

# Sub-produtos da digestão anaeróbia dos lodos do tratamento dos esgotos municipais (1)

HILTON FELÍCIO DOS SANTOS (2)

Em dezembro de 1980 a SABESP iniciou entendimentos com o Centro de Fertilizantes – CEFER, do Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo – IPT, para que fosse estudada a viabilidade de se aproveitar o lodo resultante das Estações Recuperadoras de Qualidade das Águas (ERQ's) do SANEGRAN, como fertilizante orgânico para a agricultura.

O tratamento dos esgotos traz como sub-produtos o gás dos digestores e os resíduos sólidos que se transformam no lodo digerido. Como produto principal, o líquido clarificado com apenas 10% de sua carga poluidora original e que pode ser devolvido aos rios em condições favoráveis à preservação da vida aquática e ao uso das águas a jusante para outros fins.

Não se poderia deixar de estudar várias formas simultâneas para disposição do lodo que será produzido nas Estações Recuperadoras de Qualidade das Águas (ERQ's) do SANEGRAN.

As quantidades que se estimam ilustram bem a importância de se dar um

tratamento adequado a este problema. (Quadro n.º 1).

Consideram-se potencialmente adequadas à fabricação de fertilizantes as quantidades de lodo que serão geradas

nas ERQ's de Suzano e Barueri. O Quadro n.º 2 a seguir mostra que poderiam ser disponíveis 138 toneladas por dia de matéria prima para fabricação de fertilizante.

Quadro n.º 1: quantidades de lodo nas ERQ's SANEGRAN

| ERQ         | TIPO DE LODO PRODUZIDO                  | ANO  | TON/DIA |
|-------------|---|------|---------|
| Suzano      | Digerido e desidratado a 40% de sólidos | 1983 | 60      |
| Barueri (*) | Digerido e desidratado a 40% de sólidos | 1985 | 285     |
| ABC         | Digerido e desidratado a 40% de sólidos | Após | 122     |
|             | Estabilizado quimicamente               | 1986 | 217     |

(\*) A conveniência de desidratação dos lodos da ERQ de Barueri é uma alternativa ainda em estudo.

Quadro n.º 2: lodo disponível para fabricação de fertilizantes

| ERQ     | TON/DIA A 40% SÓLIDOS | TON/DIA PESO SECO |
|---------|-----------------------|-------------------|
| Suzano  | 60                    | 24                |
| Barueri | 285                   | 114               |
| TOTAL   | 345                   | 138               |

1. Palestra proferida no II Congresso Brasileiro de Energia, Saneamento e Meio Ambiente (11/5/82 – São Paulo-SP) e no V Simpósio Nacional de Fermentação (28/7/82 – Viçosa-MG).

2. Engenheiro do Grupo de Coordenação do SANEGRAN.

Uma das formas já comprovadamente adequadas para disposição destas enormes quantidades diárias de lodo, é a sua transformação em agregado leve, como bem demonstra a instalação em escala semi-industrial existente na ERQ de Vila Leopoldina.

A série de 9 fotos a seguir, mostra sucintamente as fases essenciais da aplicação deste processo metalúrgico ao lodo. Consegue-se assim a sua transformação em um agregado capaz de substituir a brita no concreto, o que permite a ereção de peças estruturais com  $1,8 \text{ t/m}^3$  ao invés das  $2,5 \text{ t/m}^3$  usuais, com as evidentes vantagens de menor peso próprio para a estrutura.



Foto 1 – Digestor

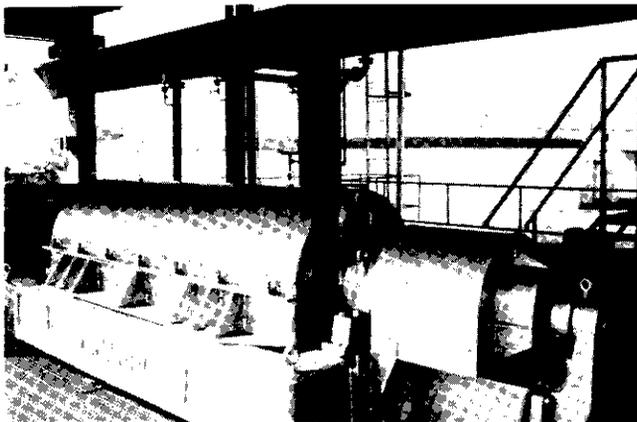


Foto 2 – Centrífuga

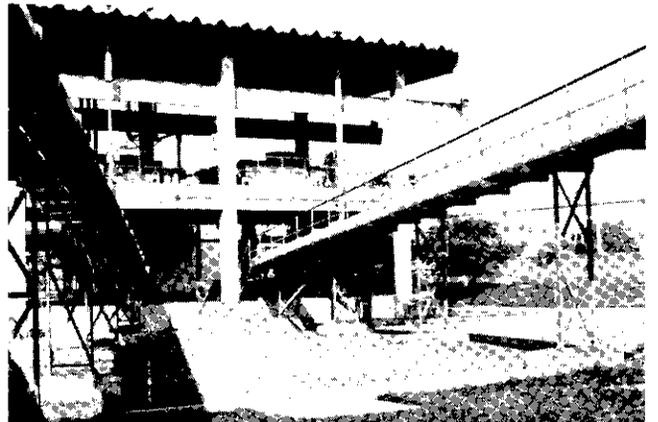


Foto 3 – Transporte para o pátio de pós-secagem

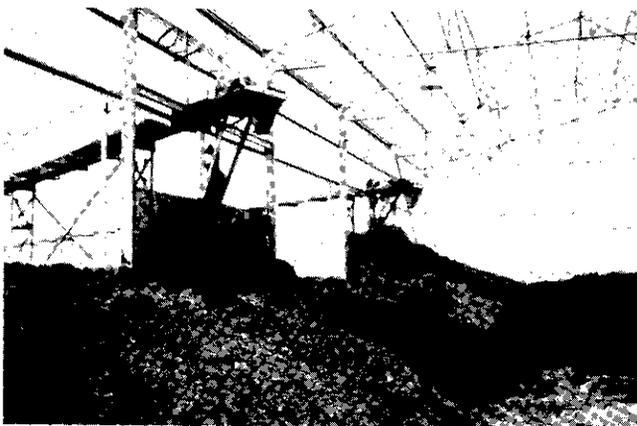


Foto 4 – Pátio de pós-secagem e alimentação do processo



Foto 5 – Pelotizador

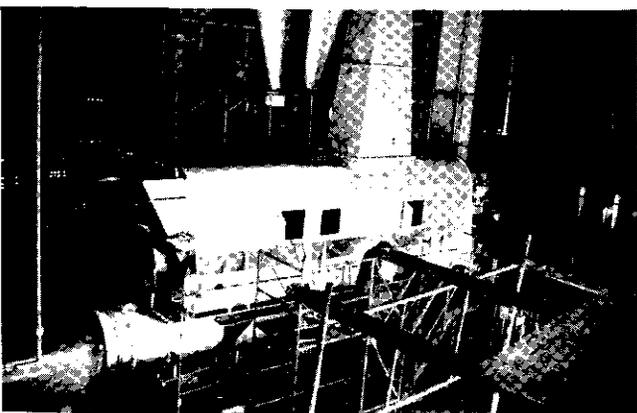


Foto 6 – Leito fluidizado



Foto 7 – Sinterizador



Foto 8 - Produto final



Foto 9 - Vista geral da instalação

A instalação ilustrada nas fotos, foi concebida e projetada pela Divisão de Tratamento de Minérios do IPT dentro do Convênio SABESP - IPT e entrou em operação há 2 anos atrás após 5 anos de pesquisas.

Como uma forma simultânea de disposição final de lodo, a SABESP examina agora sua viabilidade de aplicá-lo em solos agrícolas.

Podemos observar pelo fluxograma do processo de fabricação de agregado leve, (FIG.1) a concepção em desenvolvimento atual pelo CEFER-IPT, para utilização da mesma instalação para

fabricação de fertilizante organo-mineral.

1. Acrescenta-se às unidades existentes um silo dosador de NPK.
2. Utiliza-se o pelletizador da instalação como granulador, quando o uso da instalação estiver voltado para a fabricação do fertilizante.
3. Emprega-se o leito fluidizado como aquecedor da mistura lodo + fertilizantes químicos.

A partir deste ponto abandona-se o uso das unidades comuns aos dois

processos, restando apenas resfriar o produto, classificá-lo e retornar à granulometria maior ao processo, aproveitando-se a menor como fertilizante organo mineral, assim fabricado.

A mola mestra de desenvolvimento desta concepção foi a intenção de se substituir os inertes, talco, caolim e gesso, normalmente agregados aos fertilizantes comerciais para melhoria de suas propriedades físicas, pela matéria orgânica presente no lodo do tratamento dos esgotos.

Dessa forma:

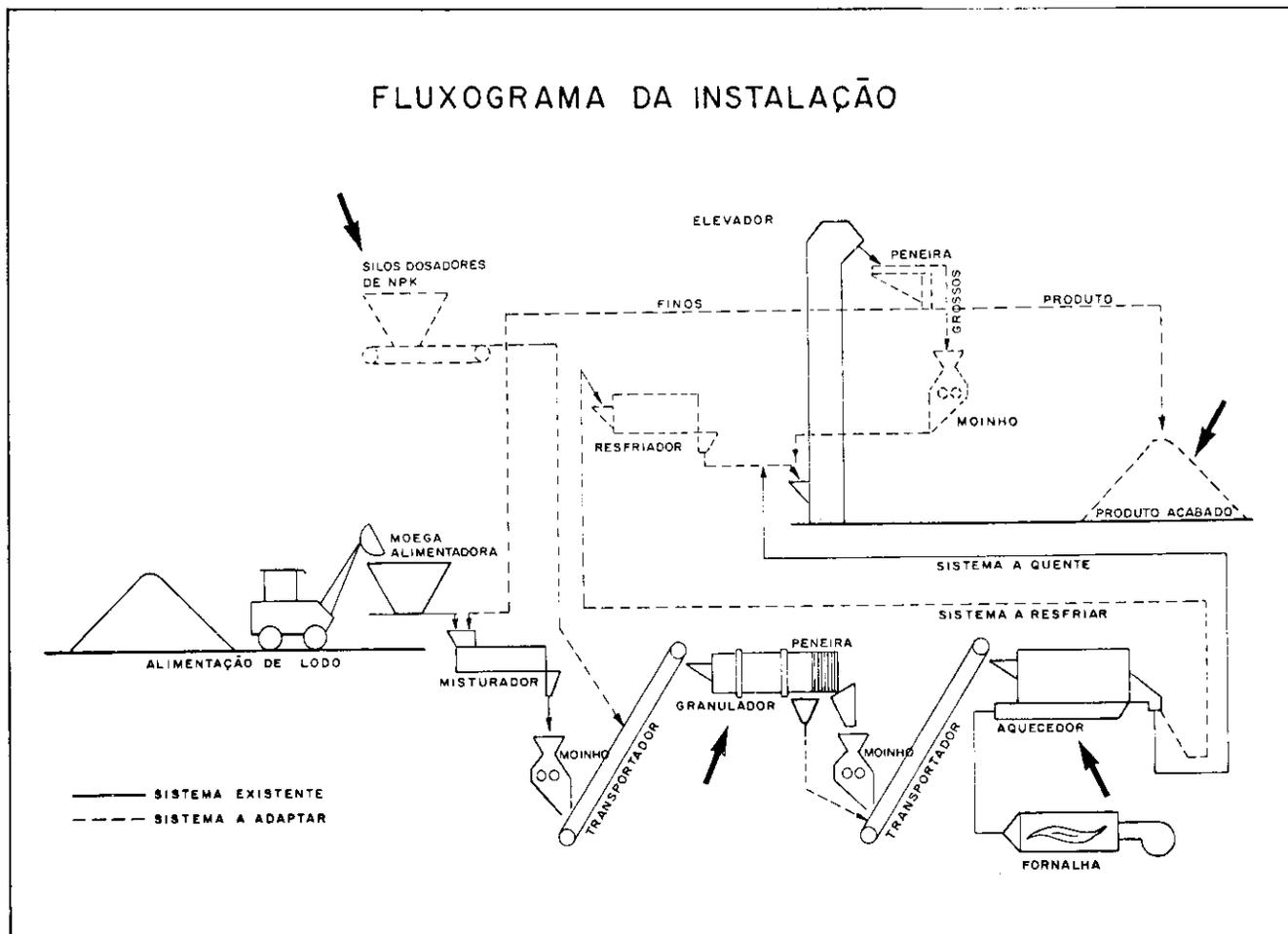


Figura 1

1. Reciclam-se a matéria orgânica, os nutrientes e os micronutrientes ao solo.

2. Evita-se o pesado ônus do transporte para destino final do lodo, identificando-o com o transporte de um produto útil.

Para estudo da viabilidade da aplicação do lodo digerido em solos agrícolas a SABESP fez dois contratos de pesquisa:

1. Com a CETESB para análise microbiológica e parasitológica do lodo produzido na ERQ-Leopoldina, visando o melhor conhecimento dos microorganismos presentes para verificação do efeito sobre os patógenos da:

- Elevação da temperatura a 115°C durante 5 a 15 minutos no leito fluidizado.
- Adição da cal (de efeito reconhecidamente biocida) com um dos produtos químicos necessários à desidratação do lodo pelos filtros prensa de placas, que serão utilizados nas ERQ's SANEGRAN.

Os trabalhos, iniciados em fevereiro de 1981, foram objeto de vários relatórios parciais e de um "Relatório

Anual" entregue há dois meses, que consubstancia as conclusões até agora alcançadas:

"Podemos afirmar que o lodo prensado reduziu significativamente a carga de microorganismos indicadores, bem como não foram detetados Salmonella, Enterovirus, cistos de protozoários e bactérias fitopatogênicas".

2. Paralelamente ao andamento dos trabalhos com a CETESB, a SABESP fez contrato com o CEFER, objetivando:

2.1. Verificar qual o melhor produto granulado que pode ser obtido misturando-se o lodo da ERQ-Leopoldina com matérias-primas convencionais utilizadas na indústria de fertilizantes em várias proporções.

2.2. Aplicar as diversas formulações feitas aos solos agrícolas gerenciados pelas Faculdades de Ciências Agrônomicas da UNESP, campi de Botucatu e Jaboticabal, bem como testá-lo nas casas de vegetação do CEFER e da Escola Superior de Agronomia Luiz Antonio de Queiroz (ESALQ), em Piracicaba. Nos laboratórios da ESALQ (USP) em Piracicaba estão sendo realizadas análises para detecção de metais no tecido vegetal, testes de

Neubauer para verificação das quantidades de elementos disponíveis e absorvidos pelas plantas, ensaios de nitrificação para análise das transformações do nitrogênio existente no lodo, dentre outros exames de laboratório.

2.3. Projetar as modificações necessárias para possibilitar a fabricação de fertilizantes em escala semi-industrial, na usina produtora de agregado leve hoje existente na ERQ-Leopoldina e estimar o valor econômico do produto com base no peso que será comercializado de N P K e matéria orgânica.

2.4. Assistir o projeto que a SABESP desenvolve para a fábrica de agregado leve da ERQ-Suzano, com vistas a reserva de espaço e a previsão de fluxos de material, tornando mais fácil sua adaptação futura à fabricação de fertilizante.

Ambos estudos (IPT-CEFER e CETESB) devem convergir este ano, fornecendo subsídios para nova tomada de decisões por parte da SABESP.

Cumpra salientar outro fator preponderante na orientação dos trabalhos que a SABESP através do CEFER está realizando:

## FLUXOGRAMA DO PROJETO

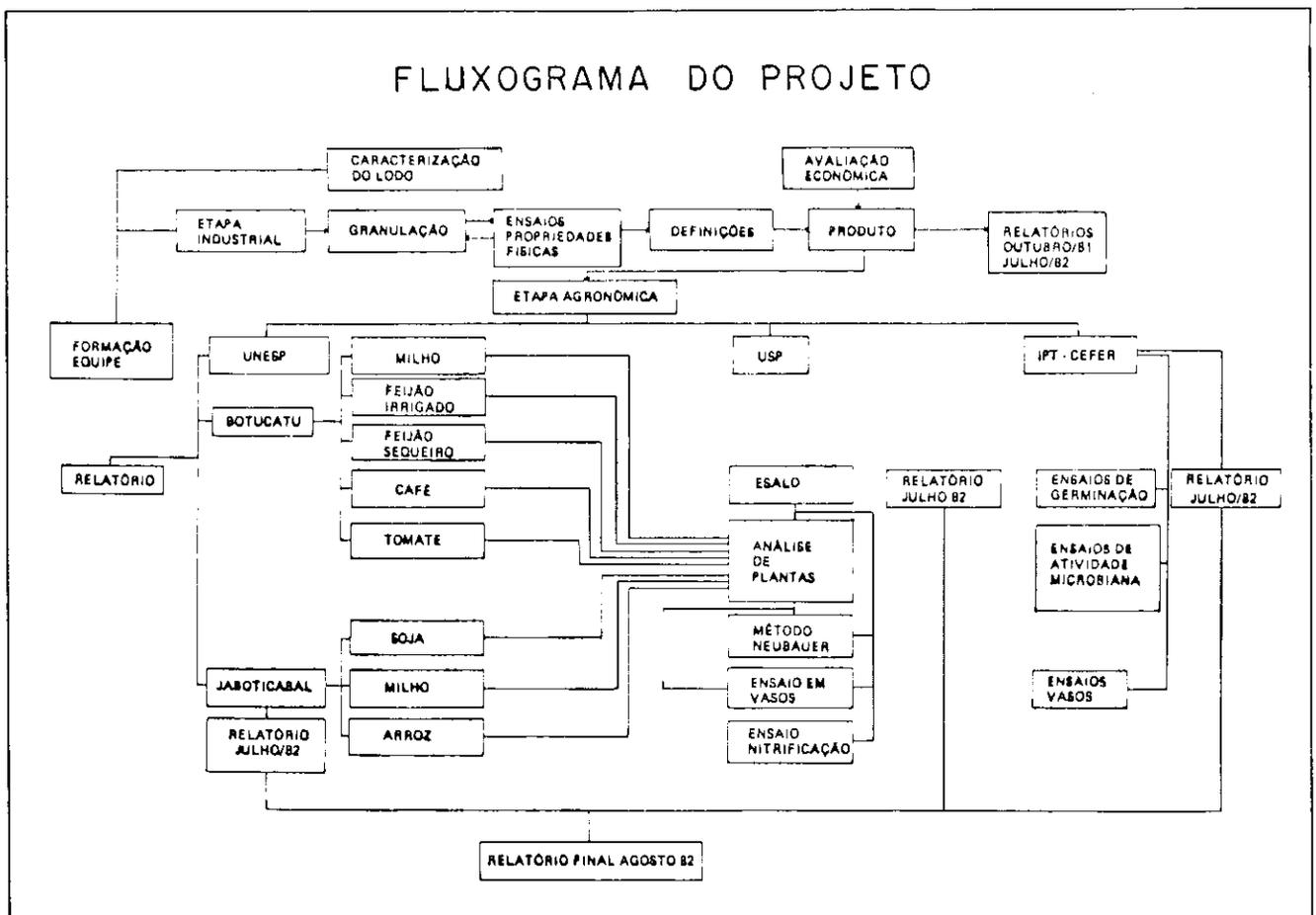


Figura 2

Os atuais estudantes de agronomia dos campi da UNESP e USP estão se familiarizando com as precauções, as vantagens e a tecnologia de aplicação do lodo das ERQ's nos solos agrícolas.

Podemos notar no Fluxograma do projeto (fig.2), o estágio em que se encontram os trabalhos em desenvolvimento pelo Centro de Estudos de Fertilizantes do IPT.

- A etapa industrial correspondendo a caracterização do lodo, os ensaios de granulação, a determinação das fórmulações que produzem propriedades físicas aceitáveis, são atividades já concluídas e que foram objeto de relatório entregue a SABESP e apresentado à sua Presidência em outubro de 1981.
- A etapa agrônômica correspondendo aos ensaios de campo nas escolas da UNESP, os testes de laboratório, em realização pela USP (ESALQ de Piracicaba) e os trabalhos do CEFER-IPT, encontram-se em realização, com previsão de término em setembro do corrente ano.
- O projeto das modificações na usina de agregado leve da ERQ-Leopoldina será objeto de uma próxima ordem de serviço ao IPT, a ser emitida brevemente.

O quadro n.º 3 mostra alguns dos resultados da caracterização do lodo da ERQ-Leopoldina:

Podemos observar que o zinco e o cobre estão em níveis altos mas são nutrientes essenciais às plantas e não constituem problemas quando aplicados ao solo à razões moderadas, inferiores a 20 toneladas por hectare (1).

Embora o teor de níquel seja alto, este elemento não é removido diretamente do solo pelas plantas, especialmente se o pH do terreno for mantido acima de 6,5 por calagem (1).

O quadro n.º 4 mostra quantos ensaios agrônômicos já foram realizados:

Os testes de granulação permitiram que se chegassem as seguintes definições:

- Formulações com lodo que obedecem as especificações de qualidades estabelecidas para os fertilizantes granulados:
  - Lodo fosfatado com superfosfato
  - Lodo em formulações comerciais NPK

Quadro n.º 3: resultados da caracterização do lodo da ERQ de Vila Leopoldina.

| Determinação                         | Limite mínimo | Resultado Vila Leopoldina | Limite máximo |
|--------------------------------------|---------------|---------------------------|---------------|
| ** Sólidos totais (%)                | 20            | 39,87                     | 40            |
| ** Matéria orgânica (%)              | 45            | 31,74                     | 70            |
| ** Nitrogênio (%)                    | 1,5           | 1,26                      | 4             |
| ** P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%) | 1,0           | 2,60                      | 4             |
| ** K <sub>2</sub> O (%)              | 0,1           | 0,31                      | 0,3           |
| ** Zn (mg/Kg)                        | -             | 4.151,2                   | -             |
| ** Zn equivalente (mg/Kg)            | 1.000         | 8.675                     | 4.000         |
| ** Cobre (mg/Kg)                     | 500           | 1.039,20                  | -             |
| ** Níquel (mg/Kg)                    | 60            | 562,40                    | -             |
| *** Crômio (mg/Kg)                   | 300           | 884,00                    | 7.000         |
| ** Chumbo (mg/Kg)                    | 300           | 730,00                    | 14.000        |
| ** Cádmio (mg/Kg)                    | 20            | 11,08                     | 35            |

\* Conforme legislação inglesa

\*\* Média de 5 análises

\*\*\* Média de 3 análises

Quadro n.º 4: Ensaios Agrônômicos

| CULTURA                               | EXPERIMENTO DE CAMPO | EXPERIMENTO C.VEGETAÇÃO | LABORATÓRIO |
|---------------------------------------|----------------------|-------------------------|-------------|
| Soja                                  | 1                    | 1                       | -           |
| Milho                                 | 2                    | 2                       | -           |
| Arroz                                 | 1                    | 1                       | -           |
| Feijão (com e sem irrigação)          | 2                    | 2                       | -           |
| Cafê                                  | 1                    | 0                       | -           |
| Tomate rasteiro                       | 1                    | 1                       | -           |
| Pastagens                             | -                    | 1                       | -           |
| Painço (planta teste para nutrientes) | -                    | 1                       | -           |
| Alface                                | -                    | 2                       | -           |
| Agrião                                | -                    | 1                       | -           |
| Trigo                                 | -                    | 1                       | -           |
| Arroz (método Neubauer)               | -                    | -                       | 3           |

- Formulações rejeitadas:
  - Lodo tal e qual
  - Lodo com fosfato natural

Para cada experimento em casa de vegetação foram preparadas fichas técnicas destacando-se as dos experimentos 1 e 6 a seguir:

#### EXPERIMENTO 1

Utilização do lodo de esgoto primário com fonte de nutrientes para a cultura do arroz.

##### 1.1. Cultura:

Arroz IAC-165.

##### 1.2. Objetivos:

Avaliar o lodo de esgoto primário como fonte de nutrientes para a cultura do arroz.

##### 1.3. Início:

outubro de 1981

##### 1.4. Término:

dezembro de 1981.

##### 1.5. Local:

Casa de Vegetação do CEFER/IPT.

##### 1.6. Tratamentos e Resultados (ver Quadro n.º 5)

##### 1.7. Conclusões:

A adubação mineral recomendada foi o tratamento que proporcionou melhor resposta mas, não diferiu estatisticamente dos tratamentos com a maior dosagem de lodo de esgoto primário com e sem potássio.

O lodo de esgoto primário proporcionou melhor resposta que a testemunha.



Arroz

Milho

## EXPERIMENTO 6

Utilização do "organo-mineral IPT" e lodo de esgoto para cultura do milho.

### 6.1. Cultura

milho - centralmex

### 6.2. Objetivos:

- testar o "organo-mineral IPT" (fórmula 4-14-8 com 25% de lodo de esgoto primário) para a cultura do milho.
- estudar o comportamento da idade do lodo de esgoto primário no fornecimento de nutrientes para a cultura de milho.

### 6.3. Início:

dezembro de 1981

### 6.4. Término:

janeiro de 1982

### 6.5. Local:

Casa de Vegetação do CEFER/IPT

### 6.6. Tratamentos e Resultados (ver Quadro n.º 6)

### 6.7. Conclusões:

O tratamento que recebeu 1000 kg do organo-mineral IPT (fórmula 4-14-8, com 25% de lodo de esgoto primário), foi superior aos 1000 Kg da mesma fórmula sem lodo de esgoto.

O lodo de esgoto primário com 6 meses de armazenamento proporcionou uma resposta sensivelmente inferior ao lodo com uma semana de idade.

Como já observado os resultados de campo deste primeiro ano agrícola

Quadro n.º 5

| Tratamento  | Resultados<br>Produção de massa seca<br>em 9 por 4 plantas |
|---|--|
| 1. Testemunha (solo sem tratamento)                           | 1,021  |
| 2. Adubação mineral recomendada                               | 4,581  |
| 3. 9 t de lodo de esgoto por ha                               | 4,005  |
| 4. 9 t de lodo de esgoto por ha + potássio                    | 4,181  |
| 5. 6 t de lodo de esgoto por ha + potássio                    | 3,264  |
| 6. 3 t de lodo de esgoto por ha + potássio                    | 2,534  |
| Diferença mínima significativa (D.M.S.) a nível de 5% = 0,941 |  |

Quadro n.º 6

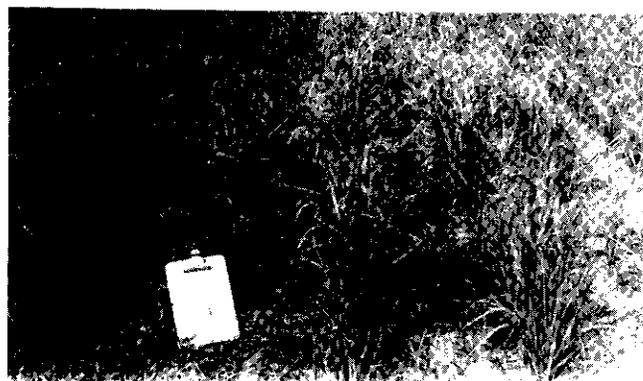
| Tratamento   | Resultados<br>Produção de massa seca<br>por 2 plantas |
|--|---|
| 1. Testemunha  | 1,42  |
| 2. 15 t de lodo de esgoto com 6 meses de armazenamento por ha  | 3,46  |
| 3. 15 t de lodo de esgoto com 1 semana de armazenamento por ha | 7,10  |
| 4. 1000 Kg da fórmula 4-14-8 por ha                            | 10,71   |
| 5. 1000 Kg do "organo-mineral IPT" por ha                      | 15,22   |
| Diferença mínima significativa (D.M.S.) a nível de 5% = 3,58   |   |

estarão disponíveis ainda no corrente ano.

Na série de fotos a seguir, mostramos algumas seqüências das fases de

laboratório e o estado em que se encontram as culturas de arroz e soja presentemente.

Em resumo podem ser antevistas



Arroz



Soja

as seguintes vantagens no uso do lodo do tratamento dos esgotos como matéria prima para fertilizantes organo-mineral, no caso das ERO's da cidade de São Paulo:

- viabiliza o transporte dos resíduos sólidos;
- dilui os metais pesados;
- aproveita o gás metano na secagem e esterilização parcial do lodo;
- recicla os macro e micro nutrientes ao solo;
- aproveita parcialmente as instalações de agregado leve;

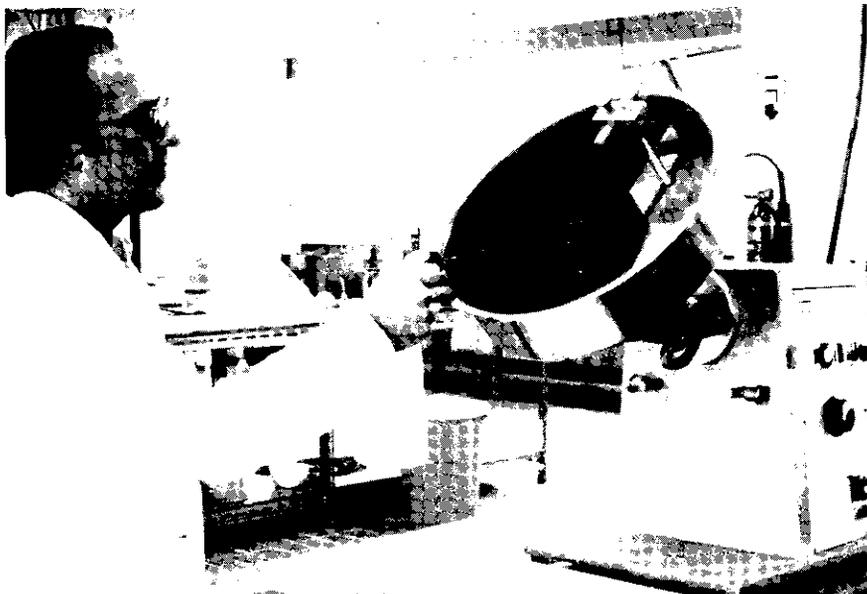
É interessante informar que os italianos interessaram-se pelo projeto desenvolvido pelo CEFER tendo sido firmado contrato entre o IPT e o IPLA (Istituto Per Pianti da Legno i de L' Ambiente) que é uma entidade estatal de Torino na província italiana do Piemonte.

O organo-mineral IPT, será assim utilizado nas cidades de Breshia, Reggio Emilia e Torino, o que constitui uma exportação de tecnologia brasileira para o exterior.

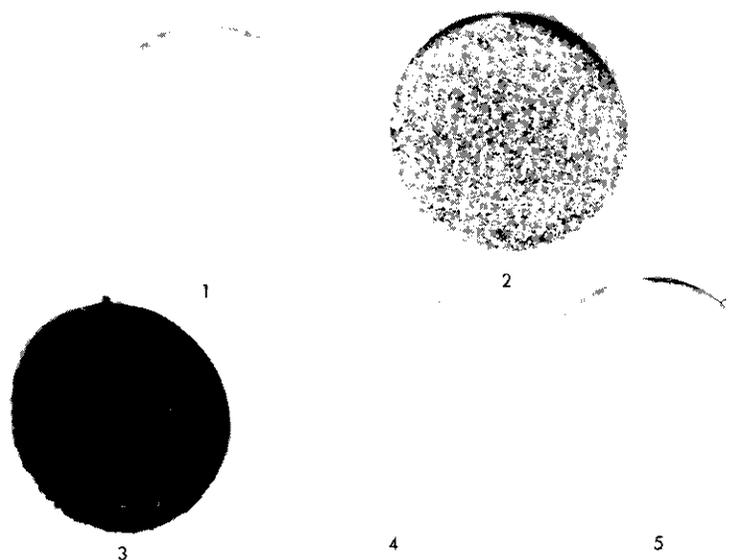
1. "Giordano, Paul M. – Seminário sobre "Organic Wastes as Fertilizers and Soil Amendments" – Tennessee Valley Authority.

National Fertilizer Development Center e Relatório de Visita ao CEFER de 13 a 24 de julho de 1981.

Anexos do Relatório CEFER de outubro de 1981.



Ensaio de granulação no laboratório do CEFER.



1. Super fosfato triplo
2. Cloreto de potássio
3. Lodo
4. Sulfato de Amônio
5. Super fosfato simples