REÚSO DE EFLUENTE DOMÉSTICO TRATADO EM UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR SULCOS

Warner Arantes Zebalho, Luciano Reami, Bruno Coraucci Filho e Prof. Dr. Ronaldo Stefanutti (Orientador), Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo - FEC, UNICAMP – Palavras chaves: Reúso - Milho - Efluente sanitário

1- Bolsista PIBIC/CNPq - Dep. de Saneamento e Ambiente FEC - Unicamp; 2 - Pós-graduando - Depto. de Saneamento e Ambiente - FEC – Unicamp; 3 - Docente - Depto. de Saneamento e Ambiente FEC – Unicamp; 4 – Pesquisador Depto. de Saneamento e Ambiente FEC – Unicamp

e-mail: ***ronaldos@fec.unicamp.br***

INTRODUÇÃO

A conscientização ambiental faz com que se busquem formas de tratamento e disposição final ambientalmente corretas, de forma que as matérias-primas consumidas pelas atividades humanas retornem para os ecossistemas de uma forma positiva, reduzindo a contaminação do meio. Entre as alternativas que colaboram com a solução destes problemas encontra-se o reúso de efluentes que pode ser utilizado como meio de tratamento e pós-tratamento de efluentes, fator de produção para culturas, irrigação e fonte de nutrientes paras plantas.

O esgoto doméstico é geralmente composto de 99% de água e 1% de colóides suspensos e dissolvidos, orgânicos e inorgânicos compostos, incluindo os macronutrientes essenciais às plantas, como o nitrogênio, o fósforo e o potássio, além de micronutrientes, como o cobre e o zinco.

METODOLOGIA

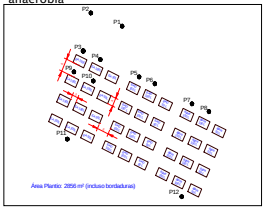
O local escolhido possui área total disponível de 7387 m^2, e coordenadas UTM (Universal Transverse Mercator – sistema de coordenadas) de um dos pontos é 243732 E, 7715351N. O levantamento planimétrico foi feito com aparelho de GPS (Global Positioning System), e foi feita investigação do subsolo através do método de sondagem (SPT). Foram feitos 3 furos não alinhados, tendo o primeiro com nível de água aos 4,8 m em relação à superfície, o 2º com 4,2 m em relação à superfície, o 3º com 4,3 m em relação à superfície. A partir destes dados foi feito também o levantamento altimétrico para determinação das linhas equipotenciais do lençol freático, e em função das linhas equipotenciais do lençol freático, foi projetado o posicionamento das parcelas.

Utilizado a técnica de irrigação por sulcos rasos, foram testados 3 taxas de aplicação, correspondente a 3 lâminas de irrigação (0,25, 0,50 e 0,75 m de profundidade), 3 tratamentos correspondentes a adubo mineral e água natural disponível (nascente), efluente anaeróbio desinfetado com hipoclorito de cálcio, e efluente anaeróbio não desinfetado, com 4 repetições cada, totalizando 36 parcelas. Para o planejamento estatístico do campo experimental levaram-se em consideração os graus de liberdade total igual a 35. A lâmina 0,50 foi considerada como suficiente para atender a necessidade hídrica das plantas.

Preliminarmente foram realizadas análises físicas e químicas do solo. As análises físicas constam das determinações da densidade real, da densidade global, do levantamento da curva característica e da curva granulométrica (Vieira, 1995). A coleta das amostras foram realizadas em três locais distintos, nas camadas de 0-0,25 m, 0,25-0,50 m, 0,50-0,75 m e 0,75-1,0 m. O ensaio da densidade real foi realizado pelo método do picnômetro. O ensaio da densidade global, ou peso específico aparente,foi realizado com o auxílio do amostrador de Uhland. No laboratório, as amostras foram transferidas para cilindros de volumes e taras conhecidas.

O levantamento da curva granulométrica foi realizado pela análise granulométrica conjunta, a qual é composta de duas fases de ensaio que são o peneiramento e a sedimentação.

Figura 1. Disposição das parcelas da pesquisa de reúso de efluente de lagoa anaeróbia



$$RAS = \frac{Na^{+}}{\sqrt{\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{2}}}$$

Em que:
Na = concentração de sódio expressa em mE L^{-1} (milieqüivalente por litro).
Ca = concentração de cálcio expressa em mE L^{-1}.
Mg = concentração de magnésio expressa em mE L^{-1}.

50, 100, e 150 L, equivalem às taxas de aplicação por sulco e por rega, de 50, 100 e 150 L/sulco respectivamente.

Figura 2– Vista da área do experimento com poços de monitoramento instalados na Fazenda Marfim

Figura 3. Vista geral de uma parcela da pesquisa de milho irrigado pela técnica de sulcos rasos, com efluente de lagoa anaeróbia.

Figura 4– Detalhe do dosador utilizado para aplicação de efluentes.

Figura 5 – Equipamento utilizado para coleta de amostras de água dos poços de monitoramento.

RESULTADOS

Os valores determinados de cádmio e chumbo foram inferiores a 0,1 mg/kg, em todas as amostras analisadas.

Os valores revelam que a aplicação de esgoto causou impacto menor do que a aplicação de adubo no solo, especificamente em relação ao cromo.

Comparando-se os valores determinados para os metais avaliados, nas três parcelas, verifica-se que os mesmos estão dentro dos valores naturais de ocorrência no solo, segundo Kabata-Pendias & Pendias (1992).

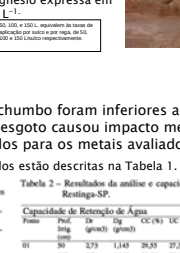
As principais características dos efluentes utilizados estão descritas na Tabela 1.

Tabela 1. Características físico-químicas e microbiológicas dos efluentes não desinfetados utilizados na irrigação do milho na Fazenda Marfim, Restinga-SP.

Parâmetros avaliados	Unidade	Média	Mediana	Desvio Padrão	Maior Valor	Menor Valor
Alumínio total	mg L^{-1}	0,3950	0,3950		0,3950	0,3950
Antimônio	mg L^{-1}	< 0,0100	< 0,0100		< 0,0100	< 0,0100
Arsênio	mg L^{-1}	< 0,0100	< 0,0100		< 0,0100	< 0,0100
Bário	mg L^{-1}	< 0,5000	< 0,5000		< 0,5000	< 0,5000
Cádmio	mg L^{-1}	< 0,0500	< 0,0500		< 0,0500	< 0,0500
Chumbo	mg L^{-1}	< 0,1000	< 0,1000		< 0,1000	< 0,1000
Cobre	mg L^{-1}	< 0,1000	< 0,1000		< 0,1000	< 0,1000
Cálcio	mg L^{-1}	13,23				
Coliformes Totais	NMP/100mL	6,8 10^{7}	2,7 10^{7}	1,2 10^{7}	4,8 10^{7}	1,8 10^{7}
Cor Aparente	U.C.	1176	1176		1176	1176
Cromo Total	mg L^{-1}	< 0,0500	< 0,0500		< 0,0500	< 0,0500
DBO (5 dias, 20°C)	mg O$_2$/L	78,34	77,50	37,68	190,00	30,00
DQO	mg O$_2$/L	271,50	262,50	85,60	419,00	190,00
E. coli (fecal)	NMP/100mL	1,2 10^{8}	9,3 10^{7}	1,2 10^{8}	4,9 10^{8}	4,1 10^{6}
Ferro Total	mg L^{-1}	1,0400	1,0400		1,0400	1,0400
Fósforo Total	mg L^{-1}	0,010	0,010		0,010	0,010
Manganês Total	mg L^{-1}	0,1340	0,1340		0,1340	0,1340
Mercúrio	mg L^{-1}	< 0,0050	< 0,0050		< 0,0050	< 0,0050
Nitratos	mg NO_3 L^{-1}	1,05	1,05		1,05	1,05
Selênio	mg L^{-1}	< 0,0100	< 0,0100		< 0,0100	< 0,0100
Sódio	mg L^{-1}	61,00	66,00	15,00	80,00	35,00
Sulfatos	mg SO_4 L^{-1}	30,04	30,04		30,04	30,04
Zinco	mg L^{-1}	< 0,1000	< 0,1000		< 0,1000	< 0,1000
pH					7,30	6,50
Turbidez	NTU	100,69	74,00	80,39	371,00	27,00
Condutividade	dS/m	0,6915	0,7410	0,4048	0,1154	0,0072
Alcalinidade	mg L^{-1}	256,20	252,00	45,30	355,00	186,00
SST	mg L^{-1}	146,68	102,00	122,99	419,00	31,00
SSF	mg L^{-1}	31,25	35,50	22,47	65,00	2,00
SSV	mg L^{-1}	125,25	78,50	102,35	356,00	29,00
NTK	mg L^{-1}	55,29	56,00	10,69	76,00	44,00
Nitrogênio Amoniacal	mg L^{-1}	43,41	45,20	9,79	60,70	26,00
N. Orgânico	mg L^{-1}	21,53	22,30	8,57	30,00	5,00
Helmintos	ovos/larvas	69,50	69,50	27,58	89,00	50,00
Protozoários	cistos	25,50	25,50	19,09	39,00	12,00
Temperatura	°C	17,2	17,0	2,9	21,9	14,0

Tabela 2 – Resultados da análise e capacidade de retenção de água pelo solo da Fazenda Marfim, Restinga-SP.

Capacidade de Retenção de Água												
Ponto	Prof. Irrig. (cm)	Dr (g/cm3)	Dg (g/cm3)	CC (%)	UC (%)	PM (%)	H (mm)	Hi (mm)	R (mm)	Hb (mm) Aspersão	Hb (mm) Sulcos
01	50	2,73	1,145	29,55	27,33	26,72	16,20	12,71	3,49	18,20	25,40
	100	2,74	1,143	29,40	27,41	26,74	30,40	22,75	7,66	32,50	45,50
02	50	2,74	1,30	29,10	27,08	26,20	18,90	13,13	5,72	18,80	26,30
	100	2,73	1,21	28,95	26,93	25,95	36,30	24,44	11,86	34,90	48,90
Médio								12,90		18,50	25,80
								23,60		33,70	47,20



A desinfecção alterou alguns valores como o sódio, que aumentou para 72,40 mg L^{-1}. O aumento dos valores de sódio foi devido ao hipoclorito de sódio, que é um agente desinfectante e que deve ser evitado, especialmente em caso de reúso agrícola devido o problema de aumentar a quantidade de sódio na água.

Tabela 3. Quantidade de nitrogênio aplicado na segunda safra, para os diferentes cenários e parcelas com profundidade de irrigação de: 25 cm (50L/sulco); 50 cm (100 L/sulco)e 75 cm (150 L/sulco).

	Tratamentos									
	Água 50L/ sulco	Água 100L/ sulco	Água 150L/ sulco	Eff.Des. 50L/ sulco	Eff.Des. 100L/ sulco	Eff.Des. 150L/ sulco	Efluente 50L/ sulco	Efluente 100L/ sulco	Efluente 150L/ sulco
(kg/ha)	60	60	60	74	140	212	74	143	212

As amostras da água subterrânea coletada nos poços 11 e 12, localizados à montante da área irrigada, considerados como testemunhas (brancos) do experimento apresentaram durante o período de pesquisa os resultados apresentados na Tabela . 4.

As quantidades aplicadas de nitrogênio, na irrigação com efluentes, foram acentuadamente maiores que na adubação sólida - irrigada com água limpa. A menor taxa de aplicação ou lâmina de irrigação correspondeu à aplicação de nitrogênio com água limpa. Vale nesta discussão comentar que o adubo sólido forneceu 100% do nitrogênio no plantio e na cobertura, permitindo uma certa vantagem inicial para as plantas destas parcelas ou tratamento enquanto a irrigação com efluentes forneceu o nitrogênio em doses crescentes ao longo do tempo.

Tabela 4 – Qualidade da água subterrânea coletada nos poços 11 e 12, à montante da área de irrigação e da direção do fluxo do lençol (FA), na Fazenda Marfim, Restinga-SP.

Parâmetros avaliados	Unidade	Média	Mediana	Desvio Padrão	Maior Valor	Menor Valor
Coliformes Totais	NMP/100mL	19	3	48	156	0
E.coli	NMP/100mL	1	0	1	3	0
Pseudomonas aeruginosa	UFC/100mL	3	3	1	4	3
Bactérias Heterotróficas	UFC/mL	2832	1515	2512	5700	24
Condutividade Específica	dS/m	0,0575	0,4240	0,4120	0,1930	0,0248
Cor Aparente	U.C.	16	11	17	56	< 3
Nitratos	mg N-NO_3 L^{-1}	1,02	1,00	0,47	1,79	0,28
Cloretos	mg N L^{-1}	1,50	1,00	0,84	3,00	< 1,00
Sulfatos	mg L^{-1}	3,27	1,32	3,84	10,00	< 1,00
pH					6,90	5,40
Temperatura da amostra	°C	26	25	1	27	24
Turbidez	NTU	1,40	0,86	2,11	9,40	0,20
Alumínio total	mg L^{-1}	< 0,0300	< 0,0300		< 0,0300	< 0,0300
Antimônio	mg L^{-1}	< 0,0030	< 0,0030		< 0,0030	< 0,0030
Arsênio	mg L^{-1}	< 0,0010	< 0,0010	0,0003	0,0016	< 0,0010
Bário	mg L^{-1}	< 0,0500	< 0,0500	0,0896	0,3250	< 0,0500
Cádmio	mg L^{-1}	< 0,0010	< 0,0010		< 0,0010	< 0,0010
Chumbo	mg L^{-1}	< 0,0010	< 0,0010	0,0090	0,0268	< 0,0010
Cobre	mg L^{-1}	< 0,0050	< 0,0050		< 0,0050	< 0,0050
Cromo Total	mg L^{-1}	< 0,0050	< 0,0050	0,0180	0,0430	< 0,0050
Ferro Total	mg L^{-1}	0,7684	0,4360	0,8500	2,4800	< 0,0200
Manganês Total	mg L^{-1}	0,2158	0,1270	0,2368	0,7900	< 0,0100
Mercúrio	mg L^{-1}	< 0,0200	< 0,0200		< 0,0007	< 0,0007
Selênio	mg L^{-1}	< 0,0010	< 0,0010		< 0,0010	< 0,0010
Sódio	mg L^{-1}	1,4600	1,1550	1,0685	3,5600	< 0,2000
Zinco	mg L^{-1}	0,0300	0,0300		< 0,0300	< 0,0300
Enterococos	UFC/100mL	< 1	< 1		< 1	<1

Para melhor avaliação da qualidade da água subterrânea e a influência das irrigações foi gerada a Tabela 5, a qual traz os resultados médios das variações ocorridas durante as irrigações da segunda safra de milho, para os elementos (alguns metais pesados) sob a influência de irrigação dos tratamentos: Efluente Anaeróbio, Efluente Anaeróbio Desinfetado e Água + Fertilizantes (ÁGUA).

Tabela 5 – Concentrações de metais na água subterrânea sob influência da irrigação nos tratamentos: efluente, efluente desinfetado e AGUA (água + fertilizantes). Médias de amostras coletadas nos poços . Fazenda Marfim, Restinga-SP.

		Poços e influência		
Parâmetros avaliados	Unidade	3 e 4 Efluente	5 e 6 Eff. desinf	7 e 8 Água
Alumínio total	mg L^{-1}	0,0300	< 0,0300	0,0300
Antimônio	mg L^{-1}	0,0030	< 0,0030	< 0,0030
Arsênio	mg L^{-1}	0,0011	< 0,0010	< 0,0010
Bário	mg L^{-1}	0,0562	< 0,0500	< 0,0500
Cádmio	mg L^{-1}	0,0010	< 0,0010	< 0,0010
Chumbo	mg L^{-1}	0,0031	< 0,0010	< 0,0010
Cobre	mg L^{-1}	0,0050	< 0,0050	< 0,0050
Cromo Total	mg L^{-1}	0,0050	< 0,0050	0,0160
Ferro Total	mg L^{-1}	0,1545	0,1190	0,0240
Manganês Total	mg L^{-1}	0,0190	0,0825	0,0246
Mercúrio	mg L^{-1}	0,0007	< 0,0007	< 0,0007
Selênio	mg L^{-1}	0,0010	< 0,0010	< 0,0010
Sódio	mg L^{-1}	0,7836	1,3950	0,7800
Zinco	mg L^{-1}	0,0300	< 0,0300	< 0,0300

CONCLUSÃO

A quantidade de nitrogênio presente no efluente anaeróbio e na água com fertilizante, quando utilizados na irrigação do milho, não comprometeu a qualidade da água subterrânea com o aumento dos teores de nitratos em níveis acima do permitido na legislação;

O impacto devido à irrigação com esgoto anaeróbio e água limpa mais adubo na qualidade da água do lençol e no solo foram insignificantes para os metais pesados Cromo, Cádmio, Zinco, Cobre e Chumbo.

Sob o ponto de vista bacteriológico a irrigação com esgotos anaeróbios por duas safras seguidas não alterou a qualidade da água do aqüífero (NA);

A desinfecção do esgoto não promoveu resultados que justifiquem tal prática quando do uso de esgoto anaeróbio em solo latossolo;

Para as conclusões relacionadas com a qualidade do aqüífero subterrâneo, é muito importante salientar a possibilidade dessas não serem definitivamente conclusivas, pois se avaliadas num período mais longo poderão sofrer alterações devido à possibilidade da pluma com poluentes ainda não ter atingido o aqüífero devido à baixa velocidade de movimentação.

AGRADECIMENTOS: SABESP, FINEP e CNPq .