

# **CARACTERIZAÇÕES ANALÍTICAS DE LODO E INTERPRETAÇÕES PARA FINS AGRÍCOLAS E FLORESTAIS**

## **I — PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS**

**Arthur Santos Filho\***

**Luiz Carlos Nascimento Tourinho\***

### **SUMMARY**

*Various sludge samples of the city of Curitiba were studied as to their granulation, total porosity, pH, C and exchangeable elements. If the silt fraction contains nutrients, the examined material is likely to liberate these, especially in sandy soils. The total porosity varies between 50,8% and 51,7% which indicates a possible sludge contribution to root infiltration, air — and water permeability, and growth. Chemically, sludge contains high amounts of Ca ++, Mg ++ and K + and little amounts of exchangeable Al +++ (non toxic). The CEC-values varied between 116 and 117 e. mg./100 g organic material which, does not only contribute to water — and nutrient — retention but also to soil structure and its stability. From the obtained results, sludge can be considered a valid organic fertilizer, but is however a risk of heavy metals present in this material.*

## **1. INTRODUÇÃO**

O presente trabalho propõe analisar as diferentes características físicas e químicas do lodo dos esgotos e estudar a viabilidade para sua utilização agrícola e florestal.

O lodo dos esgotos é originado de materiais orgânicos e inorgânicos, provenientes das águas de esgotos das instalações de tratamento. A natureza do lodo depende da procedência das águas dos esgotos (somente esgoto doméstico ou doméstico+industrial). Pela presença de elementos nutritivos no lodo, é de suma importância o estudo de suas características.

Geralmente existe uma tecnologia suficiente, para remover vários poluentes dos esgotos, mas o uso dos resíduos sólidos sempre foi um problema difícil de resolver, tanto técnica como socialmente. Dentre as várias alternativas do uso do lodo, a incineração e aplicação direta no solo são os meios mais utilizados.

**Incinceração** — Envolve essencialmente a combustão da matéria orgânica contida no lodo, isto significa que aproximadamente 30-53% (4) do lodo fica na forma de cinza que pode ser aproveitada. A principal vantagem da incineração é a redução do volume do material, no entanto o processo necessita de muita ener-

gia para queimar o lodo que contém grande teor em água, e simultaneamente o valor fertilizante do lodo é destruído (p.ex. o nitrogênio). O processo também provoca custos elevados para retirar a água do lodo, e libera quantidades significantes de poluentes do ar (metais voláteis).

**Aplicação no solo** — É o processo que está sendo utilizado nos países desenvolvidos, pois ele oferece a vantagem de reciclagem dos elementos nutritivos para a terra, com custos mais reduzidos em relação aos adubos químicos. E, graças ao lodo digerido, consideráveis aumentos nas colheitas foram alcançados por esses países. Pois, esse material contém matéria orgânica, que acumula-se e confere características favoráveis aos solos.

Uma das mais conhecidas operações no mundo, é feita pela firma Rye Meads Works do Grupo Middle Lee Regional Drainage na Inglaterra. Partes do líquido digerido do lodo doméstico é transportado em caminhões tanques até as Fazendas, e ali são espalhados no solo, este líquido é denominado de "Rayganic". Os restos de lodo são deixados para secar, e então o resíduo seco é incorporado na terra.

No ano de 1971, foram aplicados aproximadamente 228.000 litros por dia

\* Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo do Setor de Ciências Agrárias da U.F.Pr., Curitiba-PR.

do líquido "Ryganic" e 1.000 t por ano do sólido "Ryganic" (4).

No nosso meio, a utilização do lodo deve sofrer no princípio uma certa restrição pois, não existe ainda, nenhuma tradição no uso de adubos orgânicos de origem humana.

Acredita-se, porém, que com o elevado custo dos fertilizantes minerais e as dificuldades na aquisição de terra preta e adubos orgânicos de origem animal, condicionarão uma maior demanda de lodo, especialmente para utilização em parques, jardins e viveiros florestais.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

As análises foram realizadas em lodo digerido e seco, coletado na Estação de tratamento de esgoto de Curitiba em São José dos Pinhais.

A granulometria foi determinada por tamisação e sedimentação, utilizando-se naOH como agente de dispersão e agitador de alta rotação. A argila foi determinada pelo hidrômetro de Boyoucos segundo metodologia de VETTORI e PIERANTONI (9), e a areia total por tamisação (0,05mm), e o silte calculado pelas diferenças entre 100—argila+areia). A relação silte/argila foi calculada dividindo-se a porcentagem de silte pela porcentagem de argila.

A densidade global obtida pela secagem a 105°C e pesagem das amostras de lodo, com volume de 50cm<sup>3</sup>, coletadas no campo com anéis de Kopeck. A densidade das partículas foi obtida medindo-se o volume ocupado por 10g de lodo a 105°C, usando-se álcool absoluto e balão aferido de 50ml. A porosidade total foi

$$100(D_d - D_g)$$

calculada pela fórmula:

$$D_p$$

onde  $D_p$  = densidade das partículas e  $D_g$  densidade global.

O Ca++, Mg++ e Al+++ permutáveis foram extraídos com solução normal de KCl na proporção 1:10 (8). Numa alíquota determinou-se o Al+++ pela titulação de acidez, usando-se azul de bromotimol como indicador; nesta mesma alíquota, após a determinação do Al+++, determinou-se Ca++ + Mg++ pelo EDTA. O K+ permutável foi extraído com MC1 0,05 N e determinado por fotometria de

chama (8). O H+ +Al+++ permutáveis foram extraídos com acetato de cálcio normal (pH 7) e titulada a acidez resultante pelo NaOH 0,1 N, usando-se fenof taleína como indicador (8), o H+ permutável foi calculado subtraindo-se do valor H++ +Al+++ o valor de Al+++. A CTC em 100g de lodo foi calculada, somando-se todos os cations trocáveis. A CTC em 100% de matéria orgânica foi calculada pela seguinte fórmula:

$$\frac{100 \times \text{CTC} (100 \text{ g lodo})}{\% \text{ Matéria orgânica}}$$

o pH foi determinado potenciometricamente numa suspensão solo-água de aproximadamente 1:2,5 e tempo de contato nunca inferior à meia hora, agitando-se imediatamente antes da leitura.

O carbono orgânico foi determinado por oxidação da matéria orgânica com bicarbonato de potássio 0,4 N, segundo o método Tiurin (8). A matéria orgânica foi calculada multiplicando-se a % de C pelo fator 1,724.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dentre as diferentes frações granulométricas (ver Quadro I) predomina o silte com 81,8% e 82,5%, seguida da argila com 14,0% e 14,6% e a areia com 3,5% e 3,6%. A relação silte/argila oscila entre 5,8 a 5,5, indicando a ocorrência de consideráveis quantidades de silte que poderão se transformar em argila, podendo desta maneira liberar os nutrientes que porventura existam nesta fração.

A densidade global oscila entre 0,82 a 0,83 g/cm<sup>3</sup> a densidade das partículas entre 1,69 a 1,70 g/cm<sup>3</sup>, e a porosidade total entre 50,8 a 51,7% (ver Quadro I).

Comparando-se os resultados encontrados, com as variações nos teores de areia, silte e argila (ver Quadro II), dos horizontes superficiais de diferentes perfis de solos no Município de Curitiba e arredores, observamos que o material analisado (lodo), pode contribuir com silte, principalmente nos solos com elevados teores de areia e argila. A densidade global encontrada enquadra-se com os teores correspondentes à matéria or-

gânica (ver Quadro II) e a densidade das partículas com as influências dos elevados teores de matéria orgânica e pequena contribuição de minerais levar (ver Quadro II). A porosidade total em solos arenosos encontra-se entre 35-50% e solos argilosos entre 40-60%, portanto principalmente em solos de elevada con-

centração de areia, o lodo poderá aumentar a quantidade de microporos e consequentemente a porosidade total do solo, favorecendo a infiltração das raízes, a permeabilidade do ar e água, a retenção de água e o crescimento das plantas.

**Quadro I — Granulometria, relação silte/argila, densidades e Porosidade total do lodo.**

Amostra nº	Granulometria (%)			Silte/ argila	Densidade global (g/cm³)	Densidade das parti- culas(g/cm³)	Porosida- de total %
	Areia	Silte	Argila				
I	3,5	82,5	14,0	5,8	0,83	1,69	50,8
II	3,6	81,8	14,6	5,5	0,82	1,70	51,7

**Quadro II — Resultados Comparativos**

Areia	Silte	Argila	Densidade global (g/cm³)	Densidade das partículas (g/cm³)
8—71 <sup>1)</sup>	6—47 <sup>1)</sup>	23—78 <sup>1)</sup>	1,0 —1,2 <sup>4)</sup> 1,3 —1,4 <sup>5)</sup> 1,2 —1,25 <sup>6)</sup>	2,3 —2,9 <sup>9)</sup>
15,6—29,9 <sup>2)</sup>	10,7—17,1 <sup>2)</sup>	54,4—73,1 <sup>2)</sup>	0,75—1,0 <sup>7)</sup> 0,5 —0,8 <sup>8)</sup>	2,97—3,12 <sup>10)</sup> 0,8 <sup>11)</sup>

- 1) EMBRAPA (2)
- 2) COSTA LIMA (1)
- 3) ROCHA (6)
- 4) Nos solos argilosos
- 5) Nos solos arenosos
- 6) Nos solos areno-argilosos

- 7) Materiais humíferos e solos orgânicos
- 8) Matéria orgânica
- 9) Solos com predominância de quartzo e feldspato
- 10) Solos com predominância de hematita e magnetita
- 11) Matéria orgânica

Os valores do pH são de 4,9 (ver Quadro III), o carbono orgânico varia entre 21,30% a 21,40% e a matéria orgânica entre 37,10% a 37,28%. Comparando-se estes resultados com os encontrados por COSTA LIMA (1) nos horizontes superficiais de perfis de Rubrozem que ocorrem na bacia sedimentar de Curitiba, observamos que nestes perfis o pH varia entre 4,6 a 4,9 e o carbono orgânico entre 5,24 a 6,36. Portanto, os teores em carbono orgânico e consequentemente de matéria orgânica no lodo, são consideravelmente maiores que no solo.

Também, os elementos trocáveis no lodo, com exceção do Al+++ apresentam as mesmas características em relação aos perfis analisados pelo autor acima citado. Enquanto no lodo os teores de Ca++ + Mg++ é de 10 e.mg., do H+ de 32,7 e.mg., do Al+++ de 0,6 e.mg. e do K+ oscila entre 0,3 a 0,2 e.mg. Nos perfis de Rubrozem os teores de Ca++ + Mg++ oscila entre 1,49 a 4,32 e.mg., o K+ entre 0,08 a 0,32 e.m., do Al+++ entre 5,12 a 8,62 e.mg. e do H+ entre 11,98 a 19,30 e.mg. Portanto, todos os cations básicos e H+ apresentam maiores teores no lodo, e o alumínio trocável apresenta os menores. Estes resultados evidenciam que o lodo é um material com bons teores em Ca++, Mg++ e K+, e teores em alumínio trocável que podem ser neutralizados (pH neutro  $\pm$  7) juntamente com o H+, com 1,2 t de calcáreo por hectare, enquanto que os solos analisados por COSTA LIMA (1) necessitam de 10,24 a 17,24 t.

Segundo MUZILLI e outros (5), a interpretação dos resultados das análises de solo (elementos trocáveis) são realizados em 3 classes: baixo, médio e alto, de acordo com "níveis padrões" já estabelecidos. Se utilizarmos estes níveis para os resultados analíticos no lodo, encontramos:

pH . . . . .	acidez elevada
A1+++trocável . . . . .	baixo (não tóxico)
Ca++ + mg ++trocáveis . . . . .	alto
K+ trocável . . . . .	médio
C% . . . . .	alto

Os valores da CTC oscilam entre 43,5 a 43,6 e.mg., evidenciando que o lodo possui uma grande capacidade de reter cations trocáveis.

A capacidade de troca catiônica calculada em 100 g de matéria orgânica oscila entre 116 a 177 e.mg./100 g de lodo, bem superior à caulinata (mineral de argila que predomina na maioria dos solos de regiões tropicais e sub-tropicais) que varia, neste mineral entre 3 a 15 e.mg./100 g de argila (3).

A capacidade de troca no lodo, ou no lodo+solo, com a elevação do pH (incorporação de calcáreo) pode ser aumentada. RUELLAN e DELÉTANG (7), estudando um solo com 3,3% de matéria orgânica e 13,3% de argila, concluíram que a matéria orgânica a pH 2,5 representava 19% do CTC total, enquanto a pH 8, representava 45%.

**Quadro II — pH, C, matéria orgânica, elementos trocáveis e CTC do lodo.**

Amostra	pH	C%	M.O.%	e.mg./100 g					CTC <sup>1)</sup>
				Ca++ + mg ++ K+ H+ A1+++					
I	4,9	21,40	37,28	10,0	0,3	32,7	0,6	43,6	
II	4,9	21,30	37,10	10,0	0,3	32,7	0,6	43,5	

1) CTC = Capacidade de troca catiônica em e.mg./100 g de lodo.

#### 4. RESUMO

Foram estudadas em amostras de lodo dos esgotos do município de Curitiba, a granulometria, porosidade total, pH, C e elementos trocáveis.

Os resultados evidenciaram tratar-se de um material que pode contribuir com a fração silte, principalmente em solos arenosos, podendo ocorrer a liberação de nutrientes que porventura existam nesta fração. A porosidade total varia entre 50,8% a 51,7%, demonstrando que o lodo pode favorecer a infiltração das raízes, a permeabilidade do ar e água, e o crescimento das plantas.

#### 5. LITERATURA CITADA

1. COSTA LIMA, V. — Estudo pedológico de perfis de solos do grande grupo Rubrozem na bacia de Curitiba-PR. Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", U.S.P., para obtenção do título de Mestre. 119 págs., Piracicaba-SP., 1974.
2. EMBRAPA — Levantamento de reconhecimento dos solos do Sudoeste do Estado do Paraná. Ministério da Agricultura — EMBRAPA — CPP. Boletim Técnico nº 40, 150 págs., Curitiba-PR., 1974.
3. GRIM, R.E. — Clay mineralogy. New York, McGraw-Hill, 384 págs., 1953.
4. LYAN, B.T.; LUE-HING, C.; RIMKUS, R.R. e NEIL, F.C. — The utilization of Municipal Sludge in Agriculture .The Metropolitan Sanitary District of Greater Chicago. Presenteado at United States/Soviet Seminar on "Handling, Treatment and Disposal of Sludges". Moscow, U.S.S.R., 1975.
5. MUZILLI, O.; LANTMANN, A.F.; PALHANO, J.B.; OLIVEIRA, E.L.; PARRA, M.S.; COSTA,A.; CHAVES,J.C.D. e ZOCOLER, D.C. — Análise de solos: interpretações e recomendação de calagem e adubação para o Estado do Paraná. Circular IAPAR nº 9, 49 págs., Londrina, 1978.
6. ROCHA, H.O. — Die Boeden und geomorphologischen Einheiten der Region von Curitiba (Paraná-Brasilien). Freiburger Bodenkundliche Abhandlungen. Freiburg im Breisgau. 189 págs., 1981.
7. RUELLAN, A. e DELÉTANG, J. — Les phénomènes d'échange de cations d'anions dans les sols. ORSTOM, 123 págs., Paris, 1967.
8. VETTORI, L. — Métodos de análise do Solo. E.P.F.S. — Boletim Técnico nº 7. Rio de Janeiro, 1969.
9. VETTORI, L. — e PIERANTONI, H. — Análise granulométrica — Novo método para determinar a fração argila. E.P.F.S. — E.P.E. — Boletim Técnico nº 3. Ministério da Agricultura, Rio de Janeiro, 1968.