

# ESTUDO DOS HORIZONTES ORGÂNICOS DO SOLO DE MATAS, NO ARENITO BAURU

I—DISTRIBUIÇÃO E FRACIONAMENTO DA MATÉRIA ORGÂNICA (1)

F. DA COSTA VERDADE

*Engenheiro agrônomo, Secção de Agroecologia, Instituto Agronômico de Campinas*

## 1 - INTRODUÇÃO

O estudo da matéria orgânica nos solos de matas é de grande importância, porque ela exerce influência na gênese do perfil, permitindo sua perfeita caracterização. Joffe (7), numa revisão de trabalhos, assinala que os horizontes orgânicos (2) estão geneticamente relacionados com os demais e, conseqüentemente, fazem parte do perfil do solo. Esse autor frisa o caráter acumulativo dos horizontes orgânicos e o fato de os restos vegetais, encerrando substâncias minerais retiradas dos horizontes inferiores, serem libertados na superfície do solo.

Num clima como o do Estado de São Paulo, onde há elevada lixiviação das bases do solo, provavelmente o fator mais ponderável, na retenção dessas bases, seja a matéria orgânica.

A matéria orgânica constitui um dos problemas da fertilidade do solo e a sua manutenção no solo é uma necessidade para a agricultura. A exploração do que ainda resta das matas do Estado de São Paulo, visando o seu aproveitamento agrícola, continua a ser a mais primitiva possível, talvez por motivos econômicos. Foi e é prática comum, no Estado, a queima das matas, com ou sem exploração da madeira, para desembrasar os terrenos que vão ser cultivados. Sob muitos ângulos se pode analisar essa prática, porém, do ponto de vista científico e mesmo agrícola, é extremamente perniciosa, uma vez que os elementos minerais nutritivos, que só paulatinamente seriam cedidos às plantas pela decomposição da matéria orgânica, são então perdidos em virtude da sua libertação imediata, visto que o complexo do solo se apresenta quase saturado nesta fase inicial de exploração agrícola. Daí, terem os solos cultivados do Estado diminuído rapidamente na sua fertilidade, mal este agravado, ainda, pelas queimas sucessivas dos restos de culturas.

No presente trabalho discutem-se os resultados de um estudo sobre a distribuição e a composição da matéria orgânica dos solos, nas matas existentes na Estação Experimental de Pindorama, e que representam o grande tipo de solo Arenito Bauru.

---

(1) Trabalho apresentado na III Reunião Brasileira de Ciência do Solo, realizada em Recife, em julho de 1951.

(2) Neste trabalho, os horizontes  $A_{00}$  e  $A_0$ , do perfil do solo, são chamados de horizontes orgânicos, os quais se apresentam, mais adiante, com denominação específica.

## 2 - NOMENCLATURA, MÉTODOS DE TRABALHOS E DESCRIÇÃO DOS HORIZONTES $A_{00}$ e $A_0$

A nomenclatura para as diversas camadas que constituem os horizontes orgânicos nos solos das matas, os métodos analíticos empregados no estudo da matéria orgânica, o processo de coletar as amostras, bem como uma descrição detalhada de cada amostra, constituíram objeto de estudos.

### 2.1 - NOMENCLATURA

Foram encontradas dificuldades na denominação das diferentes camadas que constituem os horizontes  $A_{00}$  e  $A_0$ , por falta de termos técnicos em português, e, também, como assinala Waksman (15), por ser sua classificação bastante confusa, através do tempo. Procurou-se uma nomenclatura que pudesse ser confrontada com a de outros países. A classificação será baseada na de Heiberg e Chandler (6), a qual se aplica a solos bem drenados e altos, condições essas necessárias, desde que são as encontradas nos solos das matas em estudo.

*Serapilheira* ou *manta florestal* (4) é constituída das camadas superficiais do solo de mata que possui restos vegetais, desde os não decompostos até os de decomposição avançada. Corresponde ao *forest floor* da nomenclatura americana (1). A serapilheira divide-se em dois horizontes  $A_{00}$  e  $A_0$  (6, 13, 19). Ao horizonte  $A_{00}$  pode-se chamar de *serapilheira não decomposta* ou *liteira*, e compreende os restos vegetais depositados na superfície, não decompostos ou levemente decompostos. Quando se quer indicar o caráter de não decomposto em confronto com as duas camadas do horizonte  $A_0$ , pode-se chamar ao horizonte  $A_{00}$  de camada *L*. O horizonte  $A_0$  consiste em duas camadas. A primeira pode ser denominada *serapilheira em fermentação* e compreende a parte da serapilheira mais ou menos decomposta, na qual a estrutura vegetal revela, ainda, a sua origem. Esta camada é intermediária entre a liteira e a camada inferior, sendo denominada, na nomenclatura americana de *duff*. Ela é representada pela letra *F*. A segunda camada do horizonte  $A_0$  pode ser chamada de *serapilheira humificada*, onde a decomposição é muito avançada, não mais revelando estrutura vegetal. É designada pela letra *H*, e corresponde aos termos *leafmold* ou *humus*, da literatura americana (1, 6, 15, 20).

A camada *H* pode não estar presente no perfil, quando a matéria orgânica, muito dividida, se mistura intimamente com a parte mineral, confundindo-se, neste caso, com o horizonte  $A_1$ . Segundo a estrutura, espessura e consistência, o horizonte  $A_0$  divide-se em dois tipos principais: *mull* e *mor* (6). Para essas expressões não foram encontrados termos adequados em português, razão pela qual foi mantida a nomenclatura americana.

### 2.2 - DOSAGEM DA MATÉRIA ORGÂNICA

Em amostra de serapilheira foram feitas as dosagens de carbono, por via seca, usando o aparelho "Leco", e as de nitrogênio pelo processo de Kjeldahl. Efetuou-se, também, o fracionamento da matéria orgânica pelo método de Waksman e Stevens, alterado em certos detalhes.

## 2.2.1 - FRACIONAMENTO DA MATÉRIA ORGÂNICA

O método de Waksman e outros (16, 17, 18), no fracionamento da matéria orgânica, apresentou algumas dificuldades que exigiram modificações baseadas em diversos autores e experiências próprias. O método modificado e utilizado no presente trabalho é o que segue:

**Extração com éter** — Tratamento, num extrator de Soxhlet, com éter sulfúrico, durante 24 horas, de 15-20 gramas de serapilheira cujo teor de umidade foi determinado a 105-110°C; concentração do extrato, transferência do concentrado para cápsula tarada, secagem ao ar, e, na estufa, a 105-110°C, até peso constante e calcinação; determinação do extrato total, matéria orgânica e cinzas, referindo-se a 100 g de serapilheira e também em percentagem da matéria orgânica total na serapilheira. São, assim, extraídas as cêras e gorduras (18).

**Extração com água fria** — Transferência do material restante da extração com éter para um frasco de Erlenmeyer de 500 ml e adição de, mais ou menos, 250 ml de água destilada; permanência durante 24 horas com alguma agitação, filtração em papel de filtro, e lavagem com água destilada até completar o volume de 500 ml; tomada de alíquotas do filtrado para dosagem de matéria orgânica por calcinação, dosagem do nitrogênio pelo processo de Kjeldahl, e determinação de açúcares redutores. Para a perda ao rubro, transferência da alíquota para cápsula tarada, secagem em banho-maria, na estufa a 105-110°C, e calcinação; cálculo do extrato total, cinzas, matéria orgânica solúvel, e referência a 100 g de serapilheira. Obtenção da percentagem do nitrogênio, nesta fração, em 100 g da serapilheira, e também em percentagem do nitrogênio total nela existente. São extraídos carboidratos simples e seus derivados, vários aminoácidos e peptídeos (18).

**Extração com água quente** — Transferência do resíduo da última extração, quando úmido, (seco impregna o papel de filtro tornando difícil a sua remoção), por meio de jactos de água destilada, para um Erlenmeyer de 500 ml, até um volume de, mais ou menos, 250 ml; fervura, sob refluxo, durante 3 horas; filtração a quente, em papel de filtro, lavagem com água quente até um volume de, mais ou menos, 450 ml, resfriamento para completar o volume de 500 ml. Em alíquotas do filtrado, é feita a dosagem da matéria orgânica por calcinação, nitrogênio total, e açúcares redutores. Calculam-se os outros resultados da mesma maneira que na fração anterior. São extraídos amido, algumas pectinas, certas hexosanas, e vários compostos nitrogenados (18).

**Extração com álcool** — Transferência do resíduo para cápsula com pisseta, secagem em banho-maria, moagem do material e secagem em estufa a 105-110°C. Este processo é usado porque, se o material secar no papel de filtro, se perde muito, além de haver o perigo da contaminação da amostra pela celulose do papel. É feita a pesagem do material que secou na estufa, transferência para Erlenmeyer de 50 ml, adição de 150 ml de álcool etílico, e tratamento durante 3 horas, em banho-maria, sob refluxo; faz-se a filtração a quente em papel de filtro, lavagem com álcool etílico a quente, concentração e secagem em cápsula tarada, secagem na estufa a 105-110°C e calcinação. Calcula-se a percentagem da fração, extraída da serapilheira seca a 105-110°C, pela fórmula:

$$\text{percentagem de extrato alcoólico total} = \frac{(100 - (a + b + c)) d}{p}$$

onde *a* corresponde à percentagem total do extrato etéreo, *b* à percentagem do extrato total com água fria, *c* à percentagem do extrato total com água quente, *d* ao peso do extrato obtido do tratamento com álcool etílico, *p* o peso da serapilheira (resíduo) que entrou em extração alcoólica. A partir desta percentagem, efetuar o cálculo da matéria orgânica extraída e cinzas, sobre 100 g de serapilheira em percentagem da matéria orgânica total da mesma.

**Extração com ácido clorídrico diluído a 2% em pêso** — Secagem na estufa, a 105-110°C, do resíduo da extração alcoólica sêco ao ar: faz-se a pesagem, transferência para Erlenmeyer de 750 ml, adição de 350 ml de HCl a 2% em pêso, e fervura, sob refluxo, durante 5 horas. Para poder calcular a fração extraída neste tratamento, filtra-se em algodão de vidro tarado e lava-se com água destilada até não mais sair HCl. Passar o resíduo, com jactos de água, para cápsula de vidro tarada, secagem em banho-maria e na estufa. Calcula-se, com êstes dados, a percentagem extraída, empregando a fórmula acima, acrescida, ainda, da fração alcoólica. Esta percentagem permite calcular a extração seguinte, com H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Completa-se o filtrado a 1 litro, e dosa-se em alíquotas o nitrogênio e as hemiceluloses pelos seus produtos de hidrólise (açúcares redutores). Multiplica-se o resultado obtido na dosagem dos açúcares redutores por 0,9 que dará a quantidade de hemiceluloses, referindo-se a 100 g de serapilheira, e, também, em percentagem da matéria orgânica total da mesma. Refere-se o resultado da dosagem do nitrogênio em percentagem do nitrogênio total, multiplica-se aquele resultado por 6,25, e relaciona-se com 100 g de serapilheira e, também, à matéria orgânica total. Chamar a êstes compostos nitrogenados do grupo das proteínas como "proteínas solúveis em ácidos diluídos".

**Extração com H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a 80% em pêso** — Eliminação do algodão de vidro do resíduo anterior, secagem a 105-110°C, com pesagem e transferência para Erlenmeyer de 750 ml. O material é tratado com 30-40 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a 80% em pêso, durante 2,5 horas a frio, em banho de água, e, depois, é diluído 15 vezes (450-600 ml), com água destilada, e fervido durante 5 horas, sob refluxo; resfria-se e filtra-se em funil com algodão de vidro tarado, com lavagens de água destilada até não sair mais H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Todo o resíduo da extração sulfúrica, com lavagens, é passado para cápsula de vidro tarada, sêco em banho-maria e na estufa a 105-110°C. Pesa-se a cápsula e calcula-se a percentagem de extração dêste tratamento pela fórmula já conhecida, e referida a 100 g de serapilheira.

O filtrado é completado a 1 litro e dêle se retiram alíquotas convenientes onde se dosam os açúcares redutores. O resultado é multiplicado por 0,9 cujo produto representa a celulose. Refere-se a quantidade de celulose a 100 g de serapilheira e em percentagem de matéria orgânica da mesma. Em outra alíquota do filtrado, dosa-se o nitrogênio, e refere-se a 100 g de serapilheira e ao nitrogênio total. Multiplica-se o resultado referido a 100 g de serapilheira por 6,25 para obter "proteínas solúveis em ácidos concentrados" e expressa-se em percentagem de matéria orgânica total da serapilheira.

**Resíduo final** — A percentagem do resíduo final na serapilheira é calculada pela fórmula exposta na extração com álcool, com adição das percentagens das frações alcoólicas, de ácido diluído e ácido concentrado. Dosa-se no resíduo final de tôdas as extrações a perda de umidade 105-110°C, perda ao rubro, carbono e nitrogênio total. Multiplica-se a quantidade de nitrogênio por 6,25 e refere-se a 100 g de serapilheira como "proteína bruta". Refere-se também a quantidade de nitrogênio em percentagem do nitrogênio total da serapilheira. A perda ao rubro fornecerá lignina mais proteína bruta e daí se calculam ambas. O carbono, no caso de se tratar de solo, fornecerá a lignina segundo a fórmula de Waksman (17).

**Dosagem dos açúcares redutores** — Pelo método original de Waksman e Stevens (16, 17), a dosagem dos açúcares redutores se processava pelo método de Bertrand ou outro método conveniente. As dificuldades encontradas na dosagem dos açúcares redutores pelo processo de Eynon e Lane (2) foram de duas ordens: a) na alcalinização dos extratos sempre havia precipitados cuja filtração retinha açúcares redutores; tal fenômeno não foi assinalado por Waksman (16, 17), que mandava filtrar e, no filtrado, dosar os açúcares redutores; b) muitas vezes o volume do extrato a ser empregado ultrapassava em muito os 50 ml estabelecidos no método de Eynon e Lane. As modificações empregadas por Shewan (13) e Ashworth (3), para essas dosagens, deram bons resultados, e, por isso, adotadas como segue:

Alcalinizam-se alíquotas de 20-50 ml com NaOH a 5% contra o indicador bromocresol púrpura, adicionam-se 10 ml da mistura das soluções de Eynon e Lane (2), ferve-se durante 1 minuto, adicionam-se 3 gotas de azul de metileno a 1% e titula-se o excesso de licor dois minutos subsequentes, contra glicose padrão 0,25%. Nas titu-

lações posteriores do mesmo material, adiciona-se glicose padrão até 0,5-1 ml próximo do ponto final determinado na primeira dosagem e repetem-se as dosagens até serem precisas. Titula-se o licor de Fehling pelo padrão de glicose. Usa-se a glicose pura do comércio, tendo como comparação o padrão segundo A.O.A.C. (2). Utilizar, nas titulações, sempre os mesmos volumes.

### 2.3 - COLETA DAS AMOSTRAS DE SERAPILHEIRA

As amostras de serapilheira foram coletadas nas proximidades dos perfis descritos no levantamento pedológico da Estação Experimental de Pindorama (10). Para a retirada da amostra, demarcou-se no terreno uma área com 0,5 m de lado e, com uma pá reta, cortaram-se os lados do retângulo, eliminando a vegetação existente. Cuidadosamente, foram separadas as camadas *L*, *F* e *H*. Para a separação das camadas surge o fator pessoal, porque não existem limites nítidos entre elas.

As camadas *F* e *H*, em geral, não foram separadas, pois a decomposição nestes solos é muito rápida, obtendo-se somente *L* e *F*.

As camadas coletadas separadamente foram trazidas para o laboratório e secas ao ar. Os constituintes maiores foram separados manualmente e, os menores, por peneiras de 4 e 2 mm. Esta operação foi necessária porque o moinho utilizado não tinha capacidade de moer toda a amostra e, como a análise exige uma subamostra homogênea, bastava moer partes proporcionais dos constituintes separados da maneira acima explicada. No material moído foi calculada a perda de umidade a 105-110°C, perda ao rubro para determinar a percentagem do material orgânico, e nitrogênio total. Para o fracionamento da matéria orgânica, tomou-se uma subamostra do material moído, representativo de cada uma das camadas.

### 2.4 - DESCRIÇÃO DAS AMOSTRAS COLETADAS

Os solos das matas de Pindorama podem ser estudados no levantamento pedológico da Estação Experimental (10), onde são encontradas as áreas das matas, os resultados das análises do solo, bem como outras informações de interesse. Para o estudo em aprêço, foram retiradas amostras de todas as matas que se localizam em vários pontos da Estação Experimental. Essas matas foram designadas pelas letras **A** a **D**, e, as amostras nelas retiradas, por números seguidos de 1 a 7.

#### 2.4.1 - MATA A

A mata sob esta designação corresponde aos perfis 557, 559 e às amostras superficiais T 1986 e 1987 no levantamento pedológico de Pindorama. É mata primária, exposta a lenhadores furtivos, pois é atravessada por estrada de rodagem. Segundo informações obtidas, o seu solo não é tão produtivo quanto os da mata aqui denominada pela letra **C**. Não foram encontrados sinais de destruição, quer pelo fogo, quer pela extração de madeiras de lei. Foram retiradas duas amostras, a saber:

**Amostra 1** — Esta amostra foi coletada próximo ao perfil 557; nela se distinguiram apenas duas camadas, *L* e *F*. A primeira camada possuía muita casca de peroba, fôlhas, galhos, etc., quase sem decomposição, ao passo que a camada *F* se apresentava muito decomposta e misturada com o solo. Não foi possível fazer a separação de *F* e *H*. A camada *F* possuía muitas raízes de árvores que totalizaram 7,8% de tôda a camada, incluindo-se a parte mineral. O aparecimento de raízes, na superfície, provavelmente em busca de água e alimentos, era bastante grande; na fração predominavam os conglomerados produzidos pelas minhocas.

**Amostra 2** — Foi coletada próximo ao perfil 559. Esta amostra se apresentou com as mesmas características que a anterior, sòmente não se encontrando as cascas de peroba. Só foi possível separar as camadas *L* e *F*.

#### 2.4.2 - MATA B

Na mata que recebeu esta denominação, foram retirados os perfis 539, 540, 554 e as amostras superficiais T 1903, 1904, 1946 e T 1958. Está nas mesmas condições que a mata com a designação **A**, exceto quanto à retirada da madeira, porque se situa em local isolado, sem perigo de devastações. A mata é primária, com solos bons para culturas. Sua altitude é de 525 m, com topografia irregular. Foram retiradas duas amostras:

**Amostra 3** — Coletada próximo ao perfil 539, apresentou-se com duas camadas *L* e *F*. A serapilheira em fermentação possuía grande número de raízes de árvores, e os mesmos conglomerados produzidos pelas minhocas.

**Amostra 4** — Foi retirada perto do perfil 554. As indicações seguem, em linhas gerais, as anteriores, com duas camadas *L* e *F*. Na serapilheira em fermentação eram poucas as raízes, mas os conglomerados produzidos pelas minhocas eram numerosos.

#### 2.4.2 - MATA C

À mata com esta designação, correspondem os perfis 534, 546, 547 e amostras superficiais T 1905, 1906 e 1954 do levantamento assinalado. É a melhor mata da Estação Experimental de Pindorama. Há-mais ou menos 15 anos, a parte norte incendiou-se (perfil 546) e, por isso, não foram ali tiradas amostras. O solo é ótimo para culturas, e de topografia um pouco irregular. Coletaram-se duas amostras:

**Amostra 5** — Foi retirada junto ao perfil 534, cota 558 m. O terreno é em leve declive e a serapilheira possuía três camadas: *L*, *F* e *H*. A descrição é a mesma da amostra número 6.

**Amostra 6** — Obteve-se esta amostra próximo ao perfil 547, num solo com 10% de declividade. Constataram-se as três camadas *L*, *F* e *H* em lugar de apenas duas, *L* e *F*, como era de esperar. A serapilheira não decomposta possuía muitos galhos, fôlhas, etc.; a serapilheira em

fermentação estava sendo atacada por fungos e outros organismos, achan-do-se entremeada de raízes das árvores. A presença dos fungos nesta fração é que determinou a distinção entre *F* e *H*. A serapilheira humifi-cada (*H*) apresentou-se muito decomposta e misturada com bastante solo. Os conglomerados produzidos pelas minhocas abundavam nesta camada.

#### 2.4.4 - MATA D

A mata com essa designação não pertence à Estação Experimental, constituindo terreno de uma propriedade vizinha. Foi estudada porque os solos são pobres e secos, contendo uma cobertura vegetal conhecida pelo nome de "cerradão". Situa-se perto da amostra superficial T 2000. Não se pode afirmar que seja primária e, por isso, tirou-se uma única amostra (amostra 7). Houve distinção entre *L* e *F*, sendo que a última não apresentou conglomerados de minhocas, nem muitas raízes.

### 3 - RESULTADOS OBTIDOS

Estudou-se a maneira de dosar a matéria orgânica total, a riqueza orgânica das matas e o fracionamento da serapilheira.

#### 3.1 - DETERMINAÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA POR CALCINAÇÃO

A melhor maneira de exprimir a matéria orgânica do solo consiste em multiplicar o teor de carbono por 1,724. Este fator representa a

QUADRO 1.—Comparação da matéria orgânica da serapilheira obtida por perda ao rubro, e pela multiplicação do carbono por 1,724, expressos em 100 g de serapilheira sêca a 105-110°C

Amostra número	Camada <i>L</i>		Camada <i>F</i>		Camada <i>H</i>	
	C x 1,724	P. rubro	C x 1,724	P. rubro	C x 1,724	P. rubro
	%	%	%	%	%	%
1 -----	86,95	89,22	39,95	46,47	-----	-----
2 -----	69,72	73,95	23,42	26,54	-----	-----
3 -----	50,88	51,72	25,37	27,40	-----	-----
4 -----	69,72	73,95	23,42	26,54	-----	-----
5 -----	70,52	71,79	43,55	46,88	17,97	20,11
6 -----	53,54	57,33	66,61	70,72	17,50	19,41
7 -----	83,19	85,96	26,06	30,16	-----	-----

relação das substâncias humificadas para o conteúdo de carbono, na qual êle entra na proporção de 56-58%. No caso da serapilheira, a relação matéria orgânica para carbono é maior, e os resultados obtidos pela multi-

plicação serão menores que os teores realmente existentes. Como, em geral, a serapilheira tem pouco solo e, no caso especial do solo Arenito Bauru, contém pouca argila, os resultados de matéria orgânica obtidos por perda ao rubro parecem ser os mais indicados. No quadro 1 são apresentados os dados para a comparação entre as duas maneiras de obter a matéria orgânica.

Êsses dados confirmam os trabalhos de Lunt (8), segundo os quais, o fator 1,724 é muito baixo para a serapilheira. Êsse autor usa outros fatores, que são, por exemplo: para a liteira, 1,89, e para a serapilheira em fermentação, 1,85. É preferível expressar a matéria orgânica obtida por perda ao rubro, apesar de Waksman (15) só achar recomendável quando o teor mineral estiver abaixo de 10%.

### 3.2 - RIQUEZA DA MATÉRIA ORGÂNICA DA SERAPILHEIRA

Como já se mencionou, as amostras de serapilheira foram retiradas o mais próximo possível dos perfis de solo do levantamento da Estação Experimental de Pindorama (10). Os dados do quadro 2 foram obtidos relacionando a riqueza de matéria orgânica da serapilheira com a dos perfis de solo que lhe estão próximos. Nesse quadro, o teor de matéria orgânica do solo foi obtido pela multiplicação do fator 1,724 pela quantidade de carbono do solo e transformando-se para o pêso de solo em um hectare. Calculou-se que um hectare de solo, com massa específica aparente de 1,34 e na profundidade de 30 cm, tem cêrca de 4.150 toneladas de pêso.

QUADRO 2.—Quantidade de matéria orgânica da serapilheira e do solo, em toneladas por hectare, até 30 cm de profundidade, na Estação Experimental de Pindorama

Designação das matas	Serapilheira (Horizonte A <sub>00</sub> mais A <sub>0</sub> )		Perfil (Camada a)	
	Número das amostras	Quantidade de matéria orgânica	Número do perfil	Quantidade de matéria orgânica
		t/ha		t/ha
A ----- {	1 -----	49,00	557 -----	50,97
	2 -----	23,74	559 -----	57,25
B ----- {	3 -----	61,20	539 -----	43,29
	4 -----	42,13	554 -----	33,51
C ----- {	5 -----	26,83	534 -----	62,14
	6 -----	33,05	547 -----	56,56
D -----	7 -----	15,12	T2000 (1) .	47,48

(1) Amostra superficial

O número de coletas é pequeno para dar boa idéia da riqueza em matéria orgânica dessas matas, mas os resultados indicam que a existente na serapilheira oscila da metade até igual quantidade de matéria orgânica da camada *a* do solo. Estes solos são pobres em matéria orgânica, o que indica a sua rápida decomposição (10). Serão eles, talvez, os mais pobres em matéria orgânica dentre os tipos de solos cultiváveis encontrados no Estado. A destruição pelo fogo, dos restos vegetais após a derrubada das matas, e dos restos de culturas, constitui grave prejuízo para a fertilidade desses solos. Em se tratando de mata, além das perdas minerais, há, ainda, a destruição de quase a metade da matéria orgânica que se encontra na camada *a* do solo, a qual, senão fôsse destruída, reteria as substâncias minerais e impediria o arrastamento destas pela água de percolação. A própria matéria orgânica poderia perdurar no solo, visto que a parte destruída ainda não está decomposta e requer muito tempo para sofrer os fenômenos de destruição. Por conseguinte, a fertilidade do solo teria maior duração.

Seria, também, de interêsse verificar a quantidade da fração nitrogenada existente na serapilheira e na camada *a* do solo. No quadro 3 estão reunidos os cálculos referentes às quantidades de nitrogênio existentes na serapilheira e na camada *a* do perfil mais próximo ao local de onde se retiraram as amostras de serapilheira.

QUADRO 3.—Quantidade de nitrogênio, em toneladas por hectare, na serapilheira seca a 105–110° C, e na camada *a* (até 30 cm de profundidade) do solo Arenito Bauru de Pindorama.

Designação das matas	Serapilheira (Horizonte A <sub>00</sub> mais A <sub>0</sub> )		Perfil (Camada <i>a</i> )	
	Número das amostras	Quantidade de matéria orgânica	Número do perfil	Quantidade de matéria orgânica
		<i>t/ha</i>		<i>t/ha</i>
A ----- {	1 -----	0,592	557 -----	2,349
	2 -----	1,115	559 -----	2,876
B ----- {	3 -----	1,468	539 -----	1,985
	4 -----	1,087	554 -----	1,763
C ----- {	5 -----	0,718	534 -----	3,019
	6 -----	0,682	547 -----	2,249
D -----	7 -----	0,447	T2000 -----	1,620

Os dados do quadro 3 mostram que a serapilheira contém menor quantidade de nitrogênio do que a camada *a* do solo. Comparando-se a relação nitrogênio da serapilheira para o nitrogênio do solo, com a mesma relação da matéria orgânica total nessas duas camadas, nota-se que as perdas por decomposição da matéria orgânica nitrogenada são menores que as da não nitrogenada. Este fenômeno é conhecido e mais uma vez confirmado.

### 3.3. - FRACIONAMENTO DA MATÉRIA ORGÂNICA DAS DIFERENTES CAMADAS

Há inúmeros fatores atuando na decomposição da serapilheira, tais como o clima, o solo, a altitude, a atividade microbiana, etc. Esta parte do trabalho visa estudar a serapilheira submetida a todos os fatores locais que determinam o tipo de decomposição nas matas de Pindorama. Os resultados do fracionamento das camadas retiradas das matas é apresentado no quadro 4. As diferentes extrações estão calculadas em função da matéria orgânica total, obtida por perda ao rubro. A lignina não foi obtida pela fórmula de Waksman, porque esta apresentou resultados muito altos, o que é razoável visto ser a relação substância orgânica para carbono mais baixa na lignina que nas outras frações.

Pelos dados do quadro 4, a fração solúvel no éter, cêras e gorduras, diminui da camada *L* para a camada *F* ou *H*. Isto indica uma decomposição, mais ou menos rápida, dessa fração, pelos microrganismos do solo, o que contrapõe, de certo modo, a Waksman (5, 6) que acha ser esta fração de decomposição vagarosa, podendo, portanto, acumular no solo.

Com referência às frações solúveis na água fria e quente, na maioria dos casos elas se mantiveram proporcionais nas diferentes camadas. Houve exceção quando existiram as três camadas, *L*, *F* e *H*, onde se verificou o aumento da fração solúvel em água fria e quente, na serapilheira em fermentação. Estas substâncias, que são as mais facilmente decomponíveis (18), e, portanto, deveriam diminuir nas camadas inferiores, persistem através da serapilheira. Explica-se a sua existência nas camadas mais inferiores, por serem produtos da atividade microbiana na decomposição das substâncias orgânicas. Aceitando-se esta hipótese, torna-se claro o aumento dessa fração que se nota na camada *F*, quando se encontrou a camada *H*, e a constância da sua percentagem em tôdas as camadas dos horizontes orgânicos quando existem só as camadas *L* e *F*.

A fração solúvel no álcool — resinas e pectinas — tem a tendência de permanecer mais ou menos constante dentro das camadas de serapilheira, indicando uma resistência à decomposição pelos microrganismos. O fato, porém, de não se acumular, é indício de sua destruição.

As hemiceluloses diminuem nas camadas inferiores da serapilheira. Como constituem a fonte de energia para os microrganismos, é natural que isso ocorra. O mesmo se passa com as celulosas.

Com referência à lignina, esta se decompõe como qualquer outra fração. Segundo Waksman (18), sua destruição é lenta, com acúmulo no solo, onde forma, juntamente com a proteína, os complexos húmicos. A pequena quantidade de matéria orgânica encontrada nos solos Arenito Bauru se explica, portanto, pela grande decomposição da lignina proveniente dos restos vegetais depositados pela vegetação. A rápida destruição da lignina não é desconhecida, pois Phillips e outros (11) acharam que, em condições adequadas, ela se decompõe como a celulose. Estas condições devem prevalecer nas matas de Pindorama e, provavelmente, nos solos do Arenito Bauru.

QUADRO 4.—Percentagens das diversas frações de matéria orgânica, na matéria orgânica total calculada pela perda ao rubro

Amostra		Percentagem das frações de matéria orgânica obtida com vários tratamentos											
Mata	Número	Camada	Éter (Céras e gorduras)	Água		Alcool (Resinas, etc.)	HCl a 2%		H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> a 80%		Resíduo		Total extraído %
				Fria (Carbohidratos, etc.)	Quente (Amido, etc.)		Hemi-celulose	Prot. sol. ácidos diluídos	Celulose	Prot. sol. ácidos conc.	Lignina	Proteína bruta	
A	1	L	2,56	4,01	3,54	0,75	18,28	4,45	15,84	1,29	31,14	4,63	86,49
		F	1,59	3,95	3,50	1,65	13,76	5,09	13,18	1,89	32,37	4,90	81,88
	2	L	2,10	3,90	3,64	0,74	11,47	3,29	14,89	1,98	35,17	4,77	81,89
		F	1,60	3,72	3,42	1,08	11,27	6,43	6,43	3,09	34,98	5,02	77,04
B	3	L	2,55	3,78	4,75	1,27	12,63	4,70	10,46	2,25	32,49	4,05	78,93
		F	1,50	2,35	4,61	1,04	11,17	4,97	7,94	2,10	28,33	4,91	68,92
	4	L	1,96	3,20	3,02	0,95	12,40	3,27	16,78	1,88	35,90	4,21	83,57
		F	1,39	2,89	3,53	1,29	8,48	5,49	7,41	3,16	28,23	10,00	71,87
C	5	L	1,49	3,00	3,23	0,94	15,54	4,69	15,46	0,84	37,19	5,05	87,44
		F	1,11	2,68	4,87	0,98	11,19	6,54	9,36	1,62	33,62	6,36	78,33
	6	H	1,30	0,53	7,09	0,95	10,13	6,70	9,22	3,54	32,45	6,43	78,34
		L	2,08	2,85	3,30	1,06	12,45	5,40	9,43	2,76	40,50	5,94	85,77
D	7	F	1,84	3,32	7,40	1,07	13,90	7,63	4,97	1,96	31,59	6,00	84,68
		H	1,46	3,57	4,38	1,39	10,67	7,96	6,50	3,69	29,20	6,53	75,35
	7	L	2,71	3,97	3,28	0,92	16,13	4,22	15,97	2,67	38,83	5,70	94,41
		F	2,11	3,68	3,64	1,15	13,02	6,57	5,83	4,08	40,85	6,15	87,08

QUADRO 5.—Percentagens de nitrogênio obtidas no fracionamento da matéria orgânica, em relação ao nitrogênio total, nas amostras de scrapilha de solo arenito Bauri

Amostra		Percentagem de nitrogênio nas diferentes frações obtidas pelo fracionamento da matéria orgânica						Total extraído %
Mata	Número	Camada	Água		HCl a 2% (Proteínas sol. ácidos dil.)	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> a 80% (Proteínas sol. ácidos conc.)	Resíduo (Proteína bruta)	
			Fria (Aminoféidos e peptídeos)	Quente (Vários compostos nitrogenados)				
A	1	L	10,3	6,8	36,8	11,4	36,5	101,8
		F	6,5	5,1	35,8	14,6	36,7	98,7
	2	L	8,0	6,6	26,1	15,2	38,0	93,9
		F	6,9	6,4	37,3	17,8	29,7	98,1
B	3	L	8,7	6,6	35,0	15,1	29,0	94,4
		F	5,1	5,9	37,2	14,1	35,4	97,7
	4	L	7,8	4,3	29,0	16,7	38,5	96,3
		F	4,1	4,1	29,1	16,8	53,0	107,1
C	5	L	6,9	3,8	33,8	16,1	41,0	101,6
		F	7,5	7,0	34,8	12,6	32,9	94,8
	6	H	2,5	10,0	41,2	18,1	32,4	104,2
		L	6,8	4,6	37,4	14,2	36,7	99,7
D	7	F	15,2	10,8	43,5	7,1	26,9	103,5
		H	5,6	4,5	41,2	16,7	31,3	99,3
	7	L	8,7	5,0	29,0	18,4	39,2	100,3
		F	7,0	4,9	35,2	21,9	33,0	102,0

Outro fator, a ser deduzido do estudo ora efetuado, diz respeito às percentagens totais extraídas pelo método de fracionamento de Waksman, que diminuem na camadas inferiores dos horizontes orgânicos. A explicação seria que, nas camadas *F* e *H*, se processam decomposições e sínteses de novas substâncias que não entram nas categorias dadas por esse método de fracionamento, ou, então, porque a parte mineral das camadas inferiores prejudica as dosagens.

No quadro 5 figuram as diversas frações nitrogenadas, segundo as camadas que constituem a serapilheira. Os dados foram obtidos no fracionamento da matéria orgânica pelo processo de Waksman, onde o nitrogênio foi determinado pelo método de Kjeldahl e relacionado com o nitrogênio total da amostra de serapilheira.

Pelo exposto no quadro 5, a fração nitrogenada solúvel em água fria, diminui da camada *H* para a *F*. A maior percentagem se apresenta na serapilheira em fermentação (quando a mata possui as três camadas), indicando a libertação de nitrogênio solúvel em água fria quando os restos vegetais entram em fermentação. O nitrogênio da fração solúvel em água quente tem tendência para permanecer com o mesmo teor, aumentando na serapilheira em fermentação.

O nitrogênio das frações solúveis em ácidos diluídos e concentrados se acumula à medida que a matéria orgânica se decompõe, indicando serem produtos da atividade microbiana. A parte insolúvel permanece mais ou menos constante.

Em conclusão, há uma concentração de fração nitrogenada protéica no solo, porém, não oriunda diretamente das plantas, mas indiretamente, como produto da atividade microbiana. Essa afirmação se baseia no aumento das frações solúveis nos ácidos.

QUADRO 6.—Quantidade aproximada de nitrogênio, em toneladas por hectare, nas diversas camadas da serapilheira e dos perfis da Estação Experimental de Pindorama

Camada	Amostra 2 e perfil 559	Amostra 4 e perfil 554	Amostra 6 e perfil 547
	t/ha	t/ha	t/ha
<i>L</i> -----	0,17	0,19	0,11
<i>F</i> -----	0,95	0,91	0,48
<i>H</i> -----			0,41
<i>a</i> -----	3,83*	3,11**	3,18*
<i>b</i> -----	2,05*	1,62**	1,35*
<i>c</i> -----	1,42***	1,55**	2,65***

\*Profundidade de 40 cm. \*\*Profundidade de 50 cm. \*\*\*Profundidade de 70 cm.

Para completar os dados da distribuição do nitrogênio nos perfis, foi elaborado o quadro 6. As serapilheiras, como já foi assinalado, não pertencem aos perfis e foram coletadas próximo a eles. Neste quadro,

porém, foram supostas como pertencendo aos respectivos perfis. No quadro 6, a distribuição do nitrogênio é expressa em toneladas por hectare, sendo que a quantidade para o solo foi calculada na profundidade ali indicada.

Pelo exposto, o nitrogênio se concentra no solo em diversas formas protéicas; é resistente à decomposição, porém seu grau de resistência é desconhecido (17).

Como tudo indica, neste solo há uma destruição rápida de matéria orgânica, que é ainda ressaltada pela relação C/N, nas diversas camadas de serapilheira, exposta no quadro 7.

QUADRO 7.—Relação C/N nas camadas de serapilheira e solo, nas matas da Estação Experimental de Pindorama

Camada	Relação C/N		
	Amostra 2 e perfil 559	Amostra 4 e perfil 554	Amostra 6 e perfil 547
<i>L</i> -----	28,42	30,29	20,90
<i>F</i> -----	17,51	17,44	17,56
<i>H</i> -----	-----	-----	16,66
<i>a</i> -----	11,55	10,43	13,73
<i>b</i> -----	13,68	17,07	16,40
<i>c</i> -----	18,67	17,22	11,43

A relação C/N cai bruscamente da camada *L* para a camada *H*. Segundo o trabalho de Morgan e Lunt (9), a variação da relação C/N é de 1:29 para a camada *L* até 1:20 para o horizonte *C* no tipo "podsol", e de 1:33 para a camada *L* até 1:15 no "mull". O tipo "mull" não apresenta a camada *H*, como em geral foi encontrado neste trabalho, porém a decomposição nos tipos estudados parece ser muito mais elevada.

Interessante é a elevada relação C/N nas camadas *b* e *c*, devido, talvez, à fração solúvel em água, que, arrastada para aqueles horizontes, lá permanece sem se decompor.

## RESUMO

No estudo da serapilheira nos solos de mata do Arenito Bauru foram feitas as seguintes observações:

Elaborou-se uma nomenclatura específica, dada a carência de termos técnicos em português, para denominar as diferentes camadas que constituem os horizontes orgânicos das matas.

A matéria orgânica nos horizontes  $A_{00}$  e  $A_0$  foi determinada pelo processo de perda ao rubro e não pela multiplicação do teor de carbono por 1,724, porque, na serapilheira, êste último processo conduz a resultados menos exatos.

Apesar de não coincidirem exatamente as coletas de serapilheira com a dos perfis do levantamento pedológico já efetuado anteriormente no local, a sua associação permitiu esboçar o estado da matéria orgânica nestes solos. A quantidade de matéria orgânica da serapilheira oscila entre 1/2 a 1 da quantidade contida nos primeiros 30 cm do solo (camada *a*). O emprêgo do fogo para eliminar os restos vegetais das matas recém-derrubadas ou dos restos de cultura, é prática condenável em qualquer tipo de solo, mas, neste, assume aspecto ainda mais grave.

Pelo estudo do fracionamento da matéria orgânica das diferentes camadas, constatou-se decomposição muito intensa, mesmo para a lignina, que é a base das substâncias humificadas. Como o levantamento pedológico já havia indicado, êstes solos são pobres em substâncias orgânicas, mesmo no início da sua exploração agrícola.

O estudo do fracionamento das substâncias nitrogenadas indica um enriquecimento do nitrogênio protéico, quando comparado com a matéria orgânica total. Deve haver perdas de nitrogênio, porém, muito menores que as das substâncias não nitrogenadas. A concentração, das frações nitrogenadas, à medida da evolução da matéria orgânica, é muito grande, caindo a relação C/N de, aproximadamente, 21-30 na camada *L* a 10-14 na camada *a*.

### SUMMARY

The results of the study of a forest floor of *Arenito Bauru* Soil are summarized as follows:

The organic matter content of  $A_{00}$  and  $A_0$  horizons was determined by the loss on ignition method. The determination of the total carbon by the dry combustion method and subsequent calculation of the organic matter by the factor 1.724 was found to be inadequate, judging from the low results obtained.

Organic matter content of the forest floor of *Arenito Bauru* Soil is from 50 to 100% of that found in the first 30 cm of the soil mass, indicating a rapid decomposition of the same in the soil profile.

Although Waksman (15) showed that lignin is the organic compound most resistant to the attack by the soil microorganisms, it was found that working with a soil from a different climatic region, lignin decomposes as quickly as all the other soil organic fractions. Therefore, concerning the fractionation of organic matter and the resistance of the compounds thus obtained to the decomposition by microorganisms, the idea was advanced of an approximately equal rate of decomposition for all the fraction for this soil type with the exception of the nitrogen compounds and water extract compounds.

The fractionation of organic nitrogen compounds indicates enrichment of protein content in the soil with depth. It was determined that the losses of non nitrogen constituents were higher than those of nitrogen compounds. The accumulation of the latter in the soil takes place in the form of protein and related compounds.

The C/N ratio falls from 20 — 30 in the *L* layer to 10 — 14 in the layer *a* rising in *b* and *c* layers, which shows a definite washing of non nitrogen organic compounds into these horizons.

### LITERATURA CITADA

1. Alway, F. J. e outros. Composition of the forest floor layers under different forest types on the same soil type. *Soil Sci.* **36**: 387-398. 1933.

2. **A.O.A.C.** *Em Methods of Analysis*, pág. 570, 6.<sup>a</sup> ed. A.O.A.C. Washington 4, D. C., 1945.
3. **Ashworth, M. R. F.** Fractionation of the organic soils and its relation to their quality. *Resumo em Analyst* **68**: 61. 1943.
4. **Franco, A. e outros.** Comissão Permanente de Terminologia da Soc. Bras. Ciência do Solo. Publ. esparsa, pág. 5, mimeografado, Rio de Janeiro, 1949.
5. **Gysel, L. W.** The forest humus layers of Ohio. *Soil Sci.* **60**: 197-217. 1945.
6. **Heiberg, S. O. e R. F. Chandler Jr.** A revised nomenclature of forest layers for the northeastern United States. *Soil Sci.* **52**: 87-99. 1941.
7. **Joffe, J. S.** Russian studies on soil profiles. *Jour. Amer. Soc. Agron.* **24**: 33-57. 1932.
8. **Lunt, H. A.** The carbon-organic matter factor in forest soil humus. *Soil Sci.* **32**: 27-33. 1931.
9. **Morgan, M. F. e H. A. Lunt.** The role of organic matter in the classification of forest soils. *Jour. Amer. Soc. Agron.* **24**: 655-662. 1932.
10. **Paiva Neto, J. E. e outros.** Estudo pedológico da Estação Experimental de Pindorama. Apresentado à II Reunião Brasileira de Ciência do Solo (não publicado).
11. **Phillips, M. e outros.** The decomposition of lignified materials by soil microorganisms. *Soil Sci.* **30**: 383-390. 1930.
12. **Pittmans, D. W.** A proposed descriptive symbolism for soil horizons. *Jour. Amer. Soc. Agron.* **24**: 931-933. 1932.
13. **Shewan, J. M.** The proximate analyses of the organic constituents in northeast Scottish soils, with some notes on the methods. *Jour. Agr. Sci.* **28**: 324-345. 1938.
14. **Silva Teixeira, A. J.** Glossário da Pedologia. *Rev. Agronomia (Lisboa-Portugal)* **35**: 95-127. 1947.
15. **Waksman, S. A.** *Em Humus*, pág. 212 a 230, 1.<sup>a</sup> ed. The Williams & Wilkins Comp., Baltimore, 1936.
16. **Waksman, S. A. e K. R. Stevens.** A system of proximate chemical analysis of plant materials. *Ind. Eng. Chem. Anal. Ed.* **2**: 167-173. 1930.
17. **Waksman, S. A. e K. R. Stevens.** A critical study of the methods for determining the nature and abundance of soil organic matter. *Soil Sci.* **30**: 97-116. 1930.
18. **Waksman, S. A. e F. G. Tenney.** The composition of natural organic materials and their decomposition in the soil: I. Methods of quantitative analysis of plant materials. *Soil Sci.* **24**: 275-283. 1927.
19. **Waksman, S. A. e F. G. Tenney.** The composition of natural organic materials and their decomposition in the soil: II. Influence of age of plant upon the rapidity and nature of its decomposition on rye plants. *Soil Sci.* **24**: 317-333. 1927.
20. **Wilde, S. A.** *Em Forest Soils and Forest Growth*, pág. 10-13, 1.<sup>a</sup> ed. *Chronica Bot. Comp.*, Waltham, U. S. A., 1946.