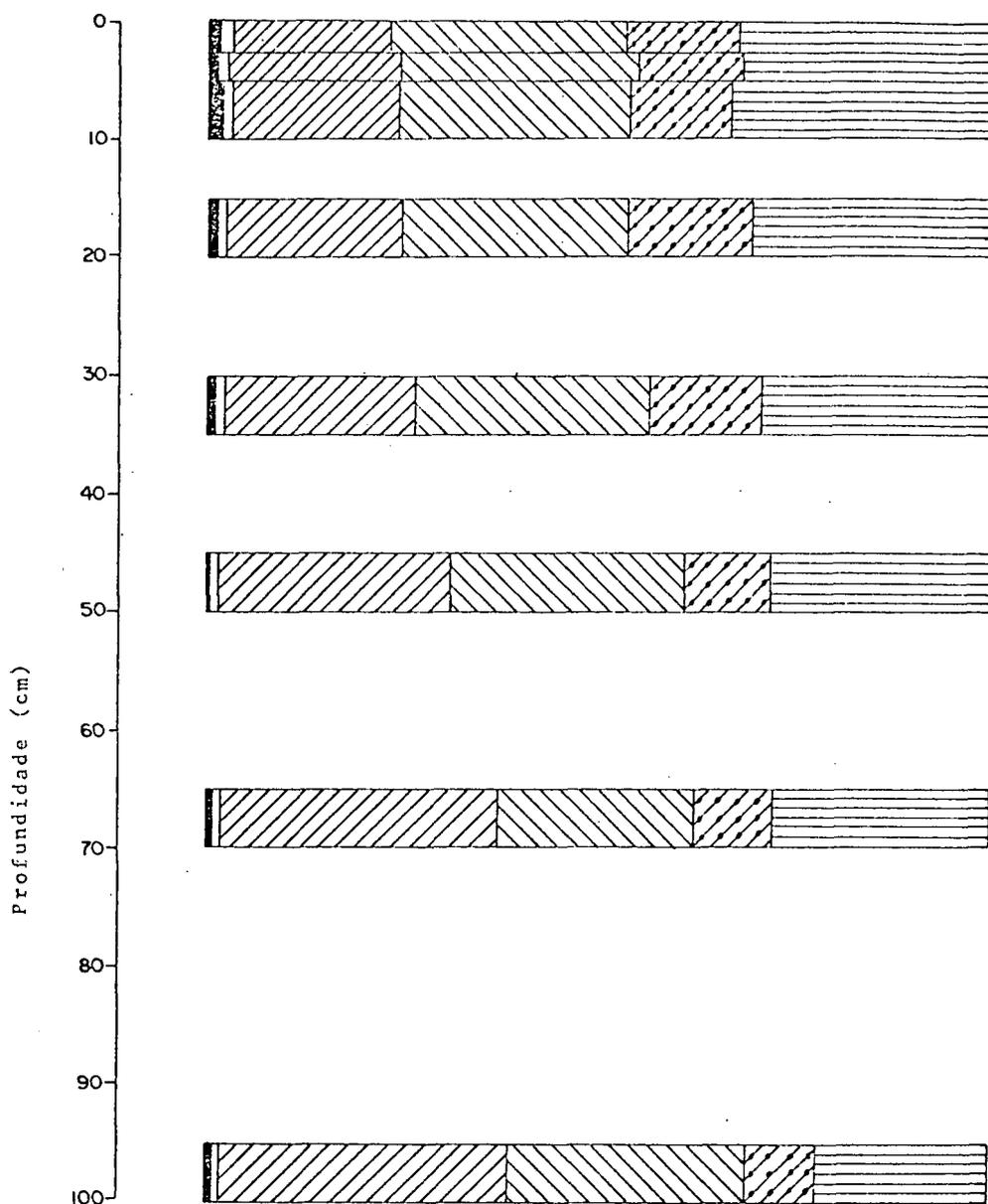
FIGURA 37. TEORES RELATIVOS DE C NO PERFIL SOB CAMPO NATIVO NAS DIFERENTES PROFUNDIDADES, DAS FRAÇÕES: MATÉRIA ORGÂNICA LEVE, HIDROSSOLÚVEIS, ÁCIDOS FÚLVICOS LIVRES, FRAÇÃO PIROFOSFATO, FRAÇÃO SODA E HUMINA



**LEGENDA:**

-  MATÉRIA ORGÂNICA LEVE
-  HIDROSSOLÚVEIS
-  ÁCIDOS FÚLVICOS LIVRES
-  FRAÇÃO PIROFOSFATO
-  FRAÇÃO SODA
-  HUMINA

FIGURA 38. TEORES RELATIVOS DE C NO PERFIL SOB *Pinus elliottii* NAS DIFERENTES PROFUNDIDADES DAS FRAÇÕES: MATÉRIA ORGÂNICA LEVE, HIDROSSOLÚVEIS, ÁCIDOS FÚLVICOS LIVRES, FRAÇÃO PIROFOSFATO, FRAÇÃO SODA E HUMINA



**LEGENDA:**

-  MATÉRIA ORGÂNICA LEVE
-  HIDROSSOLÚVEIS
-  ÁCIDOS FÚLVICOS LIVRES
-  FRAÇÃO PIROFOSFATO
-  FRAÇÃO SODA
-  HUMINA

#### 4.5 ANÁLISE COMPARATIVA DE COMPOSIÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO NAS DIFERENTES PROFUNDIDADES NOS PERFIS SOB CAMPO NATIVO E *Pinus elliottii*

As explicações, no tocante a composição da matéria orgânica do solo, das diferenças observadas, nos teores totais de Carbono do solo, entre os perfis sob Campo nativo e *Pinus elliottii*, nas diferentes camadas, são obtidas através de uma análise dos dados obtidos para os teores de Carbono total para cada fração e os teores relativos de cada fração. Esses resultados demonstram, em última análise, quais foram as frações responsáveis das mudanças verificadas entre o Campo nativo originário e o florestamento com *Pinus elliottii*.

Assim sendo, foram realizadas análises comparativas das frações da matéria orgânica do solo individualmente, para as diferentes profundidades nos perfis sob Campo nativo e sob *Pinus elliottii*, através de teores de carbono e de suas respectivas porcentagens relativas, e, comparações de todos os perfis, analisados, salientando-se as diferentes frações da matéria orgânica do solo para cada profundidade. Esses dados são apresentados a seguir.

##### 4.5.1 Análise comparativa da composição da matéria orgânica na profundidade de 0-2,5 cm

Nesse primeira camada de 0-2,5 cm (Figura 39) (Tabela 2) ocorre, para o Carbono total, diferença estatística ao nível de 5% pelo teste de Tukey, entre os perfis sob Campo nativo e sob *Pinus elliottii*, sendo estas superiores para o *Pinus elliottii*.

FIGURA 39. COMPOSIÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO EM TEORES DE CARBONO NOS PERFIS SOB CAMPO NATIVO E SOB *Pinus elliottii* NA PROFUNDIDADE DE 0-2,5 cm

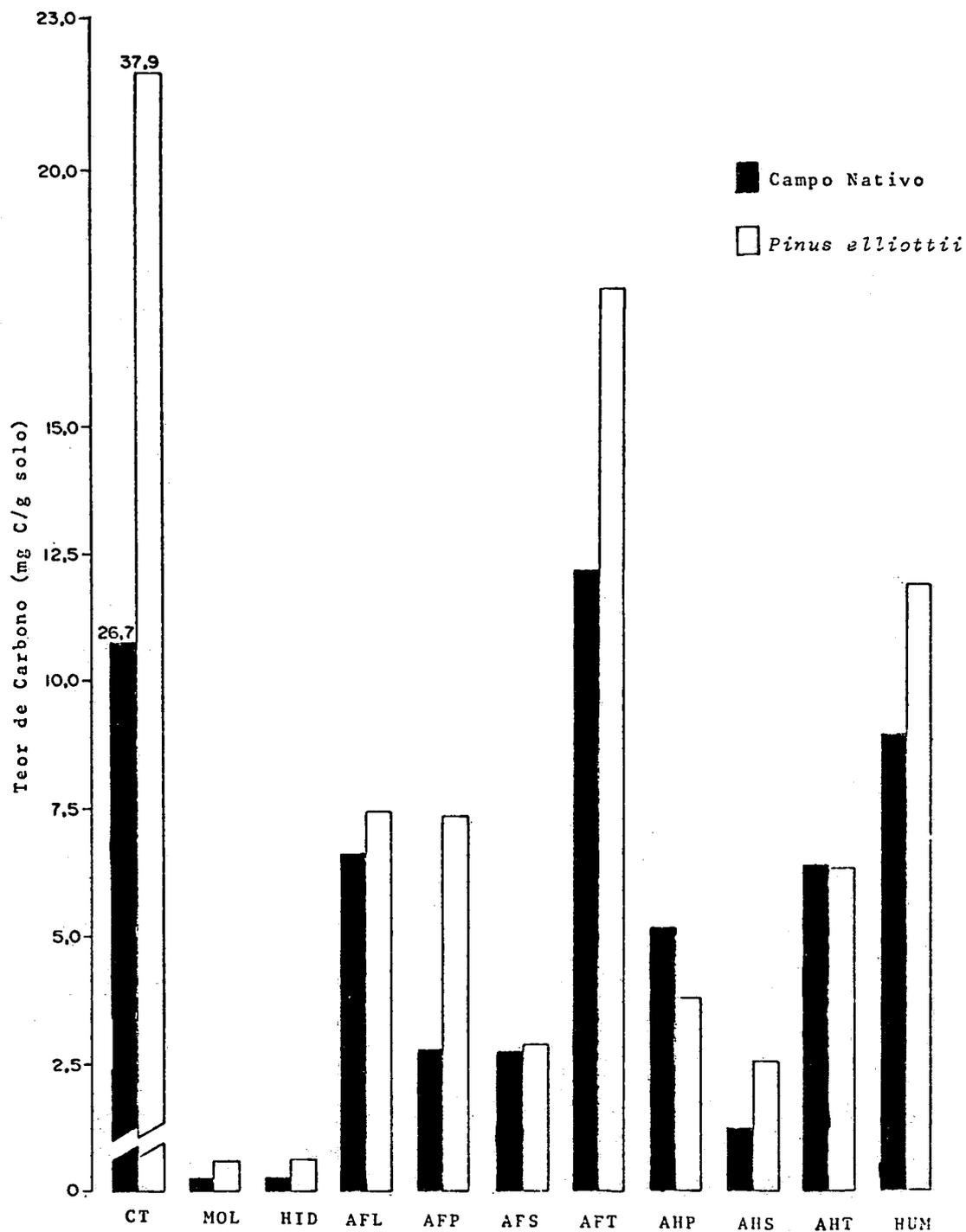


TABELA 2 . COMPOSIÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO EM PERFIS SOB CAMPO NATIVO E SOB FLORESTAMENTO DE *Pinus elliottii* NA PROFUNDIDADE 0-2,5 cm

Fração	Campo		<i>Pinus</i>	
	Teores de Carbono		Teores de Carbono	
	mg C/g solo	% relativa	mg C/g solo	% relativa
Matéria Orgânica Leve	0,23	0,82	0,59	1,59
Hidrossolúveis	0,26	0,92	0,61	1,65
Ácidos Fúlvicos Livres	6,64	23,67	7,46	20,06
Ácidos Fúlvicos Ligados a Pirofosfato	2,79	9,94	7,35	19,78
Ácidos Fúlvicos Ligados a Soda	2,77	9,87	2,87	7,71
Ácidos Fúlvicos Totais	12,18	43,45	17,70	47,57
Ácidos Húmicos Ligados a Pirofosfato	5,17	18,44	3,81	10,25
Ácidos Húmicos Ligados a Soda	1,23	4,38	2,56	6,87
Ácidos Húmicos Totais	6,40	22,82	6,37	17,12
Ácidos Fúlvicos Totais + Ácidos Húmicos Totais	18,58	66,26	24,07	64,69
Humina	8,97	32,00	11,93	32,07
Substâncias Húmicas Totais	27,56	98,27	36,01	96,76
Fração Pirofosfato	7,96	28,38	11,16	30,00
Fração Soda	4,01	14,29	5,40	14,53

Essa diferença pode ser explicada, principalmente pelas frações ácidos Fúlvicos ligados a Pirofosfato e ácidos Húmicos ligados a Soda, que aumentaram no *Pinus elliottii*, apresentando diferenças estatisticamente significativas ao nível de 5% do teste de Tukey. Ainda, pela fração Humina, que contribui para explicar o aumento do Carbono total do solo sob o *Pinus elliottii*, sem, no entanto ser significativa estatisticamente a diferença.

Convém notar que existem também diferenças significativas estatisticamente, no sentido de maiores teores nos perfis sob *Pinus elliottii*, nas frações matéria orgânica leve e hidrossolúveis, que contribuem, também, na explicação dos teores de matéria orgânica mais elevado sob *Pinus elliottii*, nessa camada. No entanto essa contribuição é pequena.

Por outro lado existem frações cujos teores de carbono diminuem no *Pinus elliottii* tais como, principalmente a dos ácidos Húmicos ligados a Pirofosfato e ácidos Húmicos totais.

Considerando a situação do Campo nativo como a originária, pode-se inferir que, nessa primeira camada, o reflorestamento com *Pinus elliottii* provocou aumentos nos teores de ácidos fúlvicos totais, explicada em termos do aumento de ácidos Fúlvicos ligados a pirofosfato, sem modificações nos teores de ácidos Fúlvicos livres ou ligados a Soda. Ainda uma tendência ao aumento da fração Humina e diminuição dos ácidos Fúlvicos totais estes, explicados, por uma provável diminuição dos ácidos Húmicos ligados a Pirofosfato e aumento dos ligados a Soda.

#### 4.5.2 Análise comparativa da composição da matéria orgânica na profundidade de 2,5-5 cm

Observa-se nessa profundidade de 2,5-5 cm (Figura 40) (Tabela 3) uma diferença não significativa estatisticamente pelo teste de Tukey, favorável ao Campo nativo, sendo que, essa diferença pode ser explicada pelas frações ácidos Fúlvicos Livres, ácidos Fúlvicos ligados à Soda e ácidos Húmicos Ligados a Pirofosfato. Essas frações, acredita-se estarem contribuindo nos teores de Carbono total, no Campo nativo nessa profundidade, devido a apresentarem significância estatística ao nível de 5% pelo teste de Tukey na fração ácidos Fúlvicos ligados a Soda, ácidos Fúlvicos Livres e ácidos Húmicos ligados a Pirofosfato.

Convém notar que as frações ácidos Fúlvicos totais não obtiveram significância estatística pelo teste de Tukey, em termos de teores de carbono e porcentagem relativa; no entanto, a fração ácidos Húmicos totais obteve significância ao nível de 5% pelo teste de Tuckey, mas não obteve significância em porcentagem relativa.

Convém, ainda, salientar que a fração ácidos Fúlvicos ligados a pirofosfato aumenta significativamente no *Pinus elliottii*, e também ocorrem tendências para aumento na fração Humina.

Essas diminuições e aumentos nas diferentes frações podem significar, uma mudança na dinâmica da matéria orgânica com o florestamento com *Pinus elliottii*, ou ainda, transporte para profundidades maiores, essa última possibilidade deve ser analisada com cautela devido ao fato das frações ácidos Húmicos ligados a Pirofosfato e ácidos Fúlvicos ligados a Soda estarem

FIGURA 40. COMPOSIÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO EM TEORES DE CARBONO NOS PERFIS SOB CAMPO NATIVO E SOB *Pinus elliotii* NA PROFUNDIDADE 2,5-5 cm

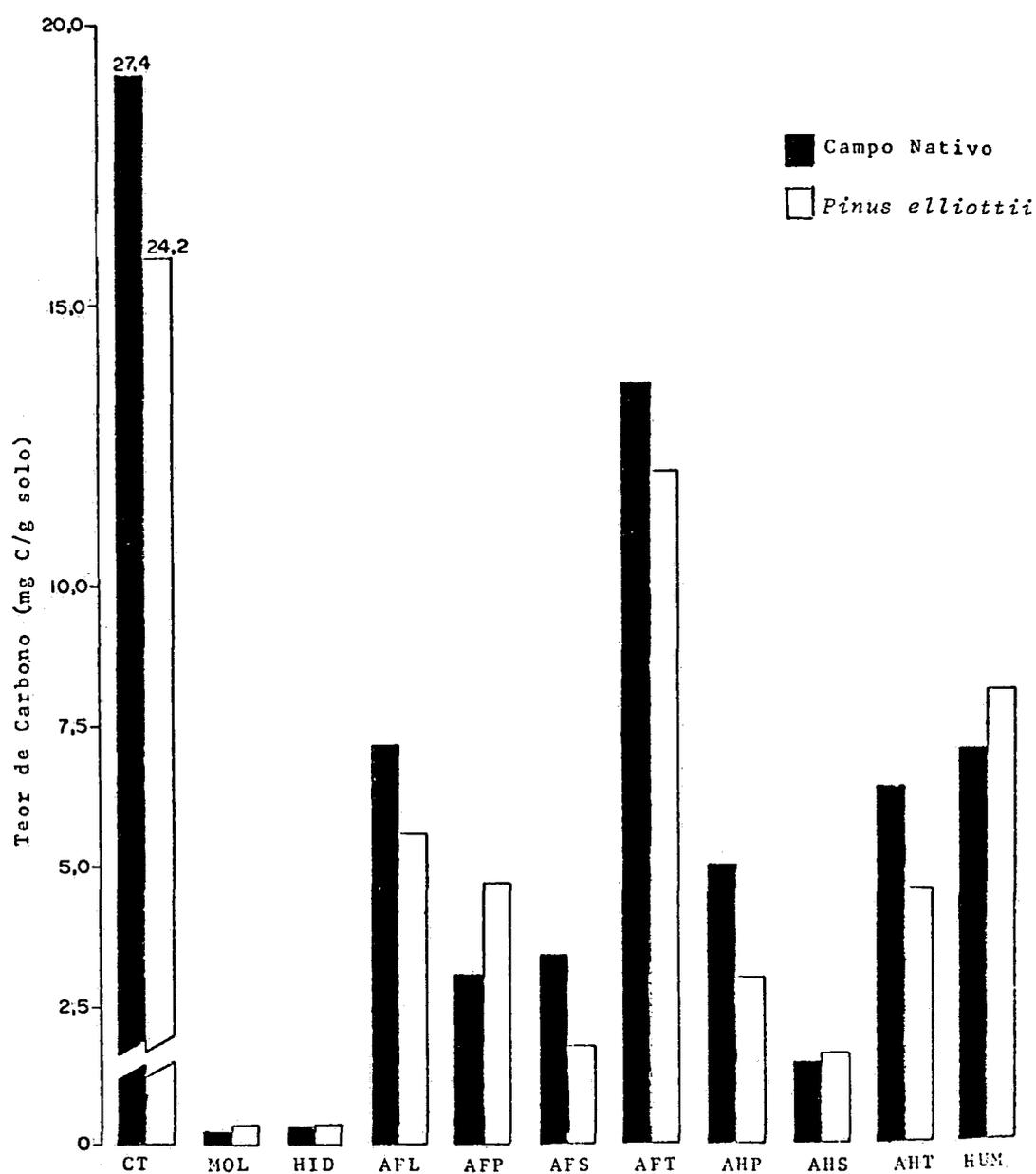


TABELA 3 . COMPOSIÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO EM PERFIS SOB CAMPO NATIVO E SOB FLORES-  
TAMENTO DE *Pinus elliottii* NA PROFUNDIDADE 2,5-5 cm

Fração	Campo		Pinus	
	Teores de Carbono		Teores de Carbono	
	mg C/g solo	% relativa	mg C/g solo	% relativa
Matéria Orgânica Leve	0,22	0,79	0,33	1,30
Hidrossolúveis	0,33	1,18	0,34	1,34
Ácidos Fúlvicos Livres	7,13	25,85	5,54	21,89
Ácidos Fúlvicos Ligados a Pirofosfato	3,04	11,02	4,69	18,52
Ácidos Fúlvicos Ligados a Soda	3,38	12,28	1,76	6,96
Ácidos Fúlvicos Totais	13,55	49,16	12,01	47,41
Ácidos Húmicos Ligados a Pirofosfato	4,97	18,03	2,95	11,63
Ácidos Húmicos Ligados a Soda	1,40	5,06	1,60	6,31
Ácidos Húmicos Totais	6,36	23,09	4,54	17,94
Ácidos Fúlvicos Totais + Ácidos Húmicos Totais	20,00	72,24	16,55	65,35
Humina	7,11	25,78	8,11	32,00
Substâncias Húmicas Totais	27,02	98,03	24,66	97,35
Fração Pirofosfato	8,01	29,05	7,66	20,23
Fração Soda	4,78	17,34	3,34	13,30

fortemente aderidas as partículas do solo. Na possibilidade das tendências da variação nos teores da fração humina, que são maiores no *Pinus elliottii*, serem verdadeiras a possibilidade da modificação da dinâmica da matéria orgânica do solo com o reflorestamento ganha subsídios para sua sustentação.

Assim sendo, poder-se-ia explicar as variações encontradas como aumento das frações de ácidos Fúlvicos livres, ácidos Fúlvicos ligados a Soada e ácidos Húmicos ligados a Pirofosfato no Campo nativo, como resultado de mudanças de acumulação dessas frações com a introdução do florestamento.

#### 4.5.3 Análise comparativa da composição da matéria orgânica na profundidade de 5-10 cm

Nessa profundidade (Figura 41) (Tabela 4) observa-se teores de Carbono total do solo, mais elevados para o Campo nativo, não sendo estatisticamente significativo em relação aos perfis sob *Pinus elliottii*.

A diferença que é observada no Campo nativo, pode ser devido a presença de teores mais elevados ácidos Fúlvicos livres e ácidos Fúlvicos ligados a Soda, sendo que essas duas frações obtiveram significância ao nível de 5% pelo teste de Tukey, como também pela fração ácidos Húmicos ligados a Pirofosfato que obtiveram significância estatística.

A fração ácidos Fúlvicos totais apesar de se apresentar com teores mais elevados no Campo nativo, não obteve diferença estatística significativa.

De maneira semelhante a camada anterior pode-se inferir sobre a possibilidade de transporte de matéria orgânica do

FIGURA 41. COMPOSIÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA EM TEORES DE CARBONO DO SOLO NOS PERFIS SOB CAMPO NATIVO E SOB *Pinus elliotii* NA PROFUNDIDADE DE 5-10 cm

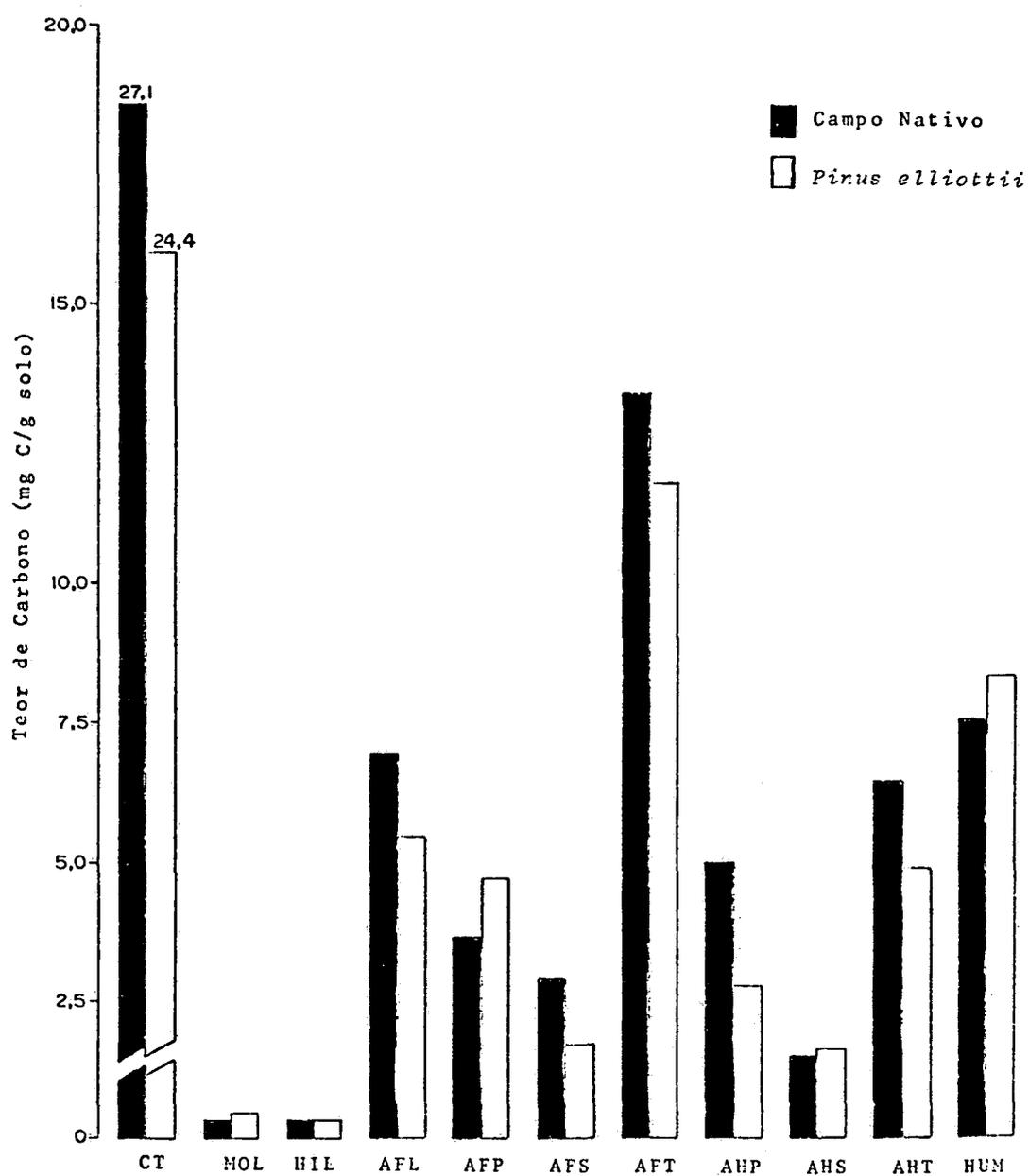


FIGURA 4. COMPOSIÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO EM PERFIS SOB CAMPO NATIVO E SOB FLORESTAMENTO DE *Pinus elliottii* NA PROFUNDIDADE DE 5-10 cm

Fração	Campo		<i>Pinus</i>	
	Teores de Carbono		Teores de Carbono	
	mg C/g solo	% relativa	mg C/g solo	% relativa
Matéria Orgânica Leve	0,32	1,14	0,44	1,73
Hidrossolúveis	0,35	1,24	0,35	1,38
Ácidos Fúlvicos Livres	6,89	24,61	5,39	20,96
Ácidos Fúlvicos Ligados a Pirofosfato	3,61	12,88	4,66	18,10
Ácidos Fúlvicos Ligados a Soda	2,87	10,26	1,68	6,53
Ácidos Fúlvicos Totais	13,37	47,75	11,74	45,62
Ácidos Húmicos Ligados a Pirofosfato	4,92	17,59	2,76	10,73
Ácidos Húmicos Ligados a Soda	1,48	5,31	1,60	6,21
Ácidos Húmicos Totais	6,42	22,93	4,87	18,95
Ácidos Fúlvicos Totais + Ácidos Húmicos Totais	19,79	70,68	16,61	64,57
Humina	7,54	26,93	8,31	32,32
Substâncias Húmicas Totais	27,34	97,61	24,93	96,89
Fração Pirofosfato	8,54	30,50	7,44	28,93
Fração Soda	4,37	15,60	3,28	12,74

*Pinus elliottii*, em profundidade ou mudanças na dinâmica da matéria orgânica com a introdução do florestamento, a qual acarretaria mudanças nos níveis de acumulação das diferentes frações.

Outra possibilidade, que nos parece, muito pouco provável seria uma hipotética degradação microbiana, seletiva, maior no *Pinus elliottii*.

#### 4.5.4 Análise comparativa da composição da matéria orgânica na profundidade de 10-25 cm

Nessa profundidade (Figura 42) (Tabela 5) observa-se um pequeno aumento dos teores do carbono total no Campo nativo, não significativo estatisticamente, em relação ao *Pinus elliottii*, sendo que esses teores maiores para o Campo nativo, podem ser explicados, devido a presença de maiores teores na fração ácidos Fúlvicos ligados a Soda, onde são significativas as diferenças entre os dois perfis, ao nível de 5% pelo teste de Tukey. As demais frações que se apresentam com teores mais elevados para o Campo nativo, nessa profundidade, podem contribuir no aumento do Carbono total no Campo nativo em relação ao *Pinus elliottii*.

Convém notar que provavelmente a fração ácidos Fúlvicos ligados a Soda poderia explicar esse aumento, uma vez que, é a única fração com teores mais elevados para o Campo nativo, a obter em termos de teores de carbono, assim como também em termos de porcentagem relativa.

FIGURA 42. COMPOSIÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO EM TEORES

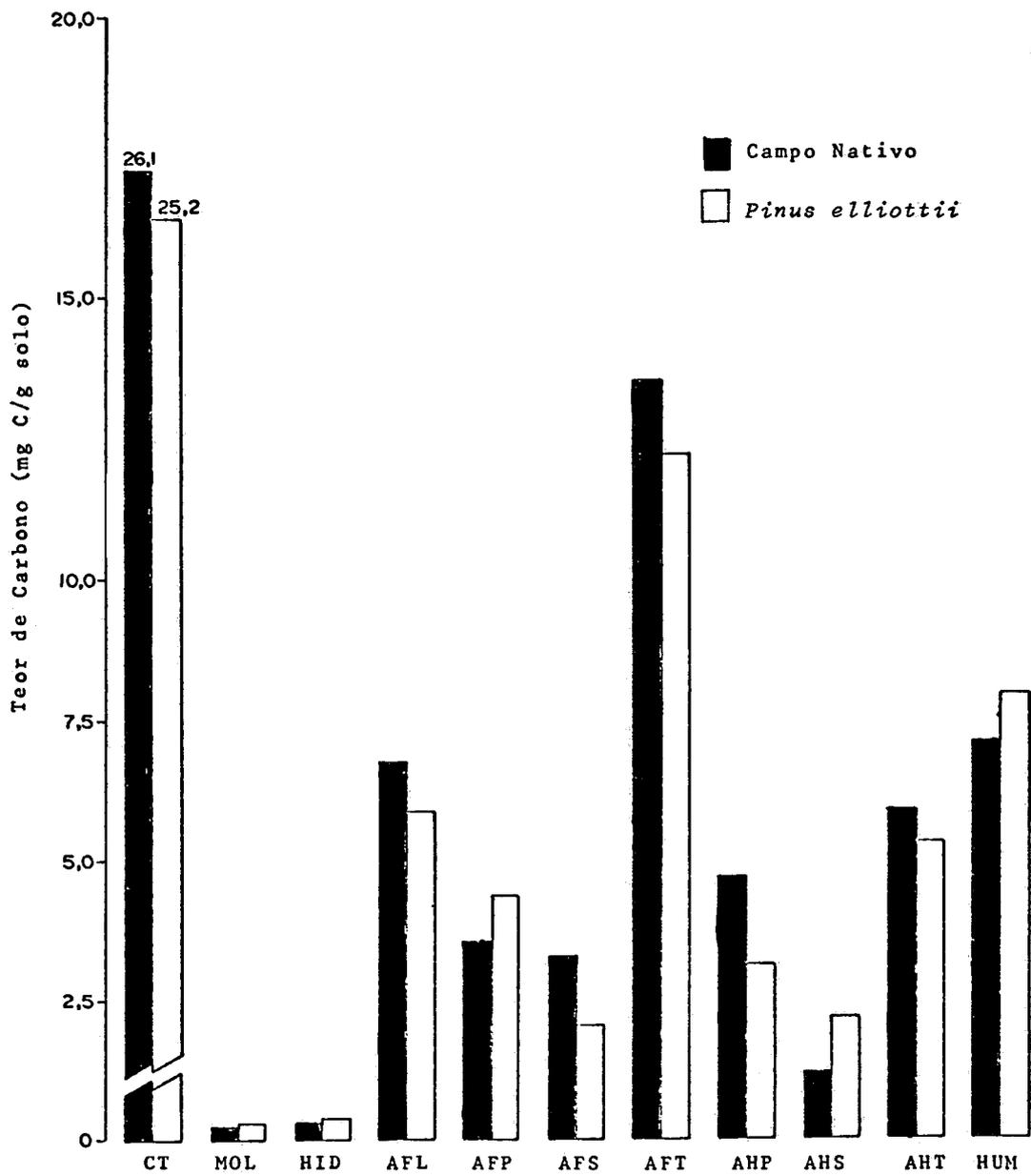
SOB *Pinus*

TABELA 5. COMPOSIÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO EM PERFIS SOB CAMPO NATIVO E SOB FLORESTAMENTO DE *Pinus elliottii* NA PROFUNDIDADE 10-25 cm

Fração	Campo		<i>Pinus</i>	
	Teores de Carbono		Teores de Carbono	
	mg C/g solo	% relativa	mg C/g solo	% relativa
Matéria Orgânica Leve	0,22	0,80	0,28	1,06
Hidrossolúveis	0,31	1,15	0,34	1,30
Ácidos Fúlvicos Livres	6,73	24,97	5,83	21,96
Ácidos Fúlvicos Ligados a Pirofosfato	3,52	13,08	4,34	16,34
Ácidos Fúlvicos Ligados a Soda	3,23	12,00	2,03	7,64
Ácidos Fúlvicos Totais	13,50	50,09	12,20	45,94
Ácidos Húmicos Ligados a Pirofosfato	4,67	17,34	3,10	11,68
Ácidos Húmicos Ligados a Soda	1,19	4,43	2,16	8,15
Ácidos Húmicos Totais	5,86	21,73	5,26	19,83
Ácidos Fúlvicos Totais + Ácidos Húmicos Totais	19,36	71,82	17,46	65,77
Humina	7,07	26,23	7,89	29,70
Substâncias Húmicas Totais	26,43	98,05	25,35	95,47
Fração Pirofosfato	8,18	30,35	7,45	28,06
Fração Soda	4,43	16,43	3,43	15,79

Apesar das explicações expostas sobre as possíveis diferenças, na composição da matéria orgânica no Campo nativo e *Pinus elliottii*, esses resultados devem ser entendidos como equivalentes, devido às pequenas diferenças encontradas, exceto no tocante a fração ácidos Húmicos ligados a Soda, que se eleva significativamente no *Pinus elliottii*.

#### 4.5.5 Análise comparativa da composição da matéria orgânica na profundidade de 25-40 cm

Os teores do carbono total do solo apresentam na profundidade de 25-40 cm um aumento significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey nos perfis sob *Pinus elliottii* (Figura 43 e Tabela 6), podendo este ser explicado:

- a) pela fração ácidos Fúlvicos ligados a Pirofosfato, onde nessa profundidade os teores são mais elevados nos perfis sob *Pinus elliottii*, sendo significativamente diferente ao nível de 5% pelo teste de Tukey em relação aos perfis sob Campo nativo;
- b) a fração ácidos Húmicos ligados a soda, com diferença, em relação ao Campo nativo, ao nível de 5% pelo teste de Tukey;
- c) a fração Humina apresenta um aumento favorável ao *Pinus elliottii* ao nível de 5% pelo teste de Tukey;

A fração matéria orgânica leve, que obteve nessa profundidade uma diferença significativa em favor do *Pinus*, esse aumento pode ser reflexo de restos de raízes que são maiores no *Pinus elliottii*.

Considerando o Campo nativo a situação original verifica-se que ocorreram transformações sensíveis na dinâmica da

FIGURA 43. COMPOSIÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO EM TEORES DE CARBONO NOS PERFIS SOB CAMPO NATIVO E SOB *Pinus elliottii* NA PROFUNDIDADE DE 25-40 cm

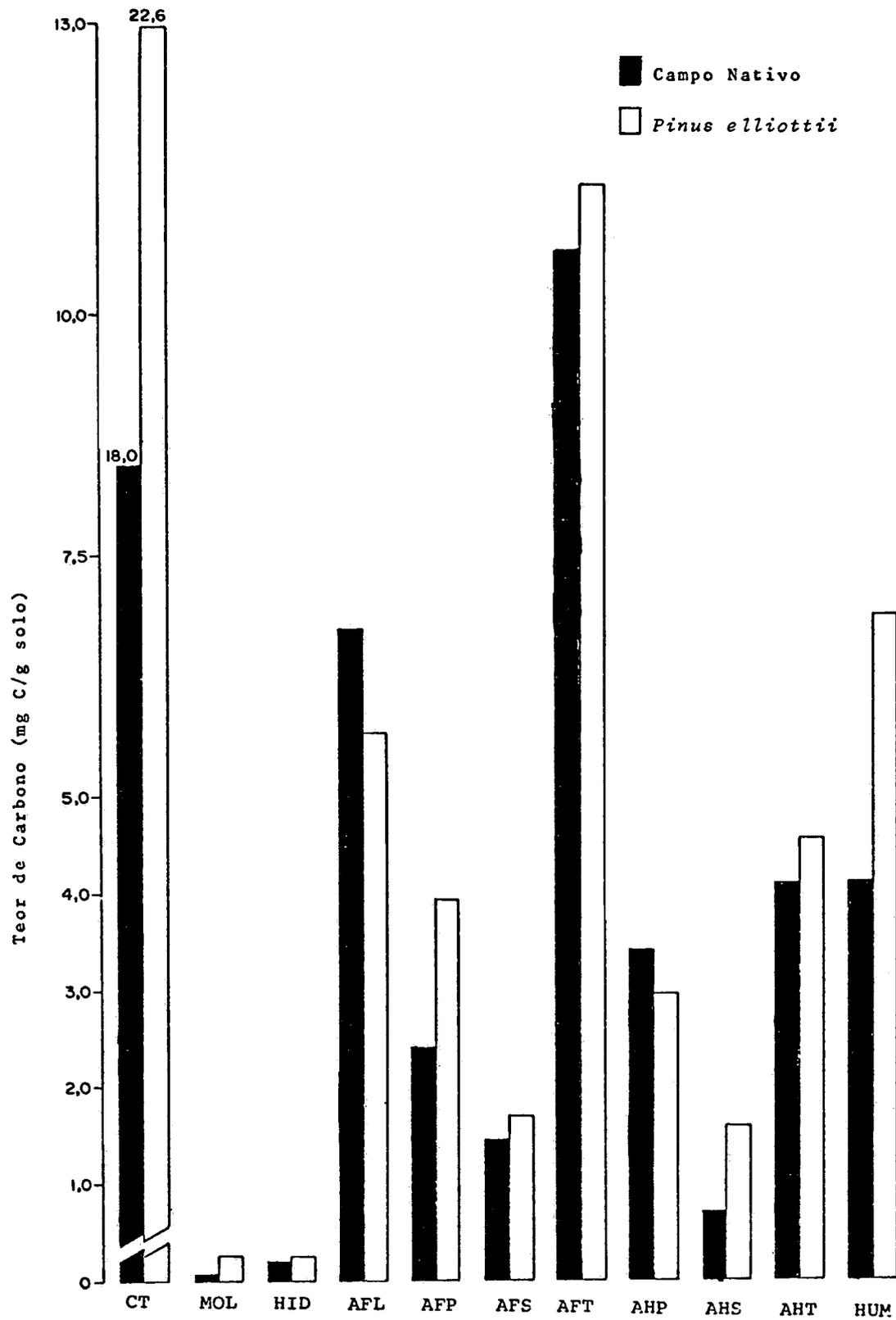


TABELA 6. COMPOSIÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO EM PERFIS SOB CAMPO NATIVO E SOB FLORESTAMENTO DE *Pinus elliottii* NA PROFUNDIDADE 25-40 cm

Fração	Campo		<i>Pinus</i>	
	Teores de Carbono		Teores de Carbono	
	mg C/g solo	% relativa	mg C/g solo	% relativa
Matéria Orgânica Leve	0,07	0,38	0,26	1,06
Hidrossolúveis	0,21	1,08	0,26	1,06
Ácidos Fúlvicos Livres	6,75	35,23	5,66	23,36
Ácidos Fúlvicos Ligados a Pirofosfato	2,42	12,62	3,95	16,29
Ácidos Fúlvicos Ligados a Soda	1,46	7,65	1,71	7,07
Ácidos Fúlvicos Totais	10,64	55,53	11,32	46,72
Ácidos Húmicos Ligados a Pirofosfato	3,42	17,87	2,97	18,28
Ácidos Húmicos Ligados a Soda	0,69	3,61	1,61	6,67
Ácidos Húmicos Totais	4,11	21,48	4,58	18,95
Ácidos Fúlvicos Totais + Ácidos Húmicos Totais	14,75	77,02	15,90	65,67
Humina	4,12	21,53	6,88	28,39
Substâncias Húmicas Totais	18,87	98,55	22,78	94,06
Fração Pirofosfato	5,54	30,49	6,94	28,64
Fração Soda	2,16	11,30	3,03	13,74

matéria orgânica do solo, uma vez que, no caso de transporte da matéria orgânica das camadas superiores as frações transportadas teriam de ser as de ácidos Fúlvicos ligados a Soda, ácidos Húmicos ligados a Pirofosfato, quando as frações que explicam o aumento dos teores da matéria orgânica no *Pinus elliottii*, nessa profundidade são: ácidos Fúlvicos ligados a Pirofosfato, ácidos Húmicos ligados a Soda e Humina. Ou ainda uma interconversão das primeiras nas últimas frações, que nos parece pouco provável.

#### 4.5.6 Análise comparativa da composição da matéria orgânica na profundidade de 40-55 cm

Nessa profundidade os teores para o carbono total se apresentam uma diferença significativa ao nível de 5% pelo teste de Tukey favorável ao *Pinus elliottii*, quando comparado com o Campo nativo (Figura 44 e Tabela 7).

Esse aumento de teores de carbono total verificado nos perfis sob *Pinus elliottii* pode ser explicado:

- a) pela fração ácidos Fúlvicos ligados a Pirofosfato, sendo que, se apresentou com aumento significativo ao nível de 5% pelo teste de Tukey, aumento esse favorável ao *Pinus elliottii* nessa profundidade. Convém notar que essa fração obteve também significância ao nível de 5% em termos de porcentagem relativa;
- b) fração ácidos Húmicos ligados a soda, embora essa diferença não seja estatisticamente significativa;
- c) fração Humina embora a diferença observada não seja estatisticamente significativa.

FIGURA 44. COMPOSIÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO EM TEORES DE CARBONO NOS PERFIS SOB CAMPO NATIVO E SOB *Pinus elliottii* NA PROFUNDIDADE DE 40-55 cm

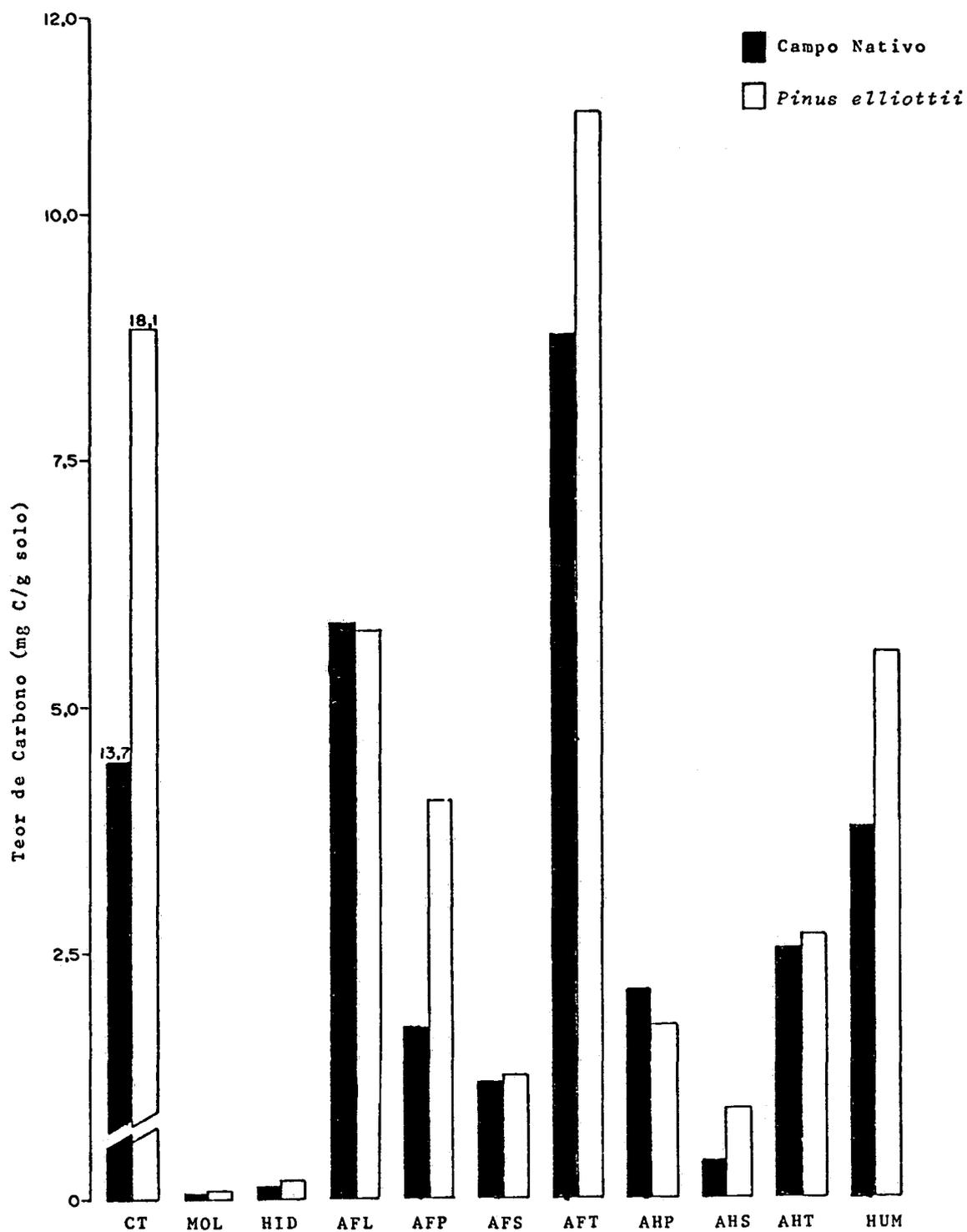


TABELA 7. COMPOSIÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO EM PERFIS SOB CAMPO NATIVO E SOB FLORESTAMENTO DE *Pinus elliottii* NA PROFUNDIDADE 40-55 cm

Fração	Campo		<i>Pinus</i>	
	Teores de Carbono		Teores de Carbono	
	mg C/g solo	% relativa	mg C/g solo	% relativa
Matéria Orgânica Leve	0,05	0,33	0,07	0,37
Hidrossolúveis	0,12	0,77	0,20	1,07
Ácidos Fúlvicos Livres	5,85	38,55	5,76	30,72
Ácidos Fúlvicos Ligados a Pirofosfato	1,74	11,43	4,04	21,55
Ácidos Fúlvicos Ligados a Soda	1,18	7,71	1,26	6,72
Ácidos Fúlvicos Totais	8,77	57,49	11,06	58,99
Ácidos Húmicos Ligados a Pirofosfato	2,13	13,95	1,78	9,49
Ácidos Húmicos Ligados a Soda	0,39	2,57	0,90	4,80
Ácidos Húmicos Totais	2,53	16,58	2,68	14,29
Ácidos Fúlvicos Totais + Ácidos Húmicos Totais	11,30	74,07	13,74	74,87
Humina	3,79	24,84	5,56	29,65
Substâncias Húmicas Totais	15,09	98,91	19,30	102,93
Fração Pirofosfato	3,89	25,49	5,53	31,04
Fração Soda	1,56	10,34	2,17	11,57

As possíveis explicações para estas diferenças são as mesmas já descritas para a camada de 25-40 cm.

#### 4.5.7 Análise comparativa da composição da matéria orgânica na profundidade de 55-70 cm

Nessa profundidade os teores de carbono total do solo praticamente os valores se equivalem nos perfis sob Campo nativo e sob *Pinus elliottii*, sendo levemente superior nos perfis sob *Pinus* (Figura 45 e Tabela 8).

Esse aumento verificado nessa camada para o *Pinus* poderia ser explicado pelas frações ácidos Fúlvicos ligados a Pirofosfato, que se apresenta com teores mais elevados no *Pinus*, bem como a fração Humina, onde os teores são levemente superiores nos perfis sob *Pinus elliottii*, sendo equilibrados pelos possíveis valores superiores dos ácidos Húmicos ligados a Pirofosfato no Campo nativo.

No entanto deve-se considerar essas diferenças somente como meras especulações, embora apresentem tendências das curvas, dessas frações nos perfis analisados.

#### 4.5.8 Análise comparativa da composição da matéria orgânica na profundidade de 70-100 cm

Os teores de carbono total do solo nessa camada (Figura 46 e Tabela 9), apesar de não ocorrer diferenças estatísticas, apresentam tendência valores mais elevados para os perfis sob *Pinus elliottii*.

FIGURA 45. COMPOSIÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO EM TEORES DE CARBONO NOS PERFIS SOB CAMPO NATIVO E SOB *Pinus elliottii* NA PROFUNDIDADE DE 55-70 cm

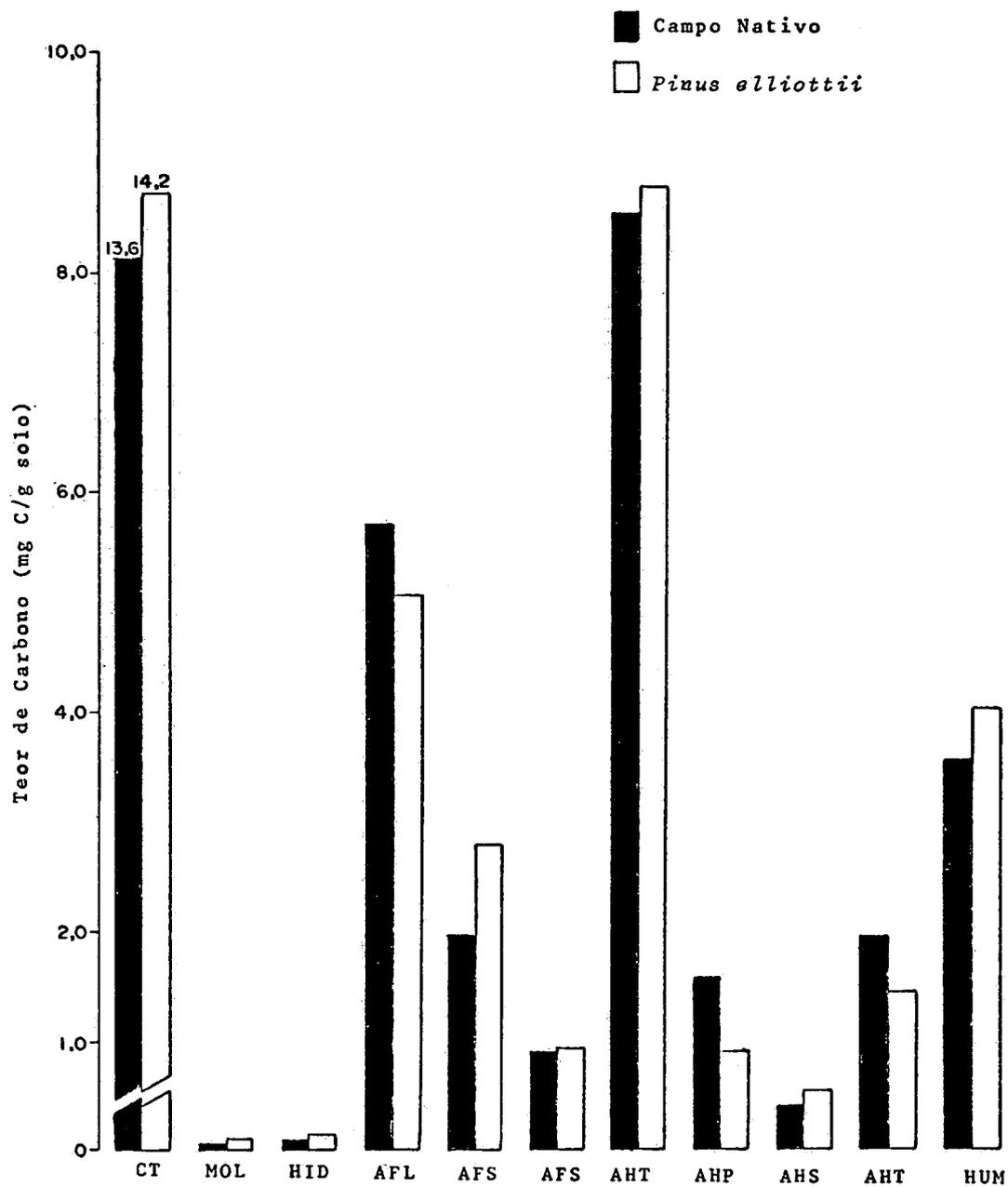


TABELA 8 . COMPOSIÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO EM PERFIS SOB CAMPO NATIVO E SOB FLORESTAMENTO DE *Pinus elliottii* NA PROFUNDIDADE 55-70 cm

Fração	Campo		<i>Pinus</i>	
	Teores de Carbono		Teores de Carbono	
	mg C/g solo	% relativa	mg C/g solo	% relativa
Matéria Orgânica Leve	0,05	0,39	0,10	0,67
Hidrossolúveis	0,10	0,72	0,14	1,00
Ácidos Fúlvicos Livres	5,69	40,07	5,05	34,89
Ácidos Fúlvicos Ligados a Pirofosfato	1,95	13,77	2,79	19,28
Ácidos Fúlvicos Ligados a Soda	0,89	6,30	0,93	6,40
Ácidos Fúlvicos Totais	8,54	60,20	8,78	60,57
Ácidos Húmicos Ligados a Pirofosfato	1,54	10,89	0,89	6,14
Ácidos Húmicos Ligados a Soda	0,40	2,82	0,55	3,80
Ácidos Húmicos Totais	1,94	13,72	1,44	9,94
Ácidos Fúlvicos Totais + Ácidos Húmicos Totais	10,49	73,90	10,22	70,51
Humina	3,55	24,98	4,03	27,82
Substâncias Húmicas Totais	14,04	98,89	14,25	98,33
Fração Pirofosfato	3,48	24,52	3,60	25,28
Fração Soda	1,29	9,11	1,48	10,21

FIGURA 46. COMPOSIÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO EM TEORES DE CARBONO NOS PERFIS SOB CAMPO NATIVO E SOB *Pinus elliottii* NA PROFUNDIDADE DE 70-100 cm

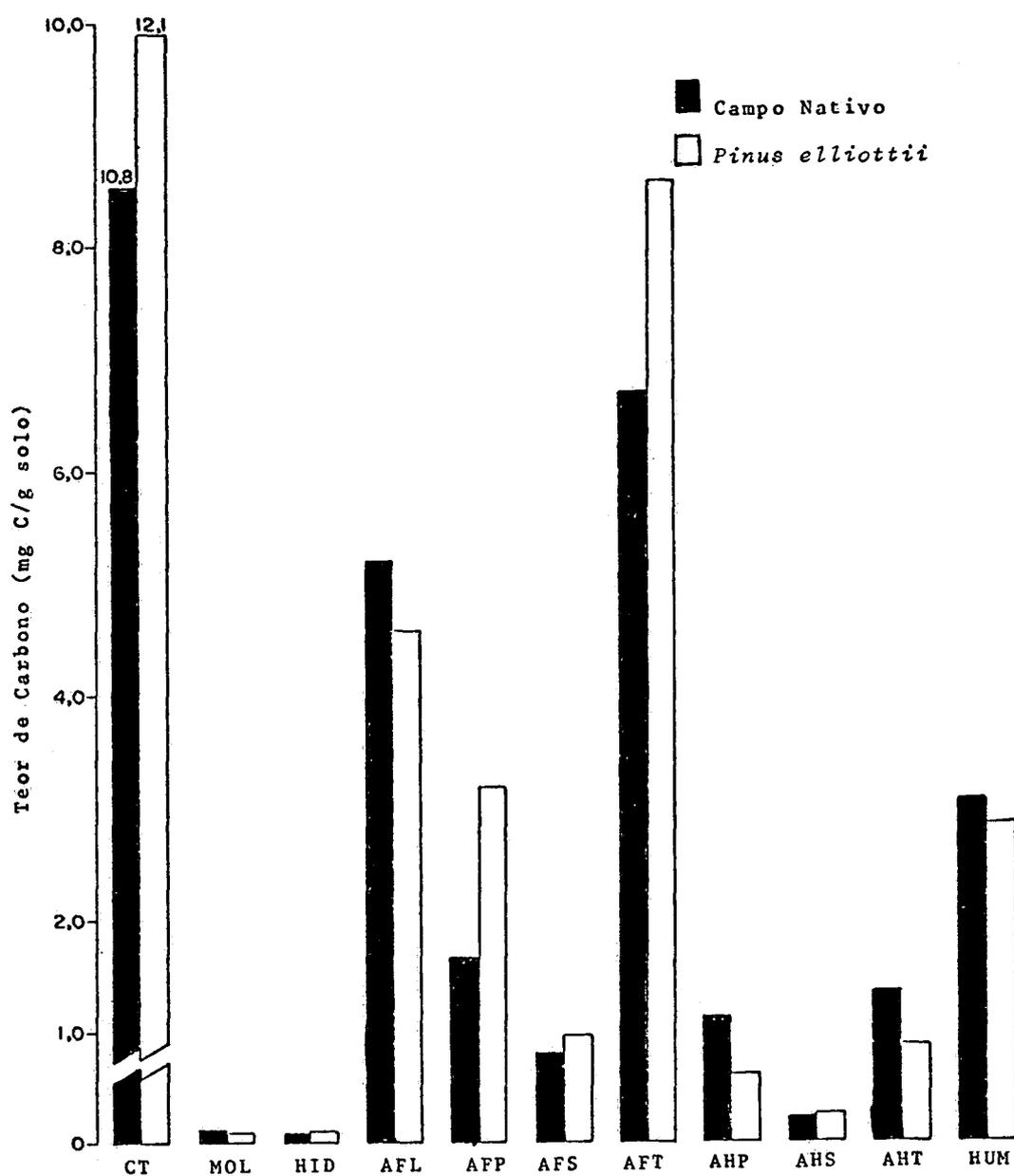


TABELA 9. COMPOSIÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO EM PERFIS SOB CAMPO NATIVO E SOB FLORESTAMENTO DE *Pinus elliottii* NA PROFUNDIDADE 70-100 cm

Fração	Campo		<i>Pinus</i>	
	Teores de Carbono		Teores de Carbono	
	mg C/g solo	% relativa	mg C/g solo	% relativa
Matéria Orgânica Leve	0,09	0,74	0,08	0,63
Hidrossolúveis	0,07	0,58	0,10	0,78
Ácidos Fúlvicos Livres	5,20	48,11	4,56	35,63
Ácidos Fúlvicos Ligados a Pirofosfato	1,64	14,56	3,17	24,77
Ácidos Fúlvicos Ligados a Soda	0,79	6,99	0,84	6,56
Ácidos Fúlvicos Totais	6,69	59,46	8,58	67,03
Ácidos Húmicos Ligados a Pirofosfato	1,12	9,95	0,65	4,77
Ácidos Húmicos Ligados a Soda	0,22	1,97	0,24	1,88
Ácidos Húmicos Totais	1,34	11,92	0,87	6,80
Ácidos Fúlvicos Totais + Ácidos Húmicos Totais	8,04	71,38	9,45	73,83
Humina	3,07	27,30	2,84	22,19
Substâncias Húmicas Totais	11,11	98,68	12,29	96,02
Fração Pirofosfato	2,69	23,93	3,80	29,69
Fração Soda	1,00	8,96	1,36	10,63

A fração ácidos Fúlvicos ligados a Pirofosfato provavelmente explicaria o possível aumento observado para o carbono total do solo nos perfis sob *Pinus elliottii*, uma vez que, apenas esta fração obteve significância estatística ao nível de 5% pelo teste de Duncan, em termos de teores de carbono. Convém notar, que esta fração obteve significância ao nível de 1% pelo teste de Duncan, em termos de porcentagem relativa. A fração ácidos Fúlvicos ligados a Soda, sem no entanto, obter significância a nível estatístico, apresentou teores mais elevados para os perfis sob *Pinus elliottii*, podendo esta fração contribuir para o aumento dos teores de carbono total nessa profundidade. Contrabalançando esses aumentos poderia estar ocorrendo aumento na fração ácidos húmicos ligados a Pirofosfato, no Campo nativo, representando tendências nos perfis analisados.

#### 4.6 RELAÇÃO DAS DIFERENTES FRAÇÕES EM RELAÇÃO A ÁCIDOS HÚMICOS TOTAIS

A relação ácidos Fúlvicos totais - ácidos Húmicos totais obtida nas diferentes camadas dos perfis sob Campo nativo e sob *Pinus elliottii*, demonstrou uma relação maior de ácidos Fúlvicos no *Pinus elliottii*, sendo de acordo com a literatura (VELASCO & ALBAREDA<sup>80</sup>) onde se observa valores maiores de ácidos Fúlvicos para solos sob *Pinus* (Tabelas 37 e 38).

A relação ácidos Fúlvicos livres - ácidos Húmicos totais, verifica-se que não foi significativamente diferente em relação aos perfis sob Campo nativo, com exceção das duas últimas camadas onde esta relação se apresentou levemente superior no *Pinus elliottii*.

TABELA 10. RELAÇÃO DAS DIFERENTES FRAÇÕES EM RELAÇÃO A ÁCIDOS HÚMICOS TOTAIS NOS PERFIS SOB CAMPO NATIVO

Profundidade (cm)	AF/AH	AFL/AH	AFP/AH	AFS/AH	AHP/AH	AHS/AH
0 - 2,5	1,90	1,04	0,44	0,43	0,81	0,19
2,5 - 5	2,13	1,12	0,48	0,53	0,78	0,22
5 - 10	2,08	1,07	0,56	0,45	0,77	0,23
10 - 25	2,30	1,15	0,60	0,55	0,80	0,23
25 - 40	2,59	1,64	0,59	0,36	0,83	0,15
40 - 55	3,89	2,31	0,69	0,47	0,84	0,15
55 - 70	4,40	2,93	1,01	0,46	0,79	0,28
70 - 100	4,99	3,88	1,22	0,59	0,84	0,25

AF/AH : relação ácidos Fúlvicos - ácidos Húmicos  
AFL/AH : relação ácidos Fúlvicos livres - ácidos Húmicos  
AFP/AH : relação ácidos Fúlvicos ligados a Pirofosfato - ácidos Húmicos  
AFS/AM : relação ácidos Fúlvicos ligados a Soda - ácidos Húmicos  
AHP/AH : relação ácidos Húmicos ligados a Pirofosfato - ácidos Húmicos  
AHS/AH : relação ácidos Húmicos ligados a Soda - ácidos Húmicos

TABELA 11 . RELAÇÃO DAS DIFERENTES FRAÇÕES EM RELAÇÃO A ÁCIDOS HÚMICOS TOTAIS NOS PERFIS SOB

*Pinus elliottii*

Profundidade (cm)	AF/AH	AFL/AH	AFP/AH	AFS/AH	AHP/AH	AHS/AH
0 - 2,5	2,78	1,17	1,15	0,45	0,60	0,40
2,5 - 5	2,65	1,22	1,03	0,39	0,65	0,35
5 - 10	2,41	1,11	0,96	0,34	0,57	0,33
10 - 25	2,32	1,11	0,83	0,39	0,59	0,41
25 - 40	2,47	1,24	0,86	0,37	0,65	0,35
40 - 55	4,13	2,15	1,51	0,47	0,66	0,34
55 - 70	6,10	3,51	1,94	0,65	0,62	0,38
70 -100	9,86	5,24	3,64	0,97	0,70	0,28

AF/AH : relação ácidos Fúlvicos - ácidos Húmicos

AFL/AH : relação ácidos Fúlvicos livres - ácidos Húmicos

AFP/AH : relação ácidos Fúlvicos ligados a Pirofosfato - ácidos Húmicos

AFS/AH : relação ácidos Fúlvicos ligados a Soda - ácidos Húmicos

AHP/AH : relação ácidos Húmicos ligados a Pirofosfato - ácidos Húmicos

AHS/AH : relação ácidos Húmicos ligados a Soda - ácidos Húmicos

No entanto, quando se obteve a relação ácidos Fúlvicos ligados a Pirofosfato - ácidos Húmicos observou-se que os ácidos Fúlvicos ligados a Pirofosfato se encontram em maior quantidade no *Pinus elliottii* em todo o perfil.

Na relação ácidos Fúlvico ligados a Soda - ácidos Húmicos, observa-se que a relação é maior no Campo nativo até a profundidade de 25-40 cm, sendo que nas duas últimas camadas, pe maior no *Pinus elliottii*.

Quando se faz a relação ácido Húmico ligados a Pirofosfato - ácidos Húmicos totais, obteve-se que os ácidos Húmicos ligados a Pirofosfato foram maiores em todo o perfil sob Campo nativo, no entanto quando se faz a relação ácidos Húmicos ligados a Soda - ácidos Húmicos totais, obteve-se uma situação contrária, sendo que, observou-se ácidos Húmicos ligados a Soda, maiores no *Pinus elliottii* que no Campo nativo. Conclui-se através dessas relações que os ácidos Fúlvicos ligados menos aderidos (ácidos Fúlvicos ligados a Pirofosfato) em relação aos ácidos Húmicos totais foram maiores no *Pinus elliottii* e os ácidos Húmicos mais aderidos (ácidos Húmicos ligados a Soda) foram maiores no *Pinus elliottii*.

#### 4.7 ANÁLISE DE pH DOS PERFIS SOB CAMPO NATIVO E SOB *Pinus elliottii*

Observa-se que os resultados encontrados para o pH (Tabela 12), conferem com os dados apresentados por PAULA SOUZA<sup>50</sup>, embora os valores absolutos para o Campo nativo se apresentem um pouco mais elevados, que os de PAULA SOUZA<sup>50</sup>, concluiu-se que entre os trabalhos de DAROS<sup>18</sup> e PAULA SOUZA<sup>50</sup> e os atuais, não houveram diferenças no tocante ao pH, permanecendo as conclusões anteriores, no sentido de maior acidificação no *Pinus elliottii*.

TABELA 12. pH DOS PERFIS SOB CAMPO NATIVO E SOB *Pinus elliottii*

Profundidade (cm)	Campo	Pinus
0 - 2,5	5,30	4,15
2,5 - 5	5,25	4,40
5 - 10	5,00	4,45
10 - 25	4,95	4,45
25 - 40	4,70	4,55
40 - 55	4,80	4,75
55 - 70	4,85	4,85
70 -100	4,95	4,85

#### 4.8 ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DOS PERFIS SOB CAMPO NATIVO E SOB *Pinus elliottii*

Quando se comparam as frações das argilas (Tabela 40), entre os perfis sob Campo nativo e sob *Pinus elliottii*, verifica-se que não ocorrem modificações quantitativas significativas entre os dois tratamentos.

Convém notar, nessa análise, que a fração areia, com exceção da primeira camada, diminuiu levemente no *Pinus elliottii*, assim como também a fração silte diminuiu até a camada de 40-55 cm, sendo que nas duas últimas camadas ocorreu um leve aumento. Por sua vez a fração argila permaneceu praticamente sem modificações.

#### 4.9 BIOMASSA RADICULAR TOTAL

A análise radicular, totais dos perfis sob Campo nativo e sob *Pinus elliottii* (Figura 47, 48 e 49) demonstra para a curva do Campo nativo uma diminuição na quantidade de raízes, da camada de 0-2,5 cm para a camada de 2,5-5 cm, sendo que até a camada seguinte não ocorre alteração em termos quantitativos de raízes. Na camada seguinte observa-se um pico, representando um aumento no volume de raízes, diminuindo gradativamente a seguir, até a camada de 40-55 cm, sendo que até a profundidade de 70-100 cm permanecem constante em termos quantitativos de massa de raízes.

A curva referente a quantidade de raízes no *Pinus elliottii*, demonstra uma diminuição em termos quantitativos da primeira camada de 0-2,5 cm para a segunda camada, aumentando levemente

TABELA 13. ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DOS PERFIS SOB CAMPO NATIVO E SOB *Pinus elliottii*

Profundidade (cm)	Campo			<i>Pinus</i>		
	Areia	Silte	Argila	Areia	Silte	Argila
0 - 2,5	42,25	20,75	37,00	44,80	18,20	37,00
2,5 - 5	44,05	19,95	36,00	44,75	18,25	37,00
5 - 10	43,50	19,50	37,00	43,10	19,90	37,00
10 - 25	43,80	20,20	36,00	42,60	20,40	37,00
25 - 40	44,40	19,60	36,00	42,20	18,80	39,00
40 - 55	44,45	19,55	36,00	41,50	18,50	40,00
55 - 70	43,25	17,75	39,00	38,30	18,20	43,00
70 -100	42,25	17,75	40,00	40,35	24,05	49,00

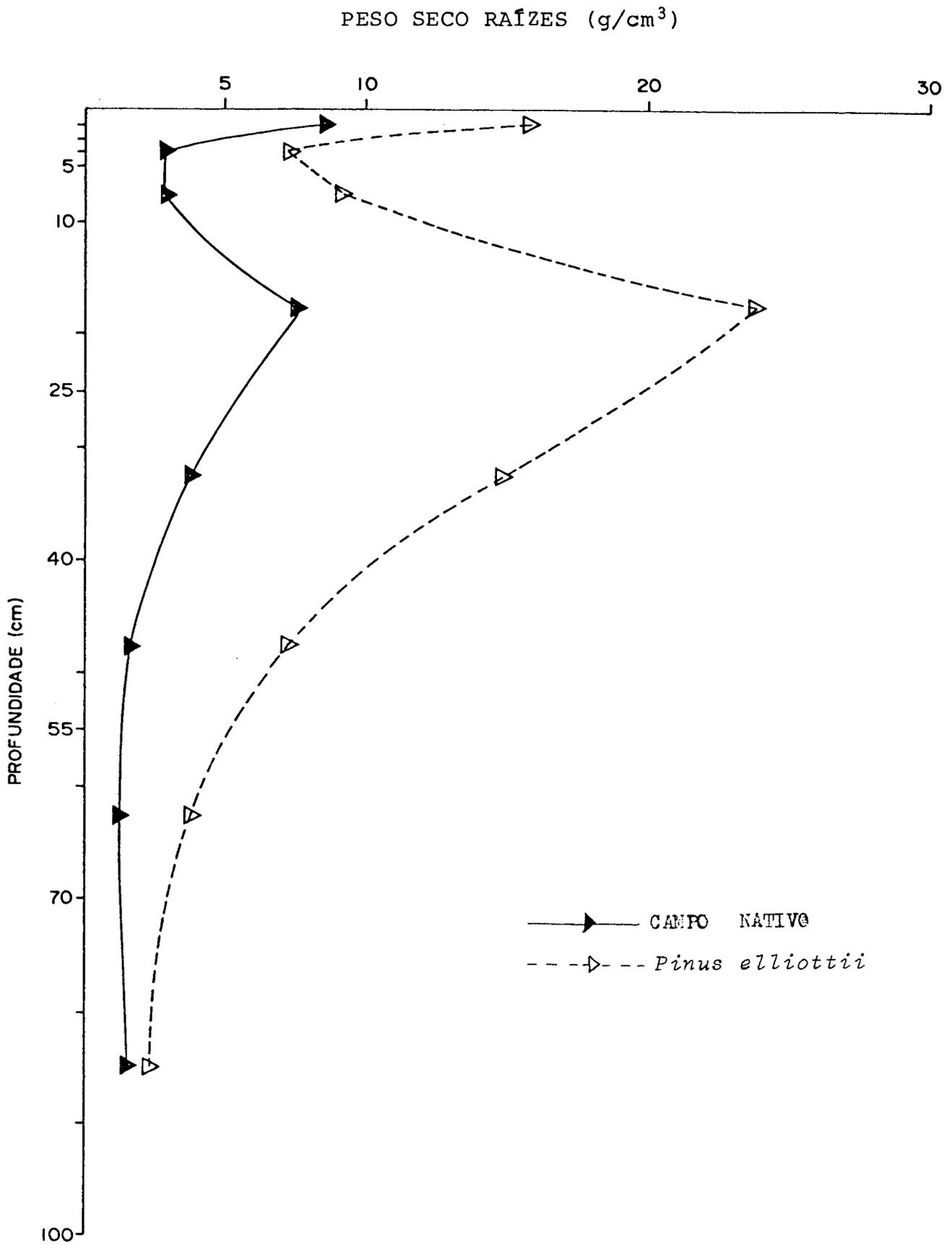
FIGURA 47. BIOMASSA RADICULAR TOTAL NOS PERFIS SOB CAMPO NATIVO E SOB *Pinus elliottii*

FIGURA 48. BIOMASSA DE RAÍZES ATÉ 2 mm DE DIÂMETRO NOS PERFIS SOB CAMPO NATIVO E SOB *Pinus elliottii*

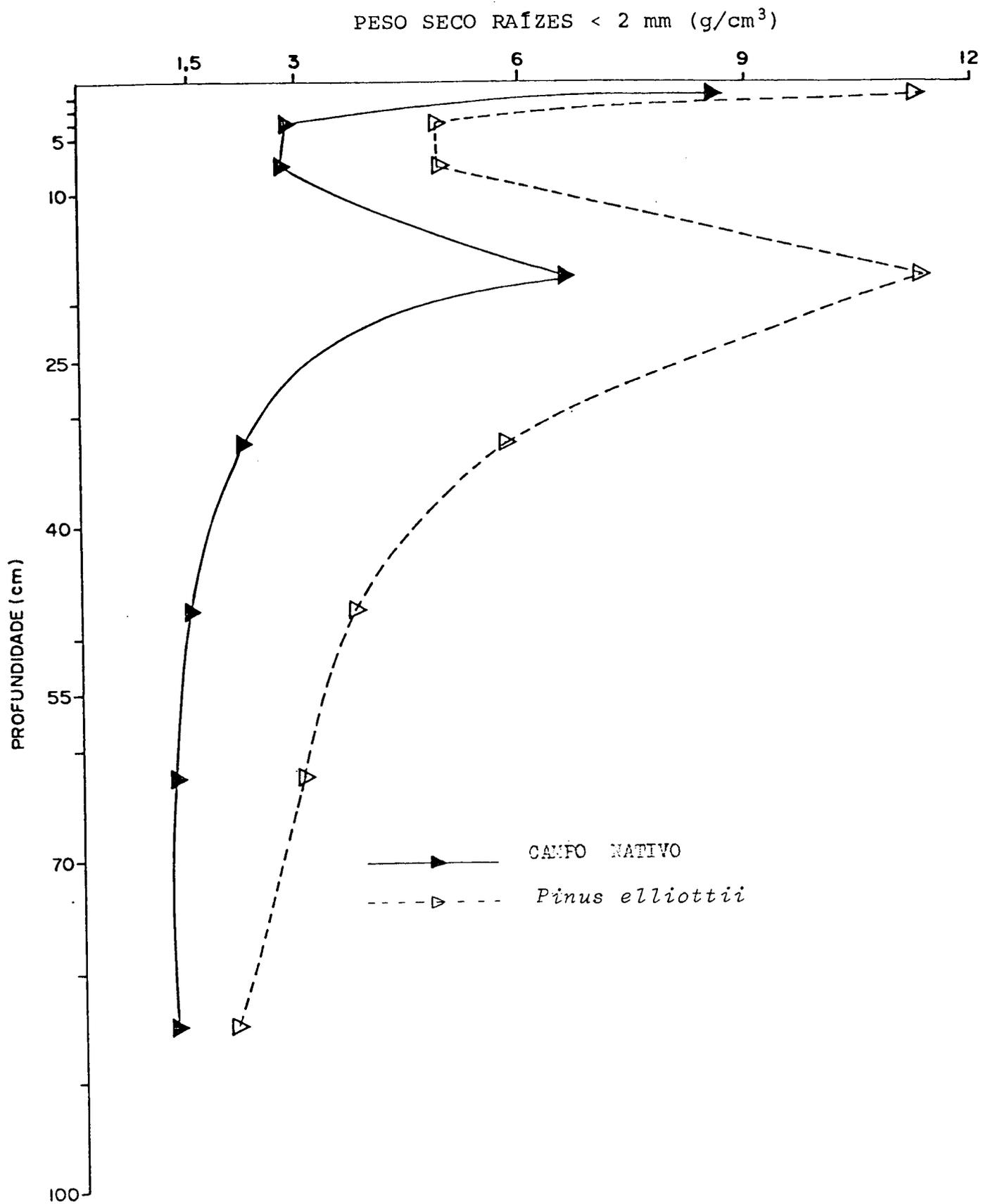


FIGURA 49. RAÍZES TOTAIS ANALISADAS NAS DIFERENTES PROFUNDIDADES NOS PERFIS SOB CAMPO NATIVO E SOB *Pinus elliottii*



PA - CAMPO NATIVO

MO - *Pinus elliottii*

na profundidade de 5-10 cm, quando a seguir ocorre um aumento acentuado, formando um pico, indicando volumes quantitativamente maiores, que as demais profundidades analisadas. A partir dessa profundidade ocorre uma diminuição acentuada até a camada de 40-55 cm onde a diminuição apresenta menos acentuada.

Comparando-se as duas curvas sob perfis sob Campo nativo e sob *Pinus elliottii*, observa-se que ocorre diferenças quantitativas entre os dois perfis, sob Campo nativo e sob *Pinus elliottii*. Observa-se nitidamente uma quantidade maior da biomassa em todo o perfil sob *Pinus elliottii*.

Convém notar, que ocorre uma concentração de raízes na camada superficial de 0-2,5 cm, tanto no campo nativo como no *Pinus elliottii*, é ainda interessante notar, que, ocorre novamente um aumento na profundidade de 10-25 cm nos dois perfis, sendo que esse aumento observa-se, ser bem maior, nos perfis sob *Pinus elliottii*.

Após essa camada de 10-25 cm, ocorre diminuições acentuadas, em termos quantitativos da biomassa radicular total nos dois perfis, até a camada de 40-55 cm, sendo que, até a profundidade de 1 metro os valores quantitativos praticamente se igualam.

Analisando-se quantitativamente, as raízes com diâmetro menor que 2 mm retirando-se as maiores que 5 mm obteve-se curvas (Figura 48) que o Campo nativo demonstra que ocorre uma diminuição da quantidade de raízes pequenas da primeira camada de 0-2,5 cm para a segunda, de 2,5-5 cm, permanecendo sem diferenças na camada até 5-10 cm.

Na camada de 10-25 cm a curva demonstra um pico, no sentido de aumento da quantidade de raízes nessa profundidade,

sendo que logo a seguir na camada seguinte de 25-40 cm ocorre uma diminuição drástica na quantidade da biomassa radicular, permanecendo praticamente constante até a camada de 70-100 cm.

A curva para o *Pinus elliottii*, demonstra que ocorre uma diminuição bastante grande da camada superficial, de 0-2,5 cm, para a de 2,5-5 cm onde não se observa alteração na quantidade de raízes. Ocorrendo um aumento significativo na camada de 10-25 cm, onde então se observa uma diminuição intensa na quantidade de raízes na camada seguinte de 25-40 cm. A partir dessa camada a diminuição ocorre gradualmente até a profundidade de 70-100 cm.

Quando se compara as duas curvas, observa-se que nos perfis sob *Pinus elliottii* encontra-se quantidades mais elevadas de raízes, em relação ao Campo nativo, em todo o perfil.

Convém notar que os picos de aumento que os picos de aumento que se observa nos dois perfis ocorrem nas mesmas profundidades tanto no Campo nativo como no *Pinus elliottii*.

Comparando-se as duas figuras observa-se que os picos que indicam aumentos de raízes nas profundidades de 0-2,5 cm e 10-25 cm são provocados principalmente pelas raízes pequenas, até 2 mm, uma vez que esse aumento é verificado nas duas figuras, sendo que apenas diminuem em valores absolutos, diminuindo a diferença entre os perfis analisados.

#### 4.10 EFEITO DO FLORESTAMENTO COM *Pinus elliottii* NA MODIFICAÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO

De posse dos resultados apresentados nas secções anteriores, torna-se agora possível analisar os efeitos do reflorestamento *Pinus elliottii* na matéria orgânica do solo.

Os trabalhos anteriores de PAULA SOUZA<sup>54</sup> e DAROS<sup>18</sup>, indicaram a redistribuição da matéria orgânica em profundidade, nessa mesma área experimental, do atual trabalho, que pode ser verificada novamente na Figura 3. No entanto, inicialmente pela própria análise das diferenças encontradas, na matéria orgânica do solo, dos perfis sob campo nativo e *Pinus elliottii*, por DAROS<sup>18</sup>, e o atual trabalho, verificaram-se tendências, ao aumento, nos teores de matéria orgânica nos perfis sob *Pinus elliottii* nas camadas de 0-2,5 cm, 40-55 cm, e, nos perfis sob campo nativo nas camadas de 0-2,5, 2,5-5 cm e 5-10 cm, em relação nos trabalhos de DAROS<sup>18</sup>. Esses resultados indicariam que as curvas, para as datas de coleta do atual experimento, em relação à época analisada por DAROS<sup>18</sup>, seriam diferentes (ver seção 4.1). A primeira vista nos pareceria estranho que em tão pouco tempo, houvessem ocorrido mudanças tão significativas (Ver Figuras 4, 5 e 6 e seção 4.1), principalmente no Campo nativo, no entanto poder-se-ia inferir que houvessem mudanças significativas devido à introdução de gado de leite no Campo nativo concomitante com o florestamento. As mudanças devido ao florestamento poderiam ser facilmente explicadas devido a drástica mudança na cobertura florestal. No entanto, os dados obtidos para fracionamento de matéria orgânica do solo teriam de ser ainda analisados.

Verificada a redistribuição de carbono no atual experimento constatou-se que a diminuição nos perfis sob *Pinus elliottii* das frações ácidos Fúlvicos Livres, ácidos Fúlvicos ligados a Soda e ácidos Húmicos ligados a Pirofosfato, para as profundidades de 2,5-5,0 cm e 5-10 cm, explicavam os maiores teores de carbono total nos perfis sob Campo nativo (Figu-

ras 40 e 41). Porém concomitantemente estariam diminuindo também; nessas mesmas camadas, nos perfis sob Campo nativo, as frações ácidos Fúlvicos ligados a Pirofosfato e Humina (Figuras 40 e 41). Por sua vez, nas camadas de 25-40 cm e 40-55 cm, as diferenças no carbono total do solo seriam explicados por aumentos, nos perfis sob *Pinus elliottii* das frações ácidos Fúlvicos ligados a Pirofosfato, ácidos Húmicos ligados a Soda e Humina (Figuras 43 e 44). Concomitantemente aumentaram, nos perfis sob Campo nativo as frações ácidos Fúlvicos Livres e ácidos Húmicos ligados a Pirofosfato (Figuras 43 e 44).

Caso houvesse transporte de matéria orgânica das camadas superiores (até 25 cm) para as inferiores (25 a 55 cm), nos perfis sob *Pinus elliottii*, seria possível o transporte das frações ácidos Fúlvicos ligados a Soda e ácidos Húmicos ligados a Pirofosfato?

Estas frações seriam então transformadas, nas camadas inferiores, em ácidos Fúlvicos ligados a Pirofosfato, ácidos Húmicos ligados a soda e Humina?

E, ainda, como se explicariam as diminuições das frações ácidos Fúlvicos ligados a Pirofosfato e Humina, nos perfis sob Campo nativo, nas camadas superiores?

Ou os aumentos dos ácidos Fúlvicos Livres e ácidos Húmicos ligados a Pirofosfato, nas camadas inferiores, nos perfis sob Campo nativo?

A lógica, indicava que as respostas a essas perguntas deveriam se situar no âmbito de outras explicações para os dados verificados pois, no solo do experimento em questão era pouco provável a movimentação de frações tais como ácidos Fúlvicos ligados a Soda ou ácidos Húmicos ligados a Pirofosfato, devido às suas propriedades físicas. Muito pouco provável nos

parecia, as transformações, nas camadas inferiores, de ácidos Fúlvicos ligados a Soda e ácidos Húmicos ligados a Pirofosfato, em, ácidos Fúlvicos ligados a Pirofosfato, ácidos Húmicos ligados a Soda e Humina, embora essas reações teoricamente possam ocorrer (DABIN<sup>17</sup>). Ou ainda, pouco provável a diminuição nas camadas superiores, nos perfis sob campo nativo, dos ácidos fúlvicos ligados a Pirofosfato, e, principalmente da Humina.

Outro problema que se apresentava residia no fato de as "diminuições" do carbono, nas camadas superiores, nos perfis sob *Pinus elliottii*, correspondiam a, aproximadamente, apenas 1/3 do carbono adicionado nas camadas inferiores. Nesse caso, caso houvesse transporte os outros 2/3 (Fig.4) do carbono adicionado deveriam ter origem nos pluviolixiviados, que, trariam hidrossolúveis da manta de acículas, que, nas profundidades inferiores seriam transformados em ácidos Fúlvico ligados a Pirofosfato, ácidos Húmicos ligados a Soda e Humina. Essa hipótese, embora pouco provável, porém possível, requereria uma série de experimentos adicionais para sua constatação.

De posse dessas indagações e dos dados das secções 4.1 a 4.8, a análise que melhor se situaria seria a análise do ângulo das frações que porventura tivessem aumentado diferencialmente nos perfis sob campo nativo, nas camadas superiores, e, nos perfis sob *Pinus elliottii* nas camadas inferiores.

Assim sendo poder-se-ia explicar as diferenças nas camadas superiores como sendo um aumento diferencial dos teores matéria orgânica, nos perfis sob campo nativo, em relação aos perfis sob *Pinus elliottii*, aumento que poderia ser explicado pelas frações ácidos Fúlvicos Livres, ácidos Fúlvicos ligados a Soda e ácidos Húmicos ligados a Pirofosfato, aumentos esses que seriam,

nos perfis sob campo nativo, superiores a ponto de suplantar os aumentos, nos perfis sob *Pinus elliottii*, das frações ácidos Fúlvicos ligados a Pirofosfato e Humina.

Nas camadas inferiores, ocorreria, nos perfis sob *Pinus elliottii*, um aumento, em relação aos perfis sob Campo nativo, nos teores de matéria orgânica, aumento esse, explicado, pelas frações ácidos Fúlvicos ligados a Pirofosfato, ácidos Húmicos ligados a Soda e Humina, nos perfis sob *Pinus elliottii*, aumentos esses superiores a suplantar, os aumentos de frações ácidos Fúlvicos Livres e ácidos Húmicos ligadas a Pirofosfato dos perfis sob Campo nativo.

Nessa explicação dois pontos interessantes colaborariam para a lógica das hipóteses estabelecidas:

- a) as frações, verificadas experimentalmente, que aumentaram nos perfis sob Campo nativo e sob *Pinus elliottii*, tanto para as camadas superiores como inferiores foram as mesmas; ou seja para o *Pinus elliottii* ácidos Fúlvicos ligados a Pirofosfato, ácidos Húmicos ligados a Soda e Humina, e, para o campo ácidos Fúlvicos Livres, ácidos Fúlvicos ligados a Soda (pelo menos nas camadas superiores) e ácidos Húmicos ligados a Pirofosfato;
- b) caso houvesse deposição diferencial de matéria orgânica, nos perfis sob campo nativo e *Pinus elliottii*, essa deposição deveria estar de acordo com a distribuição do sistema radicular, que até certo ponto pôde ser verificado na secção 4.9 (Figuras 47 e 48) essas figuras explicam bem os dados para os perfis sob *Pinus elliottii*, que apresenta uma quantidade de raízes

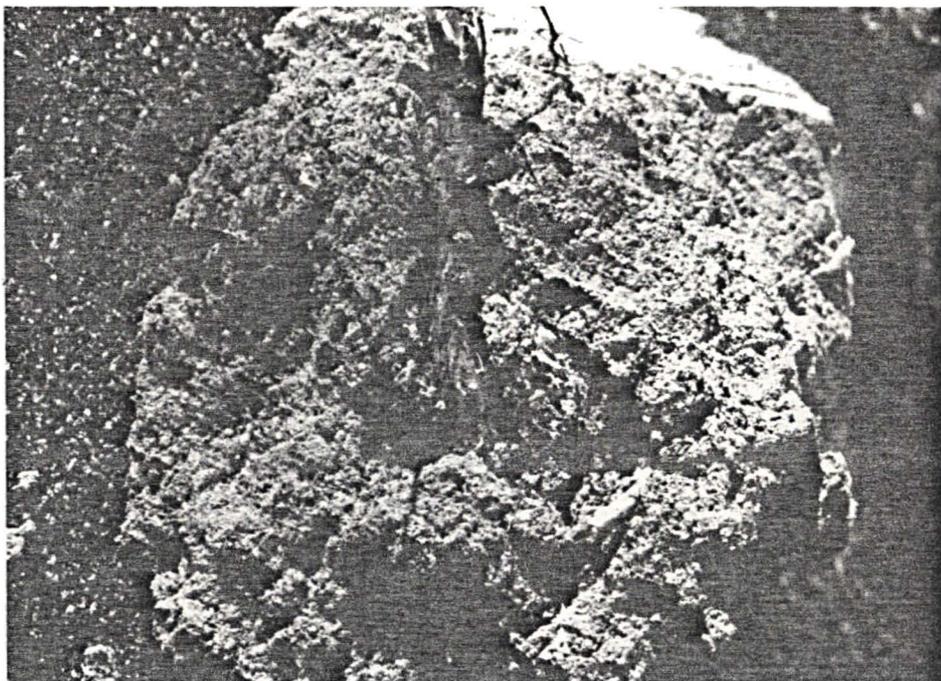
bastante elevada nas camadas inferiores, para serem explicados os valores relativos ao Campo nativo há que se inferir a hipótese do sistema radicular deste ser mais ativo que o do *Pinus elliottii* na deposição de matéria orgânica, ao nosso ver essa hipótese é provável de ser verdadeira.

Porém, um achado **surpreendente**, que, a nosso ver, decidiria por explicar a redistribuição como deposição diferencial de matéria orgânica em profundidade entre os perfis sob Campo nativo e *Pinuse elliottii*, foi a descoberta da deposição de substâncias Húmicas pelo sistema radicular do *Pinus elliottii* em profundidade de um metro ou superiores (Figura 49). Essas deposições eram localizadas ao redor das raízes vivas formando regiões mais escuras que somente puderam ser observadas devido a coloração do solo nessas profundidades. Mais ainda que essas deposições apareceriam somente nas raízes que tinham micorrizas. Não foram encontradas nenhum caso de deposição de substâncias Húmicas em raízes sem micorrizas, e, ainda mais as deposições acompanhavam o micélio do fungo em alguns casos muitos centímetros, em diversas direções, da raiz micorrizada.

Tendo em vista a conhecida participação dos microrganismos na síntese de substâncias Húmicas (SCHNITZER<sup>65</sup>), e ainda a verificação de micorrizas também nas raízes do Campo nativo, a deposição de substâncias Húmicas pelo sistemas radiculares tanto do *Pinus elliottii* como do Campo nativo nos parece plausível, embora, devido à profundidade das raízes nos perfis sob Campo nativo não fosse possível visualizar a deposição de substâncias Húmicas pelas micorrizas.

Esses resultados, ao nosso ver colaboram decisivamente para explicar as diferenças entre os perfis sob Campo nativo e *Pinus elliottii* como sendo resultado da deposição diferencial de matéria orgânica e ainda abrem campo para uma série de estudos sobre os efeitos das micorrizas na formação das substâncias Húmicas.

FIGURA 50. DEPOSIÇÃO DE SUBSTÂNCIAS HÚMICAS POR MICORRIZAS



## 5 CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos foram possíveis de serem extraídos as seguintes conclusões:

1 Foram encontradas diferenças qualitativas e quantitativas para os diferentes teores de matéria orgânica do solo, entre os perfis sob Campo nativo e *Pinus elliottii*;

2 A redistribuição da matéria orgânica do solo nos perfis sob *Pinus elliottii* foi explicada, preferencialmente, como resultado do aumento diferencial, da matéria orgânica do solo, nos perfis sob Campo nativo e *Pinus elliottii*, e não, pelo possível transporte de substâncias das camadas superiores para as inferiores nos perfis sob *Pinus elliottii*;

3 Essa deposição diferencial indicada nos resultados do presente trabalho, explica as diferenças encontradas, entre os perfis sob Campo nativo e *Pinus elliottii*, na matéria orgânica do solo, da seguinte maneira: a) nas camadas de 2,5-25 cm no Campo nativo pelo aumento diferencial das frações ácidos Fúlvicos livres, ácidos Fúlvicos ligados a Soda, e nas camadas de 25-55 cm pelo aumento diferencial das frações ácidos Fúlvicos livres e ácidos Húmicos ligados a Pirofosfato; b) no *Pinus elliottii* pelo aumento diferencial das frações ácidos Fúlvicos

ligados a Pirofosfato, ácidos Húmicos ligados a Soda e Humina em quaisquer profundidades entre 2,5 e 60 cm;

4 Foram encontradas indicações do envolvimento direto, de micorrizas, na deposição de substâncias Húmicas nos perfis sob *Pinus elliottii*;

5 Os resultados do fracionamento da matéria orgânica do solo, não indicaram efeitos prejudiciais, relativos a esse parâmetro, para o florestamento com *Pinus elliottii*, sendo inclusive possível que essa cobertura venha, ao longo do tempo, favorecer o acúmulo de matéria orgânica nos perfis do solo;

6 Os resultados obtidos abrem perspectivas para que novas pesquisas sobre florestamento com *Pinus elliottii* possam ser executadas, principalmente, as relativas a formação das diferentes frações da Matéria Orgânica do solo e possíveis interconverções das mesmas, e do envolvimento de microrganismos nesses processos.

## SUMMARY

The actual experiment has been located at the Lapa country in the state of Paraná, on a (PVso) Podzólico-Vermelho Amarelo Álico soil. Two conditions of vegetation were analysed: natural field and florestation with *Pinus elliottii* of 17 years of age. The effects of the new forest on the soil organic matter were examined upon its fractionation following the method of DABIN<sup>14</sup>, at different depths and by quantification of root biomass. The data obtained showed: (a) qualitative and quantitative differences on the level of soil organic matter in the profiles of natural field and of *Pinus elliottii*; (b) the redistribution of soil organic matter formerly observed has been comproved and was explained by diferencial increment of soil organic matter in both, natural field and *Pinus elliottii*; (c) the observed differences between the two treatments was explained by a different increments in the natural field profiles of free fulvic acids and fulvic acids extracted by sodium hydroxide fractions, from 2,5 to 25 cm dept; free fulvic acids and humic acids extrated by pyrophosphate fractions, from 25 to 55 cm depth, for the profiles of *Pinus elliottii* a diferencial increment of fulvic acid extracted by pyrophosphate, humic acid extracted by sodium hydroxide and humin fractions from 2,5 cm to 70 cm; (d) it was evidenciaded possibles envolvimento of humic substances deposition by micorrizas for the profiles of *Pinus elliottii*; (e) the result of the soil organic matter fractionation did not indicate undesirable effects of the *Pinus* forests on the soil organic matter, it is also possible that the florestation with *Pinus elliottii* could favor the accumulation of soil organic matter with time in the conditions of the experiment.

## APÊNDICES

TABELA 14. ANÁLISE DE VARIÂNCIA SEGUNDO DELINEAMENTO COM PARCELAS SUB-DIVIDIDAS PARA OS FATORES LOCAL (PARCELA) e PROFUNDIDADE (SUB-PARCELA) PARA O CARBONO TOTAL DO SOLO

## ANÁLISE DE VARIÂNCIA

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F	CV
Local	1	66,68	66,69	3,53	n.s. 14%
Erro (a)	6	113,19	18,87	-	
Profundidade	7	2957,64	422,52	44,66	**
Local x Prof.	7	309,94	44,28	4,68	**
Erro (b)	42	397,28	9,46	-	
Total	63	3844,75			

n.s.: não significativo

\* : significativo ao nível de 5% de probabilidade

\*\* : significativo ao nível de 1% de probabilidade

## COMPARAÇÃO DE MÉDIAS

Profundidade	Local	
	<i>Pinus</i>	Campo
1	37,92 a	26,76 b
2	24,19 a	27,41 a
3	24,42 b	37,16 a
4	25,23 b	26,10 a
5	22,61 a	18,08 b
6	18,14 a	13,66 b
7	14,13 a	12,60 a
8	12,10 a	10,82 a

As médias seguidas pela mesma letra (horizontal) não diferem estatisticamente entre si.

TABELA 15. ANÁLISE DE VARIÂNCIA SEGUNDO DELINEAMENTO COM PARCELAS SUB-DIVIDIDAS PARA OS FATORES LOCAL (PARCELA) e PROFUNDIDADE (SUB-PARCELA) PARA OS TEORES DE CARBONO NA FRAÇÃO MATÉRIA ORGÂNICA LEVE

## ANÁLISE DE VARIÂNCIA

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F	CV
Local	1	0,25	0,25	6,25 *	48%
Erro (a)	6	0,22	0,04	-	
Profundidade	7	1,10	0,16	16,00 **	
Local x Prof.	7	0,18	0,03	3,00 *	
Erro (b)	42	0,34	0,01	-	
Total	63	2,087			

n.s.: não significativo

\* : significativo ao nível de 5% de probabilidade

\*\* : significativo ao nível de 1% de probabilidade

## COMPARAÇÃO DE MÉDIAS

Profundidade	L o c a l	
	<i>Pinus</i>	Campo
1	0,57 a	0,23 b
2	0,36 a	0,22 a
3	0,50 a	0,33 b
4	0,31 a	0,23 a
5	0,30 a	0,09 b
6	0,08 a	0,06 a
7	0,11 a	0,07 a
8	0,09 a	0,08 a

As médias seguidas pela mesma letra (horizontal) não diferem estatisticamente entre si.

TABELA 16. ANÁLISE DE VARIÂNCIA SEGUNDO DELINEAMENTO COM PARCELAS SUB-DIVIDIDAS PARA OS FATORES LOCAL (PARCELA) e PROFUNDIDADE (SUB-PARCELA) PARA OS TEORES DE CARBONO NA FRAÇÃO HIDROSSOLÚVEIS

## ANÁLISE DE VARIÂNCIA

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F	CV
Local	1	0,11	0,11	0,69 **	28%
Erro (a)	6	0,93	0,16	-	
Profundidade	7	0,09	0,01	2,00 n.s.	
Local x Prof.	7	0,14	0,02	4,00 **	
Erro (b)	42	0,19	0,05	-	
Total	63	1,462			

n.s.: não significativo

\* : significativo ao nível de 5% de probabilidade

\*\* : significativo ao nível de 1% de probabilidade

## COMPARAÇÃO DE MÉDIAS

Profundidade	L o c a l	
	<i>Pinus</i>	Campo
1	0,60 a	0,28 b
2	0,38 a	0,34 a
3	0,39 a	0,37 a
4	0,38 a	0,34 a
5	0,29 a	0,22 a
6	0,22 a	0,14 a
7	0,15 a	0,10 a
8	0,11 a	0,07 a

As médias seguidas pela mesma letra (horizontal) não diferem estatisticamente entre si!

TABELA 17. ANÁLISE DE VARIÂNCIA SEGUNDO DELINEAMENTO COM PARCELAS SUB-DIVIDIDAS PARA OS FATORES LOCAL (PARCELA) e PROFUNDIDADE (SUB-PARCELA) PARA OS TEORES DE CARBONO NA FRAÇÃO ÁCIDOS FÚLVICOS LIVRES

## ANÁLISE DE VARIÂNCIA

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F	CV
Local	1	10,44	10,44	12,43 **	11%
Erro (a)	6	5,05	0,84	-	
Profundidade	7	2,95	0,42	1,00 n.s.	
Local x Prof.	7	18,62	2,66	6,33 **	
Erro (b)	42	17,58	0,42	-	
Total	63	54,64			

n.s.: não significativo

\* : significativo ao nível de 5% de probabilidade

\*\* : significativo ao nível de 1% de probabilidade

## COMPARAÇÃO DE MÉDIAS

Profundidade	Local	
	<i>Pinus</i>	Campo
1	7,46 a	6,64 a
2	5,54 b	7,13 a
3	5,39 b	6,89 a
4	5,83 a	6,73 a
5	5,66 b	6,75 a
6	5,76 a	5,85 a
7	5,05 a	5,69 a
8	4,56 a	5,20 a

As médias seguidas pela mesma letra (horizontal) não diferem estatisticamente entre si.

TABELA 18. ANÁLISE DE VARIÂNCIA SEGUNDO DELINEAMENTO COM PARCELAS SUB-DIVIDIDAS PARA OS FATORES LOCAL (PARCELA) e PROFUNDIDADE (SUB-PARCELA) PARA OS TEORES DE CARBONO NA FRAÇÃO PIROFOSFATO

## ANÁLISE DE VARIÂNCIA

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F	CV
Local	1	2,00	2,00	2,41 n.s.	11%
Erro (a)	6	4,97	0,83	-	
Profundidade	7	303,79	43,40	76,14 **	
Local x Prof.	7	15,57	2,22	3,89 **	
Erro (b)	42	23,90	0,57		
Total	63	350,23			

n.s.: não significativo

\* : significativo ao nível de 5% de probabilidade

\*\* : significativo ao nível de 1% de probabilidade

## COMPARAÇÃO DE MÉDIAS

Profundidade	L o c a l	
	<i>Pinus</i>	Campo
1	10,50 a	8,69 b
2	8,13 a	8,09 a
3	8,00 a	9,07 a
4	7,96 a	8,71 a
5	7,66 a	6,51 b
6	6,22 a	4,66 b
7	3,71 a	3,75 a
8	3,44 a	3,31 a

As médias seguidas pela mesma letra (horizontal) não diferem estatisticamente entre si.

TABELA 19. ANÁLISE DE VARIÂNCIA SEGUNDO DELINEAMENTO COM PARCELAS SUB-DIVIDIDAS PARA OS FATORES LOCAL (PARCELA) e PROFUNDIDADE (SUB-PARCELA) PARA OS TEORES DE CARBONO NA FRAÇÃO ÁCIDOS FÚLVICOS LIGADOS A PIROFOSFATO

## ANÁLISE DE VARIÂNCIA

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F	CV
Local	1	45,70	45,70	11,69 *	25%
Erro (a)	6	23,44	3,91	-	
Profundidade	7	49,61	7,09	18,18 **	
Local x Prof.	7	15,91	2,27	5,82 **	
Erro (b)	42	16,53	0,39	-	
Total	63	151,18			

n.s.: não significativo

\* : significativo ao nível de 5% de probabilidade

\*\* : significativo ao nível de 1% de probabilidade

## COMPARAÇÃO DE MÉDIAS

Profundidade	Local	
	<i>Pinus</i>	Campo
1	6,99 a	3,04 b
2	5,02 a	3,07 b
3	5,05 a	3,84 b
4	4,82 a	3,73 b
5	4,39 a	2,71 b
6	4,32 a	2,11 b
7	2,81 a	2,09 a
8	2,78 a	2,07 a

As médias seguidas pela mesma letra (horizontal) não diferem estatisticamente entre si.

TABELA 20. ANÁLISE DE VARIÂNCIA SEGUNDO DELINEAMENTO COM PARCELAS SUB-DIVIDIDAS PARA OS FATORES LOCAL (PARCELA) e PROFUNDIDADE (SUB-PARCELA) PARA OS TEORES DE CABONO NA FRAÇÃO ÁCIDOS HÚMICOS LIGADOS A PIROFOSFATO

ANÁLISE DE VARIÂNCIA

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F	CV
Local	1	28,01	28,01	3,57 n.s.	29%
Erro (a)	6	47,05	7,84	-	
Profundidade	7	111,81	15,97	29,04 **	
Local x Prof.	7	8,59	1,23	2,24 *	
Erro (b)	42	23,15	0,55		
Total	63	151,18			

n.s.: não significativo

\* : significativo ao nível de 5% de probabilidade

\*\* : significativo ao nível de 1% de probabilidade

COMPARAÇÃO DE MÉDIAS

Profundidade	L o c a l	
	<i>Pinus</i>	Campo
1	3,52 b	5,64 a
2	3,10 b	5,02 a
3	2,95 b	5,23 a
4	3,14 b	4,97 a
5	3,34 a	3,81 a
6	1,90 a	2,55 a
7	0,90 a	1,66 a
8	0,67 a	1,21 a

As médias seguidas pela mesma letra (horizontal) não diferem estatisticamente entre si.

TABELA 21. ANÁLISE DE VARIÂNCIA SEGUNDO DELINEAMENTO COM PARCELAS SUB-DIVIDIDAS PARA OS FATORES LOCAL (PARCELA) e PROFUNDIDADE (SUB-PARCELA) PARA OS TEORES DE CARBONO NA FRAÇÃO SODA

## ANÁLISE DE VARIÂNCIA

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F	CV
Local	1	0,06	0,06	0,02 **	25%
Erro (a)	6	18,87	3,15	-	
Profundidade	7	110,93	15,85	69,91 **	
Local x Prof.	7	10,35	1,48	6,43 **	
Erro (b)	42	9,56	0,23		
Total	63	149,77			

n.s.: não significativo

\* : significativo ao nível de 5% de probabilidade

\*\* : significativo ao nível de 1% de probabilidade

## COMPARAÇÃO DE MÉDIAS

Profundidade	Local	
	<i>Pinus</i>	Campo
1	5,20 a	4,38 b
2	3,67 b	4,80 a
3	3,62 b	4,65 a
4	3,78 b	4,71 a
5	3,44 a	2,41 b
6	2,38 a	1,89 a
7	1,54 a	1,40 a
8	1,24 a	1,09 a

As médias seguidas pela mesma letra (horizontal) não diferem estatisticamente entre si.

TABELA 22.. ANÁLISE DE VARIÂNCIA SEGUNDO DELINEAMENTO COM PARCELAS SUB-DIVIDIDAS PARA OS FATORES LOCAL (PARCELA) e PROFUNDIDADE (SUB-PARCELA) PARA OS TEORES DE CARBONO NA FRAÇÃO ÁCIDOS FÚLVICOS LIGADOS A SODA

## ANÁLISE DE VARIÂNCIA

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F	CV
Local	1	7,15	7,15	6,33 *	29%
Erro (a)	6	6,78	1,13	-	
Profundidade	7	35,70	5,10	26,84 **	
Local x Prof.	7	9,63	1,38	7,26 **	
Erro (b)	42	7,88	0,19	-	
Total	63	67,14			

n.s.: não significativo

\* : significativo ao nível de 5% de probabilidade

\*\* : significativo ao nível de 1% de probabilidade

## COMPARAÇÃO DE MÉDIAS

Profundidade	Local	
	<i>Pinus</i>	Campo
1	2,74 a	3,08 a
2	1,93 b	3,39 a
3	1,82 b	3,14 a
4	1,40 b	3,49 a
5	1,61 a	1,69 a
6	1,39 a	1,44 a
7	0,89 a	0,98 a
8	0,94 a	0,86 a

As médias seguidas pela mesma letra (horizontal) não diferem estatisticamente entre si.

TABELA 23. ANÁLISE DE VARIÂNCIA SEGUNDO DELINEAMENTO COM PARCELAS SUB-DIVIDIDAS PARA OS FATORES LOCAL (PARCELA) e PROFUNDIDADE (SUB-PARCELA) PARA OS TEORES DE CARBONO NA FRAÇÃO ÁCIDOS HÚMICOS LIGADOS A SODA

## ANÁLISE DE VARIÂNCIA

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F	CV
Local	1	5,69	5,69	9,03 *	30%
Erro (a)	6	3,75	0,63	-	
Profundidade	7	21,93	3,13	39,13 **	
Local x Prof.	7	3,11	0,44	5,50 **	
Erro (b)	42	3,54	0,08		
Total	63	38,02			

n.s.: não significativo

\* : significativo ao nível de 5% de probabilidade

\*\* : significativo ao nível de 1% de probabilidade

## COMPARAÇÃO DE MÉDIAS

Profundidade	L o c a l	
	<i>Pinus</i>	Campo
1	2,46 a	1,30 b
2	1,74 a	1,41 a
3	1,76 a	1,51 a
4	2,38 a	1,22 b
5	1,83 a	0,72 b
6	0,99 a	0,46 a
7	0,58 a	0,42 a
8	0,30 a	0,24 a

As médias seguidas pela mesma letra (horizontal) não diferem estatisticamente entre si.

TABELA 24. ANÁLISE DE VARIÂNCIA SEGUNDO DELINEAMENTO COM PARCELAS SUB-DIVIDIDAS PARA OS FATORES LOCAL (PARCELA) e PROFUNDIDADE (SUB-PARCELA) PARA OS TEORES DE CARBONO NA FRAÇÃO ÁCIDOS FÚLVICOS TOTAIS

## ANÁLISE DE VARIÂNCIA

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F	CV
Local	1	0,71	0,71	0,10 **	19%
Erro (a)	6	44,41	7,40	-	
Profundidade	7	283,21	40,46	56,19 **	
Local x Prof.	7	40,43	5,78	8,03 **	
Erro (b)	42	30,08	0,72		
Total	63	398,83			

n.s.: não significativo

\* : significativo ao nível de 5% de probabilidade

\*\* : significativo ao nível de 1% de probabilidade

## COMPARAÇÃO DE MÉDIAS

Profundidade	L o c a l	
	<i>Pinus</i>	Campo
1	16,92 a	13,33 b
2	12,99 a	13,66 a
3	13,01 b	14,30 a
4	12,61 b	14,69 a
5	12,41 a	11,92 a
6	11,97 a	10,75 a
7	8,93 a	9,19 a
8	8,97 a	8,78 a

As médias seguidas pela mesma letra (horizontal) não diferem estatisticamente entre si.

TABELA 25. ANÁLISE DE VARIÂNCIA SEGUNDO DELINEAMENTO COM PARCELAS SUB-DIVIDIDAS PARA OS FATORES LOCAL (PARCELA) e PROFUNDIDADE (SUB-PARCELA) PARA OS TEORES DE CARBONO NA FRAÇÃO ÁCIDOS HÚMICOS TOTAIS

## ANÁLISE DE VARIÂNCIA

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F	CV
Local	1	8,63	8,63	1,04 n.s.	30%
Erro (a)	6	49,54	8,26	-	
Profundidade	7	231,37	33,05	44,07 **	
Local x Prof.	7	9,01	1,29	1,72 n.s.	
Erro (b)	42	31,55	0,75	-	
Total	63	330,10			

n.s.: não significativo

\* : significativo ao nível de 5% de probabilidade

\*\* : significativo ao nível de 1% de probabilidade

## COMPARAÇÃO DE MÉDIAS

Profundidade	Local	
	<i>Pinus</i>	Campo
1	5,97 a	6,94 a
2	4,84 b	6,42 a
3	4,73 b	6,74 a
4	5,52 a	6,19 a
5	5,07 a	4,53 a
6	2,89 a	3,01 a
7	1,48 a	2,08 a
8	0,87 a	1,44 a

As médias seguidas pela mesma letra (horizontal) não diferem estatisticamente entre si.

TABELA 26. ANÁLISE DE VARIÂNCIA SEGUNDO DELINEAMENTO COM PARCELAS SUB-DIVIDIDAS PARA OS FATORES LOCAL (PARCELA) e PROFUNDIDADE (SUB-PARCELA) PARA OS TEORES DE CARBONO NA FRAÇÃO HUMINA

## ANÁLISE DE VARIÂNCIA

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F	CV
Local	1	26,92	26,92	0,73 **	41%
Erro (a)	6	219,84	36,64	-	
Profundidade	7	354,57	50,65	13,65 **	
Local x Prof.	7	13,94	1,99	0,54 **	
Erro (b)	42	155,71	3,71	-	
Total	63	770,96			

n.s.: não significativo

\* : significativo ao nível de 5% de probabilidade

\*\* : significativo ao nível de 1% de probabilidade

## COMPARAÇÃO DE MÉDIAS

Profundidade	Local	
	<i>Pinus</i>	Campo
1	11,44 a	9,79 a
2	8,83 a	7,18 a
3	9,23 a	8,18 a
4	8,67 a	7,53 a
5	7,79 a	4,59 b
6	6,08 a	4,60 a
7	4,15 a	3,81 a
8	3,18 a	3,32 a

As médias seguidas pela mesma letra (horizontal) não diferem estatisticamente entre si.

TABELA 27. ANÁLISE DE VARIÂNCIA SEGUNDO DELINEAMENTO COM PARCELAS SUB-DIVIDIDAS PARA OS FATORES LOCAL (PARCELA) e PROFUNDIDADE (SUB-PARCELA) PARA OS TEORES DE CARBONO NA FRAÇÃO SUBSTÂNCIAS HUMICAS TOTAIS

## ANÁLISE DE VARIÂNCIA

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F	CV
Local	1	0,09	0,09	0,002 **	17%
Erro (a)	6	358,82	59,80	-	
Profundidade	7	2371,51	331,07	37,58 **	
Local x Prof.	7	48,46	6,92	0,79 **	
Erro (b)	42	369,86	8,81	-	
Total	63	3094,74			

n.s.: não significativo

\* : significativo ao nível de 5% de probabilidade

\*\* : significativo ao nível de 1% de probabilidade

## COMPARAÇÃO DE MÉDIAS

Profundidade	Local	
	<i>Pinus</i>	Campo
1	35,89 a	27,50 b
2	25,99 a	27,27 a
3	26,79 a	29,23 a
4	26,79 a	28,11 a
5	23,53 a	21,05 a
6	20,95 a	18,17 a
7	14,56 a	15,08 a
8	13,12 a	13,54 a

As médias seguidas pela mesma letra (horizontal) não diferem estatisticamente entre si.

TABELA 28. ANÁLISE DE VARIÂNCIA SEGUNDO DELINEAMENTO COM PARCELAS SUB-DIVIDIDAS PARA OS FATORES LOCAL (PARCELA) e PROFUNDIDADE (SUB-PARCELA) PARA OS TEORES RELATIVOS DA FRAÇÃO MATÉRIA ORGÂNICA LEVE

## ANÁLISE DE VARIÂNCIA

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F	CV
Local	1	3,04	3,04	5,43 n.s.	42%
Erro (a)	6	3,35	0,56	-	
Profundidade	7	7,42	1,06	8,83 **	
Local x Prof.	7	1,55	0,22	1,83 n.s.	
Erro (b)	42	4,95	0,12	-	
Total	63	20,32			

n.s.: não significativo

\* : significativo ao nível de 5% de probabilidade

\*\* : significativo ao nível de 1% de probabilidade

## COMPARAÇÃO DE MÉDIAS

Profundidade	Local	
	<i>Pinus</i>	Campo
1	1,54 a	0,83 b
2	1,40 a	0,80 b
3	1,93 a	1,19 b
4	1,17 a	0,86 a
5	1,23 a	0,46 b
6	0,42 a	0,41 a
7	0,84 a	0,40 a
8	0,62 a	0,71 a

As médias seguidas pela mesma letra (horizontal) não diferem estatisticamente entre si.

TABELA 29. ANÁLISE DE VARIÂNCIA SEGUNDO DEFLINEAMENTO COM PARCELAS SUP-DIVIDIDAS PARA OS FATORES LOCAL (PARCELA) e PROFUNDIDADE (SUB-PARCELA) PARA OS TEORES RELATIVOS DA FRAÇÃO HIDROSSOLÚVEIS

## ANÁLISE DE VARIÂNCIA

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F	CV
Local	1	1,25	1,25	5,435	n.s. 25%
Erro (a)	6	1,40	0,23	-	
Profundidade	7	3,36	0,48	8,0	**
Local x Prof.	7	0,38	0,05	0,83	n.s.
Erro (b)	42	2,52	0,06		
Total	63	8,91			

n.s.: não significativo

\* : significativo ao nível de 5% de probabilidade

\*\* : significativo ao nível de 1% de probabilidade

## COMPARAÇÃO DE MÉDIAS

Profundidade	Local	
	<i>Pinus</i>	Campo
1	1,62 a	0,98 b
2	1,48 a	1,22 a
3	1,52 a	1,20 a
4	1,41 a	1,26 a
5	1,21 a	1,11 a
6	1,16 a	0,93 a
7	1,05 a	0,72 a
8	0,81 a	0,60 a

As médias seguidas pela mesma letra (horizontal) não diferem estatisticamente entre si.

TABELA 30. ANÁLISE DE VARIÂNCIA SEGUNDO DELINEAMENTO COM PARCELAS SUB-DIVIDIDAS PARA OS FATORES LOCAL (PARCELA) e PROFUNDIDADE (SUB-PARCELA) PARA OS TEORES RELATIVOS DA FRAÇÃO ÁCIDOS FÚLVICOS LIVRES

## ANÁLISE DE VARIÂNCIA

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F	CV
Local	1	902,93	902,93	27,10 **	13%
Erro (a)	6	199,90	33,32	-	
Profundidade	7	31,19	4,46	0,28 n.s.	
Local x Prof.	7	4474,86	639,27	40,26 **	
Erro (b)	42	666,94	15,88	-	
Total	63	6275,82			

n.s.: não significativo

\* : significativo ao nível de 5% de probabilidade

\*\* : significativo ao nível de 1% de probabilidade

## COMPARAÇÃO DE MÉDIAS

Profundidade	L o c a l	
	<i>Pinus</i>	Campo
1	20,06 a	23,67 a
2	21,89 a	25,86 a
3	21,37 a	24,61 a
4	22,44 a	24,97 a
5	24,27 b	35,23 a
6	29,42 b	38,35 a
7	34,89 a	40,07 a
8	36,59 a	43,88 b

As médias seguidas pela mesma letra (horizontal) não diferem estatisticamente entre si.

TABELA 31. ANÁLISE DE VARIÂNCIA SEGUNDO DELINEAMENTO COM PARCELAS SUB-DIVIDIDAS PARA OS FATORES LOCAL (PARCELA) e PROFUNDIDADE (SUB-PARCELA) PARA OS TEORES RELATIVOS NA FRAÇÃO PIROFOSFATO

## ANÁLISE DE VARIÂNCIA

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F	CV
Local	1	19,38	19,38	1,87 n.s.	8%
Erro (a)	6	62,07	10,35	-	
Profundidade	7	309,58	44,23	3,96 **	
Local x Prof.	7	79,27	11,32	1,01 n.s.	
Erro (b)	42	468,86	11,16	-	
Total	63	939,16			

n.s.: não significativo

\* : significativo ao nível de 5% de probabilidade

\*\* : significativo ao nível de 1% de probabilidade

## COMPARAÇÃO DE MÉDIAS

Profundidade	L o c a l	
	<i>Pinus</i>	Campo
1	28,23 a	30,96 a
2	32,08 a	29,35 a
3	31,11 a	32,39 a
4	29,99 a	32,29 a
5	31,60 a	34,01 a
6	32,67 a	30,56 a
7	25,57 a	26,45 a
8	25,26 b	29,31 a

As médias seguidas pela mesma letra (horizontal) não diferem estatisticamente entre si.

TABELA 32. ANÁLISE DE VARIÂNCIA SEGUNDO DELINEAMENTO COM PARCELAS SUB-DIVIDIDAS PARA OS FATORES LOCAL (PARCELA) e PROFUNDIDADE (SUB-PARCELA) PARA OS TEORES RELATIVOS DA FRAÇÃO ÁCIDOS FÚLVICOS LIGADOS A PIROFOSFATO

ANÁLISE DE VARIÂNCIA

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F	CV
Local	1	521,67	521,67	8,18 *	21%
Erro (a)	6	382,58	63,76	-	
Profundidade	7	137,59	19,66	3,91 **	
Local x Prof.	7	92,33	13,19	2,62 *	
Erro (b)	42	211,31	5,03		
Total	63	1345,48			

n.s.: não significativo

\* : significativo ao nível de 5% de probabilidade

\*\* : significativo ao nível de 1% de probabilidade

COMPARAÇÃO DE MÉDIAS

Profundidade	L o c a l	
	<i>Pinus</i>	Campo
1	18,79 a	10,84 b
2	19,83 a	11,14 b
3	19,66 a	13,68 b
4	18,17 a	13,15 b
5	18,13 a	15,16 a
6	22,69 a	13,83 b
7	19,36 a	14,75 b
8	20,89 a	18,60 b

As médias seguidas pela mesma letra (horizontal) não diferem estatisticamente entre si.

TABELA 33. ANÁLISE DE VARIÂNCIA SEGUNDO DELINEAMENTO COM PARCELAS SUB-DIVIDIDAS PARA OS FATORES LOCAL (PARCELA) e PROFUNDIDADE (SUB-PARCELA) PARA OS TEORES RELATIVOS DA FRAÇÃO ÁCIDOS HÚMICOS LIGADOS A PIROFOSFATO

## ANÁLISE DE VARIÂNCIA

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F	CV
Local	1	742,15	742,15	6,59 *	34%
Erro (a)	6	675,25	112,54	-	
Profundidade	7	581,46	83,07	11,12 **	
Local x Prof.	7	39,73	5,67	0,76 **	
Erro (b)	42	313,85	7,47		
Total	63	2352,45			

n.s.: não significativo

\* : significativo ao nível de 5% de probabilidade

\*\* : significativo ao nível de 1% de probabilidade

## COMPARAÇÃO DE MÉDIAS

Profundidade	L o c a l	
	<i>Pinus</i>	Campo
1	9,45 b	20,12 a
2	12,26 b	18,21 a
3	11,45 b	18,72 a
4	11,82 b	18,44 a
5	13,47 b	18,85 a
6	9,98 b	16,73 a
7	6,21 b	11,70 a
8	4,37 b	10,72 a

As médias seguidas pela mesma letra (horizontal) não diferem estatisticamente entre si.

TABELA 34, ANÁLISE DE VARIÂNCIA SEGUNDO DELINEAMENTO COM PARCELAS SUB-DIVIDIDAS PARA OS FATORES LOCAL (PARCELA) e PROFUNDIDADE (SUB-PARCELA) PARA OS TEORES RELATIVOS NA FRAÇÃO DA SODA

## ANÁLISE DE VARIÂNCIA

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F	CV
Local	1	17,87	17,87	0,31 **	23%
Erro (a)	6	341,32	56,89	-	
Profundidade	7	361,86	51,69	19,73 **	
Local x Prof.	7	45,22	6,46	2,47 *	
Erro (b)	42	109,85	2,62	-	
Total	63	876,11			

n.s.: não significativo

\* : significativo ao nível de 5% de probabilidade

\*\* : significativo ao nível de 1% de probabilidade

## COMPARAÇÃO DE MÉDIAS

Profundidade	Local	
	<i>Pinus</i>	Campo
1	13,97 a	15,61 a
2	14,49 b	17,40 a
3	14,08 b	16,58 a
4	14,22 a	15,48 a
5	14,18 a	12,57 a
6	12,52 a	12,40 a
7	10,60 a	9,85 a
8	9,08 a	9,69 a

As médias seguidas pela mesma letra (horizontal) não diferem estatisticamente entre si.

TABELA 35. ANÁLISE DE VARIÂNCIA SEGUNDO DELINEAMENTO COM PARCELAS SUB-DIVIDIDAS PARA OS FATORES LOCAL (PARCELA) e PROFUNDIDADE (SUB-PARCELA) PARA OS TEORES RELATIVOS NA FRAÇÃO ÁCIDOS FÚLVICOS LIGADOS A SODA

## ANÁLISE DE VARIÂNCIA

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F	CV
Local	1	159,49	159,49	7,77 **	27%
Erro (a)	6	123,13	20,52	-	
Profundidade	7	69,48	9,93	3,66 **	
Local x Prof.	7	79,74	11,39	4,20 **	
Erro (b)	42	113,99	2,71	-	
Total	63	545,82			

n.s.: não significativo

\* : significativo ao nível de 5% de probabilidade

\*\* : significativo ao nível de 1% de probabilidade

## COMPARAÇÃO DE MÉDIAS

Profundidade	L o c a l	
	<i>Pinus</i>	Campo
1	7,36 b	10,99 a
2	7,63 b	12,30 a
3	7,22 b	11,19 a
4	5,26 b	12,95 a
5	6,65 a	8,80 a
6	7,29 a	9,42 a
7	6,61 a	6,91 a
8	6,88 a	7,61 a

As médias seguidas pela mesma letra (horizontal) não diferem estatisticamente entre si.

TABELA 36. ANÁLISE DE VARIÂNCIA SEGUNDO DELINEAMENTO COM PARCELAS SUB-DIVIDIDAS PARA OS FATORES LOCAL (PARCELA) e PROFUNDIDADE (SUB-PARCELA) PARA OS TEORES RELATIVOS DA FRAÇÃO ÁCIDOS HÚMICOS LIGADOS A SODA

## ANÁLISE DE VARIÂNCIA

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F	CV
Local	1	70,58	70,58	6,34 *	30%
Erro (a)	6	66,81	11,14	-	
Profundidade	7	139,19	19,88	20,29 **	
Local x Prof.	7	27,57	3,94	4,02 **	
Erro (b)	42	40,97	0,98	-	
Total	63	345,14			

n.s.: não significativo

\* : significativo ao nível de 5% de probabilidade

\*\* : significativo ao nível de 1% de probabilidade

## COMPARAÇÃO DE MÉDIAS

Profundidade	Local	
	<i>Pinus</i>	Campo
1	6,61 a	4,62 ab
2	6,86 a	5,09 b
3	6,86 a	5,39 b
4	8,97 a	4,53 b
5	7,53 a	3,78 b
6	5,23 a	2,98 b
7	3,99 a	2,94 a
8	2,20 a	2,08 a

As médias seguidas pela mesma letra (horizontal) não diferem estatisticamente entre si.

TABELA 37. ANÁLISE DE VARIÂNCIA SEGUNDO DELINEAMENTO COM PARCELAS SUB-DIVIDIDAS PARA OS FATORES LOCAL (PARCELA) e PROFUNDIDADE (SUB-PARCELA) PARA OS TEORES RELATIVOS DA FRAÇÃO ÁCIDOS FÚLVICOS TOTAIS

## ANÁLISE DE VARIÂNCIA

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F	CV
Local	1	384,36	384,36	1,82 n.s.	17%
Erro (a)	6	1268,67	211,45	-	
Profundidade	7	4601,60	657,37	25,69 **	
Local x Prof.	7	332,82	47,55	1,86 n.s.	
Erro (b)	42	1074,96	25,59		
Total	63				

n.s.: não significativo

\* : significativo ao nível de 5% de probabilidade

\*\* : significativo ao nível de 1% de probabilidade

## COMPARAÇÃO DE MÉDIAS

Profundidade	L o c a l	
	<i>Pinus</i>	Campo
1	45,48 a	47,52 a
2	51,30 a	49,55 a
3	50,56 a	51,06 a
4	47,51 a	53,37 a
5	51,22 b	62,27 a
6	62,86 a	69,17 a
7	61,59 a	64,76 a
8	65,85 a	77,88 b

As médias seguidas pela mesma letra (horizontal) não diferem estatisticamente entre si.

TABELA 38. ANÁLISE DE VARIÂNCIA SEGUNDO DELINEAMENTO COM PARCELAS SUB-DIVIDIDAS PARA OS FATORES LOCAL (PARCELA) e PROFUNDIDADE (SUB-PARCELA) PARA OS TEORES RELATIVOS DA FRAÇÃO ÁCIDOS HÚMICOS TOTAIS

## ANÁLISE DE VARIÂNCIA

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F	CV
Local	1	352,22	352,22	3,11 n.s.	26%
Erro (a)	6	680,03	113,34	-	
Profundidade	7	1248,80	178,40	17,37 **	
Local x Prof.	7	71,20	10,17	0,99 **	
Erro (b)	42	431,23	10,27		
Total	63	2783,47			

n.s.: não significativo

\* : significativo ao nível de 5% de probabilidade

\*\* : significativo ao nível de 1% de probabilidade

## COMPARAÇÃO DE MÉDIAS

Profundidade	L o c a l	
	<i>Pinus</i>	Campo
1	16,05 b	24,73 a
2	19,11 b	23,30 a
3	18,30 b	24,10 a
4	20,78 a	22,97 a
5	20,99 a	22,72 a
6	15,20 a	19,56 a
7	10,14 a	14,64 a
8	6,56 b	12,80 a

As médias seguidas pela mesma letra (horizontal) não diferem estatisticamente entre si.

TABELA 39. ANÁLISE DE VARIÂNCIA SEGUNDO DELINEAMENTO COM PARCELAS SUB-DIVIDIDAS PARA OS FATORES LOCAL (PARCELA) e PROFUNDIDADE (SUB-PARCELA) PARA OS TEORES RELATIVOS DA FRAÇÃO HUMINA

## ANÁLISE DE VARIÂNCIA

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F	CV
Local	1	118,24	118,24	0,18 **	28%
Erro (a)	6	3869,81	644,97	-	
Profundidade	7	299,04	42,72	1,01 n.s.	
Local x Prof.	7	426,75	60,96	1,44 n.s.	
Erro (b)	42	1774,34	42,25	-	
Total	63	6488,17			

n.s.: não significativo

\* : significativo ao nível de 5% de probabilidade

\*\* : significativo ao nível de 1% de probabilidade

## COMPARAÇÃO DE MÉDIAS

Profundidade	Local	
	<i>Pinus</i>	Campo
1	30,74 a	34,90 a
2	34,87 a	26,05 a
3	35,88 a	29,21 a
4	32,67 a	27,93 a
5	32,17 a	23,98 a
6	31,97 a	30,17 a
7	28,67 a	26,89 a
8	23,37 a	29,46 a

As médias seguidas pela mesma letra (horizontal) não diferem estatisticamente entre si.

TABELA 40. ANÁLISE DE VARIÂNCIA SEGUNDO DELINEAMENTO COM PARCELAS SUB-DIVIDIDAS PARA OS FATORES LOCAL (PARCELA) e PROFUNDIDADE (SUB-PARCELA) PARA OS TEORES RELATIVOS DA FRAÇÃO SUBSTÂNCIAS HÚMICAS TOTAIS

## ANÁLISE DE VARIÂNCIA

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F	CV
Local	1	869,73	869,73	0,68 **	14%
Erro (a)	6	7707,21	1284,54	-	
Profundidade	7	886,33	126,62	3,08 *	
Local x Prof.	7	1307,90	186,84	4,55 **	
Erro (b)	42	1724,84	41,07		
Total	63	14427,28			

n.s.: não significativo

\* : significativo ao nível de 5% de probabilidade

\*\* : significativo ao nível de 1% de probabilidade

## COMPARAÇÃO DE MÉDIAS

Profundidade	L o c a l	
	<i>Pinus</i>	Campo
1	98,28 a	107,16 b
2	105,28 a	98,91 a
3	104,58 a	104,38 a
4	100,97 a	104,03 a
5	104,38 a	108,73 a
6	105,82 b	118,90 a
7	100,46 a	106,29 a
8	95,78 b	120,14 a

As médias seguidas pela mesma letra (horizontal) não diferem estatisticamente entre si.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALEXANDER, M. Introduction to soil microbiology. 4.ed. New York, John Wiley, 1967. 472 p.
2. ALLISON, F.É. Soil organic matter and its role in production development in soil science. New York, 1973. 637 p.
3. ALBAREDA, J.M. & VELASCO, F. El humus en los suelos forestales españoles. I. Influencia de la vegetacion en los procesos de humificacion de suelos forestales de Pirineo de Lerida y Huesca - estudio comparativo de las fracciones humicas. An.Edaf.Agr., 24(1/2): 1-2, 1965.
4. ALMENDROS, G.; POLO, A.; DORADO, E. Caracterizacion de la substancias humicas en la fraccion humica de los suelos. An. Edaf. Agrob., 38(1/2): 2001-2015, 1979.
5. ANDERSON, G.; WILLIAM, S.E.G. & MOIR, J.O.H. Comparison of the sorption of inorganic orthophosphate and inositol hesa phosphates by six acid soil. J. Soil Sci., 25:61-2, 1974.
6. ARCHARD, F.K. Para una detallada revisión de la história de la química del humus, véase el admirable resumen bibliográfico em S.A. In: RUSSEL, E.J. Las condiciones del suelo. London, Longman, 1968. 801 p.
7. BARROS, N.F. de & BRANDI, R.M. Influência de três espécies florestais sobre a fertilidade de solo de pastagem em Viçosa MG. Brasil Florestal, 6(21); 1975.
8. BARTH, R.C. Influência of Pinyon pine trees on soil chemical and physical properties. Soil Sci.Soc.Amer., 44:112-4, 1980.
9. BASTARDO, H.; ESTEVES, A & FLORES, D.A. Desaparicion de materia organica en un bosque cultivado de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, en Venezuela. In: COLÓQUIO REGIONAL SOBRE MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO, Piracicaba, 1982. Anais. Piracicaba, 1982. p. 65-71.

10. BASTARDO, H.; RIVERA, C.J. & SANTANA, A. Decomposición de gramíneas tropicales em sabanas inundables de los llanos venezolanos. In: COLÓQUIO REGIONAL SOBRE MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO, Piracicaba, 1982. Anais. Piracicaba, 1982. p. 35-43.
11. BRADY, N.C. Matéria orgânica dos solos minerais. In: \_\_\_\_\_. Natureza e propriedades dos solos. Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 1983. 647 p.
12. BURGESS, A. & RAW, F. Biologia del suelo. Omega, 1971. 596 p.
13. CALLOT, G. *et alii*. Les interactions sol-racine. Paris, INRA, 1982. 325 p.
14. DABIN, B. Etude d'une méthode d'extraction des matières humiques du sol. Sci. du Sol, 1: 47-63, 1971.
15. \_\_\_\_\_. Méthode d'extraction et de fractionnement des matières humiques du sol application à quelques études pédologiques et agronomiques dans les sols tropicaux. Cah. Orston. Ser. Pédol., 14(4): 287-297, 1976.
16. \_\_\_\_\_. Application d'une méthode de fractionnement des matières humiques du sol à quelques études pédologiques et agronomiques dans les sols ferrallitiques. Multigraphie ORSTON. 1975. 24 p.
17. \_\_\_\_\_. Relação entre a evolução dos compartimentos húmicos sob cultura e os fatores físicos e químicos da fertilidade em diferentes solos tropicais. In: COLÓQUIO REGIONAL SOBRE MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO, Piracicaba, 1982. Anais. Piracicaba, 1982. p. 87-96.
18. DAROS, E. Alterações provocadas pelo florestamento de *Pinus elliottii* na fertilidade dos dois solos na Região da Lapa-PR. Curitiba, 1982. 95 p. Dissertação. Mestrado. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias. Curso de Pós-Graduação em Conservação do Solo.
19. DOUGLAS, J.T. & GOSS, M.J. Stability and organic matter content of surface soil aggregates under different methods of cultivation and in grassland. Soil Tillage Res., 2: 155-175, 1982.

20. DOMERGUES, Y. & MANGENOT, F. Écologie microbienne du sol. Paris, Masson, 1970. 796 p.
21. DUCHAUFOUR, P. & JAQUIN, F. Nouvelles recherches sur l'extraction et le fractionnement des composés humiques. Bulletin d'Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Nancy, 8(1), 1966.
22. \_\_\_\_\_. Humification et ecologie. Cah. ORSTOM, Ser. Pédol., 7(4): 379-390, 1970.
23. DUNCAN, D.B. Multiple range and multiple tests. Biometrics 11:1-42, 1955.
24. DUVIGNEAUD, P.; DENAYER de SMET. Soil biological cycling of minerals in temperate deciduous forest. In: REICHLE, D.E., ed. Analysis of temperate forest ecosystems. New York, Springer, 1970. p. 199-255.
25. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Manual de técnicas de laboratório de física do solo. Rio de Janeiro, 1977.
26. FASSBENDER, H.W. Química del suelos, com énfasis em suelos de América Latina. 3.ed. Costa Rica, IICA, 1982. 398 p.
27. FELBEK, G.T. Chemical and biological characterization of humic matter. In: MACHAREN, A.D. & SKUJINS, J., eds. Soil biochemistry. New York, Marcell Dekker, 1971. v.2; p. 36-59.
28. FLAIG, W.; BEUTELSPACHER, H. & RIETZ, E. Chemical composition and physical properties of humic substances. In: GIESELING, J.E. ed. Soil components. New York, Springer, 1975. p. 1-211.
29. GONZALEZ, M.I.M.; GALLARDO, J.F. & EGIDO, J.A. Evolucion de la materia organica de un suelo climax y de un suelo de replobacion, de la vertiente norte de la Sierra de Gata (Salamanca). An. Edaf. Agrob., 36(1/2): 1167-1186, 1977.
30. GOMES, F.P. Curso de estatística experimental. 2.ed. Piracicaba, 1963.
31. GRAY, T.R.G. & WILLIAMS, S.T. Soil micro-organismos. Edinburg, Oliver & Boyd, 1971. 240 p.

32. GURGEL FILHO, O.A. Silvicultura no cerrado. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO. São Paulo, EDUSP, 1963. p. 383-408.
33. HERR, C. Okologische einflüsse einer Pinus - Monokultur auf eine reliktsche savanne unter besonderer Berücksichtigung des Bodenwasseraushaltes. s.l., 1972. 74 p.
34. FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ-IAPAR. Cartas climáticas básicas do Estado do Paraná. Londrina, 1978. 41 p.
35. JAMET, R. Evolution des principales caracteristiques des sols des reboisements de Loudina (Congo). Cah.ORSTOM, S.Pedol., 13(3/4): 235-253, 1975.
36. JANSSEN, B.H. A simple method for calculating decomposition of "Young" soil organic matter. P.L.Soil, 76: 297-304, 1984.
37. JAQUIN, F. & JUST, C.D.P. Contribution a l'étude de la matière organique des sols sableux des Landes de Gascone. Acad. d'Agric. de France, 1965. p. 1190-1197.
38. KIMPE, C.R.de & MARTEL, Y.A. Effects of vegetation on the distribution of Carbon, Iron and Aluminium in the B horizon of M. Appalachian Spodosols. S. Sci. Soc. Amer. J., 40(1/3), 1976.
39. KONONOVA, M. & BELCHIKOVA, N.P. Rapid methods of determining the humus composition of mineral soils. In: FLAIG, W. Contribution à la connaissance de la constitution et la synthese des ácidos humiques. Sci. du Sol, 2: 39-72, 1970.
40. \_\_\_\_\_. Soil organic matter. Oxford, Pergamon Press, 1966. 544 p.
41. KRAMER, P.J. & KOZLOWSKI, T.T. Physiology of trees. New York, McGraw-Hill, 1960. 642 p.
42. LEPSCH, I.F. Influência do cultivo de *Eucalyptus* e *Pinus* nas propriedades químicas de solo sob cerrado. R. Bras. Ci. Solo, 4: 103-7, 1980.
43. MAACK, R. Mapa geológico do Estado do Paraná; escala 1:750.000. Curitiba, IBPT, 1953.

44. MANARINO, R.P.; VOLKOFF, B. & CERRI, C.C. Comparação do humus de capoeira e de floresta natural em Latossolos Amarelos da região Amazônica, Brasil. In: COLÓQUIO REGIONAL SOBRE MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO, 1982. Anais. São Paulo, 1982. p. 53-57.
45. MARTEL, Y.A. & PAUL, E.A. An example of a process model: the carbon turnover for use in ecosystem studies in grasslands. Reviews of research, 1970. p. 179-180.
46. MATHUR, S.P. & PAUL, E.A. Nature, 212: 646-647, 1966.
47. McLAREN, A.D. & PAUL, E.A. Soil biochemistry. New York, Marcel Dekker, 1975. v. 4.
48. MELLO, H.A.; VEIGA, A.A.; MELO, E.A.F.; BRASIL SOBRINHO, M.O.C.; KRUG, H.P.; MALAVOLTA, E. Composição de *Pinus elliottii*. An.Bras.Econ. Flor., 12(12): 27-32, 1960.
49. MISHUSTIN, E.N. & NIKITIN, D.F. Mikrobiologia, 30: 841-48, 1961.
50. OVINGTON, J.D. Studies of the development of woodlands conditions under different trees. J. Ecol, 46: 127-42, 1958.
51. PAULA SOUZA, D.M. Alterações, físicas, químicas e biológicas provocadas pela cultura do Pinus em alguns solos do Paraná. Curitiba, UFPR, 1976. (mimeografado).
52. PAULA SOUZA, M.L.; PAULA SOUZA, D.M. & LUCCHESI, L.A.C. Retenção de água em duas unidades de solos sob florestas de Pinus elliottii e campo nativo. Curitiba, UFPR, 1982.
53. \_\_\_\_\_ & \_\_\_\_\_. Alterações provocadas pelo florestamento de Pinus spp. na fertilidade de solos da região da Lapa - PR. Floresta, 12(2): 36-52, 1981.
54. \_\_\_\_\_. & \_\_\_\_\_. Modificações provocadas pelo Pinus spp nas propriedades químicas do solo. Relatório de Projeto de Pesquisas, 1980. 33 p.
55. PEDRO, F.V. da. Ciclo biogeoquímico de los cationes y humificación en suelos con vegetação ripícola. An. Edafol. y Agrob., 41( 5/6): 815-30, 1982.

56. PRAKASH, A. & RASHID, M.A. The influence of humic substances on coastal phytoplankton productivity. Mem. Simp.Int. Lagunas Cocteras, México, 28-30, 1967.
57. REISSMANN, C.B. *et alii*. Análise química do humus em povoamentos de *Araucaria angustifolia* Bert. O. Ktze. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 1983. Anais. Campos do Jordão, Soc. Paulista de Silvicultura, 1983. p. 575-578.
58. ROCHA FILHO, J.V.C.; HAAG, H.P.; OLIVEIRA, G.D.; PITELLI, R.A. Ciclagem de nutrientes em florestas implantadas de *Eucalyptus* e *Pinus*. I. Distribuição no solo e na mata. O Solo, (2): 28-31, 1978.
59. ROSS, D.J.; SPEIR, W.T.; JANINE, C.C.; WHALE, K.N. Temporal fluctuatings in biochemical properties of soil under pasture. II. Nitrogen mineralization and enzyme activities. Aust. J. Soil Res., 22: 319-30, 1984.
60. ROVIRA, A.D. Ecology of soil-borne plant pathogens. s.l., U.C. Press, 1965. p. 170-186.
61. \_\_\_\_\_. Plant Soil, 19: 304-314, 1963.
62. RUSSEL, J. & RUSSEL, E.W. Las condiciones del suelo y el crecimiento de las plantas. London, Longmans, 1968. 801 p.
63. SANCHES, P.A. Properties and management of soils in the tropics. New York, John Wiley, 1976. 618 p.
64. SCHNITZER, M. & KHAN, S.U. Humic substances in the environment. New York, Dekker, 1972. 327 p.
65. \_\_\_\_\_. Soil organic matter. Amsterdam, Elsevier, 1978. 319 p.
66. SCHUURMAN, J.J. & GWODEWAAGEN, N.A.J. Methods for the examination of roots systems and roots. 2.ed. s.l, 1971. 86 p.
67. SING, B. & RAMAN, S.S. Physico-chemical properties of soils under *Pinus patula* in Eastern Himalayas. Indian for., 105(6): 482-90, 1970.

68. SPRENGEL, C. Kastemers Arch, ges. Naturlehre, 8: 145, 1826.
69. STEELINK, C. Geochim, cosmochim Acta, 28: 1615-1622, 1964.
70. STEVENSON, J.F. Humus chemistry, genesis, composition, reations. J. Wiley, 1982. 443 p.
71. THOMANN, C. Quelques observations sur l'extraction de l'humus des sols. Méthode au pyrophosphate de sodiun. Cah. Orston, Ser. Pedol., 3: 43-71, 1963.
72. THOMPSON, L.M. & TROEH, F.R. Los suelos y su fertilidad. s.l., Reverte, 1982. 649 p.
73. TOLEDO, A:P.P. de. Relações entre o humus do solo e do ambiente aquático. In: COLÓQUIO REGIONAL SOBRE MATÉRIA ORGÂNICA OD SOLO, Piracicaba, 1982. Anais. Piracicaba, 1982. p. 29-34.
74. TOSIN, J.C. Influência do *Pinus elliottii* Engelm., da *Araucaria angustidolia* (Bert.) O. Ktze e da mata nativa sobre a atividade da microflora do solo. Curitiba, 1977. 111 p. Dissertação. Mestrado. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal.
75. VAQUELIM, C. Ann. Chim, 21, 39, 1797.
76. VARADACHARI, C.; BIOMAS, N.K. & GHOSH, K. Studies on decomposition of humus in clay humus complexes. Plant & Soil, 78: 295-300, 1984.
77. VELASCO, F.Y. & ALBAREDA, J.M. Evolucion de un suelo de bosque de *Quercus pirenaica* provocada por una plantacion de *Pinus sylvestris*. An. Edafol. y Agrob., 25(11/12): 623-31, 1965.
78. \_\_\_\_\_. & \_\_\_\_\_. Humus rn los suelos forestales españoles. III. El factor vegetal y su influencia en el complejo adsorbente y en el processo de humificacion de diversos suelos forestales del Montseny (Barcelona). An. Edaf. y Agrob., 23(1/2): 39-49, 1966.

79. VELASCO, F.Y. & ALBAREDA, J.M. El humus en los suelos forestales españoles. An. Edaf. Agrob., 25: 237-48, 1966.
80. \_\_\_\_\_. Variaciones en la composición y naturaleza de las sustancias húmicas de un suelo climax de *Quercus toza* Basc producidas por la implantación de *Pinus pinaster* Sol. An. Edaf. Agrob., 27: 389-98, 1968.
81. \_\_\_\_\_. & MINGO, P. de. Distribución de la materia orgánica libre y ligada y de las fracciones de humina en suelos climáticos y en suelos degradados. An. Edaf. Agrob., 40(1/2): 179-89, 1981.
82. VETORI & PIERANTONI. Métodos de análisis do solo. Bol. Técn. Min. Agric., n. 7, 1969. 24 p.
83. VOLKOFF, B. & ANDRADE, M.J.de. Caracterização da matéria orgânica de alguns solos ferralíticos do Estado da Bahia: aplicação de um método de fracionamento das substâncias húmicas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 15., 1976. Anais. Campinas, SBCS, 1976. p. 119-126.
84. \_\_\_\_\_.; MELFI, A.J. & CERRI, C.C. Les sols sur roches caillonnées formés sous climat sub-tropical au Brésil. Cah. Orstom Sér. Pédologie, 17(3): 163-83, 1979.
85. \_\_\_\_\_.; MATSUI, E. & CERRI, C.C. Discriminação isotrópica do carbono nos humus de latossolo e podzol da região Amazônica do Brasil. In: COLÓQUIO REGIONAL SOBRE MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO, Campinas, 1982. Anais. Campinas, 1982. p. 147-153.
86. WAKSMAN, S.A. Soil microbiology. New York, John Wiley, 1961. 356 p.
87. WALKLEY, A. & BLACK, A. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and proposed modification of chronic acid titration method. Soil Sci., 37: 29-38, 1944.
88. WISSEMULLER. In: FLAIG, W. Contribution à la connaissance de la constitution et la synthèse des acides humiques. Sci. du Sol, 2: 39-72, 1970.