

Tratamento de esgotos domésticos por disposição no solo com utilização de gramíneas

Mostato Terada (1)

Antônio Carlos Franco Zuccolo (2)

Wanderley da Silva Paganini (3)

1 Introdução

Os programas da Sabesp, denominados Sanin I, Sanin II e Sanin III, voltados para execução de obras no Interior do Estado de São Paulo, têm possibilitado a implantação de extensões de redes coletoras de tal forma significativa que a sua extensão total cresceu em cerca de 30% nos últimos anos.

Com isto, o volume de despejos **in natura** cresceu em 20% no mesmo período.

No que diz respeito ao tratamento dos esgotos, diferentemente das populações metropolitanas, as comunidades do Interior preocupam-se de forma organizada com o problema da poluição dos corpos d'água, em vista do seu intenso aproveitamento nas atividades rurais.

Além disto, é necessária a preservação dos corpos d'água superficiais para fins de abastecimento público, pois a exploração de mananciais subterrâneos tem se mostrado, algumas vezes, tecnicamente viável.

A necessidade de execução da instalação de tratamento, aliada às dificuldades financeiras por que atravessa o setor de saneamento básico, levounos a procurar um processo cujas características o qualificam como alternativa de baixo custo aos processos convencionais já consagrados. As pesquisas nos levaram a optar pelo estudo dos processos de tratamento no solo e, em particular, pelo chamado escoamento superficial.

Estes estudos incluíram, inclusive, visita da Sabesp aos EUA, onde conhecemos as experiências em Belts-

ville (Virgínia), Raleigh (Carolina do Norte), Morrow (Geórgia), Gainesville (Flórida) e a de Davis (Califórnia) sendo que esta última é considerada a principal instalação de escoamento superficial (Overland Flow) nos EUA.

O objetivo do presente é descrever a unidade-piloto, implantada em escala operacional pela Sabesp na cidade de Populina em 1984, e cujos resultados demonstraram a viabilidade de sua aplicação em grande número de comunidades.

2 Descritivo da unidade implantada

2.1 Local

Populina dista 610 km da Capital do Estado e conta com uma população urbana de 4.700 habitantes. O sistema

de água atende atualmente a 750 ligações e o de esgotos a 300.

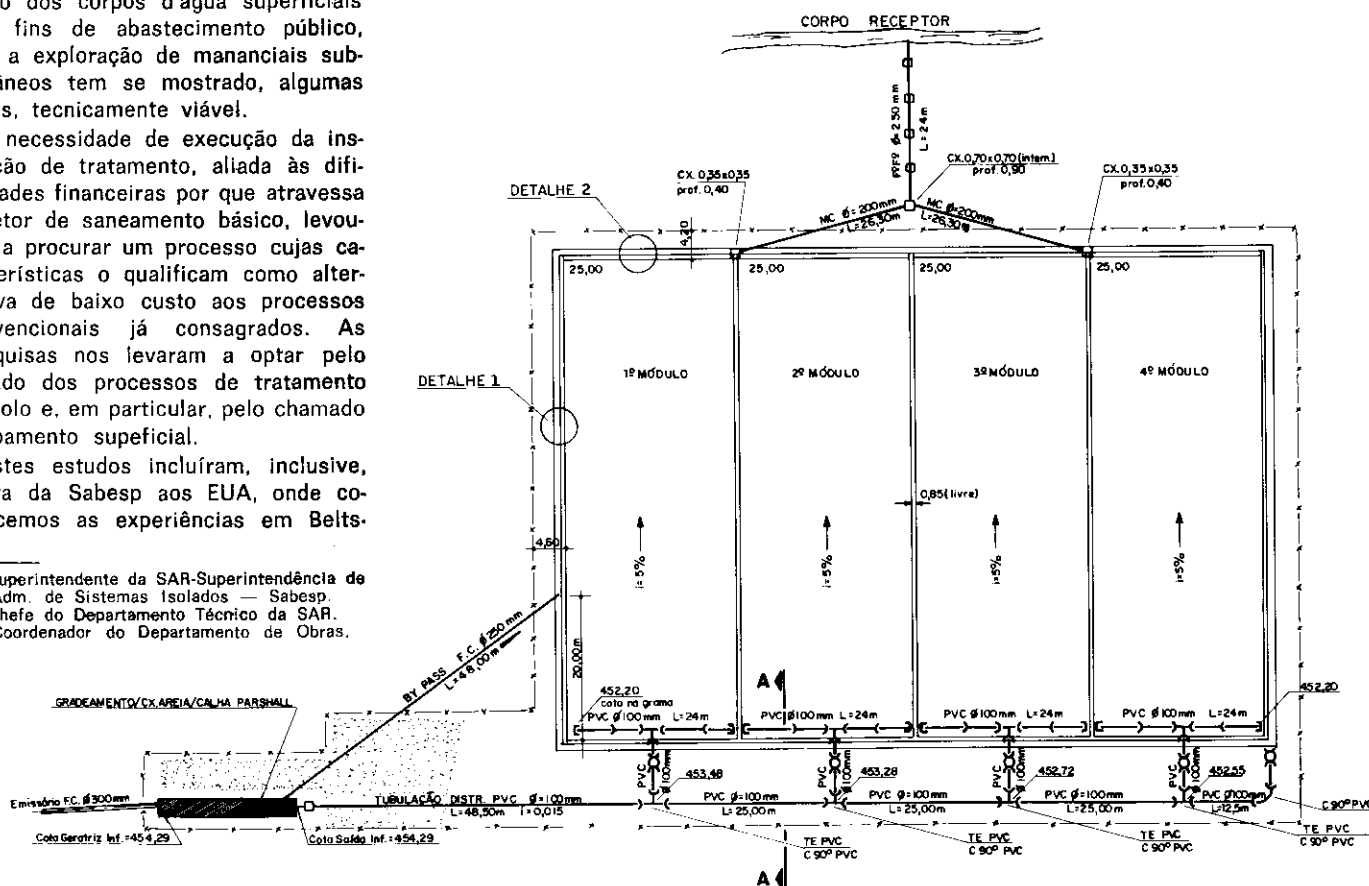
2.2 Vazão de projeto

A unidade em questão foi dimensionada para atendimento de 500 ligações.

2.3 Unidades componentes do sistema de tratamento (Figura 1)

2.3.1 Tratamento preliminar

Composto de um gradeamento duplo (com aberturas de 1/4" e 3/4") e de uma caixa de areia com duas câmaras independentes de 10 m cada uma. Junto ao tratamento preliminar foi construída uma calha Parshall para medição da vazão afluente.



- (1) Superintendente da SAR-Superintendência de Adm. de Sistemas Isolados — Sabesp.
- (2) Chefe do Departamento Técnico da SAR.
- (3) Coordenador do Departamento de Obras.

Figura 1 — Sistema de tratamento de esgotos por disposição no solo

2.3.2 Conjunto de distribuição

A partir do tratamento preliminar os esgotos são conduzidos aos módulos de escoamento por meio de uma canalização principal e quatro ramais (em PVC-JE \varnothing 100 mm, um para cada módulo). Em cada um dos ramais foi instalado um registro de gaveta comum.

O lançamento dos esgotos nos módulos é feito por uma canalização transversal à canalização do ramal, também com tubos de PVC-JE \varnothing 100 mm, perfurados de forma a permitir lançamento uniforme em toda sua extensão.

Estes tubos foram apenas apoiados em pilaretes de concreto para permitir que pudessem ser movimentados (movimentos de rotação).

Esse movimento de rotação juntamente com as manobras dos registros é que comandam a vazão em cada módulo.

Detalhes nas figuras 2 e 3.

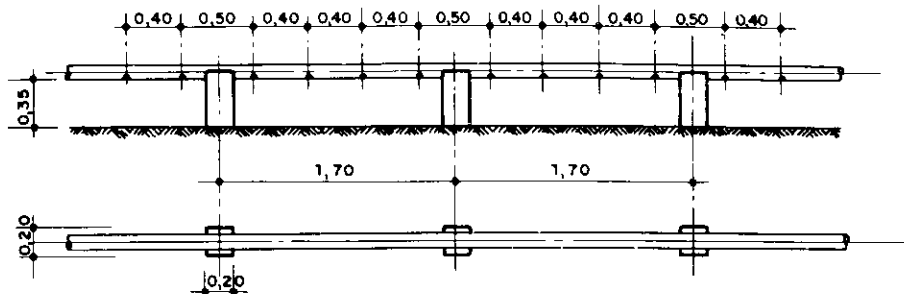


Figura 2 — Detalhe dos pilares da tubulação de PVC aérea e furação

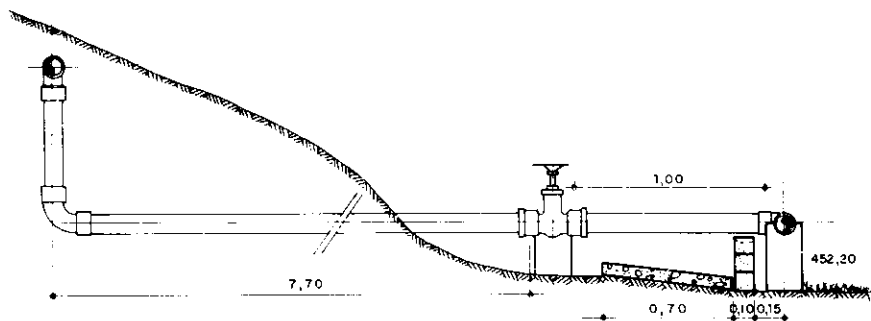


Figura 3 — Corte-AA

2.3.3 Módulos de tratamento

Os módulos de tratamento, em número de quatro, são planos inclinados de 25 m de largura por 70 m de comprimento cada um.

Os dois primeiros módulos (denominados 1 e 2) têm declividade de 5% e os outros dois têm 2%.

Os módulos separam-se entre si por passarelas que permitem o acesso a qualquer ponto.

2.3.4 Coleta e lançamento final

O esgoto remanescente do processo verde em canaletas de concreto moldadas *in loco* ao longo de toda face transversal dos módulos. Das canaletas o esgoto é conduzido para duas caixas de coleta e destas para uma canalização de 250 mm de diâmetro até o corpo receptor, que margeia a área de tratamento.

3 Seleção do vegetal

Várias espécies vegetais foram pesquisadas. As premissas básicas foram de que o vegetal a ser utilizado tivesse grande resistência à poluição e fosse perene. Além disso teria de ser resistente a longos períodos de imersão, de fácil manuseio e que suas características e fisiologia apresentassem boas perspectivas para o propósito.

As espécies pesquisadas foram:

- Brachiaria humidicula.
- Brachiaria congolense (capim fino);
- Panicum repiens;
- Brachiaria brisanta;
- Brachiaria decumbens;
- Brachiaria tanner grass;
- Tipha angustifolia (taboa).

Das espécies investigadas, a Brachiaria humidicula apresentou melho-

res atributos para fim de tratamento de esgotos.

Entre suas características destacamos:

a) conformação física da parte externa da planta mais uniforme e com menor quantidade de material inerte (morto), características que conferem a essa espécie vantagens no que se refere a proporcionar homogeneidade do fluxo dos esgotos no escoamento;

b) raízes profundas que permitem um alcance ainda maior da ação do sistema radicular do vegetal na utilização dos macro e microelementos e proporcionando uma maior aeração do solo. A Brachiaria humidicula chega a ter raízes com até 4 m de profundidade;

c) excepcional resistência à umidade e à poluição, requisitos externamente importantes já que o lançamento dos esgotos deverá se dar durante

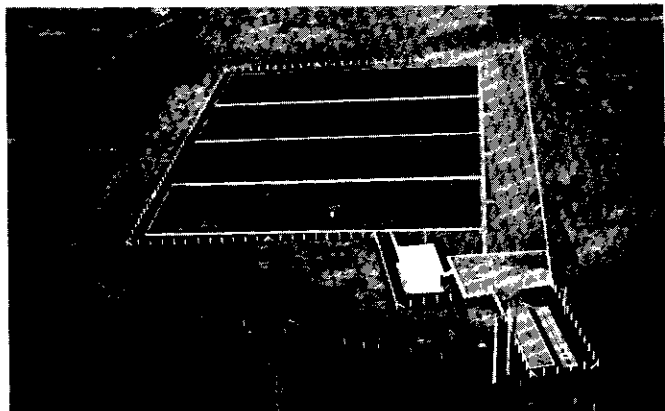


Foto 1 — Vista aérea do sistema



Foto 2 — Vista geral do sistema

até 24 horas seguidas no mesmo módulo:

d) facilidades de manuseio que implica que as operações de transporte, plantio e poda sejam extremamente facilitadas;

e) facilidades de obtenção, pois a *Brachiaria humidicula* pode ser encontrada em pastagens tropicais muito comuns no Brasil.

4 Agentes atuantes no tratamento

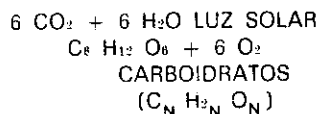
(Figura 4)

4.1 Colo da planta

Permitirá a formação de um filme biológico que deverá ter funções semelhantes aos filtros biológicos.

4.2 Sistema foliar

O sistema foliar utilizará macro e microelementos na produção de seus nutrientes, como, por exemplo, na fotossíntese:



Ajudará também a diminuir a possibilidade da existência de aerossóis. As plantas possuem estômatos, elementos que são mais desenvolvidos nas aquáticas e, no nosso caso em especial, deveremos observar a resposta dos estômatos da *Brachiaria humidicula*.

4.3 Sistema radicular

Diminuirá o efeito da lixiviação que em alguns casos poderá ser prejudicial, até patogênica. As raízes deverão absorver minerais em forma de macro e microelementos mineralizados da matéria orgânica através dos colóides.

As raízes também respiram e portanto absorvem O_2 e eliminam CO_2 que deverá combinar com NPK, magnésio, ferro, cobre, manganês, molibdênio, cobalto, zinco etc.

4.4 Solo

O solo proporcionará a depuração natural dos esgotos de forma física, química e biológica, e neste caso, com um melhor rendimento se considerarmos o aumento na sua porosidade, dada a potência do sistema radicular.

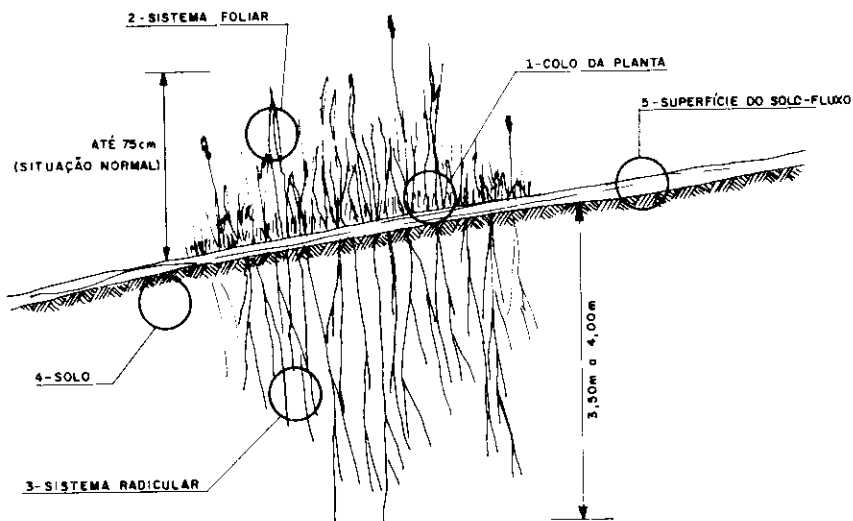
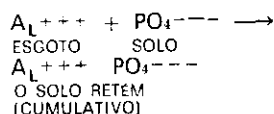


Figura 4 — Agentes atuantes no tratamento

Como exemplo clássico de reação química podemos citar a combinação do alumínio trazido pelos esgotos com os íons de fosfato do solo.



5 Resultados práticos preliminares

5.1 Problemas apresentados e soluções

a) Fluxos preferenciais na massa líquida — que fazem com que não haja uniformidade na distribuição.

Efeito negativo: Redução da área útil e rendimento geral.

Causa: Nos módulos 1 e 2 a gramínea foi plantada por placas, as quais, sendo de largura e espessura diferentes, não permitiram um acabamento uniforme.

Soluções: Para solucionar o problema, foram instalados anteparos a cada 10 m em cada um dos módulos 1 e 2 que provocavam uma redistribuição do fluxo. Também foram executados pequenos aterros manuais nos pontos onde havia retenção de um volume maior.

Para os módulos 3 e 4 o plantio foi feito por sementeira sobre o solo perfeitamente regularizado. Nestes módulos foram instalados anteparos a cada 5 m.

b) Declividade excessiva — que aumenta a velocidade de escoamento da massa líquida.

Efeitos negativos: A declividade adotada originalmente de 5% fez com que o tempo de detenção ficasse muito reduzido. Além disso, a velocidade de escoamento dificultou a distribuição uniforme do fluxo e impedia a formação do "filme" biológico.

Solução: A solução adotada foi a de se reduzir a declividade para 2% com a utilização dos anteparos citados no item anterior.

c) Entupimento dos furos da tubulação de distribuição

Efeitos negativos: Distribuição não uniforme da massa líquida.

Causa: Passagem de sólidos e areia respectivamente pelo gradeamento e caixa de areia.

Solução: O problema foi solucionado através da instalação de um sistema de gradeamento com menores aberturas das malhas e, conseqüentemente, um aumento na frequência das operações de limpeza. Também foram incrementadas as operações de limpeza da caixa de areia.

5.2 Resultados obtidos

Numa série de análises efetuadas em 5/2/85, o sistema apresentou um rendimento em termos de redução de DBO da ordem de 85% e da DQO em 81%.

6 Plano de pesquisa operacional

A seqüência dos trabalhos previu a operação do sistema com a execução de dois ciclos de pesquisa de 52 dias cada um. O primeiro deles deverá iniciar-se em julho/85 e o segundo em janeiro/86, visto que nessas épocas do ano o clima apresenta-se com grandes variações.

6.1 Operação básica durante a pesquisa

a) Limpeza do gradeamento e caixa de areia

Periodicidade: diária.

Obs.: O material deverá ser incinerado na unidade de incineração e o remanescente disposto nos sumidouros.

b) Verificação das eventuais obstruções nos furos das tubulações de distribuição

Periodicidade: sempre que necessário.

c) Descarga na tubulação principal

Periodicidade: semanal.

d) Verificar homogeneidade de disposição nos módulos

Periodicidade: sempre que necessário.

Obs.: A finalidade do presente é constatar a existência de fluxos preferenciais e corrigir.

e) Limpeza das canaletas de coleta

Periodicidade: semanal.

f) Corte e retirada da biomassa

Periodicidade: sempre que a altura da vegetação ultrapassar 30 cm.

Obs.: Deve-se evitar, também, que a vegetação venha a inclinar de forma excessiva pelo peso. Quando isto ocorrer, o corte deve ser providenciado.

Com relação à biomassa colhida, se houver destinação definida para alimentação animal, a mesma deverá passar por um processo de maturação que consiste na exposição do material ao sol durante 21 dias, sendo que o mesmo deverá ser revolvido a cada dois dias. Caso a biomassa não tenha

destino definido ela deverá ser simplesmente incinerada.

6.2 Plano de pesquisa operacional

6.2.1 Variações do experimento

A pesquisa operacional do processo se dará através de um plano de pesquisa que prevê dois ciclos de mesma duração (52 dias).

Em cada ciclo deste, deverão ser conjugados os serviços de amostragem com variações no esquema operacional.

Tendo como base o esquema da figura 5, as variações do experimento deverão ser as seguintes:

1.ª) Condição normal — Vazão: Total — Descrição: Operação alternada durante 28 dias, sendo 24 horas com lan-

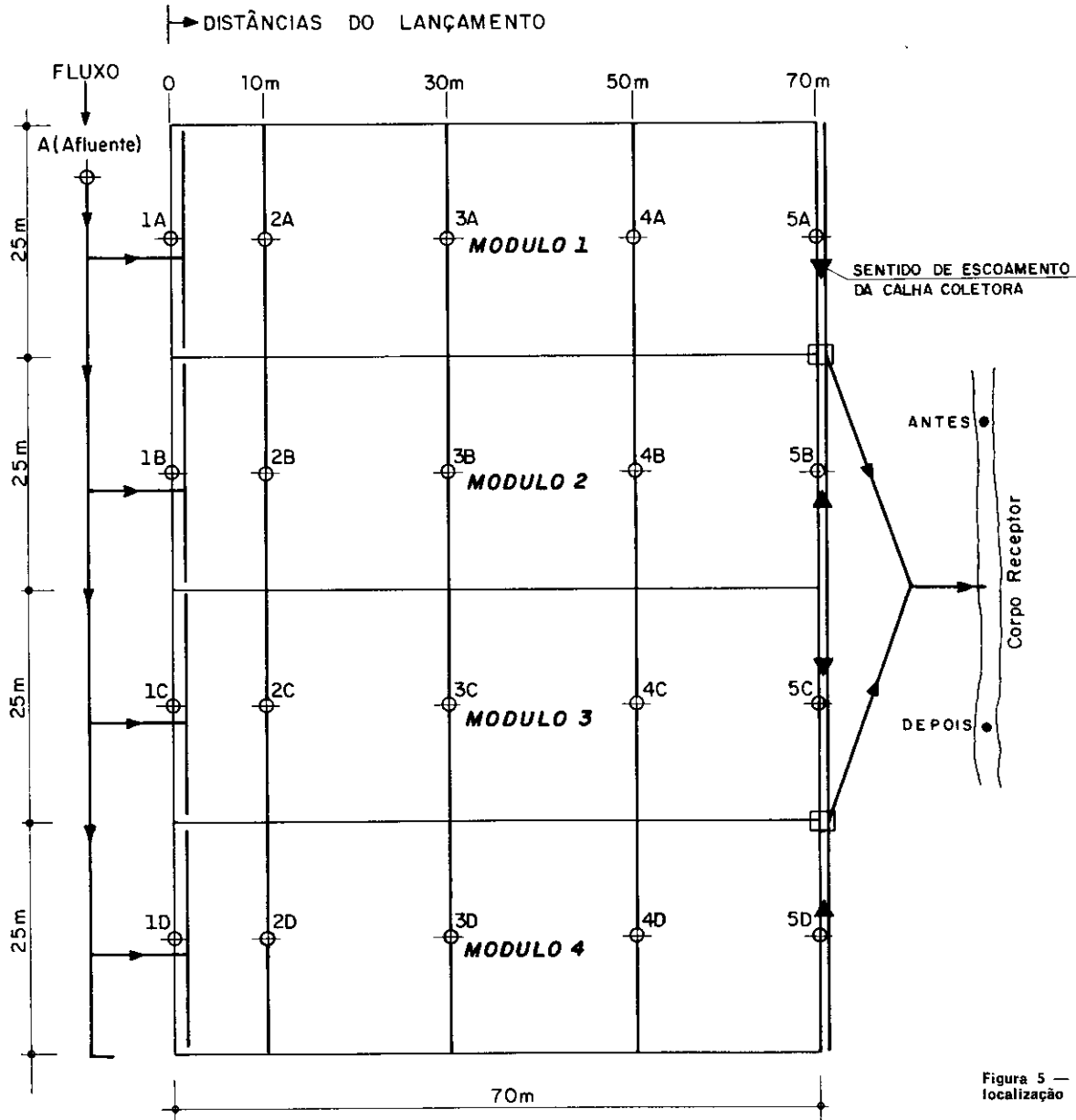


Figura 5 — Esquema dos módulos e localização dos pontos de coleta

çamento nos módulos 1 e 3, e 24 horas nos módulos 2 e 4.

2.º) Variação I — Vazão: Total — Descrição: Operação alternada durante oito dias, sendo 24 horas no módulo 1, 24 horas no 2, 24 horas no 3, e 24 horas no 4, em duas etapas.

3.º) Variação II — Vazão: Total — Descrição: Operação alternada durante oito dias, sendo 24 horas com lançamento nos módulos 1 e 2, e 24 horas nos módulos 3 e 4.

4.º) Variação III — Vazão: 3/4 total — Descrição: Operação alternada durante quatro dias, sendo 24 horas com

lançamento nos módulos 1 e 2, e 24 horas nos módulos 3 e 4.

— Descrição: Operação alternada durante quatro dias, sendo 24 horas nos módulos 1 e 2, e 24 horas nos módulos 3 e 4.

OBS.: Esquema básico das variações na Figura 5.

6.2.2 Exames, análises e medições a serem feitos

Para que o processo possa ser pesquisado em todos os aspectos importantes, de forma a permitir uma análise precisa de seu rendimento, deve-

rão ser desenvolvidos os seguintes trabalhos de laboratório:

a) Na massa líquida

Na massa líquida, o ciclo de pesquisa prevê duas campanhas de amostragem com a finalidade de apresentar os resultados de acordo com Quadro 1.

b) No solo

No solo estão previstas duas campanhas de amostragem no final de cada ciclo.

As coletas deverão ser feitas da mesma forma que foram por ocasião

Quadro 1 — Exames, análises e medições a serem feitos na massa líquida

MODALIDADE	TIPO	PERIODICIDADE	PONTOS DE ANÁLISE *									
			A	1	2	3	4	5	E	CORPO RECEPTOR ANTES	① CORPO RECEPTOR DEPOIS	
MEDIÇÕES	VAZÃO	HORÁRIA	X							X		
ANÁLISES FÍSICO/QUÍMICAS	S.SUSP.	DIÁRIA	X	X	X	X	X	X	X	X		
	CO ₂	DIÁRIA	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	TEMPERAT.	HORÁRIA	X	X	X	X	X	X	X	X		
	pH	DIÁRIA	X	X	X	X	X	X	X	X		
	TURBIDEZ	DIÁRIA	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	DBO	DIÁRIA	X	X	X	X	X	X	X	X		
	DQO	DIÁRIA	X	X	X	X	X	X	X	X		
	OD	DIÁRIA	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	NITROGÊNIO ORGÂNICO	EM CADA VARIÇÃO**	X	X	X	X	X	X	X	X		
	NITROGÊNIO AMONÍACAL	EM CADA VARIÇÃO**	X	X	X	X	X	X	X	X		
FÓSFORO TOTAL	EM CADA VARIÇÃO**	X	X	X	X	X	X	X	X			
EXAMES BACTERIOLÓGICOS	COLIFORME TOTAL	1 x CADA VARIÇÃO	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	COLIFORME FECAL	1 x CADA VARIÇÃO	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

① 50m ABAIXO DO LANÇAMENTO.

* - CONFORME FIGURA

** - CONFORME VARIAÇÕES NO EXPERIMENTO.

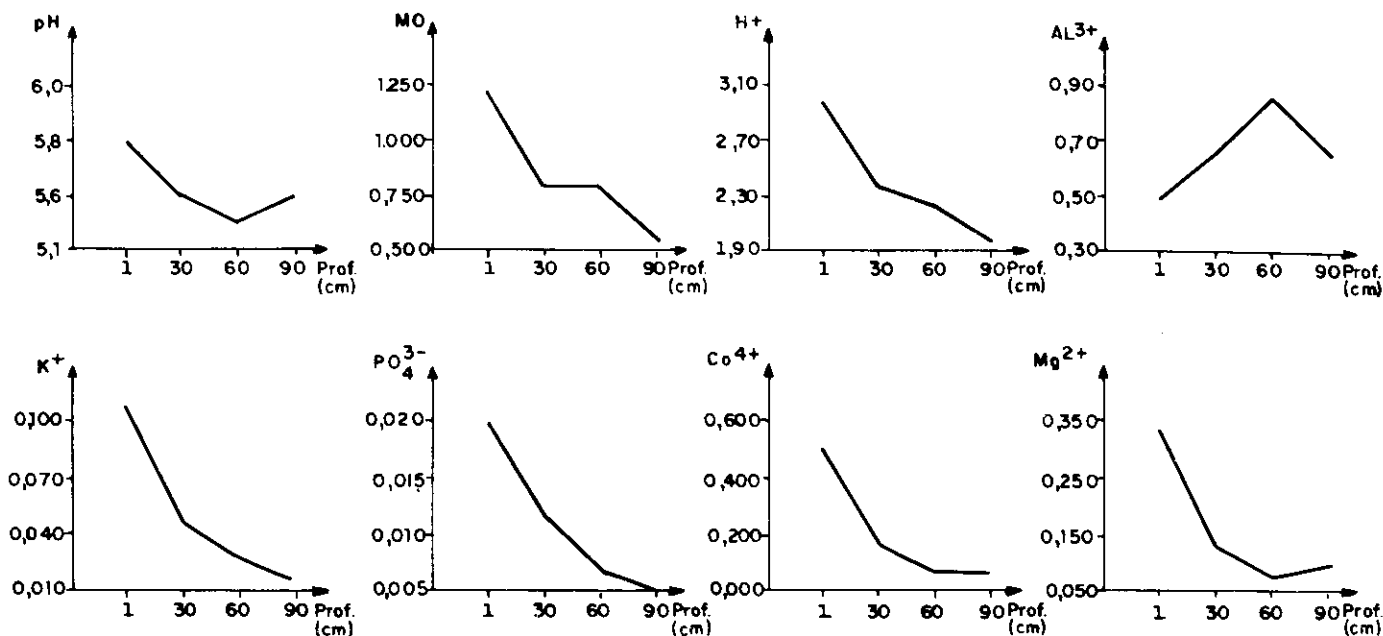


Figura 6 — Exames feitos no solo por ocasião das obras

do início das obras (figura 6) e deverão apresentar os exames de pH, matéria orgânica, hidrogênio+, Alumínio (Al+++), Potássio (K+), Fósforo (PO₄---), Sódio, Cálcio (Ca⁺⁺), Magnésio (Mg⁺⁺), metais pesados, bacteriologia para coliformes e *Escherichia coli* e enterovirus.

c) No vegetal

No vegetal serão necessárias duas campanhas de amostragem, sendo uma em cada final de ciclo de pesquisa.

As amostras a serem feitas deverão apresentar resultados de análise quantitativa de crescimento e comparações entre metabolismos do vegetal de área de tratamento e outro de um canteiro que não receba esgotos.

Deverão também ser feitas as seguintes análises:

c.1) No vegetal vivo: fotossíntese, bacteriológico, parasitológico;

c.2) No vegetal 24 horas após o corte: bacteriológico, parasitológico e enterovirus;

c.3) No vegetal 21 dias após o corte: bacteriológico, parasitológico e enterovirus.

d) Medições complementares

Durante todo o período de um ano em que as pesquisas se desenvolveram diariamente, deverão ser anotadas condições meteorológicas, tais como: temperatura do ar, pressão atmosférica e dados de precipitações.

7 Conclusões

O processo de tratamento de esgotos por escoamento superficial com utilização de gramíneas tem apresentado excelentes resultados sob o ponto de vista de eficiência de remoção da DBOs.

A literatura consultada tem demonstrado que o processo apresenta grande eficiência na redução de sólidos em suspensão, nitrogênio e fósforo. Os ciclos de pesquisa que estamos iniciando poderão comprovar estes dados, através de campanhas de amostragem bem controladas.

Também sob o ponto de vista operacional, a unidade em questão tem apresentado excelentes resultados no que diz respeito à manutenção, que se resume em umas poucas atividades, já que não existe no local qualquer equipamento hidráulico ou eletromecânico.

Desta forma podemos concluir que a experiência de Populina resultou na consolidação técnica de um processo cujas características o qualificam como uma boa alternativa aos já consagrados.

Não é apenas sob o ponto de vista técnico que a experiência deve ser apreciada. Merece destaque o fato de o processo, mesmo baseado em uma tecnologia não convencional, ter sido introduzido na Sabesp "pelas portas da frente". E isto deveu-se a um efetivo apoio dado pela diretoria da

Sabesp e que abriu caminhos para novas investidas.

8 Referências bibliográficas

- 1 — MCPHERSON, James B. — Land Treatment of Wastewater at Werribe Past. Present and Future — International Conference on Developments in Land Methods of Wastewater Treatment and Utilizations: Conference Papers, Melbourne, Victoria, Australia, October 23-27, 1978.
- 2 — SCOTT Terence M. and FULTON Patrick M. — Removal of Pollutants in the Overland Flow (Grass Filtration) System — International Conference on Developments in Land Methods of Wastewater Treatment and Utilizations: Conference Papers, Melbourne, Victoria, Australia, October 23-27, 1978.
- 3 — SMITH, Robert G. and Schoroeder Edward D. — Physical design of Overland Flow Systems — *Journal WPCF*, Volume 55, Number 3, March/1983.
- 4 — SMITH Robert G. — The Overland Flow Process — *Environmental Progress* (vol. 1 — n.º 3) August/1982.
- 5 — MELO José Antonio Sales de — Aplicação de Águas Residuárias no Solo como um método de trabalho, disposição final e reciclagem das águas usadas — IX Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária.
- 6 — NUCCI Nelson L. R., Silva, Rodolfo J. Costa e Araújo, João Luiz Barreiros — Tratamento de Esgotos Municipais por disposição e sua Aplicabilidade no Estado de São Paulo.
- 7 — ASSESSORIA especial para assuntos agrônomicos e de produção animal — Dr. Disney Antonio Gonzalez — Professor Adjunto de Forragicultura e Pastagens da Unesp-Botucatu e Professor Colaborador da USP.