



INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON INTEGRATED APPROACHES  
TO WATER POLLUTION PROBLEMS

SYMPOSIUM INTERNATIONAL SUR DES SOLUTIONS INTÉGRÉES  
POUR DES PROBLÈMES DE POLLUTION DE L'EAU

SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE SOLUÇÕES INTEGRADAS  
PARA PROBLEMAS DE POLUIÇÃO DA ÁGUA

sisippa 89

## TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS DOMÉSTICAS POR LAGUNAGEM - CINÉTICA DE MORTE DE INDICADORES BIOLÓGICOS DE POLUIÇÃO FECAL

### DOMESTIC WASTEWATER TREATMENT BY LAGOONING - KINETICS OF BIOLOGICAL INDICATORS'S DEATH

Maria Jenny do NASCIMENTO <sup>(1)</sup> ; José Filipe dos Santos OLIVEIRA <sup>(2)</sup>

#### RESUMO

Este trabalho visou o estudo da evolução, no Sistema de Lagoas de Estabilização de Frielas, de alguns indicadores clássicos de poluição fecal (Coliformes fecais e Streptococci fecais) e também das bactérias patogénicas Pseudomonas aeruginosa e Clostridium perfringens, que fazem parte de um grupo denominado, por alguns autores, "Novos Indicadores". Para complementar estes dados, fez-se a determinação dos Heterotróficos totais.

Estudou-se a correlação entre taxas de remoção e procedeu-se à comparação das correlações que, para cada par de microrganismos se obtinham em quatro pontos de amostragem (Água Residual Bruta, Efluente de A1, Efluente de F1 e Efluente de M1).

Ao proceder-se ao estudo da influência de certos factores climáticos (Radiação solar, Temperatura ambiente e Precipitação) nos rendimentos de remoção dos microrganismos analisados, constatou-se que na remoção de patogénicos, os factores climáticos estudados, isolados ou em simultâneo, desempenham papel importante na cinética de remoção.

**Palavras Chave :** Lagoas de estabilização, Indicadores de poluição fecal, Novos indicadores

#### ABSTRACT

The purpose of this work was the study of removal in Waste Stabilization Ponds of Frielas, of some classic indicators of faecal pollution (Faecal Coliforms and Faecal Streptococci) and also of the pathogenic bacteria Pseudomonas aeruginosa and Clostridium perfringens belonging to a group named by some authors "New Indicators". To complete these informations the enumeration of the Total Heterotrophic microorganisms was also made.

The correlation among removals was analyzed and was made a comparison between the correlations that were obtained in four different points of sampling (Raw Sewage, Effluent of A1, Effluent of F1 and Effluent of M1).

Studying the influence of some climatic factors (Solar Radiation, Temperature and Rain) in yield of removal of microorganisms analyzed, we verify that pathogenic removal was done not only by sedimentation but the climatic factors studied, alone or simultaneously act as, an important part on kinetic of the removal in these ponds.

**Key Words :** Waste stabilization ponds, Indicators of faecal pollution, New indicators

<sup>(1)</sup> Professora Auxiliar Convidada da FCT / UNL, Técnica Superior da D.G.Q.A.

<sup>(2)</sup> Professor Catedrático da FCT / UNL

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1 Descrição da Instalação Experimental

A instalação experimental, onde decorreram os ensaios descritos, é constituída por nove lagoas, sendo duas anaeróbias, três facultativas (uma das quais primária) e quatro de maturação, as quais integram, de acordo com o diagrama de circuitos, os seguintes dois tipos de associações de lagoas:

- uma linha designada por "clássica", integrando, em série, uma lagoa anaeróbia (A1), uma lagoa facultativa (F1) e uma lagoa de maturação (M1).
- uma linha dita "francesa", formada por uma lagoa facultativa (FC1) e duas lagoas de maturação (FC2 e FC3), dispostas em série.

As três restantes lagoas (uma anaeróbia, uma facultativa e outra de maturação), que constituem, para fins comparativos, um complemento das da linha clássica, dispõem-se do seguinte modo: as lagoas facultativa (F2) e de maturação (M2), em paralelo relativamente à correspondente lagoa da linha clássica, enquanto que a lagoa anaeróbia (A2) ocupa uma posição isolada.

A disposição das lagoas da instalação experimental, a engloba ainda:

- . uma estação de bombagem de elevação da água residual bruta, para a zona das lagoas, equipada com dois grupos moto bomba submersíveis;
- . uma central de distribuição, por bombagem, da água residual bruta afluyente pelas lagoas "cabeças de série" (lagoas A1, A2, e FC1), equipada com dois grupos moto-bomba de membrana e um grupo peristáltico;
- . um poço de bombagem, de elevação de água residual, efluente da lagoa F1, para as lagoas M1 e M2, equipado com um grupo moto-bomba submersível;
- . dispositivos para colheita de amostras e para medição e repartição de caudais, os últimos dos quais são constituídos por descarregadores triangulares, dimensionados para distribuir o caudal e efluente da lagoa A1 pelas lagoas F1 e F2, na proporção de, respectivamente, 40 e 60% e para a distribuição equitativa do caudal efluente da lagoa F1, pelas lagoas M1 e M2;
- . uma estação meteorológica de apoio, constituída por um pequeno abrigo, contendo um termohigrógrafo, um evaporímetro de "Piche", termómetros de máxima e de mínima, seco e molhado, e ainda, no exterior, um anemógrafo, um anemómetro e um udómetro;
- . quadros eléctricos e de comando dos diversos grupos elevatórios, e
- . um edifício de exploração.

Em todas as lagoas, a entrada do afluyente é feita acima do nível da superfície livre do líquido, a cerca de 0,35 m, estando a tomada de saída colocada a 0,35m abaixo do nível do líquido, em planta, diametralmente opostas. Nas lagoas "cabeças de série", o dispositivo de entrada inclui um deflector, para retenção de substâncias flutuantes.

Cada lagoa dispõe, ainda, de um segundo nível de funcionamento colocado 0,10 m acima do nível mínimo da superfície livre, e de um descarregador de superfície, 0,20 m acima do referido nível mínimo.

As tubagens de entrada, de saída e de comunicação entre lagoas tem um diâmetro de 110 mm, e são em PVC.

A afluência da água residual bruta à instalação teve a duração de 12 horas diárias, das 8h30m às 20h 30m.

A instalação experimental entrou em funcionamento, pela primeira vez, em 24 de Agosto de 1983, mas foi seriamente danificada pelas inundações, que em, 19 de Novembro do mesmo ano, atingiram a Várzea de Loures, pelo que teve de ser encerrada. Após conclusão dos trabalhos de recuperação, reiniciou-se o seu funcionamento a 4 de Julho de 1984. Funcionou, normalmente, até finais de Junho de 1988, altura em que uma avaria simultânea de três bombas a tornou inoperante.

## 1.2 Objectivo

O presente trabalho visa o estudo da evolução, no sistema de lagoas de estabilização em Frielas, de alguns indicadores clássicos de poluição fecal (Coliformes fecais, *Streptococci* fecais) e, ainda, das bactérias patogénicas *Clostridium perfringens* e *Pseudomonas aeruginosa*, que fazem parte de um grupo denominado "Novos Indicadores". Para complementação do trabalho fez-se também a determinação dos Heterotróficos Totais, que se destinam a detectar a presença de matéria orgânica facilmente degradável na água.

## 1.3 Amostragem

A instalação experimental entrou em funcionamento, pela segunda vez, em 4 de Junho de 1984, tendo ficado concluído o enchimento das lagoas em finais do mês. De Junho a Setembro decorreu um período de aclimação, após o que se deu início ao programa de amostragem, que se estendeu até 9 de Outubro de 1985.

O período de amostragem, para o primeiro ano do nosso trabalho, foi de 3/9/1984 a 7/10/1985.

Em virtude de reestruturações internas nos Serviços, que atrasaram o trabalho, o segundo período, decorreu entre 4/11/1986 a 29/6/1987, altura em que avariaram, simultaneamente, três bombas na instalação experimental, o que a tornou inoperante.

A frequência de colheitas foi, de início, semanal, passando, a partir de Janeiro de 1985, a quinzenal, até ao fim do primeiro ano.

No segundo ano de trabalho passaram a fazer-se três colheitas mensais, à excepção do mês de Dezembro de 1986, em que, por falta de disponibilidade de meios humanos, se efectuou apenas uma colheita.

A água residual foi colhida em frascos de vidro esterilizados, de cerca de 1000 ml, cheios até 2/3. O seu transporte até ao laboratório (tão rápido quanto possível) foi efectuado em caixas isotérmicas, refrigeradas. As análises foram iniciadas nas quatro horas seguintes à sua colheita, sendo, durante esse período, mantidas em frigorífico, a +4°C.

Devido a carência de meios, materiais e humanos, não nos foi possível estudar todas as lagoas que constituem a instalação experimental. Escolheu-se para o estudo, a chamada "linha clássica", por haver interesse no estudo da remoção de patogénicos, quando se verifica a inclusão de uma lagoa anaeróbia, associada, em série, a uma facultativa e a uma de maturação, constituindo uma linha completa de tratamento (A1, F1 e M1).

Os pontos de colheita referentes à "linha clássica" foram os seguintes:

- 1 - água residual bruta
- 2 - efluente da lagoa A1
- 3 - efluente da lagoa F1
- 4 - efluente da lagoa M1

## 2. RESULTADOS EXPERIMENTAIS

### 2.1 Variação Mensal

Resumem-se nos gráficos seguintes a evolução ao longo do período experimental, dos cinco parâmetros bacteriológicos usados como Indicadores neste trabalho : Coliformes Fecais, *Streptococci* Fecais, Heterotróficos Totais, *Pseudomonas aeruginosa* e *Clostridium perfringens*

Os rendimentos de remoção em relação à linha clássica referentes aos períodos 84/85 e 86/87 constam dos quadros 1 a 6.

### 2.2 Correlação Entre Taxas de Remoção

Pretendeu-se verificar se existia alguma correlação entre a remoção dos dois indicadores clássicos Coliformes fecais e *Streptococci* fecais e a dos dois "novos indicadores": *Pseudomonas aeruginosa* e *Clostridium perfringens*. Esta análise incidiu apenas na linha clássica, constituída pelos pontos de amostragem: 1 - Agua Residual Bruta, 2 - Efluente da Lagoa A1, 3 - Efluente da Lagoa F1 e 4 - Efluente da Lagoa M1.

Consideraram-se os seguintes pares de organismos :

CF - Coliformes Fecais  
Cp - *Cl. perfringens*

Pa - *Ps. aeruginosa*  
SF - *Streptococci Fecais*

Para cada par determinou-se :

r - coeficiente de correlação estimado;  
t - estatística do teste "t" para a hipótese de ausência de correlação;

bem como o resultado da transformação de Fisher, dada por

$$z = 1/2 \log (1 + r)/(1 - r)$$

Concluiu-se (Nascimento, Mexia e Oliveira, 1988) que :

a) Para o par CF/SF apresenta uma correlação positiva significativa ( $p \leq 0,1$ ), no efluente da lagoa facultativa;

b) Também nos efluentes da lagoa facultativa se obtém correlação positiva significativa ( $p \leq 1\%$ ) para os pares CF/Pa e CF/Cp;

c) Para o par SF/Pa encontra-se uma correlação negativa significativa ( $p \leq 5\%$ ), nos efluentes das lagoas anaeróbia e da lagoa de maturação, havendo uma correlação positiva significativa ( $p \leq 0,1\%$ ), no efluente da lagoa facultativa;

d) Para o par SF/Cp encontra-se uma correlação significativa positiva ( $p \leq 5\%$ ), no efluente da lagoa facultativa;

e) Para o par Pa/Cp encontram-se correlações significativas nos efluentes das lagoas anaeróbia e de maturação ( $p \leq 5\%$ ).

### 2.3 Factores Climáticos Considerados

Os factores climáticos que se admitiu poderem ter maior influência na remoção dos patogénicos, ao longo do sistema de tratamento, foram: a radiação solar, a temperatura ambiente e a precipitação atmosférica.

Para o estabelecimento das correlações entre os factores climáticos referidos e as taxas de remoção dos patogénicos, nas diferentes lagoas, foram considerados os valores médios, mensais, respeitantes a cada um daqueles parâmetros climáticos.

Os dados da radiação solar correspondem a valores médios mensais registados para a região de Lisboa, num período de dez anos (1965-1974), extraídos do trabalho "Radiação Solar em Portugal" da autoria de Maria João Petronilo de Carvalho (1983).

Para a temperatura ambiente e a precipitação foram determinados os valores médios mensais, a partir dos registos diários efectuados num posto meteorológico existente na instalação experimental de lagunagem.

### 3. CONCLUSÕES

1. As concentrações médias mensais dos microrganismos, enumerados ao longo do período experimental e nos vários pontos de amostragem, foram muito variáveis, e, de uma maneira geral, não sofreram grande variação sazonal.

A água residual bruta manteve concentrações sensivelmente constantes, durante os dois períodos de amostragem, donde se poderá concluir que, aparentemente, não se alterou significativamente a carga afluente, na zona servida pela Estação de Tratamento de Frielas.

As concentrações dos efluentes das lagoas anaeróbias diferem pouco, em relação à água residual bruta.

Parecem ser os Coliformes e os *Streptococci* os organismos mais sujeitos a variações sazonais de entre os parâmetros estudados. Contudo, no primeiro período de amostragem, as variações das concentrações foram mais acentuadas que no segundo período, no que se refere aos quatro primeiros pontos de colheita.

2. Podemos sumarizar, as conclusões, quanto à variação sazonal, no que se refere ao primeiro período de amostragem, 1984/85, do seguinte modo:

1º — A variação das percentagens de remoção nos quatro trimestres foram sempre menores na Lagoa A1, do que nas outras duas lagoas.

2º — Na Lagoa F1, os parâmetros estudados, com excepção dos Heterotróficos Totais, apresentam remoções elevadas nos trimestres de Primavera e Verão. As menores remoções ocorreram no Outono.

3º — A Lagoa M1 apresentou remoções iguais, para Coliformes fecais e *Streptococci* fecais, no Inverno, Primavera e Verão. Nas mesmas estações os Heterotróficos totais apresentaram aumento de concentração efectivas. A *Ps. aeruginosa*, no Inverno e Primavera, apresentou pequeno aumento de remoção e no Verão decresceu a remoção (mas de um valor pequeno).

O *Cl. perfringens* apresentou variação marcadamente sazonal, claramente diferente da dos outros parâmetros incluídos neste estudo. Diminuiu a remoção no Inverno, em relação ao Outono, e houve aumento de remoção na Primavera e Verão, embora a diferença do trimestre 3 para o 4 seja muito pequena.

Para o segundo período de amostragem, 1986/87, os dados permitiram concluir o seguinte:

1º — É válida a conclusão nº 1 do primeiro período de amostragem, quanto à Lagoa A1.

2º — A Lagoa F1 apresentou no Inverno percentagens de remoção inferiores para todos os parâmetros estudados, sendo as remoções mais elevadas registadas na Primavera. A variação está nitidamente correlacionada com o aumento da radiação solar e da temperatura.

3º — Na Lagoa M1, as remoções dos parâmetros estudados foram menores no Inverno (trimestre 1). Na Primavera aumentaram todas as percentagens de remoção registadas, excepto para o *Cl. perfringens*, cuja remoção percentual foi praticamente igual à do Inverno (trimestre 2) e inferior à do Outono (trimestre 1).

3. No que concerne aos rendimentos de Remoção de Microrganismos, no primeiro período de amostragem 1984/85, podemos concluir que os rendimentos de remoção mais elevados foram operados pela Lagoa F1, para todos os parâmetros bacteriológicos, com excepção dos Heterotróficos totais, que apenas apresentaram remoções elevadas em três meses (Março, Abril e Maio), tendo, nos restantes meses, ocorrido bioformação, com multiplicação celular. Seguiu-se a Lagoa M1 em que, embora elevados, os rendimentos foram inferiores aos da Lagoa F1 e, por fim, temos a Lagoa A1, com remoções menores. Portanto, numa ordem decrescente de rendimentos de remoção, teremos Lagoa F1, Lagoa M1 e Lagoa A1, respectivamente.

Para o sistema constituído pelas Lagoas A1F1M1, os rendimentos foram elevados, para todos os parâmetros, dispondo-se por ordem decrescente do seguinte modo: Coliformes fecais, *Streptococci* fecais, *Ps. aeruginosa*, *Cl. perfringens* e, por fim, os Heterotróficos totais.

Para o segundo período de amostragem, 1986/87, os rendimentos de remoção foram menores do que os verificados nas mesmas lagoas, no primeiro período de amostragem. Isto deve-se, provavelmente, ao facto de se ter aumentado o caudal, havendo, portanto, menores tempos de retenção.

4. Ao estudar-se a influência de certos factores climáticos, nos rendimentos de remoção dos microrganismos analisados, chegamos a conclusões que consideramos importante. Constatou-se assim que a remoção de patogénicos, nas lagoas anaeróbias, não se faz apenas por adsorção destes a partículas orgânicas em suspensão e sua ulterior sedimentação, mas que os factores climáticos (tais como, a Radiação solar, a Temperatura ambiente e a Precipitação, isoladamente ou em simultâneo), desempenham papel importante na cinética de remoção nestas lagoas.

A obtenção de elevado número de correlações significativas, quer através de regressões lineares simples, quer de regressões múltiplas, nas lagoas facultativas, entre os factores climáticos estudados e os rendimentos de remoção, permite concluir do papel importante que os factores climáticos desempenham na cinética de remoção nas lagoas facultativas.

Ao nível das lagoas de maturação parece que os factores climáticos estudados não desempenham o mesmo papel relevante, na remoção dos microrganismos.

5. O estudo da comparação de correlações de remoção, aponta para a não existência de redundância na informação recolhida, ao adoptar-se o trabalhar com quatro microrganismos (Coliformes fecais, *Streptococci* fecais, *Ps. aeruginosa* e *Cl. perfringens*), em quatro pontos de amostragem (Água Residual Bruta, Efluente da Lagoa A1, Efluente da Lagoa F1 e Efluente da Lagoa M1), em vez dos dois indicadores tradicionais. Será de recomendar a utilização dos quatro microrganismos estudados, sempre que possível, pela maior sensibilidade das informações assim obtidas.

## BIBLIOGRAFIA

- NASCIMENTO, M. J., e GOMES de SOUSA, J. M., (1985). "Tratamento de Águas Residuais por Lagoas de Estabilização. Apresentação e Interpretação dos Resultados Experimentais da Instalação de Frielas". Encontro Técnico D. G. S. B., Lisboa
- OLIVEIRA, J. S., NASCIMENTO, M. J., SOUSA, J. M. G., (1985). "Sistemas de Lagunagem no Tratamento de Efluentes Domésticos e Industriais em Zonas Litorais". II Jornadas Técnicas da APRH, Estoril.

- NASCIMENTO, M. J., MEXIA, J. T., OLIVEIRA, J. F., (1988). "Estudo Correlacional da Remoção de Indicadores Bacterianos de Contaminação Fecal num Sistema de Lagoas de Estabilização, Frielas -Portugal". III Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Braga.

- NASCIMENTO, M. J. (1988). "Lagoas de Estabilização em Portugal - Cinética de Remoção de Patogénicos". Dissertação de Doutoramento, Univ. Nova de Lisboa.

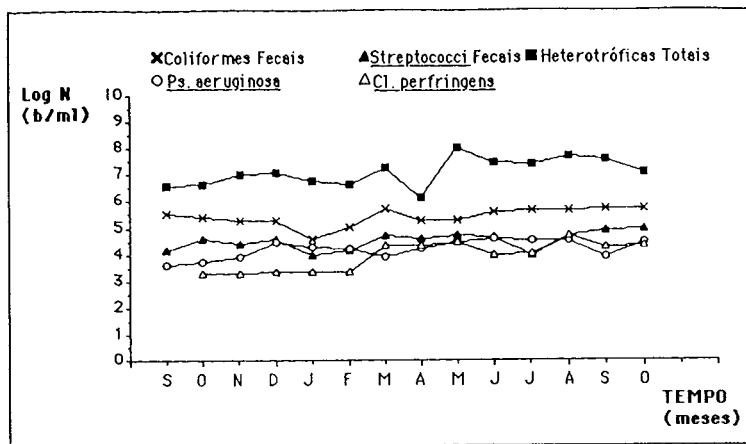


Gráfico 1. Variação média mensal dos cinco parâmetros bacteriológicos na Água Residual Bruta em 1984/85.

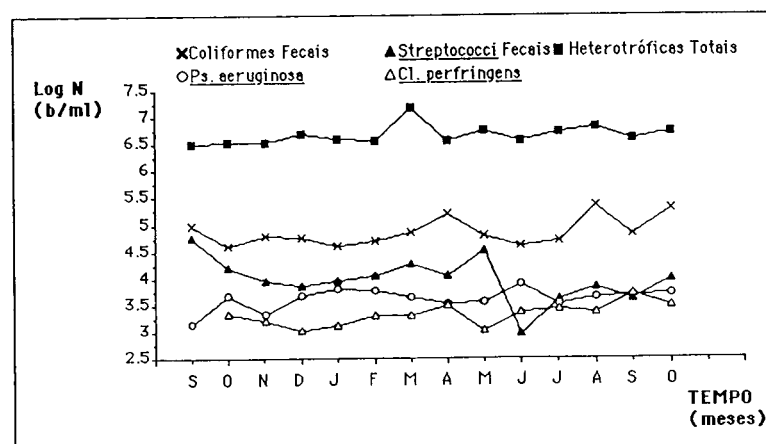


Gráfico 2. Variação média mensal dos cinco parâmetros bacteriológicos no efluente da Lagoa A1 em 1984/85

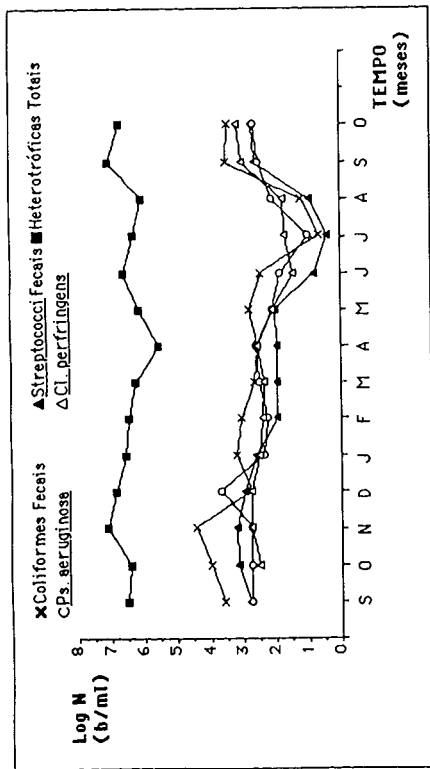


Gráfico 3. Variação média mensal dos cinco parâmetros bacteriológicos no efluente da Lagoa FI em 1984/85

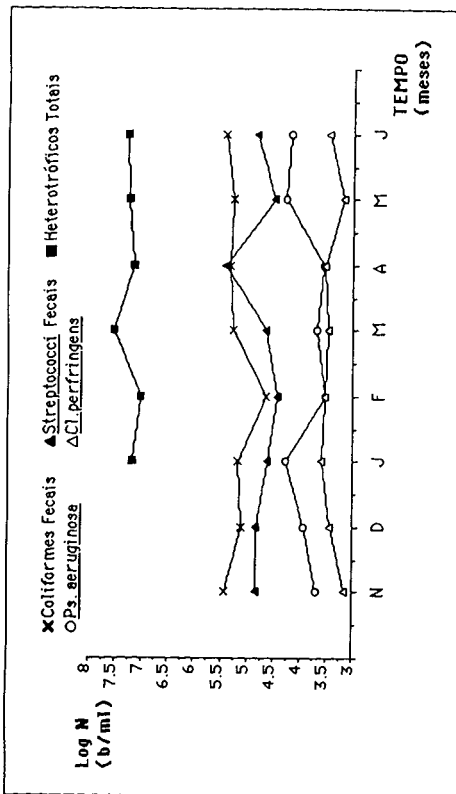


Gráfico 5. Variação média mensal dos cinco parâmetros na Água Residual Bruta em 1986/87

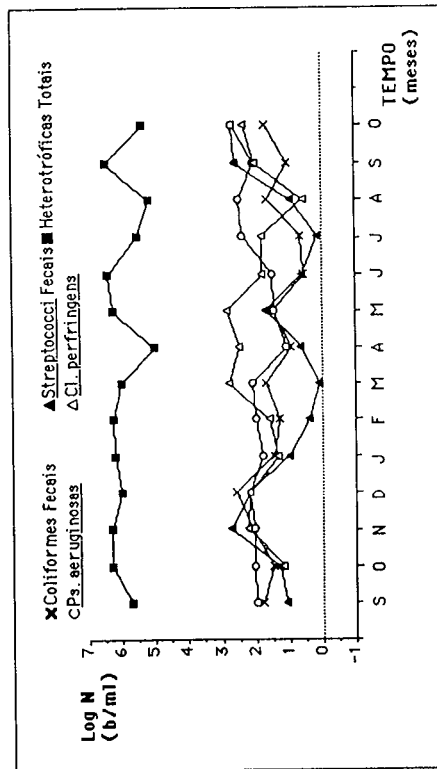


Gráfico 4. Variação média mensal dos cinco parâmetros bacteriológicos no efluente da Lagoa M1 em 1984/85

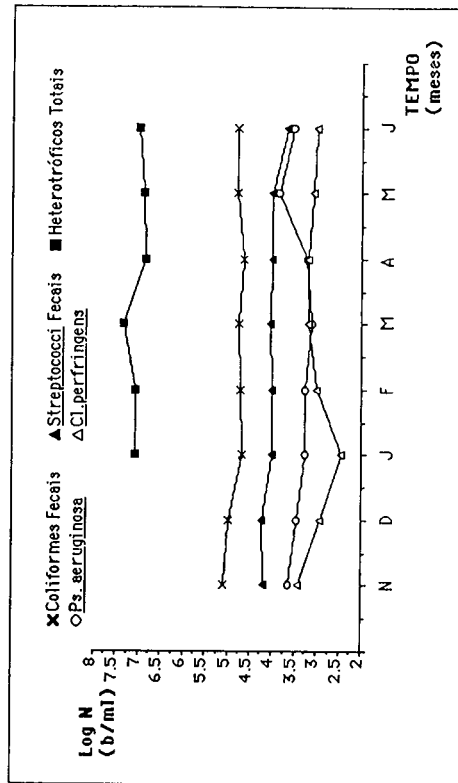


Gráfico 6. Variação média mensal dos cinco parâmetros no efluente da Lagoa A1 em 1986/87



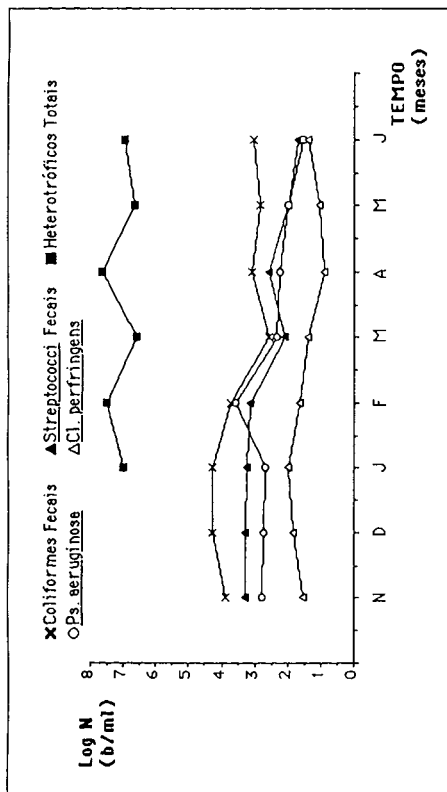


Gráfico 7. Variação média mensal dos cinco parâmetros no efluente da Lagoa F1 em 1986/87

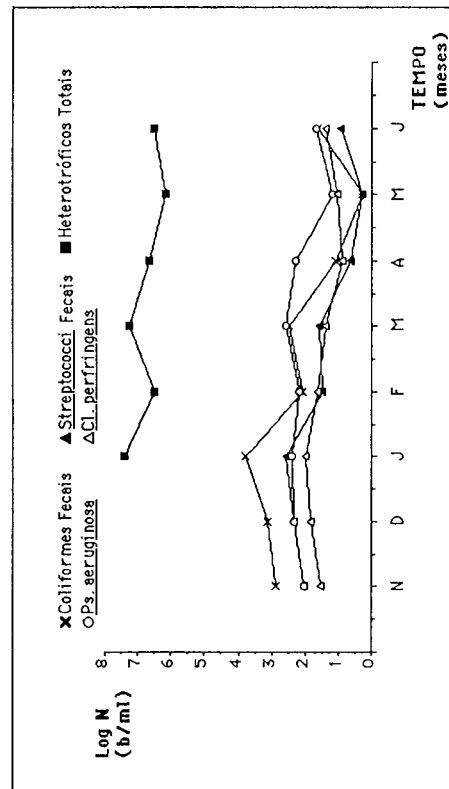


Gráfico 8. Variação média mensal dos cinco parâmetros no efluente da Lagoa M1 em 1986/87

Meses	Coliformes Fecais	Streptococci Fecais	Heterotróficos Totais	Pseudomonas aeruginosa (presuntivas)	Clostridium perfringens
9/84	0,75000	0,61333	0,15789	0,66667	-
10/84	0,84166	0,60976	-	-	-
11/84	0,78667	0,62917	0,56250	0,55172	0,20000
12/84	0,65294	0,81707	0,58333	0,83214	0
1/85	0,07143	0,10000	0,32759	0,64444	0,35000
2/85	0,55454	0,57692	-	0,68333	-
3/85	0,83778	0,62745	0,15789	-	0,35000
4/85	0,15789	0,73171	-1,57143	0,62353	-
5/85	0,69500	0,74468	0,93889	0,77500	0,46154
6/85	0,89750	0,97837	0,87586	0,80952	0,76000
7/85	0,88139	0,95333	0,78400	0,40000	0,76364
8/85	0,48888	0,86792	0,86531	0,86857	0,95660
9/85	0,86862	0,94881	0,89474	0,71084	0,86842
10/85	0,60000	0,90000	0,58462	0,82069	0,85714

Quadro 1. Valores médios mensais do rendimento de remoção dos cinco parâmetros no efluente da Lagoa A1 em 1984/85

Mes	Coliformes Fecais	Streptococci Fecais	Heterotróficos Totais	Pseudomonas aeruginosa (presuntivas)	Clostridium perfringens
9/84	0,95375	0,98966	-0,03125	0,96143	-
10/84	0,73684	0,18750	-	-	-
11/84	0,92188	0,83146	-2,71428	0,80385	0,66875
12/84	0,91186	0,88000	-0,46000	0,85106	0,80869
1/85	0,96410	0,95778	0,43589	0,96719	0,77692
2/85	0,97755	0,99182	-	0,97193	-
3/85	0,99452	0,99563	0,88750	-	0,77692
4/85	0,99781	0,99236	0,89167	0,98813	-
5/85	0,99066	0,99417	0,74545	0,96944	0,91428
6/85	0,99317	0,99301	-0,08333	0,99125	0,98833
7/85	0,99098	0,99428	0,61111	0,99905	0,98192
8/85	0,99993	0,99872	0,81818	0,97174	0,97522
9/85	0,98059	0,91627	-2,00000	0,87500	0,68000
10/85	0,98700	0,95000	0,07407	0,92308	0,53333

Quadro 2. Valores médios mensais do rendimento de remoção dos cinco parâmetros no efluente da Lagoa F1 em 1984/85

Meses	η Coliformes		η Streptococci		η Heterotróficos		η Pseudomonas aeruginosa (presuntivas)		η Clostridium p. <i>perfringens</i>
	Fecais	Fecais	Fecais	Fecais	Totais	Totais	(presuntivas)		
9/84	0,98378	0,95000	0,84848	0,81481	-	-	-	-	
10/84	0,99700	0,99823	-	-	0,67924	-	-	-	
11/84	0,97200	0,62667	0,89231	0,78431	0,45454	-	-	-	
12/84	0,92692	0,82222	0,86301	0,77143	0,92759	-	-	-	
1/85	0,98143	0,97368	0,311818	0,90476	-	-	-	-	
2/85	0,98182	0,97222	-	0,50000	-	-	-	-	
3/85	0,88250	0,84337	0,45556	-	-	-	-	-	
4/85	0,97714	0,94881	0,61538	0,65789	-	-	-	-	
5/85	0,94561	0,93143	-	0,74545	0,63333	-	-	-	
6/85	0,98821	0,90769	0,42857	0,57143	-	-	-	-	
7/85	0,08696	-	0,83809	-	-	-	-	-	
8/85	-	1,75000	0,88333	-	-	-	-	-	
9/85	0,99307	0,93056	0,77500	-	-	-	-	-	
10/85	0,98192	0,99042	0,52000	-	-	-	-	-	

Quadro 3 Valores médios mensais do rendimento de remoção dos cinco parâmetros no efluente da Lagoa M1 em 1984/85

Meses	η Coliformes		η Streptococci		η Heterotróficos		η Pseudomonas aeruginosa (presuntivas)		η Clostridium <i>perfringens</i>
	Fecais	Fecais	Fecais	Fecais	Totais	Totais	(presuntivas)		
11/86	0,53846	0,76812	- (a)	0,08163	-	-	-	-	
12/86	0,23077	0,75000	- (a)	0,67059	0,67059	-	-	-	
1/87	0,68000	0,65000	0,25000	0,90000	0,90000	-	-	-	
2/87	-	3,25000	-	0,62963	-	-	-	-	
3/87	0,71053	0,76087	0,35294	0,72917	0,67742	-	-	-	
4/87	0,80000	0,96296	0,41667	0,54054	0,48276	-	-	-	
5/87	0,64444	0,82456	0,55556	0,61111	0,65714	-	-	-	
6/87	0,76296	0,93134	0,50000	0,78000	0,25000	-	-	-	

Quadro 4 Valores médios mensais do rendimento de remoção dos cinco parâmetros no efluente da Lagoa A1 em 1986/87

Meses	η Coliformes		η Streptococci		η Heterotróficos		η Pseudomonas aeruginosa (presuntivas)		η Clostridium <i>perfringens</i>
	Fecais	Fecais	Fecais	Fecais	Totais	Totais	(presuntivas)		
11/86	0,99333	0,88750	- (a)	0,86667	-	-	-	-	
12/86	0,23077	0,88235	- (a)	0,80357	-	-	-	-	
1/87	0,68000	0,87857	0,16667	0,74737	0,16667	-	-	-	
2/87	0,03704	0,87000	-	0,42105	-	-	-	-	
3/87	0,99309	0,98909	0,81818	0,83846	0,81818	-	-	-	
4/87	0,97273	0,96300	-	0,89412	-	-	-	-	
5/87	0,99891	0,99000	0,43750	0,98571	-	-	-	-	
6/87	0,98281	0,98978	0,10000	0,99000	-	-	-	-	

Quadro 5 Valores médios mensais do rendimento de remoção dos cinco parâmetros no efluente da Lagoa F1 em 1986/87

Meses	η Coliformes		η Streptococci		η Heterotróficos		η Pseudomonas aeruginosa (presuntivas)		η Clostridium <i>perfringens</i>
	Fecais	Fecais	Fecais	Fecais	Totais	Totais	(presuntivas)		
11/86	0,90000	0,93889	- (a)	0,81667	-	-	-	-	
12/86	0,92778	0,89500	- (a)	0,60000	-	-	-	-	
1/87	0,70526	0,77059	-	0,47917	-	-	-	-	
2/87	0,99750	0,97692	0,89375	-	-	-	-	-	
3/87	0,23684	0,66667	0,57500	-	-	-	-	-	
4/87	0,99000	0,98865	0,89535	-	-	-	-	-	
5/87	0,99714	0,98000	0,68889	0,84000	-	-	-	-	
6/87	0,96091	0,80851	0,63333	-	-	-	-	-	

Quadro 6 Valores médios mensais do rendimento de remoção dos cinco parâmetros no efluente da Lagoa M1 em 1986/87

(a) Não foram efectuadas determinações por falta de equipamento

Y	X	n	Função	Equação Calculada	R	F	P
η Coliformes Fecais	Rad. solar	—	—	—	—	—	—
	Temperatura	—	—	—	—	—	—
η Streptococci Fecais	Rad. solar	—	—	—	—	—	—
	Temperatura	22	Sigmoide	$Y = 1/(1 + 881.538 X^{-3.011})$	0,691	23	0,05
η Pseudomonas aeruginosa	Rad. solar	—	—	—	—	—	—
	Temperatura	—	—	—	—	—	—
η Clostridium perfringens	Rad. solar	20	Hiperbólica	$Y = 0.457 X/(0.241 + X)$	0,999	14	0,01
	Temperatura	—	—	—	—	—	—
η Heterotróficos Totais	Rad. solar	16	Hiperbólica	$Y = 0.492 X/(0.199 + X)$	0,787	8	0,05
	Temperatura	—	—	—	—	—	—
Totais	Rad. solar	16	Hiperbólica	$Y = 0.316X/(-0.197 + X)$	0,941	13	0,01
	Precipitação	—	—	—	—	—	—

Quadro 7. Funções com maior significado estatístico na definição da correlação linear simples existente entre os fatores climáticos (Radiação Solar, Temperatura Ambiente e Precipitação) e as taxas de remoção dos cinco parâmetros no efluente da Lagoa A1 nos dois períodos de amostragem

Y	X	n	Função	Equação Calculada	R	F	P
η Coliformes Fecais	Rad. solar	—	—	—	—	—	—
	Temperatura	—	—	—	—	—	—
η Streptococci Fecais	Rad. solar	22	Exponencial de saturação	$Y = 0.677 (1 - \exp(-0.005X))$	0,710	15	0,05
	Temperatura	—	—	—	—	—	—
η Pseudomonas aeruginosa	Precipitação	22	Hiperbólica	$Y = 0.928 X/(0.452 + X)$	0,812	16	0,01
	Rad. solar	20	Hiperbólica	$Y = 1.209 X/(0.45460 + X)$	0,808	11	0,01
η Clostridium perfringens	Temperatura	20	Hiperbólica	$Y = 1.295 X/(0.225 + X)$	0,766	10	0,01
	Precipitação	20	Hiperbólica	$Y = 0.662 X/(-0.333 + X)$	0,899	18	0,01
η Heterotróficos Totais	Rad. solar	18	Exponencial de saturação	$Y = 1.076 (1 - \exp(-0.004X))$	0,772	14	0,01
	Temperatura	—	—	—	—	—	—
Totais	Precipitação	18	Hiperbólica	$Y = 0.745 X/(-0.108 + X)$	0,995	16	0,01
	Rad. solar	—	—	—	—	—	—
Totais	Temperatura	—	—	—	—	—	—
	Precipitação	—	—	—	—	—	—

Quadro 8. Funções com maior significado estatístico na definição da correlação linear simples existente entre os fatores climáticos (Radiação Solar, Temperatura Ambiente e Precipitação) e as taxas de remoção dos cinco parâmetros no efluente da lagoa F1 nos dois períodos de amostragem

Y	X	n	Função	Equação Calculada	R	F	P
η Coliformes Fecais	Rad. solar	—	—	—	—	—	—
	Temperatura	—	—	—	—	—	—
η Streptococci Fecais	Rad. solar	21	Hiperbólica	$Y = 0.953X/(0.344 + X)$	0,903	16	0,01
	Temperatura	21	Hiperbólica	$Y = 0.611X/(-3.763 + X)$	0,703	6	0,05
η Pseudomonas aeruginosa	Rad. solar	21	Hiperbólica	$Y = 0.904X/(0.085 + X)$	0,977	19	0,01
	Temperatura	—	—	—	—	—	—
η Clostridium perfringens	Precipitação	12	Hiperbólica	$Y = 0.568X/(-0.370 + X)$	0,940	10	0,01
	Rad. solar	—	—	—	—	—	—
η Heterotróficos Totais	Temperatura	13	Hiperbólica	$Y = 0.733X/(0.295 + X)$	0,904	6	0,05
	Precipitação	—	—	—	—	—	—
Totais	Rad. solar	16	Hiperbólica	$Y = 0.603X/(0.011 + X)$	0,849	9	0,01
	Precipitação	—	—	—	—	—	—

Quadro 9. Funções com maior significado estatístico na definição da correlação linear simples existente entre os fatores climáticos (Radiação Solar, Temperatura Ambiente e Precipitação) e as taxas de remoção dos cinco parâmetros no efluente da lagoa M1 nos dois períodos de amostragem

Y	X	n	Função	Equação Calculada	R	F	P
η Coliformes Fecais	Rad. solar	22	F. máximo	$Y = 0.005 X \exp(-0.002X)$	0,991	21	0,01
	Temperatura	22	F. máximo	$Y = 0.183 X \exp(-0.065X)$	0,991	21	0,01
η Streptococci Fecais	Precipitação	22	Hiperbólica	$Y = 0.990 X/(-0.009 + X)$	0,999	19	0,01
	Rad. solar	22	F. máximo	$Y = 0.005 X \exp(-0.002X)$	0,991	20	0,01
η Pseudomonas aeruginosa	Temperatura	22	F. máximo	$Y = 0.184 X \exp(-0.065)$	0,990	19	0,01
	Precipitação	22	Hiperbólica	$Y = 0.996 X/(0.0002 + X)$	0,999	19	0,01
η Clostridium perfringens	Rad. solar	—	—	—	—	—	—
	Precipitação	20	Hiperbólica	$Y = 0.810 X/(-0.238 + X)$	0,944	17	0,01
η Heterotróficos Totais	Rad. solar	18	Hiperbólica	$Y = 0.837X/(-0.170 + X)$	0,956	15	0,01
	Temperatura	17	Polinomial	$Y = 585.963 X(-0.914)$	0,877	72	0,01
Totais	Rad. solar	17	Hiperbólica	$Y = 1.214 X/(0.332 + X)$	0,747	6	0,05
	Precipitação	17	Hiperbólica	$Y = 0.740 X/(-0.033 + X)$	0,988	12	0,01

Quadro 10. Funções com maior significado estatístico na definição da correlação linear simples existente entre os fatores climáticos (Radiação Solar, Temperatura Ambiente e Precipitação) e as taxas de remoção dos cinco parâmetros no sistema de lagoas A1F1M1, nos dois períodos de amostragem