



## II-402 – ESTUDO DA CONCENTRAÇÃO DE NITROGÊNIO E FÓSFORO EM EFLUENTE DE LAGOA ANAERÓBIA VISANDO O USO NA AGRICULTURA.

### **Daniele Tonon<sup>(1)</sup>**

Química com atribuições tecnológicas pela Universidade Estadual Paulista – UNESP. Mestre em Engenharia Civil – Departamento Saneamento e Ambiente - pela Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP. Doutoranda em Engenharia Civil na FEC- UNICAMP pelo departamento de Saneamento e Ambiente.

### **Bruno Coraucci Filho**

Professor Titular da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo – FEC/UNICAMP Departamento de Saneamento e Ambiente.

### **Luana Mattos de Oliveira Cruz**

Graduada em Tecnologia em Saneamento Ambiental no Centro Superior de Educação Tecnológica - CESET/UNICAMP. Mestre em Engenharia Civil – FEC – UNICAMP. Doutoranda em Engenharia Civil na FEC- UNICAMP.

### **Alieth Sirlene Pereira Cavassa**

Graduanda em Química pela UNICAMP.

### **Jenifer Clarisse Pereira da Silva**

Graduanda em Tecnologia em Saneamento Ambiental no CESET/UNICAMP.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Carlos Chagas, 135 – Vila Loyola – São João da Boa Vista - SP - CEP: 13870-610 - Brasil - Tel: 55 (19) 3623-1799 ou 55 (19) 9610-3970. e-mail: [daniele\\_tonon2005@yahoo.com.br](mailto:daniele_tonon2005@yahoo.com.br)

## **RESUMO**

A desinfecção de águas residuárias, tanto para atender a padrões de lançamento em corpos receptores quanto para o reúso agrícola, é um processo de tratamento indispensável à proteção da saúde pública. O hipoclorito de cálcio apresenta-se como desinfetante, pois, uma das grandes vantagens desta técnica é que ela deixa um residual de cloro em contato com os efluentes capaz de eliminar os organismos causadores das principais doenças de veiculação hídrica, o inconveniente desta técnica é a provável formação de subprodutos da desinfecção, os chamados trihalometanos. Este trabalho visa o monitoramento das variáveis nitrogênio e fósforo em efluentes provenientes de lagoa anaeróbia antes e após a desinfecção com hipoclorito de cálcio visando uso na agricultura. Dosagens entre 25 e 32 mg L<sup>-1</sup> foram suficientes para adequar o efluente aos padrões estabelecidos pela OMS (1989) para reúso agrícola; e, pela CONAMA 357/05, para padrões de lançamento em corpos receptores de classe 2, mas, tanto o nitrogênio quanto o fósforo observa-se que ao aumentar a dosagem diminui-se a concentração dos nutrientes, verificando-se assim que para a agricultura as quantidades desses macronutrientes não sejam as ideais necessitando quantidades adicionais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Pequenas Comunidades, Padrões de Lançamento, Saúde Pública.

## **INTRODUÇÃO**

Entre 1900 e 1995, a população mundial triplicou e o consumo global de água cresceu mais de seis vezes (GEO, 2000). Esses dados são alarmantes ao levar-se em consideração que um terço da população do planeta vive em países que sofrem estresse hídrico, sendo que este percentual consome cerca de 10% dos recursos renováveis de água doce (GEO, 2003). Considerando esses resultados e a estimativa feita pela Organização Mundial de Saúde (OMS) que em torno de 2025 a população mundial será de 8.9 bilhões e será a máxima que o suprimento de água na terra pode suportar, algumas providências devem ser tomadas no sentido de minimizar o problema da escassez sendo necessário o estudo de técnicas alternativas para a minimização deste problema.

Por outro lado, a problemática do saneamento básico no Brasil pode ser medida pelo número de municípios existentes no país sem nenhum tipo de serviço de esgotamento sanitário. Segundo o IBGE (2000), das 5.507 cidades brasileiras 52,2% estavam nesta situação calamitosa. Este quadro também é marcado por desigualdades regionais, sendo que o nível mais baixo está na Região Norte, onde apenas 2,4% dos domicílios são atendidos por rede coletora, seguida pelas Regiões Nordeste (14,7%), Centro - Oeste (28,1%) e Sul (22,5%).



Aliando a problemática do esgotamento sanitário e a demanda global de água para irrigação, que soma 70% de toda a água consumida no planeta (FAO, 2002 e GEO, 2003), o reúso de efluente constitui uma importante fonte potencial de recursos hídricos para irrigação. No Brasil, esta prática seria uma boa alternativa visto que, a sua maior demanda por água é também exercida pela irrigação, responsável por cerca de 60% de todo o consumo no país (ANA, 2003) e apenas 27% de todo o volume de água consumida para uso doméstico (ANA, 2003).

A aplicação na agricultura de efluentes tratados e com determinadas concentrações de nutrientes (principalmente o nitrogênio e fósforo que são indispensáveis às plantas) reduz, ou mesmo elimina, a necessidade do emprego de fertilizantes. Além dos nutrientes, a aplicação de esgoto proporciona a adição de matéria orgânica, que age como um condicionador do solo, aumentando a sua capacidade de reter água.

## OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo principal o estudo da concentração de fósforo e nitrogênio em efluentes provenientes de lagoa anaeróbia visando o uso na agricultura.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Protótipos Aplicado ao Tratamento de Águas e Efluentes e no Laboratório de Saneamento da Faculdade de Engenharia Civil. Utilizou-se esgoto de uma lagoa anaeróbia, denominada Paulistano II, de Franca, São Paulo, administrada pela Concessionária SABESP. O esgoto proveniente da Lagoa Anaeróbia sofria o tratamento em 3 células em série compostas por lagoas anaeróbia/facultativa/maturação, ao final da lagoa anaeróbia o efluente era coletado. A desinfecção foi efetuada utilizando um equipamento para ensaio de JAR TEST como câmara de contato entre o hipoclorito de cálcio e o efluente. O produto desinfetado foi estudado para atender os padrões estabelecidos pela CONAMA 357/05 e pela OMS (1989) para uso em culturas agrícolas e descargas em corpos receptores de classe 2 -  $E.coli \leq 10^3$  NMP 100 mL<sup>-1</sup> e Helmintos  $\leq 1$  ovo L<sup>-1</sup>.

A lagoa anaeróbia, denominada Paulistano II, proveniente da Estação de Tratamento de Esgotos administrada pela SABESP da cidade de Franca estado de São Paulo, é operada com tempo de detenção hidráulica de 3,2 dias e recebendo vazão de 17,05 L s<sup>-1</sup>. A cidade de Franca tem cerca de 307.000 habitantes onde 100% do esgoto produzido é tratado.

A lagoa anaeróbia – Paulistano II – tem todo seu esgoto de origem doméstica. O sistema de tratamento utilizado é composto com 3 células em série, sendo formado por lagoa anaeróbia, seguida de lagoa facultativa e de maturação. Após o efluente passar por esse sistema de tratamento ele é lançado no córrego Palestina, classificado com classe 2. A figura 1 apresenta uma vista geral da lagoa anaeróbia – Paulistano II. A desinfecção ocorreu utilizando um equipamento para ensaio de JAR TEST como câmara de contato entre o efluente e o hipoclorito de cálcio. A figura 2 ilustra a desinfecção utilizando o equipamento para ensaio de JAR TEST.

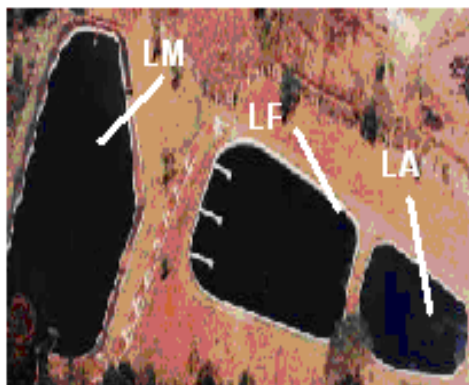


Figura 1 - Vista geral da lagoa anaeróbia – Paulistano II.

Onde: LA – lagoa anaeróbia; LF – lagoa facultativa; LM – lagoa maturação.

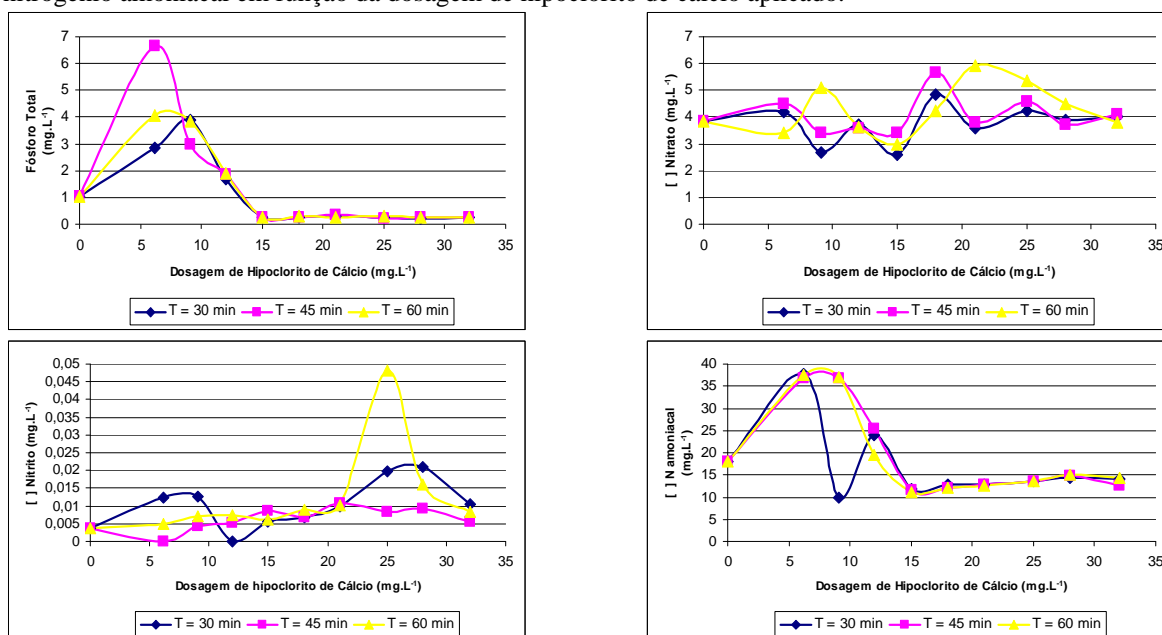


Figura 2 – Ilustração da desinfecção utilizando o equipamento para ensaio de JAR TEST.

Os parâmetros de processo que foram obedecidos a fim de se obter os resultados propostos no objetivo geral foram: agitação lenta – em torno de 80 – 100rpm; tempo de contato estudado de 30,45 e 60 minutos; e, dosagens de 6, 9, 12, 15, 18, 21, 25, 28 e 32 mg L<sup>-1</sup> de hipoclorito de cálcio. Foram monitoradas uma série de parâmetros, porém para este artigo a série de nitrogênio (nitrato, nitrito, nitrogênio amoniacal e orgânico) e fósforo total serão analisados.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

As figuras 3, 4,5 e 6, respectivamente correspondem às concentrações de fósforo total, nitrato, nitrito e nitrogênio amoniacal em função da dosagem de hipoclorito de cálcio aplicado.



Figuras 3, 4,5 e 6 - Concentrações de fósforo total, nitrato, nitrito e nitrogênio amoniacal em função da dosagem de hipoclorito de cálcio aplicado.

Ao analisar visualmente a figura 3 observa-se que para todas as dosagens aplicadas, a quantidade de fósforo total foi superior ao máximo que a legislação vigente recomenda. Percebe-se que, com o aumento da dosagem, a quantidade de fósforo total em miligramas por litro diminui consideravelmente, chegando a uma quantidade de 0,25 mg L<sup>-1</sup>. Pode-se concluir que, com o aumento da dosagem de hipoclorito de cálcio, a concentração de fósforo total diminui e isso se deve ao cálcio presente no hipoclorito precipitar o fósforo dando origem ao sal Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>. Análises estatísticas foram realizadas e a tabela 1 apresenta a relação entre o fósforo total e as dosagens de hipoclorito de cálcio utilizadas.



Tabela 1 - Relação entre o fósforo total e as dosagens de hipoclorito de cálcio aplicadas.

Fósforo total (mg L <sup>-1</sup> )	Agrupamento Tukey <sup>(1)</sup>		Médias <sup>(2)</sup>	N <sup>(3)</sup>	Dosagem aplicada (mg L <sup>-1</sup> ) <sup>(4)</sup>
	A				
	A	B	3,5800	3	9,1
		B C	1,8133	3	12
		C	1,0600	3	0
		C	0,3000	3	21
		C	0,2700	3	18
		C	0,2667	3	25
		C	0,2633	3	15
		C	0,2600	3	32
		C	0,2467	3	28

(1) Significa que os resultados foram agrupados através das letras em maiúsculo; (2) Médias obtidas das análises realizadas; (3) Número de análises realizadas para cada dosagem aplicada; (4) Dosagem de hipoclorito de cálcio aplicada em mg L<sup>-1</sup>.

Por meio da tabela 1 nota-se que em média os resultados podem ser agrupados em três grupos distintos, denominados A, B e C. Dosagens superiores a 15 mg L<sup>-1</sup> de hipoclorito de cálcio apresentam quantidades de fósforo total menores, porém, não atingem a norma vigente. O que se pode concluir é que com o aumento da dosagem de hipoclorito de cálcio diminui-se a concentração de fósforo total e isso se deve ao fato do cálcio presente no hipoclorito precipita o fósforo dando origem ao sal Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>. Outra comparação foi feita com relação ao tempo de contato estudado e foi exemplificado na tabela 2 que apresenta a relação entre o fósforo total e o tempo de contato.

Tabela 2 - Relação entre a variável estudada (fósforo total) e os tempos de contato

Fósforo total (mg L <sup>-1</sup> )	Agrupamento Tukey <sup>(1)</sup>		Médias <sup>(2)</sup>	N <sup>(3)</sup>	Tempo de contato (min) <sup>(4)</sup>
	A				
	A		1,4200	10	45
	A		1,2490	10	60
	A		1,1080	10	30

(1) Significa que os resultados foram agrupados através das letras em maiúsculo; (2) Médias obtidas das análises realizadas; (3) Número de análises realizadas para cada tempo de contato estudado; (4) Tempo de contato em minutos.

Ao analisar a tabela 2 pode-se observar que o tempo de contato não é um fator interferente nesse caso. Ou seja, independentemente do tempo de contato entre o hipoclorito de cálcio e o efluente da lagoa anaeróbia não tem significância estatística, em média, estatisticamente são iguais.

Em relação à série de nitrogênio, verifica-se pela figura 4 que a quantidade de nitrato alcançada a partir da variação da dosagem de hipoclorito de cálcio, em todos os casos, qualquer que seja a dosagem aplicada, os valores de nitrato alcançados não foram superiores a 10,0 mg L<sup>-1</sup>, obedecendo assim, a CONAMA 357/05. Isso acontece também com relação à quantidade de nitrito apresentado na figura 5, que não ultrapassou o valor máximo permitindo, ficando assim, dentro da norma vigente. Com relação à quantidade de nitrogênio amoniacal apresentado na figura 6, quantidades superiores ao máximo recomendado foram medidas, porém, somente a partir de dosagens superiores a 15 mg L<sup>-1</sup> a norma vigente foi obedecida. Isso devido a efluentes “novos” com concentração de nitrogênio amoniacal muito alta. Análises estatísticas foram realizadas utilizando as variáveis: nitrato, nitrito, nitrogênio amoniacal e nitrogênio orgânico e sua relação com as dosagens aplicadas (veja tabela 3).



Tabela 3 – Relação entre nitrato, nitrito, N amoniacal e N orgânico e as dosagens aplicadas.

	Agrupamento Tukey <sup>(1)</sup>	Médias <sup>(2)</sup>	N <sup>(3)</sup>	Dosagem aplicada (mg L <sup>-1</sup> ) <sup>(4)</sup>
<b>Nitrato (mg L<sup>-1</sup>)</b>	A	4,92	3	18
	A	4,73	3	25
	A	4,43	3	21
	A	4,03	3	28
	A	4,03	3	6,2
	A	3,97	3	32
	A	3,85	3	0
	A	3,73	3	9,1
	A	3,65	3	12
	A	3,00	3	15
<b>Nitrito (mg L<sup>-1</sup>)</b>	A	0,027	3	25
	A B	0,017	3	28
	A B	0,010	3	21
	A B	0,010	3	18
	A B	0,010	3	15
	A B	0,010	3	12
	A B	0,010	3	32
	A B	0,007	3	9,1
	B	0,003	3	6,2
	B	0	3	0
<b>N amoniacal (mg L<sup>-1</sup>)</b>	A	37,33	3	6,2
	A B	27,88	3	9,1
	A B C	22,96	3	12
	B C	18,03	3	0
	B C	14,70	3	28
	B C	13,65	3	32
	B C	13,57	3	25
	B C	12,83	3	21
	C	12,37	3	18
	C	11,55	3	15
<b>N orgânico (mg L<sup>-1</sup>)</b>	A	3,68	3	0
	A	3,62	3	9,1
	A	3,50	3	6,2
	A	2,57	3	12
	A	1,05	3	28
	A	0,93	3	32
	A	0,58	3	15
	A	0,58	3	21
	A	0,47	3	18
	A	0,40	3	25

(1) Significa que os resultados foram agrupados através das letras em maiúsculo; (2) Médias obtidas das análises realizadas; (3) Número de análises realizadas para cada dosagem aplicada; (4) Dosagem de hipoclorito de cálcio aplicada em mg L<sup>-1</sup>.

Ao analisar a tabela 3, verifica-se que para a variável nitrato, em média, estatisticamente, todos os resultados são considerados iguais, isso acontecendo igualmente a variável N orgânico. Com relação a variável nitrito, os valores foram divididos em dois grupos, denominados A e B que em média, estatisticamente, são considerados dentro de cada grupo iguais. Já para a variável N amoniacal as dosagens forma divididas em três grupos distintos, denominados A, B e C. A tabela 4 apresenta a relação entre as variáveis citadas acima e o tempo de contato.



Tabela 4 - Relação entre nitrato, nitrito, N amoniacal e N orgânico e os tempos de contato.

	Agrupamento Tukey <sup>(1)</sup>	Médias <sup>(2)</sup>	N <sup>(3)</sup>	Tempo de contato (min) <sup>(4)</sup>
Nitrato (mg L <sup>-1</sup> )	A	4,28	10	60
	A	4,06	10	45
	A	3,77	10	30
Nitrito (mg L <sup>-1</sup> )	A	0,013	10	60
	A	0,011	10	30
	A	0,007	10	45
N amoniacal (mg L <sup>-1</sup> )	A	19,43	10	45
	A	19,10	10	60
	A	16,92	10	30
N orgânico (mg L <sup>-1</sup> )	A	2,17	10	60
	A	1,87	10	30
	A	1,17	10	45

(1) Significa que os resultados foram agrupados através das letras em maiúsculo; (2) Médias obtidas das análises realizadas; (3) Número de análises realizadas para cada tempo de contato estudado; (4) Tempo de contato em minutos.

Verifica-se que o tempo de contato não é um bom tratamento, pois neste caso, em média, pela estatística, todos os resultados são considerados iguais. Portanto, para a análise da série de nitrogênio o tempo de contato não tem influência nos resultados.

## CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A dosagem de hipoclorito de cálcio entre 25 e 32 mg L<sup>-1</sup> foi necessária para a adequação dos efluentes da lagoa anaeróbia aos padrões estabelecidos pela OMS (1989) em atendimento ao reúso agrícola e a CONAMA 357/05 para lançamento em corpos de água receptores – *E. coli* ≤ 10<sup>3</sup> NMP 1000 mL<sup>-1</sup>. Porém para a agricultura, a concentração de fósforo diminui com o aumento da dosagem de hipoclorito. Com relação ao nitrogênio – nitrato obedeceu à norma vigente, mas é a forma onde é necessário um maior monitoramento visto que pode alcançar o lençol freático e contaminar toda a água.

## AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, Edital – CT Hidro pela bolsa de mestrado e doutorado concedida.

À SABESP pelo apoio didático e financeiro.

Aos bolsistas de Iniciação Científica que ajudaram na parte experimental.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANA – Agência Nacional das Águas. Secretaria de Recursos hídricos. **Plano nacional de Recursos hídricos. Documento Base de referência.** Revisão 01, Abril 2003.
2. CONAMA. **Resolução número 357, de 17 de Março de 2005.** Conselho Nacional de Meio Ambiente. Ministério do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente, 2005.
3. OMS – ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **Directrices sanitárias sobre el uso de águas residuales em agricultura e aquicultura. Séries de reportagens técnicas.** 778. OMS, Genebra, 1989
4. TONON, D. **Desinfecção de efluentes sanitários por cloração visando o uso na agricultura.** Campinas: Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, 2007. 284p. Dissertação de mestrado.