

## SÉRIES MONOTÍPICAS DA BACIA DE TAUBATÉ

### 2 — DOURADA E BARRO DE TELHA<sup>1</sup>

FRANCISCO DA COSTA VERDADE, *engenheiro-agrônomo, Seção de Agrogeologia, Instituto Agronômico*, LUIZ SOARES HUNGRIA, *engenheiro-agrônomo, Serviço do Vale do Paraíba, Departamento de Águas e Energia Elétrica.*

#### RESUMO

Na bacia de Taubaté, o Rio Paraíba e seus afluentes formam ampla rede de planícies aluviais, onde se localizam solos intensamente agricultados. Nessa área de oscilação meândrica, o rio e alguns afluentes escavam e depositam sedimentos arenosos de acordo com os fenômenos de rio maduro. Sobre essa camada as inundações, posteriormente, decantam sedimentos mais argilosos, formando a série monotípica denominada Dourada. Nos outros afluentes, com exceção da borda do ribeirão, essa série, em geral, ocupa toda a várzea. Esse solo, com características morfológicas simples, horizontes A-C, tem uma camada com acúmulo de matéria orgânica e depois os estratos diferenciados pelos ciclos de deposição fluvial.

A série Dourada é de textura argilosa, com dominância de cores ocre e presença, em todas as camadas, de mica branca (muscovita) visível a olho nu. Tem altos teores de potássio trocável e potencial, mas pobreza nos demais elementos. Sua estrutura é subangular forte, desenvolvendo estrutura em adobe nas épocas da seca, porém, os agregados são instáveis à água. A constituição da fração coloidal indica a presença da caulinita, goethita e pequena quantidade de quartzo de tamanho coloidal.

A série Barro de Telha ocorre longe do rio, em área onde a carga das águas de inundação está bastante selecionada no sentido de partículas finas. O perfil A-C é bastante argiloso, não apresentando mica visível a olho nu. As camadas estão gleizadas, com tonalidades griseas. Sua composição química indica alto potencial para o elemento potássio e muito baixo para outros cátions nutrientes de plantas. A fertilidade é baixa, exceto para o potássio. A fração argila apresenta caulinita e um mineral com estrutura de mica, havendo quartzo em uma camada. Ambos os solos são considerados do grande grupo de solo Aluvião, da ordemazonal.

<sup>1</sup> Trabalho apresentado no VIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, realizado em Belém, Pará, de 16 a 31 de julho de 1961. Recebido para publicação em 23 de março de 1962.

## I — INTRODUÇÃO

A grande planície de inundação do Rio Paraíba inicia-se praticamente na cidade de Jacareí e prolonga-se até Cachoeira Paulista, trecho em que o rio, meândrico, estabelece uma série de sub-bacias. Essas sub-bacias, aparentemente, regulam os tipos de solos encontrados, pois enquanto que nas da montante existem solos Bog (orgânicos), nas médias dominam os solos argilosos, para, nas da jusante existirem solos de textura grossa, praticamente ausentes os solos orgânicos.

A sub-bacia que se inicia em Pindamonhangaba e se prolonga até Guaratinguetá, já bem estudada quanto aos solos, apresenta seções transversais que vão desde 3 600 m, próximo à última cidade, até 6 400 m logo após a primeira. Ao longo do rio, geralmente em ambas as margens, existem faixas com os antigos meandros ou "braços mortos", locais das primeiras sedimentações nas enchentes. Nessa área, as oscilações do rio produzem a erosão fluvial numa margem e deposição arenosa na oposta, que posteriormente será recoberta, pelas enchentes, com uma camada de sedimentos argilosos.

As águas de inundação, decantadas da parte grosseira, vão atingir a várzea distante, depositando materiais mais finos e estabelecendo uma sucessão de solos de diversas texturas, de acordo com o caminhar das águas. Normalmente as áreas junto aos rios são mais elevadas que as internas, onde se localizam os solos mais argilosos.

A granulometria em geral torna-se mais grosseira à medida que a profundidade aumenta, para atingir as camadas essencialmente arenosas. A capa argilosa ou de textura mais fina é comparativamente pequena em relação à arenosa.

Os rios e ribeirões afluentes do Paraíba têm os mesmos fenômenos, porque ao deixarem a formação pré-Cambriana e atingirem a Terciária tornam-se meândricos, estabelecendo várzeas similares ao rio principal. O único fenômeno não encontrado é o da decantação enérgica, formando os solos muito argilosos, porque a seção transversal da várzea é pequena para que o fenômeno se processe.

As duas séries monotípicas estudadas, Dourada e Barro de Telha, abrangem os fenômenos da decantação e sedimentação transversal nessas planícies aluviais.

## 2 — MATERIAIS E MÉTODOS

Os solos encontram-se descritos quanto à morfologia, gênese, propriedades físicas e químicas, em outro trabalho (8). A série Dourada está caracterizada por 12 perfis, tendo sido selecionados os de números 727, 755, 773, 780 e 802 para o estudo da distribuição da argila em profundidade e o 727 para as análises químicas. A série Barro de Telha é analisada neste trabalho pelos perfis 370 e 754.

Os métodos de coleta de amostras compostas para fins de fertilidade, das análises dos raios-X e espectrográficas já foram indicados no trabalho anterior (7).

### 3 — SÉRIE DOURADA <sup>(2)</sup>

Esta série recebeu tal denominação pela existência de tons ocres em todo o perfil ou pelo menos em uma camada. A sua presença foi inicialmente registrada na Estação Experimental da Produção Animal, em Pindamonhangaba (9).

#### 3.1 — FATORES DE FORMAÇÃO

Ela representa transporte e deposição fluvial, geralmente nas proximidades dos leitos de rios ou ribeirões, onde depositam primeiro sedimentos grosseiros para serem recobertos por deposições mais finas. Nas bacias aluviais dos ribeirões e pequenos rios, afluentes do Paraíba, e dentro da formação Terciária, a sua dominância é geral sobre os demais solos. Na formação pré-Devoniana, onde a declividade do leito é alta, a sua ocorrência é pequena, dominando as aluviões de textura grossa. Entre as duas situações existem as áreas intermediárias.

Na planície aluvial do Rio Paraíba, a série Dourada é encontrada na faixa de oscilação meândrica do rio, com algumas exceções e nos cones de dejeções dos ribeirões naquela várzea. O rio, na formação do meandro, escava numa margem e deposita na outra, formando a alça do meandro. Uma vez formado o estrato de areia, o crescimento do depósito é feito por sedimentos cada vez mais finos e trazidos nas inundações. No "braço morto" do rio também pode se formar a série

2 A expressão série neste trabalho refere-se à série monotípica.

Dourada, quando a alça separada do rio recebe inicialmente areia para depois receber os sedimentos finos. Este fenômeno não é comum, pois normalmente intercalam-se camadas orgânicas. Nos cones de dejeção dos pequenos cursos d'água, os fenômenos são similares aos anteriores e formam este tipo de solo.

A série Dourada encontra-se geralmente em cotas de 524 a 530 m. A sua posição é pouco mais elevada que a parte média da margem aluvial, como está indicado na figura 1. A topografia é plana, quebrada algumas vèzes por cordões de planície. Muitos dèsses solos foram parcialmente movimentados pelo homem, na formação de quadras de arroz irrigado.

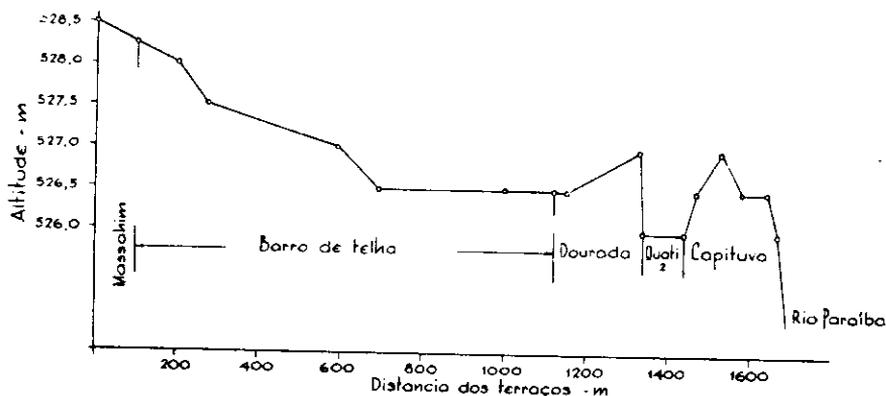


FIGURA 1. — Distribuição topográfica das séries Dourada e Barro de Telha.

Os solos são de drenagem má a imperfeita, vindo o mosqueamento até a superfície. A permanente umidade é a responsável pela existência da coloração amarela ocre no perfil, mantendo o ferro na sua mais alta hidratação. Anualmente as inundações recobrem-nos, propiciando deposições novas de sedimentos; nas áreas cultivadas com arroz irrigado, a sedimentação é menor e provavelmente mais fina que na anterior.

A atividade dos organismos parece ser grande, principalmente das minhocas. Nas áreas irrigadas desenvolvem-se bastante algas, não identificadas, constituindo fonte de fixação de nitrogênio. A exploração continuada em arroz pode ter produzido efeitos na micro-flora e fauna, porém nenhum estudo foi conduzido nesse sentido.

Os solos que se encontram próximos ao rio, fora dos diques de proteção contra as enchentes, não são explorados, exceto algum apro-

veitamento como pasto ou para a produção de lenha. Em geral os solos das pequenas bacias aluviais, bem como os cones de dejeção na grande várzea, estão todos utilizados na cultura de arroz, irrigado ou não.

A vegetação primitiva provavelmente foi de mata, com associação florística específica para as condições reinantes no local. Não mais se encontram restos intactos para estudar tal associação. A série Dourada está junta aos demais solos aluviais e mesmo orgânicos.

### 3.2 — MORFOLOGIA E FÍSICA DO SOLO

As características morfológicas são simples, havendo o desenvolvimento de um *A* pelo acúmulo de matéria orgânica e de 9 a 40 cm de espessura. É interessante notar que as adições contínuas de novos materiais na superfície não aterram esse horizonte, havendo a destruição da matéria orgânica mais profunda e deposições novas no material adicionado. Não existe horizonte *B*.

A profundidade do solo é grande e o lençol d'água varia de 0 a 200 cm de profundidade, de acordo com a época das chuvas.

A textura é argilosa, havendo ocasionalmente alguma deposição mais grossa na superfície. O teor de argila é comumente entre 45 a 70%, havendo exceções como o perfil 727. A espessura da capa argilosa pode ir de 60 cm até dois ou mais metros e usou-se o critério de profundidade para diferenciar fases, a serem definidas posteriormente. A distribuição textural, apresentada na figura 2, pode sugerir um horizonte *B*, porém, tal fenômeno traduz simplesmente a seleção de partículas grossas em profundidade.

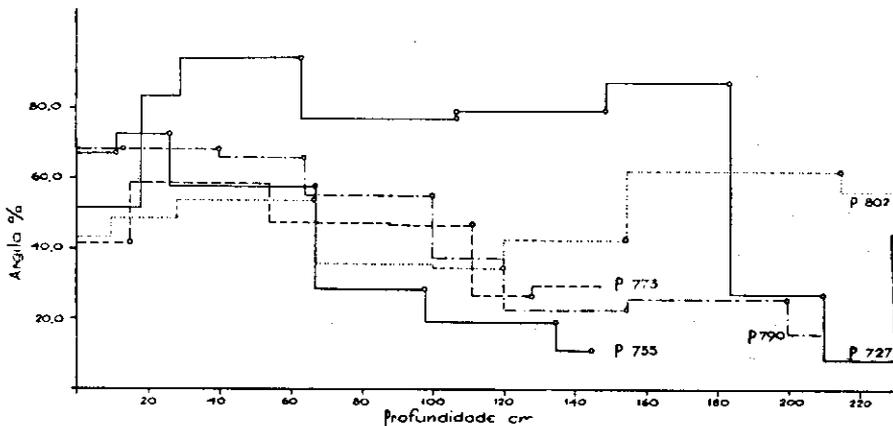


FIGURA 2. — Distribuição da argila em profundidade, na série Dourada.

Para o estudo das côres no perfil <sup>3</sup> tomou-se por base os 5 perfis já citados e 9 sondagens até 1 m de profundidade. De maneira geral a côr definidora do solo é a ocre, mais ou menos viva, tendo como fundamental a 10 YR com croma de 4,6 ou 8 e o valor, de 5 ou 6. A côr mais viva pode chegar a 7,5 YR com mesmo valor e croma de 6 e 8; a mais suave, de 2,5 YR com croma de 6 e 8 e valor de 5 e 6. Estas côres devem dominar pelo menos em uma camada, dando forte contraste de ocre. Superficialmente as colorações são mais escuras e no fundo podem existir côres de glei.

O estudo de 9 sondagens até 1 m indicou as seguintes colorações:

- 0- 20 cm — 10 YR 4/1 a 4/4, 5/1 a 5/3, algumas vêzes sem mosqueamento;
- 20- 40 cm — 10 YR 5/3 a 5/6, 6/2 a 6/6 e 7,5 YR 5/8, com mosqueamento;
- 40- 60-cm — 10 YR 5/2 a 5/8, 6/2 a 6/8, 7,5 YR 5/6 a 5/8 e 2,5 YR 5/2, com mosqueamento;
- 60- 80 cm — 10 YR 5/4 a 5/8, 6/3 a 6/8, 7,5 YR 5/6 a 5/8 e 2,5 YR 5/2 a 6/4, com mosqueamento;
- 80-100 cm — 10 YR 5/6 a 5/8, 6/4 a 6/8 7,5 YR 5/6 a 5/8 e 2,5 YR 5/2 a 6/4, com mosqueamento.

O mosqueamento pode ir de 10 YR até 5 YR, abrangendo tôdas as classes de tamanho, abundância e contraste.

Em geral são solos pouco permeáveis, friáveis e porosos. A parte de estrutura se apresenta granular ou subangular forte na superfície e subangular forte em profundidade. Na época das sêcas, os solos mais argilosos desenvolvem estrutura em adobe. Qualquer dessas estruturas é instável na água e durante o preparo da "lama" para o plantio de arroz de muda, fàcilmente é destruída. Em cortes expostos (canais de irrigação) desenvolve-se forte estrutura prismática.

A presença da mica visível a olho desarmado, é uma das características importantes. Está associada com menor decantação das frações mais grossas e com coloração ocre. As séries mais argilosas não apresentam a mica branca visível a olho nu e as côres ocre.

<sup>3</sup> Empregando-se o "Munsell color chart".

Na análise dos raios-X não foi identificada mica na fração argilosa, mas o solo natural apresenta plaqueta de muscovita. Uma possível troca de amostras foi eliminada pela inspeção do material. Pode-se aceitar que a decantação aqui segrega a mica em partículas grossas, sendo as finas levadas para outras áreas.

É interessante notar que o teor de limo é bem mais elevado que nos solos zonais da Bacia (8). A variação dessa fração está entre 10 a 30%, enquanto que nos solos bem drenados ela oscila entre 5 a 10%. Aparentemente existe uma concentração do limo por transporte fluvial, enriquecendo as baixadas.

A série com teor similar de argila, com mica e sem as côes ocre, dominando em todo o perfil o glei, é denominada Prateada. Ela é resultante de drenagem mais impedida.

### 3.3 — COMPOSIÇÃO QUÍMICA

As características químicas gerais, apresentadas em outro trabalho (8), indicam que são solos ácidos com o pH aumentando em profundidade ou permanecendo relativamente constante no perfil. A acidez é sempre elevada. O teor de matéria orgânica, quando comparado com os solos bem drenados, é de médio a alto, sofrendo grandes oscilações dentro do perfil e entre perfis, refletindo condições de mais umidade entre as diversas ocorrências. Acompanha essa variação o teor de nitrogênio. Exceto em casos particulares, é digno de registro a estreita relação C/N para solo que apresenta mosqueamento em tôdas as camadas. Essa relação varia de 10 a 12 e era de se esperar que fossem encontradas relações bem mais largas.

Os cátions trocáveis têm tendência para diminuir em profundidade. Enquanto o Ca e o Mg estão sempre em quantidades baixas, o potássio é registrado em altos teores. Os cátions H e Al são sempre altos e resultam desse balanço iônico alta capacidade de troca e baixa saturação de bases, para as nossas condições.

As 26 amostras compostas de fertilidades (4) refletem melhor a fertilidade. Os resultados obtidos nessas amostras foram os seguintes:

CARACTERÍSTICAS	<i>Limite inferior</i>	<i>Limite superior</i>	<i>Média</i>
pH .....	4,60	5,60	5,13
C% .....	0,94	5,67	2,22
N% .....	0,11	0,48	0,20
C/N .....	7,5	17,70	11,10
PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> , oxalato, e.mg/100g (*) ..	0,87	4,46	2,00
PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> , H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0,05N, " " (**)	0,02	0,23	0,06
K <sup>+</sup> , e.mg/100 g .....	0,14	0,78	0,34
Ca <sup>++</sup> , " " " .....	0,88	5,81	2,41
Mg <sup>++</sup> , " " " .....	0,29	2,35	0,99
Al <sup>+3</sup> , " " " .....	0,30	8,40	2,90
H <sup>+</sup> , " " " .....	4,40	28,80	11,10
T, " " " .....	9,60	42,80	18,50
V% .....	11,50	44,50	22,00

(\*) 10 amostras  
 (\*\*) 16 amostras

Os solos são muito ácidos, com teores de carbono bastante variável, elevados, o mesmo acontecendo com o N. As diferenças entre os métodos de determinação do fósforo solúvel para correlacionar com o assimilável, são reveladas nestas análises, pois enquanto o oxalato indica solos com teores médios de fósforo, o solúvel em H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> apresenta-os como pobres. O potássio trocável é alto para as nossas condições, enquanto que o Ca e Mg são baixos. O alumínio trocável é muito variável, desde baixo até alto, enquanto o hidrogênio trocável é de médio a muito alto. A sua capacidade de troca é média a alta e saturação em bases deve ser classificada como baixa.

A análise do teor total encontra-se no quadro 1. Verifica-se que o K<sub>2</sub>O é alto, existindo uma boa reserva para êsse elemento. Quanto ao cálcio, é baixo no trocável e no teor total, dando um potencial pequeno. Em menor escala repete-se para o Mg o mesmo fenômeno do potássio. O solo apresenta pequenas quantidades, tanto em fósforo total como potencial.

O enriquecimento em minerais de potássio nas aluviões, quando comparados com os de formação Terciária, explica-se pela contribuição de materiais da pré-Cambriana. As quantidades de K<sub>2</sub>O são da mesma ordem das encontradas nos solos da formação pré-Cambriana (5) e como só parte dos sedimentos provêm dessa formação, os minerais potássicos devem estar aí concentrados.



Nas solos aluviais a composição química varia de acordo com o tipo de deposição mineral. Os dados apresentados no quadro 1 refletem as séries argilosas. A composição em ferro é pequena quando comparada com o alumínio, exceto para a camada *f*, quando o teor aumenta, igualando-se ao segundo. Não existem elementos para indicar se é uma camada de acúmulo desse elemento, mas é mais provável ser uma deposição de materiais já ricos em ferro. Comparando-se o  $TiO_2$  desse solo com os demais do Estado (6), ambos têm teores similares.

No quadro 2 encontram-se as relações moleculares para a composição total e da fração coloidal. No primeiro caso, a relação  $Al_2O_3/Fe_2O_3$  indica uma aparente translocação de ferro em profundidade, que não é confirmada na série Barro de Telha, tratando-se provavelmente de uma condição aleatória. A relação  $SiO_2/Al_2O_3$  no total não apresenta significado pela estratificação dos materiais, exceto comparativamente entre as séries Dourada e Barro de Telha. Na primeira, a relação cresce em profundidade pelo maior conteúdo em areia dos estratos inferiores, permanecendo constante na segunda, porque representa uma área de profunda deposição de argila. A relação  $Al_2O_3/TiO_2$  não fornece, por enquanto, nenhum dado elucidativo, havendo necessidade de maiores estudos.

QUADRO 2. — Relações moleculares nos solos das séries monotípicas Dourada e Barro de Telha

Séries	Camadas	No teor total				Na fração coloidal			
		$\frac{Al_2O_3}{Fe_2O_3}$	$\frac{SiO_2}{Al_2O_3}$	$\frac{SiO_2}{R_2O_3}^{(1)}$	$\frac{Al_2O_3}{TiO_2}$	$\frac{Al_2O_3}{Fe_2O_3}$	$\frac{SiO_2}{Al_2O_3}$	$\frac{SiO_2}{R_2O_3}^{(1)}$	$\frac{Al_2O_3}{TiO_2}$
Dourada . . . . .	a . .	5,7	3,3	2,8	16,5	5,9	1,9	2,0	22,7
	c . .	5,9	2,0	1,7	24,2	5,8	1,6	1,4	23,3
	f . .	1,8	1,7	1,1	22,5	1,8	1,7	1,1	18,8
	h . .	7,3	19,9	17,5	29,4	4,0	1,8	1,4	26,2
Barro de Telha .	a . .	23,3	2,0	1,9	20,0	25,4	1,8	1,7	21,8
	d . .	19,9	2,0	1,9	19,9	25,6	1,8	1,7	22,0
	g . .	20,2	2,0	1,9	18,9	22,3	1,7	1,6	26,0

Na fração coloidal, a relação  $Al_2O_3/Fe_2O_3$  é praticamente constante entre camadas, exceto na *f*, onde há indícios de acúmulo de  $Fe_2O_3$ . O acúmulo deve ser interpretado como deposição de sedimentos mais ricos em ferro do que migração do elemento em

profundidade. A relação sílica/alumina diminui em profundidade, para crescer novamente na última camada. A relação estando próxima de 2 na superfície, permitiria a conclusão de existir pouca alumina livre, porém as análises de raios-X indicam a presença de sílica livre na fração coloidal, eliminando qualquer outra inferência no mesmo sentido. Comparando-se com o trabalho anterior (7), parece-nos que essa relação é da mesma amplitude que os solos bem drenados da formação Terciária, indicando a possibilidade que os materiais coloidais sejam erodidos das partes altas, para serem depositados nas baixadas, sem seleção de minerais da fração argilosa.

Ainda em relação à fração coloidal esabeleceram-se as relações  $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$  e  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$ . A primeira segue a relação  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  e a segunda apresenta-se variando entre 19 a 26.

Levando-se em consideração a quantidade de argila de cada camada e a composição da fração coloidal, podem-se tirar algumas conclusões. O  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  apresenta-se predominantemente na fração coloidal e pouco na fração não coloidal, atingindo o máximo na camada *f*. A relação está entre 2 a 6 entre a coloidal para a não coloidal. O  $\text{TiO}_2$  está na mesma ordem que o ferro para as formas não coloidais e coloidais, exceto para a camada *f*, onde só existe  $\text{TiO}_2$  na fração argila. As relações são semelhantes às dos solos zonais (6).

O cálculo para evitar a existência de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  livre baseada na composição da caulinita, único mineral silicatado existente, não é possível pela presença de  $\text{SiO}_2$  na forma livre. Pode-se calcular a relação entre as quantidades na forma coloidal para a não coloidal, que dá entre 2 a 6 vezes. Estas formas não coloidais estão sem identificação.

Moniz<sup>4</sup> apresentou o relatório das análises de raios-X da fração coloidal da seguinte forma: "Em tôdas as camadas o único mineral de argila identificado foi a caulinita. A "reflexão" de 7.20 Å desse mineral foi a mais intensa em tôdas as análises efetuadas no trabalho, o que bem o caracteriza. A goethita foi encontrada, também, nas quatro camadas, estando mais concentrada na camada *f*, com um teor de 25,2% de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , valor superior às restantes, que apresentaram teores ao redor de 10%. As camadas *a*, *c*, *h* apresentaram uma "reflexão de 3.36 Å pertencente ao quartzo, presente em quantidades mínimas".

Os dados apresentados por aquêle técnico para os valores de  $d$ , espaçamento interplanar, para a caulinita, obtidos pelos raios-X com auxílio do difratômetro, foram os seguintes:

4 Antonio Carlos Moniz, técnico da Seção de Agrogeologia.

CAMADA a		CAMADA c		CAMADA f		CAMADA h	
d/n A	Inten- sidade	d/n A	Inten- sidade	d/n A	Inten- sidade	d/n A	Inten- sidade
7.20	..... 10	7.25	..... 10	7.20	..... 5	7.20	..... 10
4.48	..... 9	4.48	..... 10	4.46	..... 4	4.48	..... 9
4.33	..... 6	4.19 (*)	.. 9	4.18 (*)	... 10	4.31	..... 7
4.17 (*)	.. 7	3.59	..... 9	3.58	..... 4	4.17 (*)	... 10
3.59	..... 8	3.36 (**)	.. 3	2.68 (****)	3	3.59	..... 8
3.36 (**)	. 3	2.69 (****)	2	2.57 (****)	5	3.36 (**)	.. 5
3.19 (****)	. 2	2.57	..... 8	2.44 (****)	6	2.69 (****)	2
2.71 (****)	1	2.51	..... 4	2.34	..... 3	2.57	..... 7
2.57	..... 6	2.44 (****)	4	2.30	..... 2	2.51	..... 5
2.50	..... 4	2.38	..... 3	2.24 (****)	2	2.45 (****)	5
2.43 (****)	3	2.35	..... 5	2.18 (****)	2	2.34	..... 5
2.35	..... 5	2.30	..... 3	1.79 (****)	. 2		
2.19	..... 1	2.00	..... 2	1.714 (****)	3		
1.995	..... 2	1.672	..... 3	1.557 (****)	2		
1.905	..... 2						
1.786	..... 1						
1.670	..... 2						

(\*) mica; (\*\*) quartzo; (\*\*\*) não determinada; (\*\*\*\*) caulinita e mica.

O mineral de argila corresponde à caulinita, também existente pelo menos nos dois solos da formação Terciária (7). A goethita também teve a sua determinação no Terciário. A presença do quartzo em tamanho coloidal apresenta a única variação dos solos bem drenados. A origem do quartzo pode ser atribuída a um produto de solubilização dos minerais primários aí depositados ou a uma seleção de tamanho de partícula efetuada pela corrente.

A análise espectrográfica do solo natural, como foi descrita em trabalho anterior (7), apresentou a seguinte estimativa<sup>5</sup>:

ELEMENTOS	Camada a	Camada c
B .....	++	++
Cu .....	++++	++++
Mn .....	+++	+
Pb .....	++	++
Ga .....	++++	++++
Cr .....	++++	++++
V .....	++++	++++

<sup>5</sup> Trabalho efetuado pela química Maria Aguirre Gonzaga Cardoso, da Seção de Agro-geologia.

Comparando-se os resultados com os solos do Terciário, a composição em micro-elementos é semelhante e em geral baixa.

### 3.4 — CLASSIFICAÇÃO

O solo pertence à ordem zonal, grande grupo Aluvião e série monotípica Dourada. Apresenta quatro fases, segundo o seu aproveitamento agrícola. Esta série diferencia-se de outras argilosas pela propriedade de côr, presença de mica e teor de argila.

## 4 — SÉRIE BARRO DE TELHA

A expressão Barro de Telha é a popular para os solos argilosos de Aluvião, na área paulista do Vale do Paraíba. Escolheu-se essa denominação para um tipo de solo caracteristicamente argiloso e abundante na bacia de Taubaté.

### 4.1 — FATORES DE FORMAÇÃO

A série Barro de Telha é encontrada fora da área de oscilação meândrica do rio, formando as partes mais baixas da várzea (na ausência dos solos Bog) e nos pequenos aclives para a formação Terciária. A presença de cota mais elevada junto ao Terciário, só é notada em levantamentos altimétricos com cotas de 0,5 m.

O elevado teor de argila, a ausência de mica visível a olho nu e a área de ocorrência permitem esboçar os fenômenos de formação. A velocidade das águas de inundação é diminuída quando elas ultrapassam o leito do rio, propiciando a decantação das partículas mais grossas nas margens e selecionando as mais finas, que serão depositadas junto à formação Terciária. Essa deposição acumula argila, formando o solo Barro de Telha e outros de constituição semelhante. Quando existe uma formação Bog, a sedimentação recobre as camadas orgânicas, formando outras séries monotípicas, como é descrita em outro trabalho (8).

A área de ocorrência da série Barro de Telha é bastante úmida, apesar de parte encontrar-se em posição pouco mais elevada. A sua umidade pode ser atribuída aos lençóis freáticos que vêm da formação

Terciária e alimentam continuamente esse solo. A distribuição de algumas aluviões em relação ao Rio Paraíba é encontrada na figura 1.

Esta série ainda não foi encontrada em várzeas de ribeirões ou pequenos rios, afluentes do Paraíba, porque, dada a sua largura, não existem dimensões suficientes para propiciar as decantações necessárias à sua formação.

O solo apresenta topografia plana, elevando-se levemente para a formação Terciária. No preparo de quadras de arroz, o homem tem nivelado e revolvido algumas camadas. A sua drenagem é de má a imperfeita, modificada atualmente pelo homem, impedindo por um lado a presença de inundação, mas estabelecendo em grande áreas de cultivo de arroz uma cabeça d'água em geral de 10 a 15 cm.

Provavelmente foram solos florestados, com associações florísticas próprias. Dada a intensidade da exploração agrícola, não existem mais restos dessas matas. A cultura dominante é de arroz, havendo algumas áreas em poisio. Durante a inundação do arroz é comum se formarem massas de algas verdes. A atividade de animais inferiores parece ser pequena. O perfil não apresenta ou apresenta pouca atividade de minhocas.

São solos ainda em formação, isto é, cujo material original ainda está se acumulando. As condições climáticas regionais são apresentadas por Schröder (3) e Setzer (4).

#### 4.2 — MORFOLOGIA E FÍSICA DO SOLO

É caracteristicamente um solo de aluvião com um pequeno horizonte A de acúmulo de matéria orgânica e camadas estratificadas de sucessivas deposições argilosas

A profundidade dos estratos argilosos pode ir até 2 metros ou mais e é ainda considerado como Barro de Telha se alcançar, com as mesmas características, a profundidade de 60 cm. Essas espessuras são diferenciadas por fases.

A textura é predominantemente muito argilosa. Nos perfis 370 e 754 (1), os teores de argila variam de 73 a 90%, como é apresentada na figura 3. O perfil 754 parece sugerir um horizonte B, mas resulta somente de estratificação. Além do elevado teor de argila que a diferencia da série Dourada, a sua coloração é sempre de tonalidade glei, que a separa de outra série com mesmo tipo de formação e denominada Corruça (1).

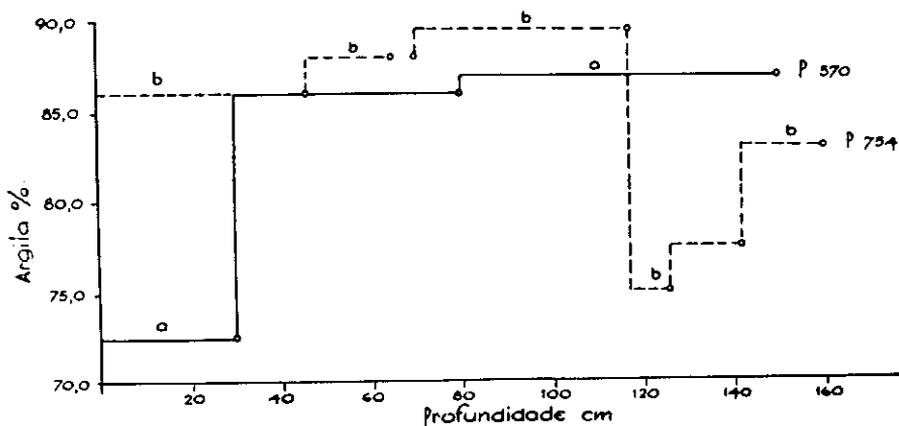


FIGURA 3. — Distribuição da argila em profundidade, na série Barro de Telha.

A tradagem indicou a seguinte coloração:

- 0- 40 cm — 10 YR 5/2 a 6/2 ou 7,5 YR 6/2, com mosqueamento;
- 40- 50 cm — 10 YR 6/2, podendo ser manchada de 4/1, 4/2 e 5/2, e com mosqueamento;
- 50-110 cm — 10 YRR 6/1 ou 5/2 a 6/2 e com mosqueamento;
- 110-125-cm — 2,5 Y 3/0 a 4/0, manchada;
- 125-145 cm — 10 YR 5/1 a 6/1, mais azulada e com mosqueamento;

São solos pouco permeáveis e de baixa massa específica (ao redor de 0,93). A sua porosidade é alta, ao redor de 62%, e a umidade equivalente é também alta (entre 41 a 45%). A contração na época da seca é elevada e desenvolve-se forte estrutura em adobe. A massa seca torna-se endurecida, agravando o trabalho no preparo do solo. A estrutura subangular média a fina na superfície, torna-se média em profundidade. Essa estrutura é instável na água, transformando-se facilmente numa lama quando trabalha sob água, no preparo do solo para arroz de muda.

A ausência de mica visível a olho nu é uma das suas características, porém, a sua presença na fração coloidal foi registrada pela análise dos raios-X.

Foram definidas as três fases seguintes: 1) a descrita, 2) quando ela aparece em "braço morto de rio" (condições muito excepcionais) e 3) quando abaixo de 60 cm aparece textura diferente.

#### 4.3 — COMPOSIÇÃO DO SOLO

Pelos resultados analíticos dos perfis expostos em outro trabalho (1), apresenta teores médios de carbono e nitrogênio, baixos teores de cálcio ou magnésio trocáveis e altos de potássio. Os dois primeiros permanecem constantes no perfil, enquanto que os demais diminuem. O hidrogênio e alumínio trocáveis são altos e a capacidade de troca, para as nossas condições, é elevada. O teor de fósforo solúvel é médio e diminui no perfil. O pH, baixo, mantém-se constante em todo o perfil.

As amostras compostas para fins de fertilidade (4) refletem melhor as condições do solo e o estado dos elementos nutritivos das plantas. As 7 amostras colhidas em diversas áreas apresentaram os seguintes resultados:

CARACTERÍSTICAS	<i>Limite inferior</i>	<i>Limite superior</i>	<i>Média</i>
pH .....	4,55	5,30	4,86
C, % .....	2,00	7,65	4,39
N, % .....	0,18	0,65	0,32
C/N .....	11,10	16,40	13,50
PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> , solúvel em oxalato de K+ácido oxálico, e. mg/100 g .....	0,84	7,01	4,33
K <sup>+</sup> , e. mg/100 g .....	0,28	0,84	0,59
Ca <sup>++</sup> , " " .....	0,85	4,35	2,51
Mg <sup>++</sup> , " " .....	0,59	1,94	1,10
Al <sup>+3</sup> , " " .....	3,6	11,3	6,67
H <sup>+</sup> , " " .....	9,2	34,3	16,77
S, " " .....	1,72	7,01	4,33
T, " " .....	15,9	52,6	27,8
V, % .....	10,0	24,0	16,0

Os níveis de Ca e Mg trocáveis são baixos, refletindo-se na pequena saturação de bases do solo e sua acidez elevada. A quantidade de alumínio trocáveis é alta e, relativamente, o mesmo acontece com o potássio trocável. O fósforo solúvel pode ser considerado médio para

alto, porém, tais resultados não são confirmados em experiências de campo. A capacidade de troca é elevada.

As experiências de campo e de vasos<sup>6</sup> com arroz, indicaram pequena reação para fósforo, enquanto o nitrogênio reagiu em vasos mas não no campo. Para o potássio nenhum resultado foi obtido, indicando que aqueles teores são satisfatórios para as plantas.

No quadro 3, encontram-se os resultados analíticos do teor total, teor trocável e da fração argila do perfil 754, nas camadas *a*, *d* e *g*, respectivamente nas profundidades 0-46, 70-117 e 142-160 cm.

Pelas análises do total e do trocável verifica-se que os sedimentos têm pouco potencial quanto aos elementos cálcio e magnésio, porém, elevado conteúdo de potássio. Quanto ao teor de manganês, as suas quantidades devem ser mínimas, visto não terem sido registradas nas análises. Apresentam teores altos de  $P_2O_5$  quando comparados com outros solos do Estado, e com bom teor potencial. O enriquecimento dos solos em potássio pode ser atribuído à muscovita trazida da formação pré-Cambriana e selecionada em diâmetros pequenos como foi exposto anteriormente.

O teor em  $Fe_2O_3$  total é pequeno, da ordem de 2,8%.

Êstes dados sugerem que sendo os solos bem drenados, mais ricos em ferro (6, 7), há uma segregação desse elemento nos sedimentos ou sua remoção do perfil. Os dados, porém, são em número limitados para evidenciar perfeitamente o fenômeno. Quanto ao  $TiO_2$ , o seu teor é equivalente aos solos zonais.

As relações moleculares são apresentadas para o teor total e da fração argila no quadro 2. Com relação ao primeiro, é interessante a relação  $Al_2O_3/Fe_2O_3$  elevada, indicando um enriquecimento nos sedimentos pela alumina, explicada talvez pela diminuição do ferro. Quanto às relações  $SiO_2/Al_2O_3$  e  $SiO_2/R_2O_3$ , são constantes em todos os sedimentos, indicando que os diversos estratos foram selecionados num mesmo sentido, pouco variando quanto ao tipo. O mesmo fenômeno parece existir para a relação  $SiO_2/TiO_2$ .

A fração coloidal tem as relações no mesmo sentido que o total, exceto para o  $Al_2O_3/TiO_2$ , que eleva para as camadas inferiores. As conclusões nas relações  $SiO_2/Al_2O_3$  estão complicadas pela presença de mica na fração coloidal e, na camada *g*, ainda pela presença do quartzo, como revela a análise dos raios X.

6 Resultados não publicados.

QUADRO 3. — Composição química dos solos da série monotípica Barros de Telha

Óxidos	Teor total — camadas			Teor trocável — camadas			Composição da argila — camadas		
	a	d	g	a	d	g	a	d	g
	%	%	%	%	%	%	%	%	%
SiO <sub>2</sub> .....	42,20	42,00	42,20	—, —	—, —	—, —	40,80	40,50	40,30
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	35,70	35,60	36,10	—, —	—, —	—, —	39,00	39,20	39,80
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	2,40	2,80	2,80	—, —	—, —	—, —	2,40	2,40	2,80
K <sub>2</sub> O .....	1,06	0,97	1,19	0,0231	0,0148	0,0125	—, —	—, —	—, —
Na <sub>2</sub> O .....	0,20	0,18	0,20	não dosado	—, —	—, —	—, —	—, —	—, —
MnO .....	traços	traços	traços	traços	traços	traços	—, —	—, —	—, —
CaO .....	0,30	0,30	0,28	0,0831	0,0521	0,0300	—, —	—, —	—, —
MgO .....	0,30	0,30	0,30	0,1693	0,1935	0,2359	—, —	—, —	—, —
TiO <sub>2</sub> .....	1,40	1,40	1,50	—, —	—, —	—, —	1,40	1,40	1,20
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> <sup>1</sup> .....	0,13	0,08	0,07	0,0080	0,0033	0,0019	—, —	—, —	—, —
H <sub>2</sub> O — .....	2,70	2,80	2,60	—, —	—, —	—, —	2,70	2,90	2,90
H <sub>2</sub> O+ .....	13,40	13,60	12,50	—, —	—, —	—, —	13,20	13,30	12,80
Total .....	99,79	100,03	99,74	—, —	—, —	—, —	—, —	—, —	—, —

1 No trocável, o método empregado foi do oxalato + ácido oxálico.

Baseado no teor de argila do solo e na composição da fração coloidal, pode-se inferir que a  $Al_2O_3$  está entre 33 a 35% na forma coloidal e 0,5 a 2,3% na fração não coloidal. O  $Fe_2O_3$  encontra-se ao redor de 2,3% na fração coloidal e entre 0,3 a 0,6% na parte não coloidal. O mesmo fenômeno se processa para o  $TiO_2$ , isto é, dominância na fração argila.

O relatório da análise de rios-X da fração argila apresentou o mineral caulinita acompanhado de outro com estrutura de mica para as três camadas. O quartzo só foi encontrado em quantidades mínimas na última camada, *g*.

Os dados para os valores de *d*, espaçamento interplanar, para a caulinita, obtidos pelos raios-X e com o auxílio do difratômetro, são os seguintes:

CAMADA <i>a</i>		CAMADA <i>d</i>		CAMADA <i>g</i>	
$d/n$ Å	Inten- sidade	$d/n$ Å	Inten- sidade	$d/n$ Å	Inten- sidade
10.04 (*)	< 1	10.4 (*)	1	10.15 (*)	< 1
7.20	10	7.20	10	7.20	10
4.90 (*)	1	4.93 (*)	< 1	5.01 (*)	1
4.46	8	4.46	7	4.46	7
4.33	5	3.88 (*)	2	4.27 (**)	4
3.38 (*)	3	3.59	9	3.59	9
3.58	9	3.36 (*)	2	3.35 (**)	3
3.34 (*)	3	3.22 (*)	1	2.99 (*)	2
3.00 (*)	< 1	3.01 (*)	1	2.87 (*)	1
2.56 (***)	5	2.87 (*)	< 1	2.56 (***)	4
2.50	3	2.57 (***)	5	2.50	3
2.38 (***)	3	2.51	3	2.38 (***)	3
2.34	4	2.39 (***)	2	2.35	4
2.30	3	2.35	4	2.30	2
2.25	< 1	2.30	2	2.13 (***)	< 1
2.13 (***)	< 1	2.24	< 1	1.995 (***)	2
1.995 (***)	1	2.20	< 1	1.898	< 1
1.971 (*)	1	2.15 (***)	< 1	1.790	< 1
1.898	1	1.995 (***)	2	1.667 (***)	2
1.792	< 1	1.790	< 1		
1.667 (*)	2	1.733 (*)	< 1		
1.654 (***)	2	1.688	1		
		1.646 (*)	2		
		1.655	2		

(\*) mica; (\*\*) quartzo; (\*\*\*) caulinita e mica.

Paiva e Nascimento (2) registram na formação Terciária a existência de argilas bentoníticas, mistura de argila montmorilonoide, possibilidade da existência de illita e do grupo da caulinita. Em trabalho anterior (7) foi registrada somente a caulinita para duas séries monotípicas na região. Portanto, é interessante saber qual seria o tipo dominante dentro da bacia do Paraíba. Como o perfil da série Barro de Telha foi colhida na várzea do Paraíba e nela foi encontrada somente caulinita e a bacia de decantação deve conter os minerais de argila existentes em dominância nos solos regionais, pode-se aceitar as argilas bentoníticas não são, proporcionalmente, de ocorrência generalizada. A contribuição das argilas montmorilonoides para as aluviões é pequena, de modo a não serem registradas nas análises dos raios-X. Por outro lado a série Dourada, colhida em ribeirão que tem a quase totalidade na formação Terciária, também só apresentou caulinita. Esses elementos parecem confirmar a dominância de mineral de argila com estrutura 1:1 sobre os demais tipos.

A presença de um mineral com estrutura de mica na série Barro de Telha pode ser atribuída à illita. Como a presença de mica nas aluviões é fato generalizado, é preferível considerar a presença como do mineral primário em vez do secundário.

A análise espectrográfica do solo nas condições naturais, com técnica descrita em outro trabalho (7), apresentou a seguinte estimativa:

ELEMENTOS	<i>Camada a</i>	<i>Camada d</i>
B .....	----	----
Cu .....	++++	++++
Ni .....	----	+++
Mn .....	+	----
Pb .....	----	++
Ga .....	+++	++++
Cr .....	++++	++++
Sr .....	----	----
V .....	++	++++

---- não detectável, + traços muito leves, ++ traços  
 +++ teor baixo, ++++ teor regular e  
 +++++ teor alto

Essa análise faz prever a possibilidade de deficiência de micro-nutrientes de plantas nas culturas mais exigentes. Em experiências não divulgadas, com arroz, não foram registradas tais deficiências<sup>7</sup>.

#### 4.4 — CLASSIFICAÇÃO

A série monotípica Barro de Telha pertence ao grande grupo Aluvião e ordem zonal. Baseado na sua posição dentro da várzea e nos estratos que estão abaixo do lençol argiloso, subdivide-se em três fases. A sua diferenciação com outras séries monotípicas baseia-se na côr, ausência de mica visível a olho nu e no elevado teor de argila.

#### 5 — CONCLUSÃO

A série Dourada representa as primeiras sedimentações argilosas na bacia de decantação do Rio Paraíba ou domina na planície aluvial dos pequenos rios ou ribeirões ,afluentés daquele rio. É um solo argiloso com pelo menos uma camada de côr ocre. Seu perfil é *A-C*, com pequeno acúmulo de matéria orgânica. Normalmente ainda há sedimentação argilosa na época das enchentes. A presença de mica branca (muscovita) é assinalada para tôdas as camadas do perfil.

São solos ácidos com teores variáveis de matéria orgânica. O teor de potássio é elevado, enquanto que os demais nutrientes de plantas são baixos. A série Dourada apresenta uma composição coloidal formada de caulinita dominante e goethita. Com exceção de uma camada, as demais apresentam quartzo em dimensões coloidais, porém, em quantidades mínimas.

A série monotípica Barro de Telha representa a sedimentação de material argiloso, da suspensão fluvial selecionada em partículas finas. Ocorre em posições distantes do rio, junto à formação Terciária. A sua textura é muito argilosa e não se encontra mica visível nas camadas. As côres dominantes são griseas azuladas, escurecidas na superfície pela matéria orgânica. O perfil é *A-C*, com pequeno acúmulo na superfície. É geralmente muito ácido e com baixos teores em nutrientes de plantas, exceto para o potássio, que é alto. A fração argila é formada de caulinita e de mineral com estrutura de mica.

<sup>7</sup> Trabalho executado pelo engenheiro-agrônomo Kozen Igue.

## MONOTYPICAL SERIES OF TAUBATE BASIN

## 2. DOURADA AND BARRO DE TELHA

## SUMMARY

The flood-plain of Paraíba River and its tributaries form a system of alluvial plains with intensive agriculture occupation. In the area of meandering the river by lateral erosion and deposition, sediments sandy materials, accordingly the characteristics of mature stream. At the flood period, finer materials are deposited over the former, and the Dourada series is developed. This soil, with simple morphological pattern (A-C horizons) has a small organic accumulation and stratified material generally with light clay texture. The most impressive property is the color, deep yellow (Dourada-golden), followed by the presence of muscovite identified with naked eyes.

The profile has subangular blocky structure with strong development but high instability in water. The soil is rich in potassium (exchangeable and non-exchangeable one) but low content in other plants nutrients. The colloidal fraction presents kaolinite, goethite and small percentage of quartz. Several molecular ratios are presented for total and colloidal fraction.

The Barro de Telha series dominates the flood-plain out of meandering belt. The sediments deposited here are decanted from heavy materials and concentrated on clay fraction. This phenomena is produced by velocity breakage of water during flood and travelling of the flood water to the place.

The soil profile has heavy clay texture, A-C horizons, subangular blocky and prismatic structure. The gley dominates throughout the profile and it is absent mica visible with naked eyes. The soil has high content of potassium, low content of other plants nutrients and low pH. The X-rays analysis of clay fraction shows the presence of kaolinite, a mineral with mica structure and quartz at one layer.

## LITERATURA CITADA

1. CATANI, R. A., GALLO, J. R. & GARGANTINI, H. Amostragem de solo, método de análise, interpretação e indicações gerais para fins de fertilidade. Campinas, Instituto Agrônômico, 1955. 29 p. (Boletim 69).
2. PAIVA, J. E. (neto) & NASCIMENTO, A. C. Argilas bentônicas no Terciário do Vale do Paraíba. Bol. Soc. Bras. Geol. 5: [5]-15. 1956.
3. SCHRÖDER, R. Distribuição e curso anual das precipitações no Estado de São Paulo. Bragantia 15: [193]-249. 1956.
4. STZER, J. Contribuição para o estudo do clima do Estado de São Paulo. Escolas Profissionais Salesianas, 1946. 239 p.
5. VERDADE, F. C. Composição química de alguns solos do Estado de São Paulo. I — Elementos K, Na, Ca e Mg. Bragantia 19: [547]-565. 1960.

6. ————. Composição química de alguns solos do Estado de São Paulo. III — Sesquióxidos, sílica e certas relações moleculares. *Bragantia* 20: 1961.
7. ———— & HUNGRIA, L. S. Séries monotípicas da Bacia de Taubaté I — Pinhão e Pinda. *Bragantia* 21: 1962. (Trabalho apresentado no VIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Belém, Pará. 1961)
8. ————, ————, RUSSO, R. (e outros). Solos da Bacia de Taubaté (Vale do Paraíba). *Bragantia* 20: [43]-322. 1961.
9. ————, KÜPPER, A., HUNGRIA, L. S. (e outros). Levantamento Pedológico da Estação Experimental de Produção Animal, em Pindamonhangaba. *Bragantia* 19: [851]-881. 1960.