

Inovação no descarte do resíduo sólido de tratamento por lodo ativado

**Luiz Alberto Jermolovicius,
José Thomaz Senise**

Instituto Mauá de Tecnologia, São Caetano do Sul - SP

Deodato Mansano dos Santos

Skanska do Brasil Ltda., São Paulo - SP

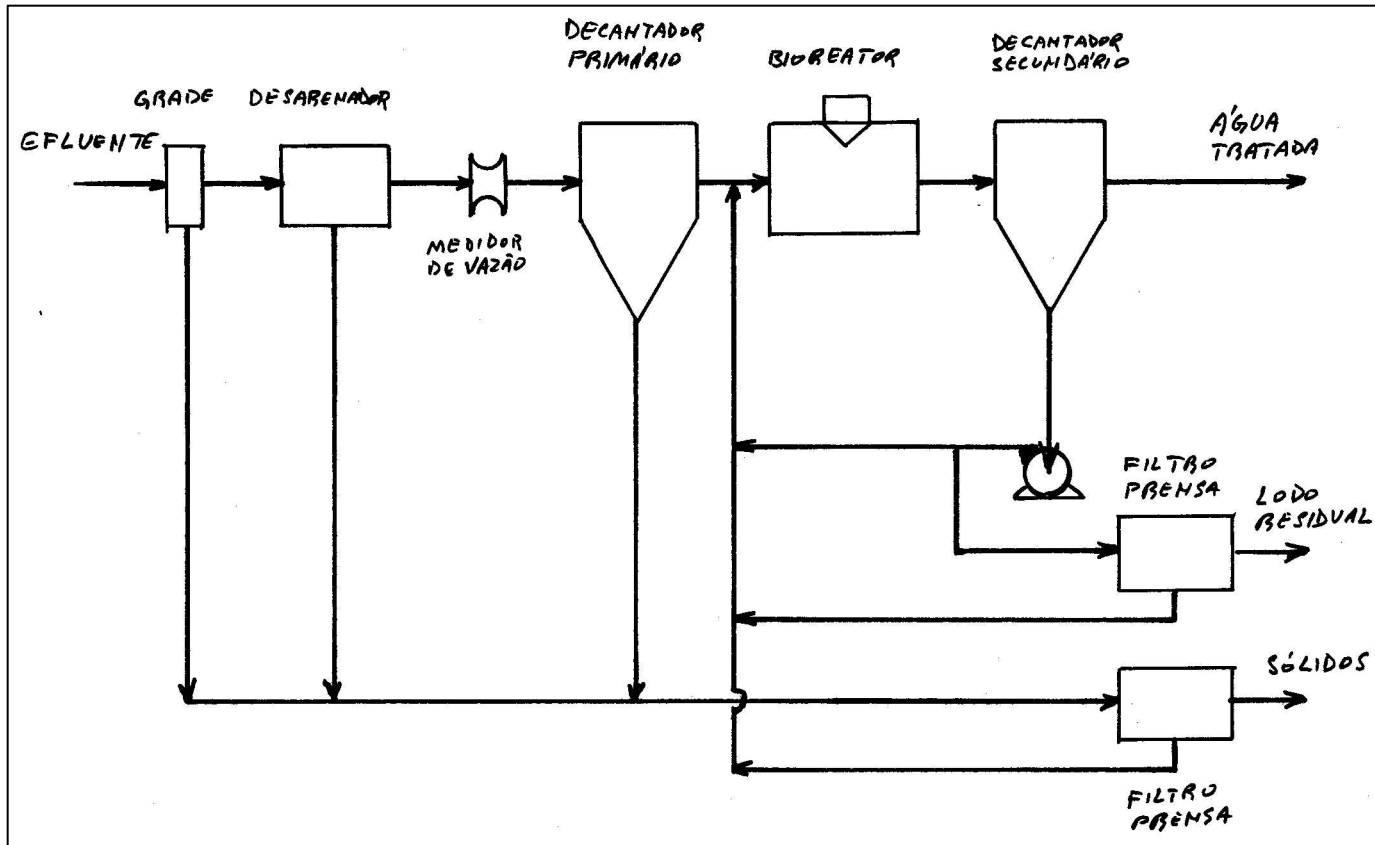
Objetivos

- Apresentar o estudo de aplicação do processo de tratamento de secagem dos lodos residuais com o uso de micro-ondas.
- Mostrar a viabilidade econômica do processo de tratamento de secagem dos lodos residuais com o uso de micro-ondas tanto em processo por batelada, como contínuo.

Agenda

- Introdução
- Tratamento por lodo ativado
- Secagem
- Aquecimento por micro-ondas
- Equipamentos utilizados nos ensaios
- Metodologia
- Análise das curvas experimentais
- Considerações
- Resultados
- Equipamentos para a secagem
- Conclusão
- Perguntas

Esquema de unidade de tratamento de efluentes por lodos ativados



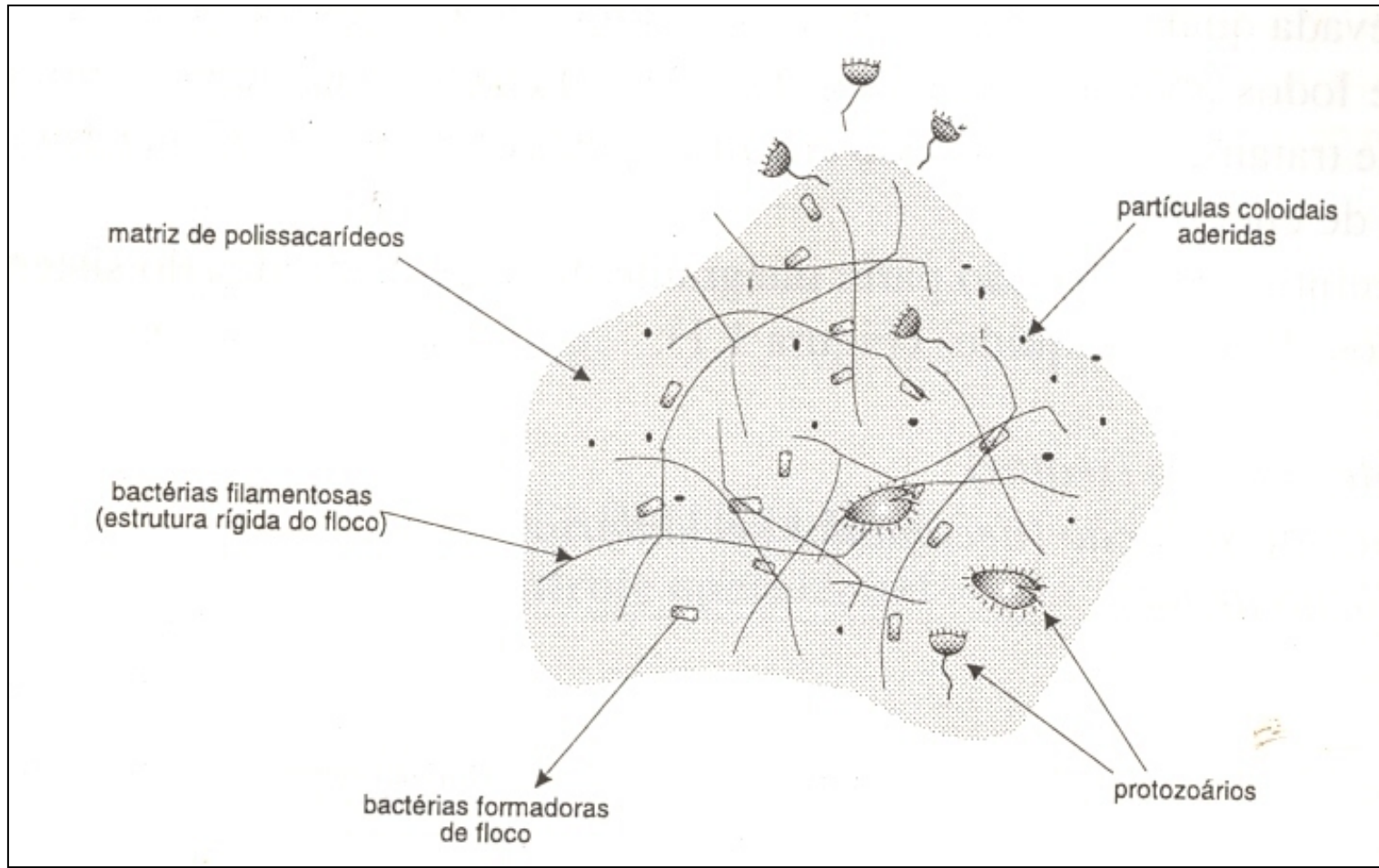
Lodo ativado

- Tratamento por lodo ativado
- Vantagens e desvantagens do tratamento do lodo ativado
- Funcionamento do tratamento básico do lodo ativado

Lodo residual





Representação esquemática de um floco de lodo ativado



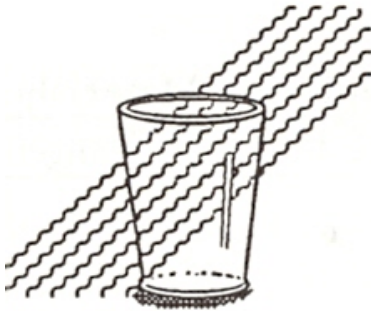
Micro-ondas

Radiação de micro-ondas

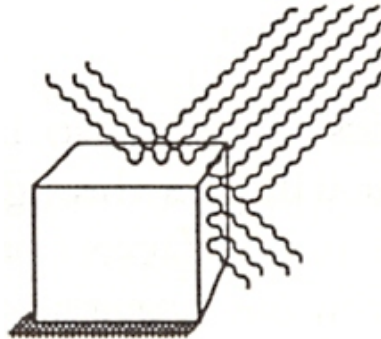
- Campo elétrico / magnético / comprimento de onda / número de ondas
- Velocidade de mudança de ciclo onda  onda senoidal
- Comprimento de onda  $\lambda = v / f$
- Faixa de freqüência entre 300 MHz e 30 GHz

Micro-ondas e os materiais

Transparente



Refletor



Dielétrico



Metodologia dos ensaios

- Tempo máximo de duração dos ensaios
- Desenvolvimento de um dispositivo na cavidade de micro-ondas; e
- Medição em intervalos inferiores a 15 minutos.

Parâmetros de secagem

- **potência efetiva específica**, que determina a temperatura do material;
- **velocidade do ar**, que fixa a velocidade de remoção do vapor de água ao redor da superfície do material na secagem; e
- **altura da massa** de lodo a secar na fôrma Pyrex, que estabelece a massa a ser secada.

Estratégia dos ensaios

- 27 Ensaios
- 3 Variáveis:
 - Potência
 - Velocidade do ar
 - Altura da massa a secar
- Cada variável com 3 valores:
 - (maior, menor e intermediário)
- Sequência ao acaso sem restrições

Material no ensaio



Secador com micro-ondas em batelada (vista geral)



Secador com micro-ondas em batelada (interior)

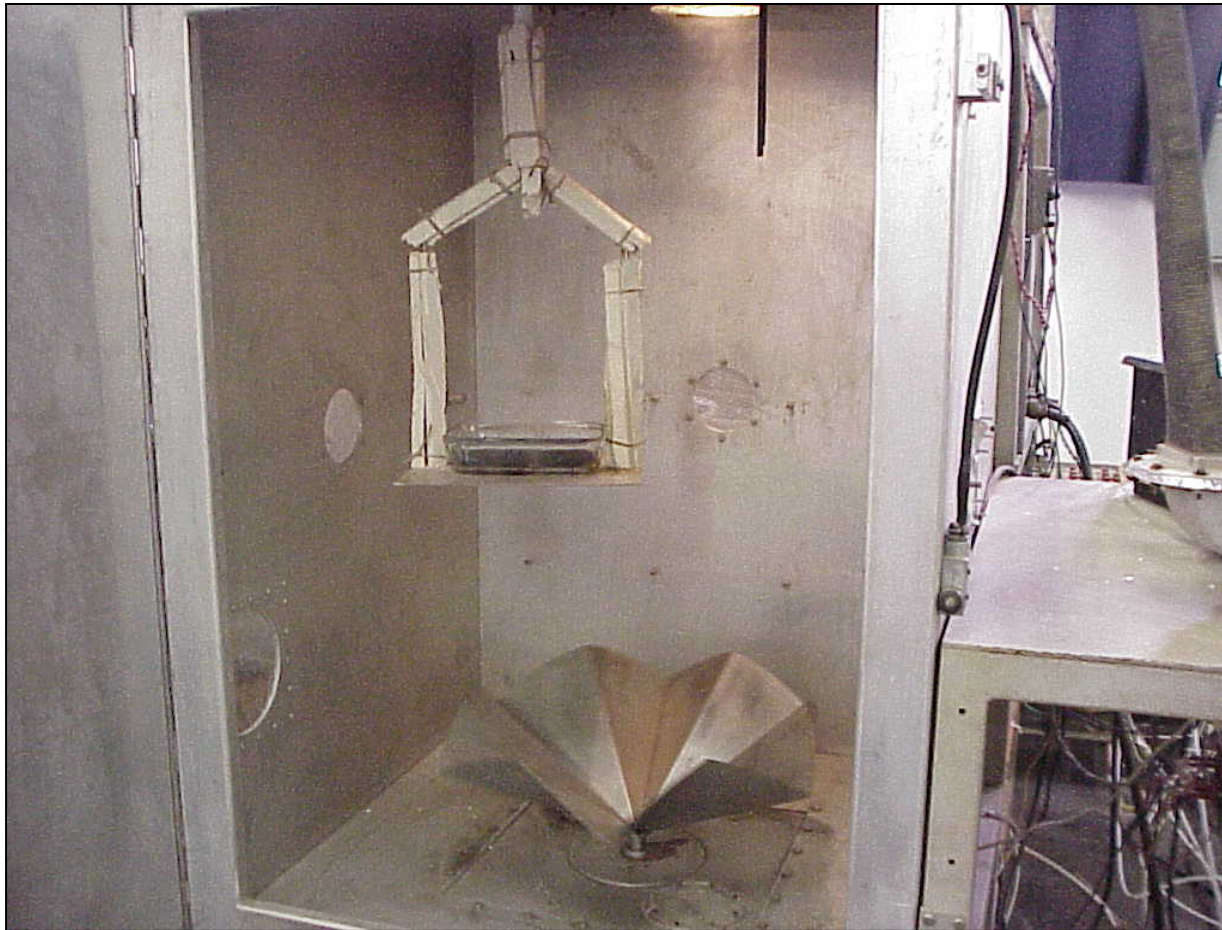


Foto do material após ensaio de secagem

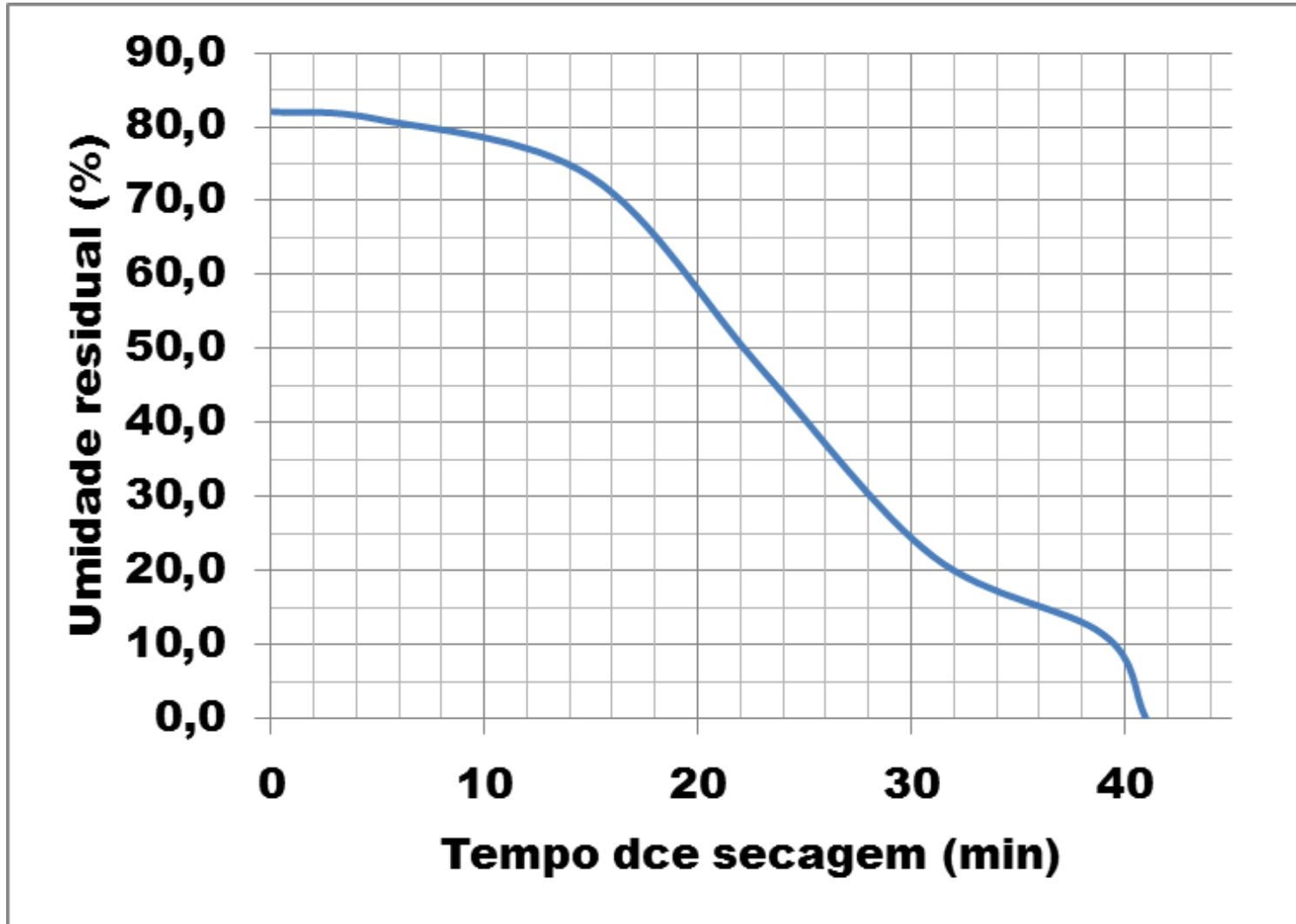


teste	potên- cia de	velo- cidade	altu- ra do	perda acumu- lada	tempo de se- cagem	custo da energia
	micro- ondas (W)	do ar (m/s)	leito (cm)	(%)	(min)	consu- mida (R\$/t)
1	1500	7	3,8	71,43	28	282,91
2	1500	7	4,5	77,24	28	301,85
3	1500	7	5,2	76,21	35	298,48
4	1500	8	3,8	72,09	35	350,88
5	1500	8	4,5	74,55	29	298,56
6	1500	8	5,2	73,95	35	263,50
7	1500	9	3,8	66,01	24	235,80
8	1500	9	4,5	75,19	27	338,23
9	1500	9	5,2	78,00	42	397,36
10	1800	7	3,8	77,95	25	351,56
11	1800	7	4,5	74,95	25	302,30
12	1800	7	5,2	82,64	35	372,46
13	1800	8	3,8	77,35	29	397,47
14	1800	8	4,5	77,75	31	372,72
15	1800	8	5,2	78,51	35	351,71
16	1800	9	3,8	76,84	25	317,77
17	1800	9	4,5	69,59	23	277,09
18	1800	9	5,2	78,06	35	354,51
19	2100	7	3,8	77,09	22	357,16
20	2100	7	4,5	83,73	20	364,29
21	2100	7	5,2	71,91	23	251,54
22	2100	8	3,8	77,09	22	358,71
23	2100	8	4,5	75,35	20	291,69
24	2100	8	5,2	84,98	30	381,90
25	2100	9	3,8	71,66	20	274,68
26	2100	9	4,5	75,03	20	276,13
27	2100	9	5,2	80,37	25	322,42

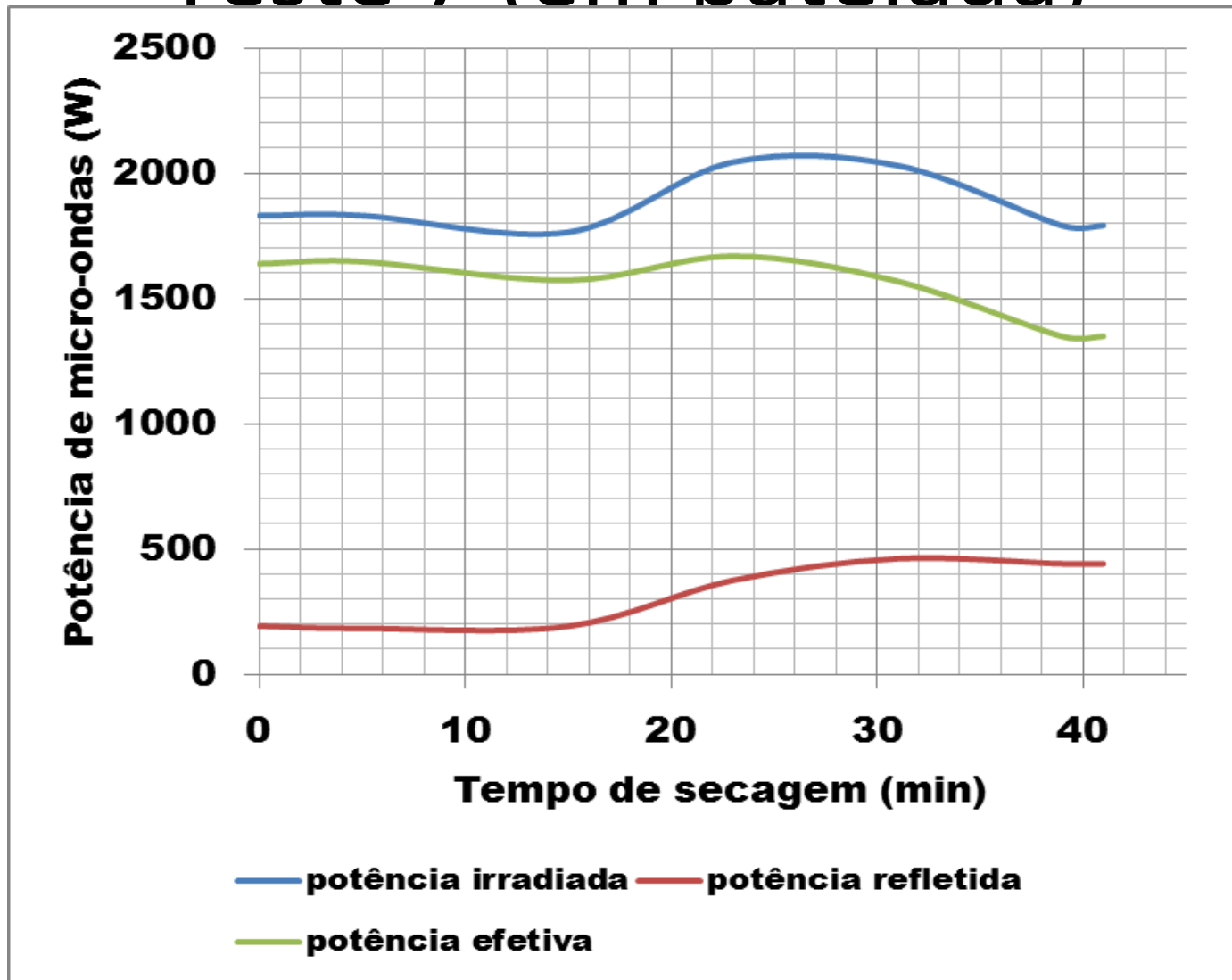
Exemplo de aplicação: teste 7

- Massa de lodo: 909 g
- Umidade inicial do lodo: 82,07 %
- Potência de micro-ondas irradiada (valor médio): 1899 W
- Fluxo de ar: 9 m/s
- Altura da camada de lodo: 3,8 cm
- Tempo de secagem: 41 minutos

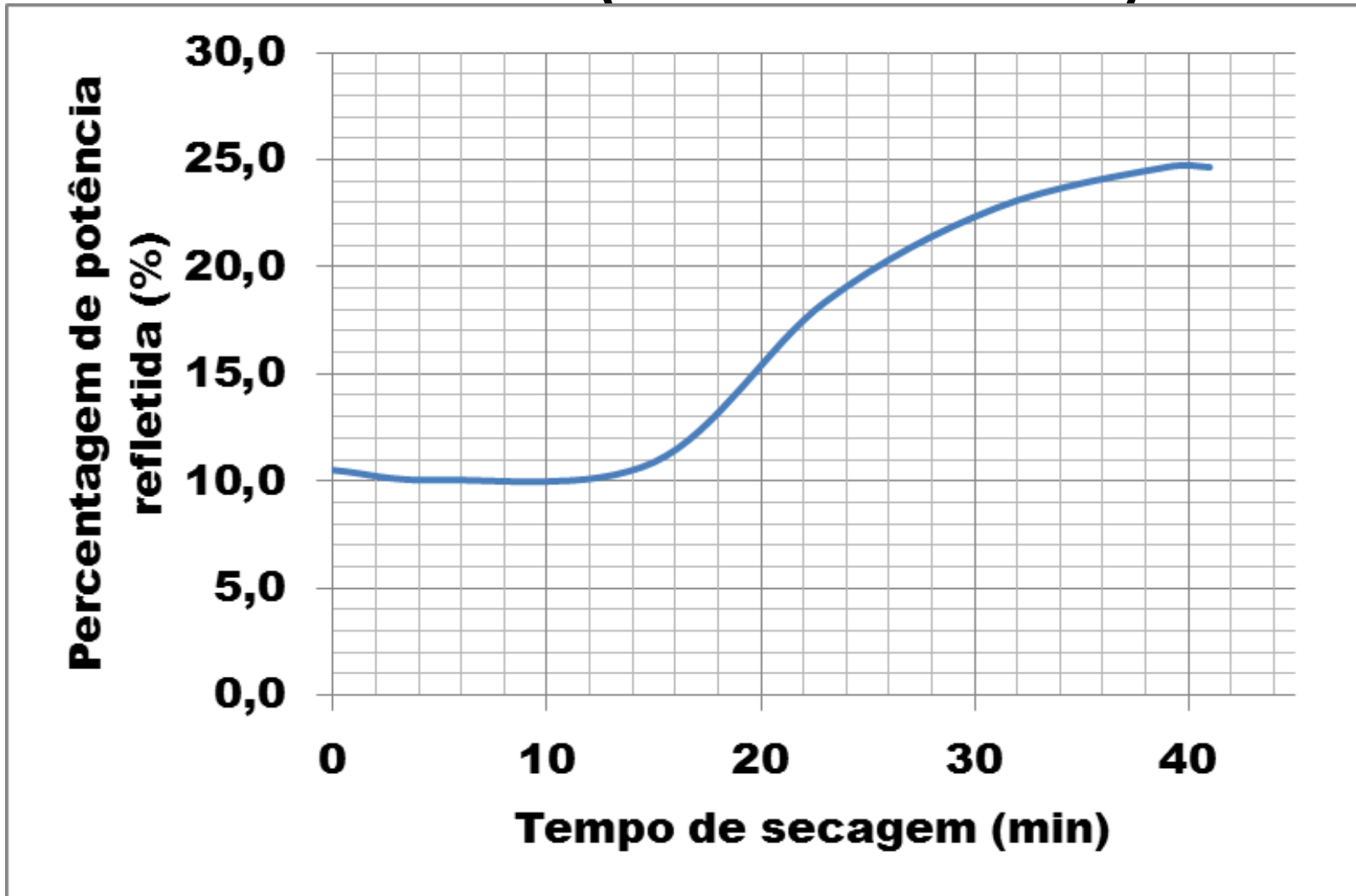
Teste 7 (em batelada)



Teste 7 (em batelada)



Teste 7 (em batelada)



Considerações

O consumo de energia despendida para atingir o grau de secagem da amostra considerando:

- a) a energia efetiva de microondas;
- b) a energia específica;
- c) um fator 1,5 para corrigir as perdas de transformação da energia elétrica 60 Hz em micro-ondas de 2,45 GHz;
- d) custo de energia elétrica de R\$120,00/MWh (valor na época da realização do teste).

Resultado

Todos os testes apresentaram um custo energético inferior ao custo de descarte convencional, que é de R\$400,00/t (valor na época da realização do teste).

Resultados

O menor consumo energia (experimento 7), foi de R\$235,80/t de lodo. As condições deste teste foram: para uma irradiação nominal com 1500 W efetivos de micro-ondas (potência efetiva de **1,7 W/g**), durante um período de **24 minutos** sobre um leito de lodo com **3,8 cm de altura** sob um **fluxo de ar de 9 m/s**, obtendo uma **redução de massa de 66 %**

Resultados

Neste experimento temos:

- custo atual a ser pago para o descarte deste resíduo seco, portanto com a massa inicial reduzida a apenas 34 % do inicial, temos o valor de R\$ 136,00/t resíduo inicial
- custo da energia gasta, R\$235,80/t de resíduo inicial
- custo final de descarte do lodo seco com microondas: R \$ 371,80/t de resíduo inicial

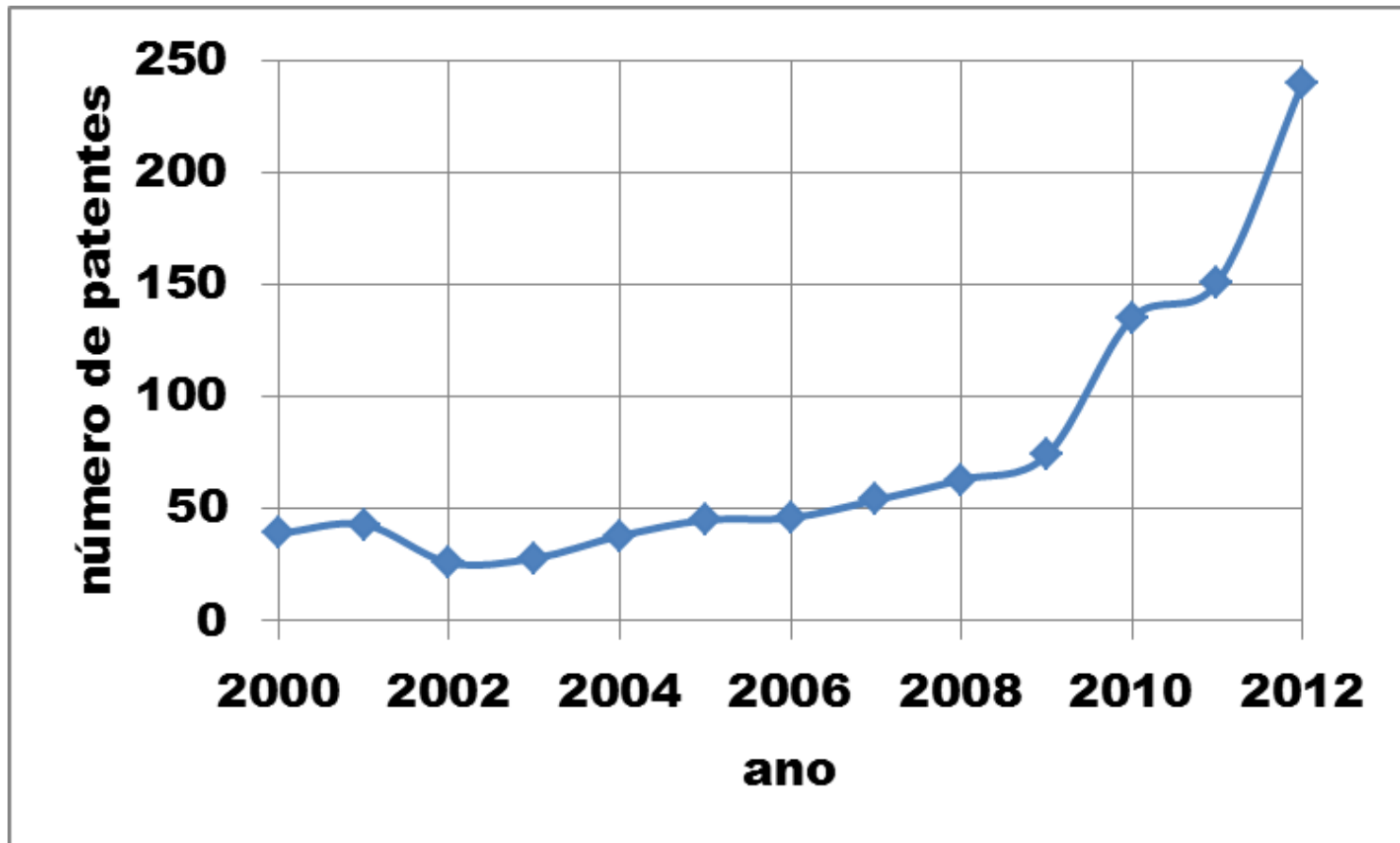
**Ou seja, uma economia de 7 %
sobre o custo original de descarte.**

1ª Conclusão

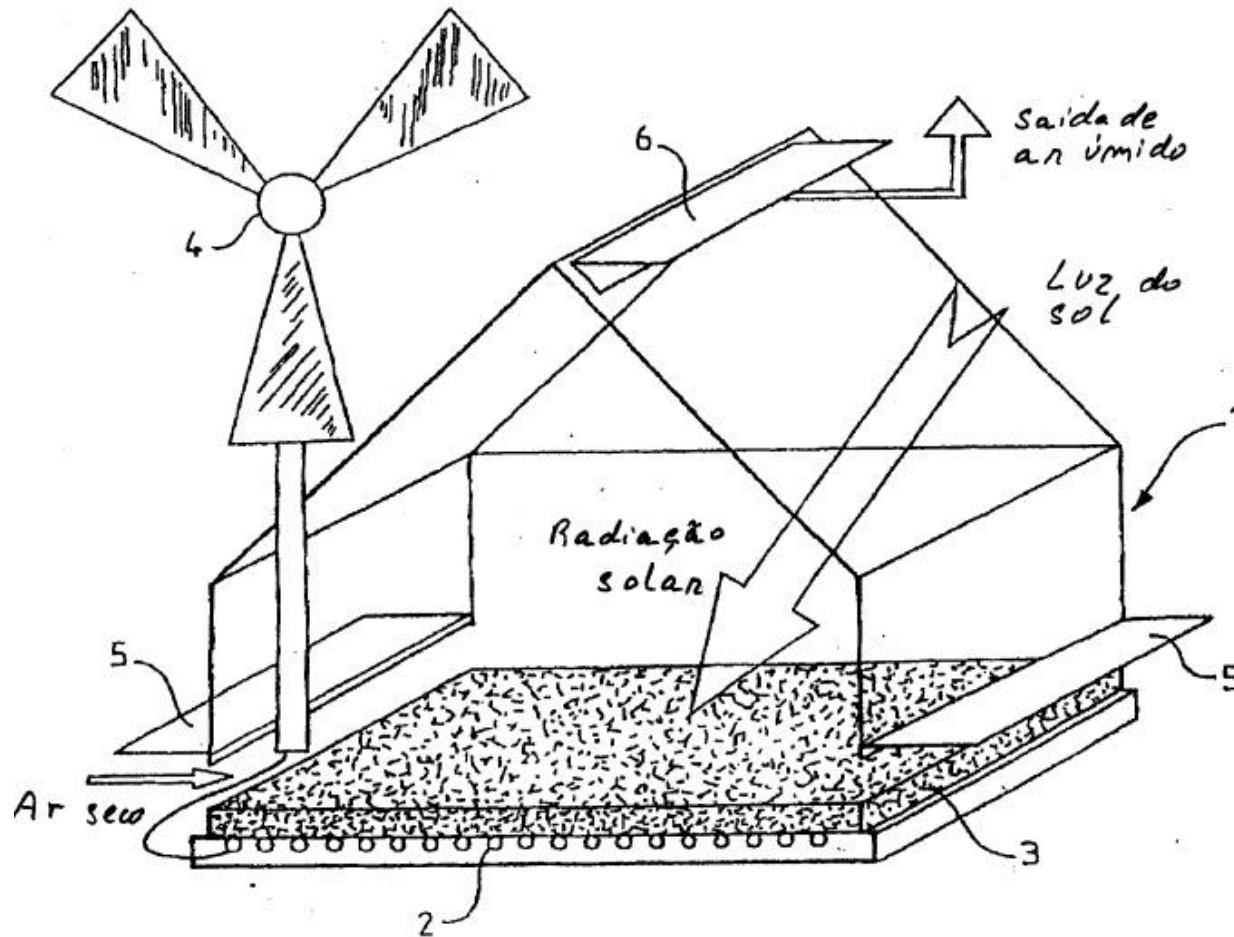
Como exemplo, considerando a geração do lodo residual da área metropolitana de São Paulo (ABC, Barueri, Novo Mundo, São Miguel, Suzano) teremos uma produção anual de **152.000 t/a de lodo residual** que se submetido à secagem ora apresentada, traria uma **economia anual** da ordem de **4,3 milhões de reais.**

Como realizar isto em escala real?

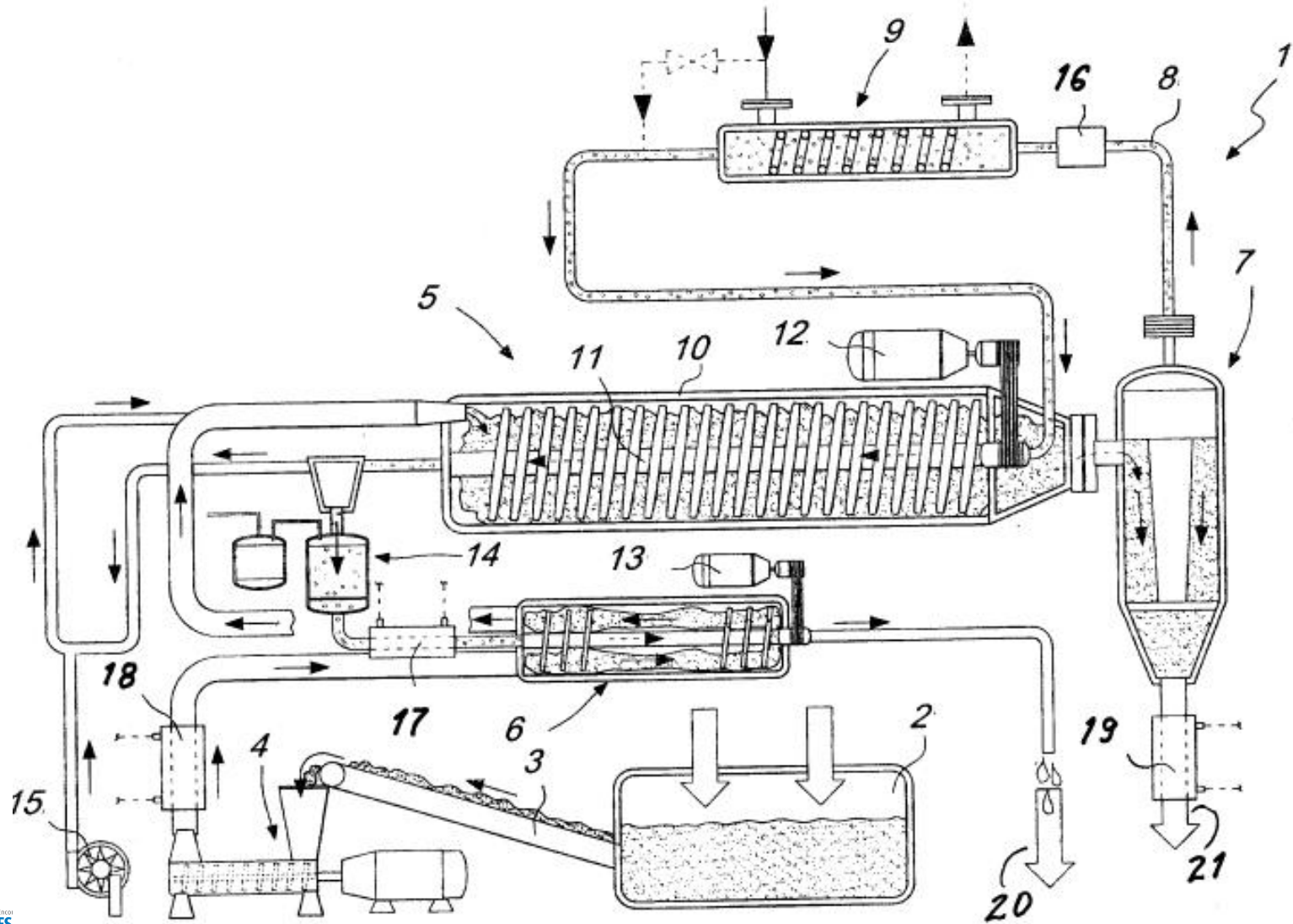
Patentes visando secagem de lodo



US20050246919



WO2006095010



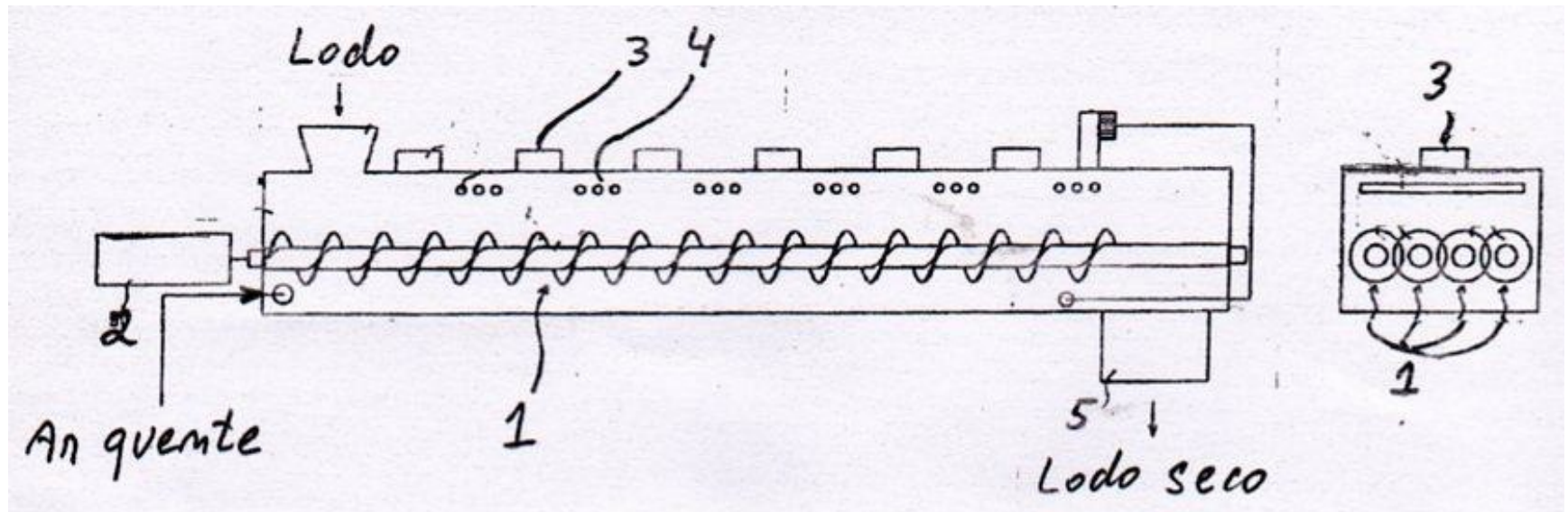
Secagem de lodo

- Dificuldade de transferência de calor
- Dificuldade de liberação do vapor gerado
- Consistência

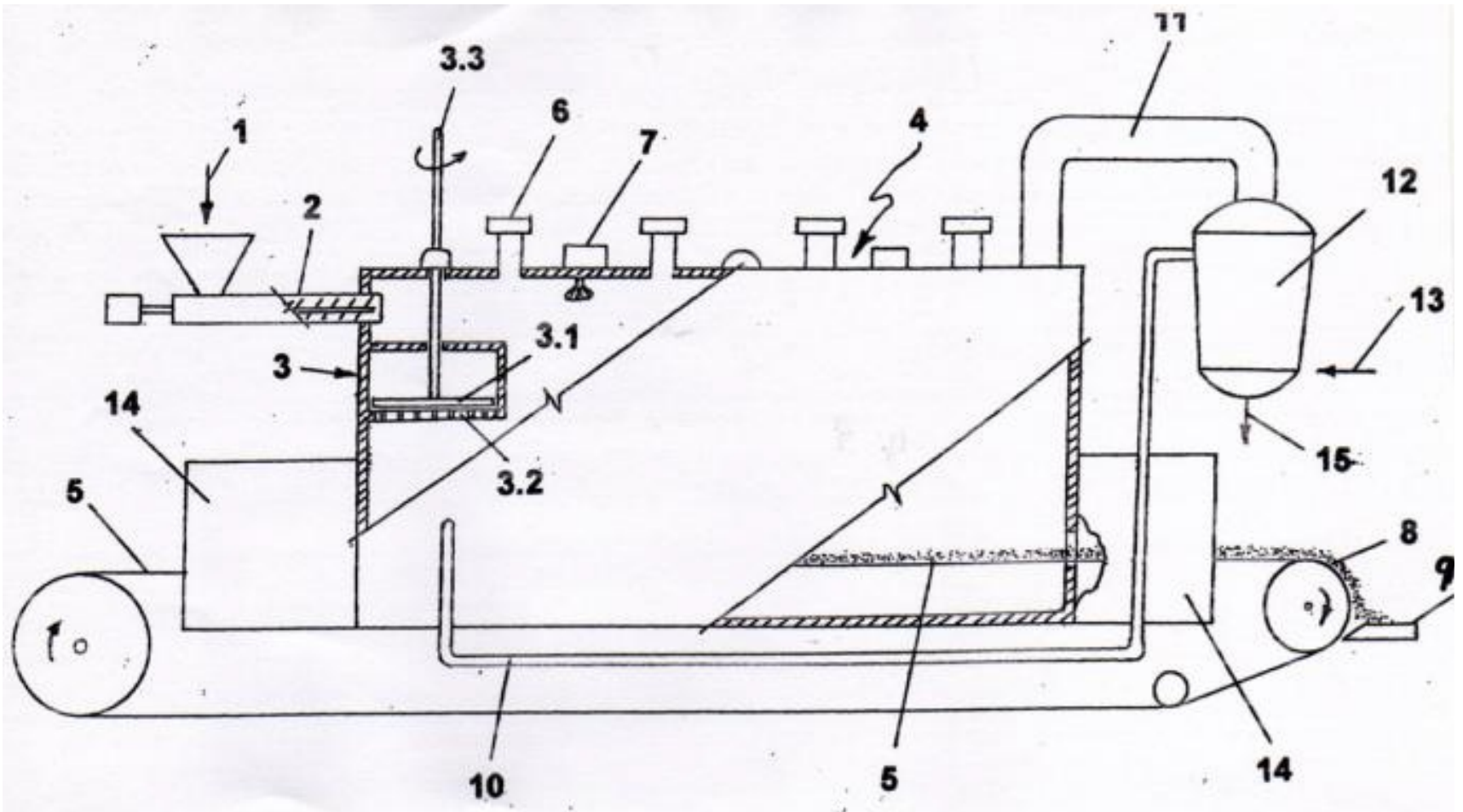
Alternativa com micro-ondas

- Vantagem de aquecimento volumétrico
- Vantagem de aquecimento seletivo
- Rápido aquecimento do material

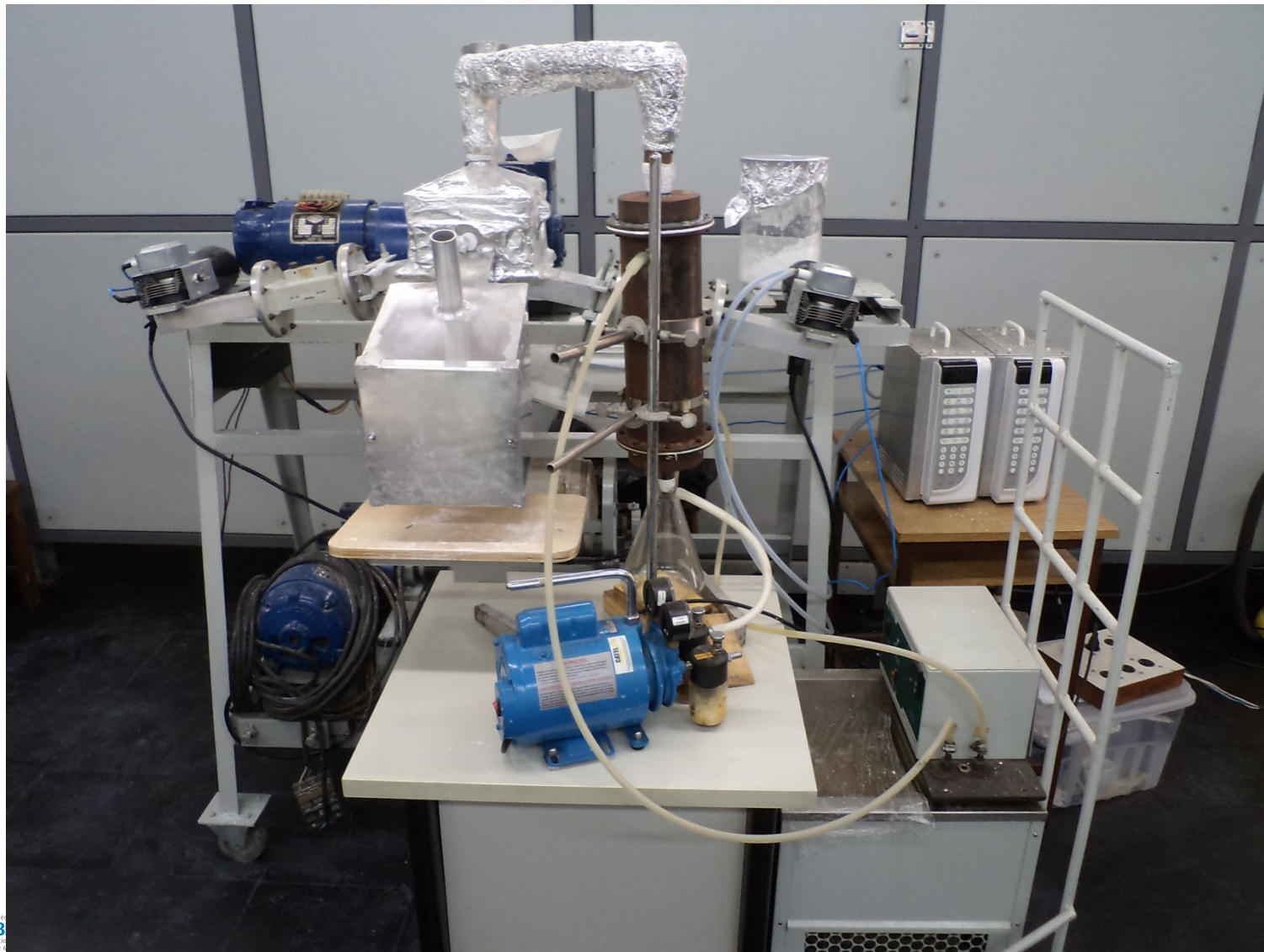
WO2007040318



BRPI0800182



Secador Contínuo LMO-IMT



Eficiência dos Secadores

EM BATELADA (1 m³)

Secagem de lodo (teste 7)

- Massa processada: 909 g
- Umidade inicial : 82, 07 %
- Umidade final: 0 %
- Potência de micro-ondas irradiada (valor médio): 1899 W
- Fluxo de ar: 9 m/s
- Altura do leito de secagem: 3,8 cm
- Tempo de secagem: 41 minutos

CONTÍNUO (8 cm X 19 cm X 10 cm)

Secagem de carbonato

- Massa processada: 1082 g
- Vazão de sólido: 217 g/min
- Umidade inicial: 37,9 %
- Umidade final: 32,5 %
- Potência de micro-ondas irradiada (valor médio): 862 W
- Altura do leito de secagem: 10,0 cm
- Tempo de permanência no secador: 3 minutos

Eficiência dos Secadores

EM BATELADA

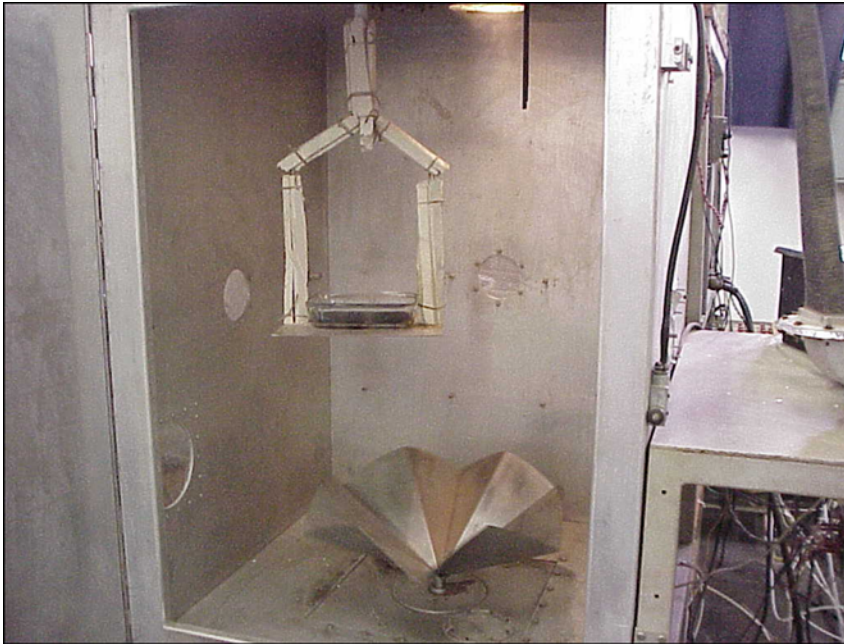
- Energia teórica necessária para a secagem: 402.303 kWh
- Energia elétrica (na tomada) para a secagem: 934.643 kWh
- Eficiência: 2,3

CONTÍNUO

- Energia teórica necessária para a secagem: 56.755 kWh
- Energia elétrica (na tomada) para a secagem: 79.901 kWh
- Eficiência: 1,41

Eficiência dos Secadores

EM BATELADA



CONTÍNUO



Conclusão Final

Se o pré-tratamento de secagem com micro-ondas, EM BATELADA, de lodo residual preconiza uma economia de **7 %** sobre o custo original de descarte, este pré-tratamento, EM PROCESSO CONTINUO, viabiliza uma economia de até **14 a 15 %** sobre o custo de descarte do lodo residual.

Obrigado !

D. M. Santos: deodato.santos@skanska.com.br

L. A. Jermolovicius: jermolovicius@maua.br