

EFICIÊNCIA DO REUSO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS NA IRRIGAÇÃO DA CULTURA DO MILHO

Antônio Javarez Junior, Túlio Assunção Pires Ribeiro, Durval Rodrigues de Paula Jr.
*Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade de Campinas., Campinas, SP, ajjunior@feagri.unicamp.br,
tulior@feagri.unicamp.br, durval@feagri.unicamp.br*

1 RESUMO

Este trabalho apresenta uma alternativa para o tratamento de esgotos domésticos de pequenas comunidades, com a aplicação do efluente no solo para a cultura do milho. O experimento é constituído de sistemas modulares, que são compostos por dois reatores anaeróbios, um reator UASB e outro reator anaeróbio compartimentado (RAC), ambos combinados com quatro filtros anaeróbios. Os sistemas funcionaram, utilizando-se os seus efluentes como fonte de nutrientes para a cultura do milho. Foram feitos dois tratamentos testemunhas, sendo um em sequeiro (sem irrigação) e outro com suplementação hídrica, através de um sistema de irrigação por sulcos. Avaliou-se o desenvolvimento da cultura e sua respectiva produtividade em dois ciclos. Utilizaram-se sistemas modulares por ser uma maneira adequada e viável de promover o tratamento sanitário do esgoto de pequenas comunidades com o objetivo de maior e melhor preservação do meio ambiente. O emprego desta técnica propicia a vantagem de diminuição nos custos de produção e aumento na produtividade do milho, obtendo-se valores de 6307 e 6593 kg ha⁻¹ na safreína com efluente do UASB e RAC respectivamente, e na entressafreína de 6323 e 5424 kg ha⁻¹.

UNITERMOS: tratamento de esgoto, sistemas modulares, reatores anaeróbios, disposição no solo, reuso.

JAVAREZ JUNIOR, A.; RIBEIRO, T. A. P., PAULA JR, D. R. de. EFFICIENCY OF WASTEWATER REUSE FOR IRRIGATION OF CORN.

2 ABSTRACT

This paper presents an alternative for domestic sewage treatment for small communities by applying the wastewater in the soil where corn is grown. The experiment consists of modular system composed of two anaerobic reactors: a UASB and a compartmentalized CAR both combined with four anaerobic filters. The systems worked by using their effluent as a nutrient source for corn crop. There were two control treatments, one in dry land being rain fed and the other getting water supply through a furrow irrigation system.

We evaluated the development of its culture and productivity in two cycles. The use of modular systems is an appropriate and viable way to promote sanitary wastewater treatment for small communities aiming greater and better environment protection. This technique provides the advantage of reducing production costs and increasing maize productivity and the values obtained were: 6307 and 6593kg ha⁻¹ for second season with effluent from UASB and CAR respectively and in dry season of 6323 and 5424 kg ha⁻¹.

KEY WORDS: sewage treatment, modular systems, anaerobic reactors, wastewater disposal, reuse.

3 INTRODUÇÃO

O SITRAE (Sistema Integrado de Tratamento e Reuso Agrícola de Esgotos) utiliza reatores anaeróbios de concepção simplificada para tratamento do esgoto (sem gasto de energia), combinados com a disposição no solo da água residuária, de forma controlada no sistema de irrigação por sulcos com a finalidade de reuso agrícola mantendo o crescimento de culturas durante o ano todo (no caso deste estudo, o milho).

Atualmente, o uso de esgotos tratados na agricultura cresceu consideravelmente, haja vista ser este uma fonte natural de fertilizante que garante uma boa produtividade das culturas irrigadas. Os esgotos domésticos contêm grande variedade de organismos patogênicos, os mais comuns são: bactérias, protozoários, vírus e helmintos (Metcalf & Eddy, 2003). Desta forma, o maior agravante na utilização de esgoto doméstico na agricultura tem sido o aspecto sanitário. Portanto, os esgotos precisam ser tratados e a qualidade sanitária depende do grau de tratamento. De acordo com estudos feitos com a utilização de água residuária provenientes de sistemas de tratamento de esgoto como irrigação para a cultura do milho, constatou-se aumento na produção de grãos (Oron et al., 1999) e matéria seca (Al-Jaloud et al., 1995).

Uma vez escolhido o sistema anaeróbio para tratamento de um efluente, a opção do reator deve ser feita de forma criteriosa. Maior eficiência do sistema e menor tempo de detenção hidráulica (TDH) geralmente equivalem a sistemas mais sofisticados e com maior complexidade de operação.

O filtro anaeróbio (FA) tem demonstrado importante potencialidade no tratamento de esgoto sanitário, tanto pela sua facilidade construtiva, como operacional. Com o uso de enchimentos leves e de fácil obtenção, sua construção se torna mais fácil e diminuem de maneira considerável os custos.

No começo da década de 1980, iniciavam-se, no Brasil, estudos para a utilização do reator anaeróbio do fluxo ascendente e manta de lodo (Upflow Anaerobic Sludge Blanket - UASB), desenvolvido na década anterior na Holanda (Campos, 1999). O reator UASB consiste basicamente de um tanque constituído por um compartimento digestor localizado na base, contendo o leito de lodo biológico e um decantador precedido por um sistema de separação de gás localizado no topo.

Valentim (1999) utilizou uma adaptação da configuração atual do tanque séptico de câmaras em série, utilizando o conceito do reator anaeróbico compartimentado (RAC).

Seguindo a tendência de ser um processo simples e de baixo custo, a prática de tratamento de águas residuárias pela disposição de esgotos no solo tem se afigurado, atualmente, como uma das principais alternativas para o pós-tratamento de efluentes. É um método natural de tratamento bastante eficiente, envolvendo mecanismos físicos, químicos e biológicos de remoção da carga poluidora.

Em relação à escolha da cultura, plantas desenvolvidas rente ao solo estão mais expostas à contaminação de microrganismos presentes no efluente (Melloul et al., 2001). Considerando a grande exigência da cultura do milho com relação à necessidade de fertilizantes e principalmente do nitrogênio, e conseqüentemente seu elevado poder de absorção de nutrientes, essa cultura tem sido utilizada com frequência na disposição controlada de efluentes de esgoto, (Andrade et al., 2005).

Uma forma inteligente de poupar água de melhor qualidade é justamente utilizar as águas residuárias. Portanto, este trabalho realiza uma investigação experimental com o objetivo de analisar a viabilidade de uso no solo do efluente do SITRAE, para o cultivo do

milho. É feita a avaliação do desenvolvimento e produtividade durante o ciclo da cultura na safrinha e da possibilidade de mais um cultivo durante o ano (entressafra). Fez-se a avaliação do reuso da água residuária analisando os seguintes itens; eficiência do uso da água e acréscimo da produtividade com a aplicação dos efluentes.

4 MATERIAL E MÉTODOS

A investigação experimental foi realizada no campo experimental da Faculdade de Engenharia Agrícola de Campinas no Estado de São Paulo. O período chuvoso vai de outubro a março, e de estiagem de junho a setembro, quando há deficiência hídrica no solo. O solo foi identificado como sendo o Latossolo Vermelho distroférico. Na realização da irrigação, utilizaram-se dados climatológicos de chuva, temperaturas máximas e mínimas, obtidos do posto meteorológico da Faculdade de Engenharia Agrícola de Campinas,

O SITRAE (Sistema Integrado de Tratamento e Reuso Agrícola de Esgoto) é constituído por dois sistemas modulares distintos, com duas linhas de tratamentos, denominadas de linha de fluxo (A) e linha de fluxo (B) operando em condições reais que leva em consideração as variações de vazão do efluente devido a sazonalidade.

Na linha de fluxo (A) e (B) do protótipo experimental, a quantidade de afluente a ser tratado corresponde a uma vazão de cerca de $5 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1}$. Os sistemas funcionaram com tempo de detenção hidráulica (TDH) de aproximadamente 48 horas, correspondendo à um volume útil de aproximadamente 10.000 L para cada um.

O volume da linha de fluxo (A) é representado pela somatória dos volumes do reator UASB (cerca de 5.000 L) e de dois filtros anaeróbios (cerca de 5.000 L de volume útil). Na linha de fluxo (B), o volume útil total do sistema é representado pela somatória do volume do reator anaeróbico compartimentado (RAC), constituído de três reservatórios com capacidade de 2500, 1500 e 1000 L, com o volume útil de dois filtros anaeróbios (cerca de 5.000 L). A Figura 1 ilustra a concepção das unidades que foram implantadas utilizando materiais comerciais de baixo custo e fácil instalação, como reservatórios de fibra de vidro e tubos e conexões de PVC.

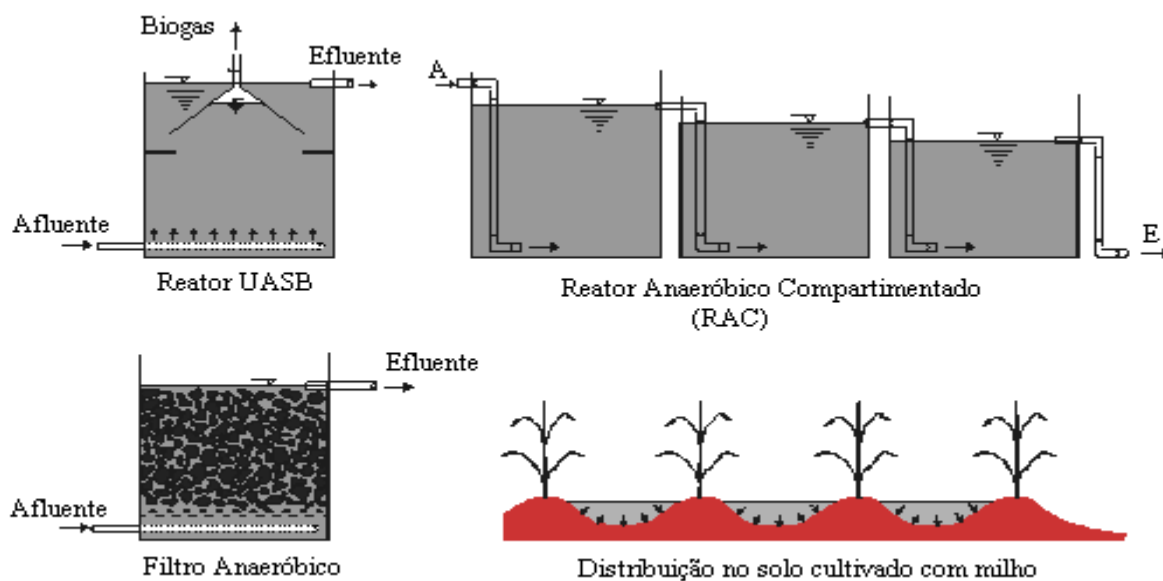


Figura 1. Representação esquemática das unidades

As avaliações do reuso agrícola dos efluentes dos sistemas modulares de tratamento de esgoto foram realizadas por meio de comparação entre os resultados das parcelas com e sem disposição do efluente, sendo utilizados os seguintes tratamentos:

- T1 – testemunha – manejo da cultura de milho no sistema de sequeiro
- T2 – testemunha - manejo da cultura de milho com irrigação suplementar
- T3 – disposição do efluente proveniente da linha de fluxo (B)
- T4 - disposição do efluente proveniente da linha de fluxo (A)

O experimento foi conduzido de modo que cada tratamento fosse constituído por quatro parcelas, correspondendo às repetições dos mesmos. Cada parcela possuía uma área de 75 m² (5x15 m), composta por quatro linhas de plantas de milho e três sulcos de irrigação, onde a disposição de efluente foi realizada entre as linhas, com espaçamento de um metro entre linhas e, também, entre sulcos. Para efeito de análise estatística, as linhas de bordadura de milho foram desconsideradas. A área útil da parcela, portanto, foi constituída pelas duas linhas centrais de plantas e seus respectivos sulcos (Figura 2).

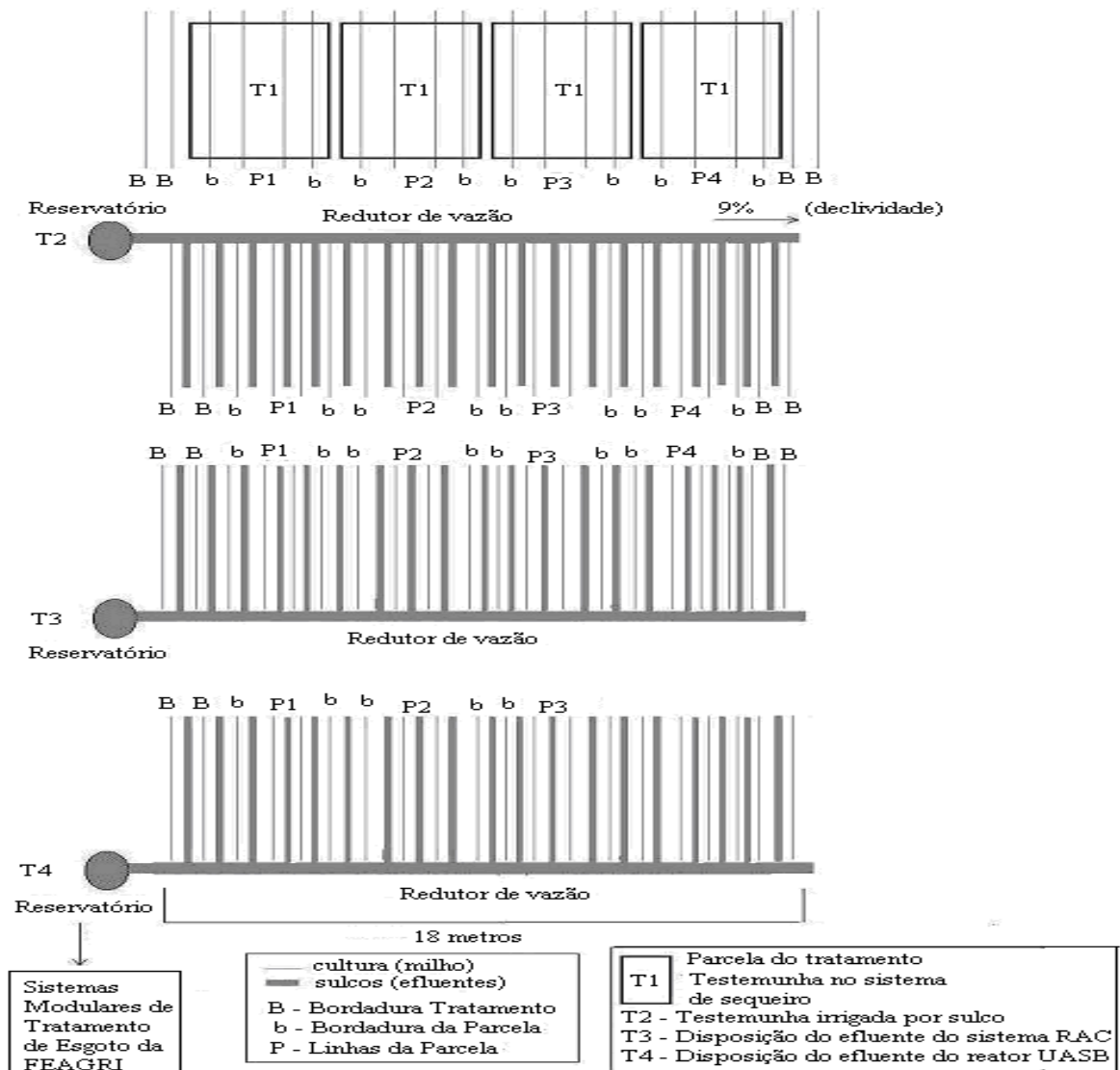


Figura 2 – Esquema de montagem do experimento no campo

Nas parcelas onde foi realizada a disposição do efluente no solo por sulco, realizou-se a sistematização da superfície de forma a permitir uma maior uniformidade e distribuição na sua aplicação.

As aplicações diárias de efluente (cerca de 5000 L) para cada um dos sistemas de tratamento de esgoto (linhas A e B) e a irrigação do tratamento T2 (com água) foram realizadas nos sulcos, por meio do sistema de vazão continuamente reduzida, descrita por (Souza, 1997).

Para facilitar o controle do volume utilizado em cada tratamento, foram feitas aplicações diárias do efluente, ao longo do dia, em todos os sulcos, perfazendo um total máximo de 5.000 litros por parcela.

O plantio do milho foi feito em duas épocas distintas. Na safrinha no período de março a junho e entressafra de junho a outubro. A semeadura foi realizada de forma manual e em covas, com espaçamento de 1,0 metro entre linhas, com sementes do Cultivar Variedade AL Bandeirante. Para a determinação da fertilidade da área do ensaio, foi realizada antes do início do experimento a amostragem do solo, na profundidade de 0,0 a 0,4 m, obtendo como resultado médio os seguintes valores: pH 4,7; Nitrogênio 0,21 g kg⁻¹; Fósforo 27,7 mg dm⁻³; Potássio 2,2 mmol dm⁻³; Capacidade de Troca Catiônica 77 mmol dm⁻³; e Saturação por Bases 32,7 %. A adubação em cada ciclo da cultura foi realizada considerando os valores acima mencionados e foram aplicadas em todas as parcelas dos tratamentos T1 e T2, na quantidade de 13 gramas cova⁻¹ de NPK, com a formulação 4-14-8, representando uma adubação de cerca de 700 kg ha⁻¹. Os valores de nitrogênio e fósforo aplicados foram no limite superior da faixa ideal destes nutrientes, recomendada por (Raij et al., 1997), devido à necessidade do fornecimento integral da dose de potássio recomendada. A adubação de cobertura com N, recomendada por (Raij et al., 1997), foi dividida em duas aplicações de 40 kg ha⁻¹ de uréia, sendo realizadas aos 30 e 60 dias após a semeadura.

O efeito da irrigação com água residuária no milho foi realizado a partir do acompanhamento do desenvolvimento das plantas durante o ciclo da cultura, analisando a produtividade e medidas biométricas como: altura de plantas, estande, florescimento masculino, conforme recomendado por (Duarte & Paterniani, 2000).

A determinação da altura das plantas foi feita a partir do solo até a extremidade da inflorescência masculina. No período de floração, considerou-se o número de dias entre a semeadura até quando mais de 50% das plantas apresentavam a soltura de pólen da inflorescência masculina.

A área útil de cada parcela foi as duas linhas centrais do milho, sendo as espigas colhidas e pesadas; após a retirada da palha, obtendo-se a produção (g m⁻²) da cultura. A produtividade foi avaliada mediante a massa de grãos colhidos na área útil, tendo sido ajustada sua umidade para 14% e apresentada em kg ha⁻¹.

As amostras de água foram coletadas (quinzenalmente), preservadas e determinadas de acordo com American Public Health Association (APHA, 2003 e 1995).

Avaliaram-se, ao longo do experimento, os seguintes parâmetros físicos, químicos e biológicos: condutividade elétrica (CE), pH, DQO, fósforo total e nitrogênio amoniacal pelo método instrumental; sólidos suspensos e sólidos sedimentáveis de acordo (APHA, 1995).

A quantificação de coliformes totais foi realizada pelo método do substrato cromogênico, tendo sido usados nesta análise: cartela Quanti-Tray, seladora Quanti-sealer e lâmpada UV do método conhecido como Colilert-IDEXX e uma estufa biológica.

Para a análise estatística dos dados obtidos da cultura do milho, realizou-se o teste de Tukey a 5% para comparação das médias.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O esgoto gerado na FEAGRI tem uma vazão média de $20 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1}$, composto de dejetos domésticos e sanitários dos prédios de aula, área administrativa e laboratórios, cujas características estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Características do esgoto a ser tratado

Parâmetros de Controle	Típicos	Máximo e Mínimo
Sólidos suspensos (mg L^{-1}).	84	10 – 700
Sólidos sedimentáveis (mg L^{-1})	44	40 – 70
DQO ($\text{mg O}_2 \text{ L}^{-1}$)	316	125 – 450
Coliformes Totais (NMP 100 mL^{-1})	2.419×10^6	
Nitrogênio amoniacal (mg L^{-1})	42,50	
Fósforo Total (mg L^{-1})	8,31	
pH	7,93	7,20 - 8,10

Obs: NMP – Número Mais Provável; DQO – Demanda Química de Oxigênio.

Estes valores estão de acordo com os apresentados por Sperling (1996) para água residuária bruta e por (Fonseca et al., 2007) para os parâmetros sólidos suspensos, demanda química de oxigênio (DQO), fósforo, potássio.

De acordo com (Valentim, 1999), este resultado indica a necessidade de um tratamento primário para que as concentrações de sólidos suspensos, sólidos sedimentáveis e DQO sejam reduzidos à valores menores. Desta maneira o tratamento secundário irá proporcionar uma considerável redução do nitrogênio, do fósforo e dos organismos patogênicos para que possa ser lançado em rios ou lagos. Este efluente também pode ser utilizado como água de irrigação para pastagens, gramados, frutíferas ou culturas anuais como milho, arroz e feijão.

As características físicas, químicas e biológicas do esgoto bruto e do efluente de cada sistema modular de tratamento que foi utilizado para a irrigação do milho são ilustrados na Tabela 2. Observa-se na Tabela 2 que houve queda no desempenho dos reatores, no período de entressafra, na eficiência de remoção de sólidos suspensos. Na safrinha os resultados foram bem próximos, com eficiências de 97,05% e 97,18% para os efluentes da linha (A) e (B), respectivamente, enquanto que na entressafra as eficiências foram de 83,48% e 73,66%.

A eficiência de remoção total do sistema foi boa, com valores médios não muito distantes do limite recomendado por Mancuso & Santos (2003) para águas de reuso agrícola (30 mg L^{-1}). Valores superiores podem acarretar problemas de entupimento em sistemas de irrigação e acúmulo de lodo em reservatórios.

Tabela 2. Valores médios dos parâmetros físicos, químicos e biológicos do esgoto bruto e dos afluentes de cada linha dos sistemas modulares, na safrinha e na entressafra

Parâmetro	Esgoto Bruto		Efluente Linha (A)				Efluente Linha (B)			
	Safrinha	Entre Safra	Valor Médio		Remoção (%)		Valor Médio		Remoção (%)	
			Safrinha	Entre Safra	Safrinha	Entre Safra	Safrinha	Entre Safra	Safrinha	Entre Safra
Sólidos Suspensos (mgL ⁻¹)	779,5	224	23	37	97,05	83,48	22	59	97,18	73,66
Sólidos sedimentares (mL L ⁻¹)	37,85	34,40	0,2	0,1	99,47	99,71	0,20	0,20	99,47	99,42
DQO (mg O ₂ L ⁻¹)	256	418	82	154	67,97	63,20	80	137	68,75	67,26
Coliformes Totais (NMP 100mL 10 ⁻⁶)	4,27	3,48	1,63	2,24	61,83	35,63	1,37	2,07	67,92	40,52
Nitrogênio Amoniacal (mg L ⁻¹)	33,94	26,95	28,59	41,95	15,73	55,47	39,81	33,78	17,35	25,34
Fósforo Total (mg L ⁻¹)	5,33	5,05	5,44	3,82	-2,06	24,28	5,54	3,40	-3,94	32,61
Condutividade elétrica (dS m ⁻¹)	0,69	0,62	0,72	0,71	-0-	-0-	0,77	0,71	-0-	-0-
pH	7,66	7,27	7,36	7,31	0-	0-	7,40	7,30	-0-	-0-

Obs: NMP – Número Mais Provável; DQO – Demanda Química de Oxigênio

O resultado apresentado neste estudo com relação à eficiência de remoção de sólidos suspensos com relação ao sistema de tratamento da linha (A), reator UASB, pode ser considerada excelente, porque em estudos feitos por (Andrada et al., 2005), constatou-se que a eficiência média de remoção para o mesmo tipo de reator com o esgoto bruto com média de concentração de sólidos suspensos de 187 mg L⁻¹, foi de 68%.

Os valores de remoção para o parâmetro sólidos sedimentáveis foram praticamente os mesmos tanto para os diferentes ciclo da cultura como também com relação ao diferentes tratamento, apresentando média de remoção acima de 99% em relação ao afluente.

Analisando os valores médios de DQO no afluente, em cada ciclo, verifica-se que eles são inferiores à faixa de 450 a 800 mg O₂ L⁻¹, descrita por (Sperling, 1996) como sendo a concentração característica para DQO de esgotos domésticos. Experimento realizado anteriormente por Valentim (1999) também apresentou valores relativamente baixos de DQO no afluente (entre 93 e 508 mg de O₂ L⁻¹). A eficiência na remoção de DQO no sistema da linha A, com o reator UASB, foi inferior ao esperado, chegando próximo ao mínimo indicado apenas para reatores UASB por (Sperling, 1995), que é de 60%. A atuação dos filtros anaeróbios promoveu uma melhora na remoção de DQO pelo sistema da linha (A), porém, houve redução da sua eficiência no decorrer do ensaio, obtendo-se valores médios de 67,97 % na safrinha e 63,20% na entressafra. Estes valores não diferem muitos dos encontrados por Andrada et al. (2005), que operaram sistemas similares nos quais o esgoto bruto tinha o valor médio de 377 mg O₂ L⁻¹ com uma eficiência média de remoção de DQO de 63%.

O mesmo ocorreu na linha de fluxo (B), obtendo-se valores médios de 80 e 137 mg de O₂ L⁻¹. Constatou-se uma ligeira superioridade na eficiência de remoção da DQO na linha (B), cujos valores médios de remoção foram de 68,75% na safrinha e 67,26% na entressafra.

Os valores médios de DQO obtidos na saída dos sistemas de tratamento, e que foram utilizados no reúso agrícola, resultaram em valores inferiores a 150 mg de O₂ L⁻¹, menos na entressafra da linha (A). Shende, citado por Souza et al. (2003), aponta este valor como sendo o que apresentou melhor desempenho das culturas estudadas com a irrigação com efluente. Segundo o autor, valores próximos a 1000 mg L⁻¹ afetaram negativamente a produção das culturas.

Comparando-se a eficiência de remoção do UASB, ou mesmo da linha (A), com os resultados da literatura, verifica-se que seu desempenho foi inferior aos valores obtidos por (Aisse et al., 2000) e (Morais et al., 2001), os quais constataram eficiências superiores a 70% e 80%, respectivamente. Ao se comparar o desempenho obtido pelo RAC, linha (B), verifica-se que seus valores são ligeiramente superiores aos apresentados por (Valentim, 1999) e (Aisse et al., 2000), que foram de 61% e 58%; respectivamente.

Sperling, (1995) apresenta, para os tipos de reatores utilizados neste estudo, valores de remoção de coliformes totais na faixa de 60 a 90%, sendo que, observando os valores médios, em cada ciclo, verifica-se que as eficiências totais de remoção dos sistemas de tratamento ficaram próximos do esperado, apresentando respectivamente os valores de 61,83% e 35,63% para Linha (A) e de 67,92% e 67,26% para Linha (B).

Assim como ocorreu com o desempenho dos sistemas para remoção de sólidos suspensos e DQO, no período de entressafra da cultura, houve redução na eficiência de remoção de coliformes totais dos sistemas. Valentim (1999) obteve resultados semelhantes, indicando que houve uma possível relação entre eles, o que levou o autor a supor que quanto mais eficiente for o reator na remoção dos sólidos suspensos tanto maior será a remoção de coliformes no seu efluente.

Os sistemas modulares utilizados nas linhas de fluxo (A) e (B) apresentaram baixa eficiência na remoção do nitrogênio amoniacal. A Resolução CONAMA 20/86 estabelece como limite o valor máximo de 1,0 mg L⁻¹ de nitrogênio na forma amoniacal. Contudo, do ponto de vista agrícola, a maioria das culturas não apresentam efeito negativo com concentrações inferiores ao valor de 30 mg L⁻¹ de N amoniacal (Ayres & Westcot, 1991). Comparando os valores médios, em cada ciclo, obtidos no efluente final de cada sistema de tratamento (A e B) com as concentrações do afluente, constata-se que a linha de fluxo (B) apresentou incremento de N amoniacal na safrinha e entressafra, assim como na entressafra para a linha de fluxo (A), enquanto que houve uma pequena remoção na safrinha para a linha

de fluxo (A). O incremento nos valores de nitrogênio na forma amoniacal ocorrido no UASB e no RAC pode ser explicado, em parte, pelo processo de estabilização da matéria orgânica ocorrida no interior desses reatores, transformando o N orgânico em N amoniacal.

Emongor & Ramolemana (2004) irrigaram hortícolas e frutíferas com efluente tratado por lodos ativados e lagoas de maturação, o qual apresentava uma concentração média de nitrogênio amoniacal de 18 mg L^{-1} , os autores não relataram problemas em curto prazo.

Meli et al. (2002) pesquisaram, no mediterrâneo, as mudanças químicas e microbiológicas ocorridas no solo em duas áreas de 2 hectares de citros cultivadas no mesmo solo e submetidas à mesmo manejo de irrigação durante 15 anos; uma parcela era irrigada por água proveniente de rio e a outra oriunda de uma estação de tratamento. O efluente ficava armazenado durante o inverno (Maio-Setembro) e era utilizado no verão e na primavera. O efluente apresentava valores médios de nitrato baixos, ou seja, $0,26 \text{ mg L}^{-1}$ e nitrogênio amoniacal igual a $13,51 \text{ mg L}^{-1}$. Após 15 anos de irrigação com efluente foi possível concluir que não houve efeitos negativos relativos à biomassa microbiológica do solo e que esta se desenvolveu de forma análoga à parcela irrigada com água superficial. As plantas irrigadas com efluente demonstraram maior capacidade de metabolizar os nutrientes disponíveis no solo.

Sperling (1995) estima que a eficiência na remoção de fósforo pelos reatores utilizados no SITRAE poderia ser de até 45%, sendo que os resultados apresentados neste estudo não mostraram eficiência alguma de remoção na safrinha (com valores de -2,06% e -3,94% nas linhas A e B, respectivamente) e na entressafra foram alcançadas as eficiências de 24,28% e 32,61% (nas linhas A e B, respectivamente). Os valores médios de fósforo obtidos em cada ciclo da cultura foram muito acima das concentrações máximas permitidos pela Resolução CONAMA 20/86, que estabelece como limite o valor de $0,025 \text{ mg L}^{-1}$ para lançamento em cursos d'água. Entretanto, deve-se ressaltar que o efluente do SITRAE destina-se ao reuso agrícola e que os valores máximos permitidos para tal fim poderão ser maiores. Sandri (2003) encontrou no efluente utilizado na irrigação da cultura de alface concentrações de P na faixa de 1,1 a $2,6 \text{ mg L}^{-1}$. O autor afirma que se verifica muita disparidade na literatura quanto ao limite de P em água para irrigação agrícola; mas cita o valor de 30 mg L^{-1} de P como crítico. De acordo com (König et al., 1997), dada a escassez, na literatura, de padrão para P em esgoto tratado para reuso, deve se atentar para que as concentrações médias de P sejam compatíveis com as necessidades da cultura.

Fonseca (2001) em seu estudo sobre a disposição de efluente de esgoto tratado no solo adubado na cultura do milho, constatou que o efluente não exerceu influência alguma no teor de fósforo, mas houve decréscimo de magnésio, independente da água de irrigação utilizada (potável ou efluente tratado).

Entre os parâmetros analisados no esgoto tratado para fins de reuso na agricultura, deve se destacar, entre outros, a condutividade elétrica. Para valores elevados de CE pode ocorrer algum grau de restrição para reuso, exigindo cuidados na seleção da cultura. A condutividade elétrica está relacionada com capacidade que o líquido analisado possui de transmitir corrente elétrica, em função da concentração de sólidos dissolvidos, principalmente sais inorgânicos, os quais podem causar a salinização do solo quando do reuso agrícola. Esta afirmação foi confirmada em estudo realizados por (Anami et al., 2008), onde foi demonstrado que a tendência de aumento da condutividade elétrica do solo foi devido ao aumento do volume lixiviado de nitrato e fosfato, confirmando a relação existente entre a condutividade elétrica e os teores destes sais. Analisando-se os valores médios para cada ciclo da cultura, pode se verificar que houve uma tendência de elevação do valor da CE no efluente final dos sistemas modulares das linhas (A) e (B), em relação ao obtido no afluente, sendo os valores de CE ligeiramente superiores ao valor de $0,7 \text{ dS m}^{-1}$, apresentado por (Ayes & Westcot, 1991) como sendo o limite para que a água possa ser utilizada na irrigação sem

nenhum problema, mesmo para as culturas mais sensíveis à salinidade. Porém, Raij (2003) afirma que este valor limite pode ser maior, pois, em geral, os problemas para as plantas ocorrem quando a condutividade elétrica do extrato de saturação do solo supera o valor de 4 dS m^{-1} . Mancuso & Santos (2003), assim como (Ayres & Westcot, 1991), apresentam uma proposta para classificação quanto ao grau de perigo de salinização ou restrição ao uso de águas na irrigação, sendo que os valores médios obtidos neste estudo situam-se na classe média de salinidade ($0,3$ a $0,8 \text{ dS m}^{-1}$), apresentando grau “ligeiro” de restrição.

Analisando os resultados de pH dos efluentes da linha (A) e (B) e do esgoto para cada ciclo, observam-se valores médios ligeiramente básicos. Valores dentro da faixa de pH entre 6,7 e 7,5, segundo (Sperling, 1996), é característico para esgotos domésticos. Os valores de pH dos efluentes dos sistemas de tratamento do esgoto (A) e (B) que foram utilizados para irrigação, de acordo com (Ayres & Westcot, 1991), são considerados adequados pois estão entre 6,5 a 8,4, segundo recomendação dos autores. Estes resultados estão dentro dos padrões estabelecidos pela Resolução 20 do CONAMA (1986) para irrigações irrestritas, cujo valor de pH estão na faixa de 6,0 a 9,0. Para (Mancuso & Santos, 2003) é importante que o pH do efluente utilizado para fins agrícola esteja na faixa de 6,0 a 8,5, pois estes valores não serão prejudiciais a maioria das plantas cultivadas. Os solos brasileiros são, normalmente, ácidos, sendo que a maioria dos efeitos do pH sobre as culturas ocorre de maneira indireta, ou seja, com a elevação no pH do solo aumenta a disponibilidade dos nutrientes no solo, facilitando a assimilação pelas plantas. A concentração H^+ e OH^- , contidas nas águas de irrigação, pode exercer influência na disponibilidade e absorção de nutrientes por parte das plantas, na estrutura e propriedades do solo e nos sistemas de irrigação, de acordo com (Duarte et al., 2008)

As informações sobre os dados pluviométricos, temperatura máxima (Tmax) e temperatura mínima (Tmin), para a cultura do milho na safrinha e entressafra estão apresentadas e nas Figuras 3 e 4 respectivamente.

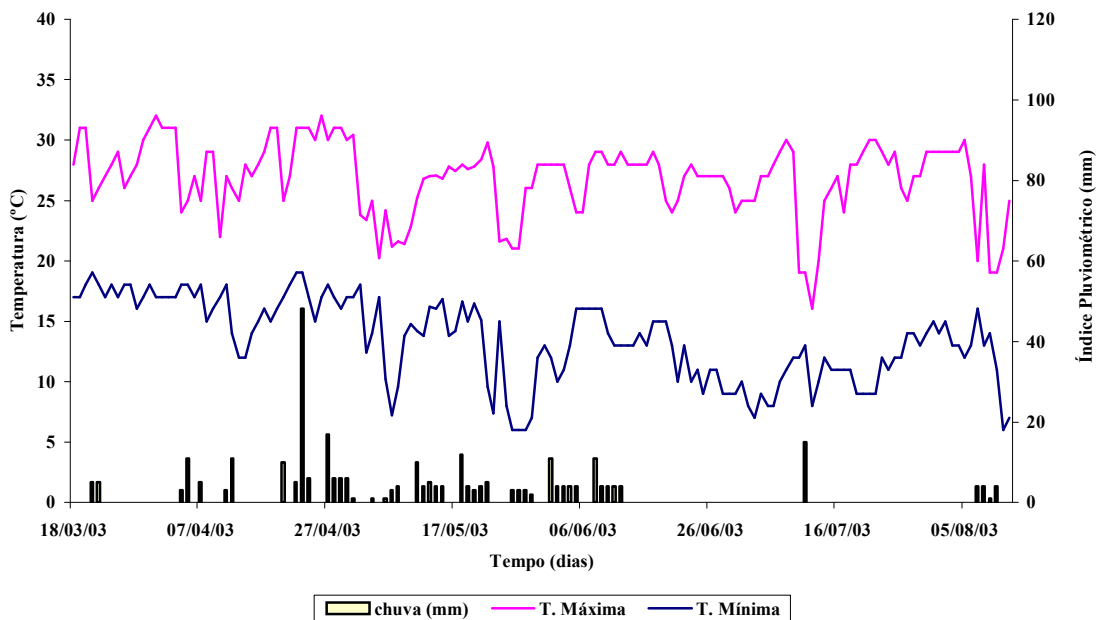


Figura 3. Dados de Índice Pluviométrico e Variações de Temperatura Diárias (safrinha).

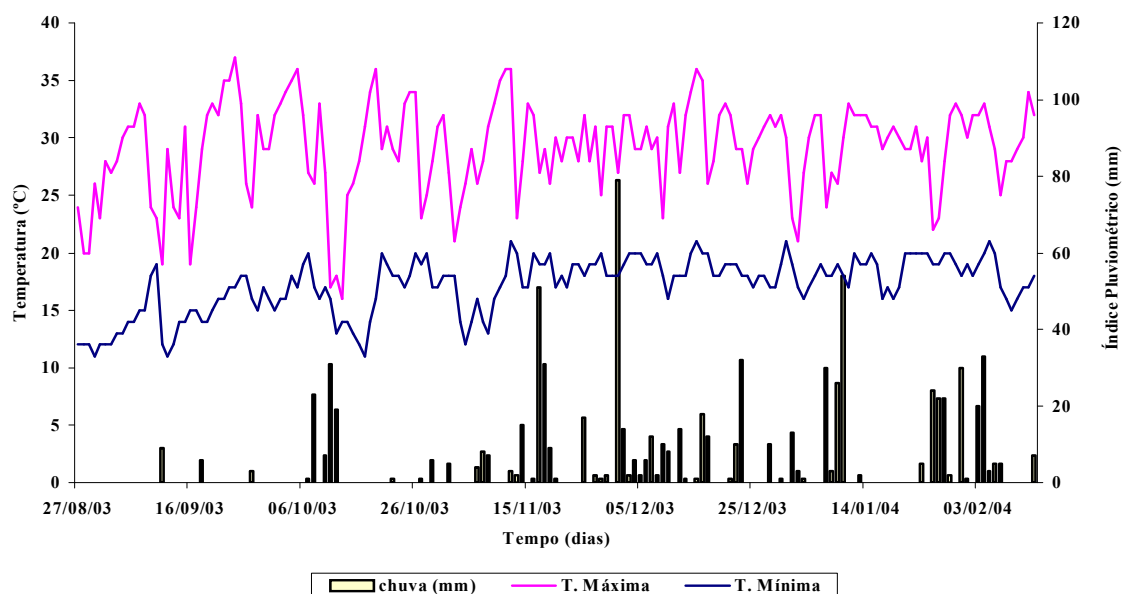


Figura 4. Dados de Índice Pluviométrico e Variações de Temperatura Diárias (entressafra).

O ciclo da cultura (safrinha), se desenvolveu em um período onde a precipitação foi bem distribuída no início do desenvolvimento (Figura 3). Cabe ressaltar que, para o período estudado, as chuvas ocorridas na safrinha foram maiores que as médias históricas, que de acordo com o Centro de Ensino e Pesquisa em Agricultura da Unicamp é de aproximadamente 357 mm, favorecendo deste modo, o tratamento testemunha em sequeiro (T1).

Na entressafra que é o período de estiagem e com pluviosidade inferior as médias anuais da região, o efeito prejudicial sobre o desenvolvimento das plantas no início cultura, refletindo nos resultados biométrico finais, foi observado em todos os tratamentos, mas com maior intensidade no tratamento em sequeiro (T1).

Com relação às temperaturas máximas (Tmax) e mínimas (Tmin), observou-se que as médias mensais se mantiveram dentro do esperado para o período. Observando-se que, em geral, a Tmax se manteve menos variável nos dois ciclos, com uma redução no final da safrinha. A Tmin foi mais variável, com uma grande redução no final da safrinha e começo da entressafra.(Figuras 3 e 4).

Os valores das medidas biométricas das plantas de milho durante os ciclos da cultura são apresentados na Tabela 3.

O fator temperatura, bem com a sua variação (amplitude térmica), é de fundamental importância no desenvolvimento, florescimento e maturação dos grãos do milho, com efeitos diretos na produtividade, pois a duração do ciclo da cultura é influenciada pela temperatura. As condições ótimas de temperaturas diurnas para a produção, segundo Cati (1999), devem ser entre 25 e 30 °C e as noturnas devem ser amenas (18-24°C). Na safrinha, a temperatura foi elevada durante as fases iniciais do ciclo, reduzindo-se com o desenvolvimento do ciclo. A manutenção dos valores de temperatura máxima elevada, juntamente com a maior quantidade e melhor distribuição das chuvas (Figura 3), favoreceram o desenvolvimento das plantas na safrinha. Porém, como os menores valores da temperatura mínima ocorreram justamente no período de florescimento das plantas, a produtividade da cultura foi menor, mesmo nos tratamento onde não houve déficit hídrico no solo (T2, T3 e T4), como pode ser verificado nos dados sobre a cultura apresentados na Tabela 3.

No período de entressafra a cultura do milho foi a mais prejudicada pela temperatura, pois os baixos valores de Tmin e a grande amplitude térmica coincidiram com o início do

desenvolvimento das plantas, acarretando uma redução em sua produtividade, apresentado o menor valor na comparação entre os ciclos da cultura (safrinha e entressafra).

Tabela 3. Valores das medidas biométricas das plantas de milho durante os ciclos da cultura

Tratamento	Inflorescência Masculina (DAS) ⁽¹⁾		Estande (pL ha ⁻¹)		Altura da Planta (cm)		Produtividade (Kg ha ⁻¹)	
	Safrinha	Entre safra	Safrinha	Entre safra	Safrinha	Entre safra	Safrinha	Entre safra
	T4 – Efluente Linha (A)	77a	84a	39.000a	28.000a	211a	178b	6307a
T3 – Efluente Linha (B)	78a	83a	35.000a	27.000a	205ab	181b	6593a	5424a b
T2 – Testemunha Irrigado	81b	82a	38.000a	28.000a	188bc	197a	5778a	617 a
T1 – Testemunha sequeiro	86c	90b	36.000a	16.000a	170c	146c	5418a	3758 b

Obs.: As médias seguidas pelas mesmas letras, na coluna, não diferem do nível de 0,05 de probabilidade, pelo Teste Tukey.

⁽¹⁾ D.A.S. – Dias Após a Semeadura

A irrigação com os diferentes tipos de efluentes apresentaram variações entre os tratamentos, sendo a responsável pelas diferenças observadas entre os tratamentos dentro de cada ciclo do milho, como pode ser constatado nos valores biométricos e de produtividade do milho (Tabela 3).

O período para o surgimento da inflorescência masculina tem grande importância para o rendimento da cultura. Quanto mais longo o período, maior será o ciclo do milho, e conseqüentemente será necessário um tempo maior para a formação e enchimento dos grãos, retardando a colheita. Com isso, as plantas ficam mais tempo expostas às condições adversas do clima e incidência de pragas, que podem aumentar os custos de produção. Analisando as fases de desenvolvimento das plantas entre os ciclos da cultura, verifica-se claramente que na fase vegetativa do milho, que se encerra com a inflorescência masculina, foi menor na safrinha (77-86 DAS) em comparação com a entressafra (82-90 DAS), mesmo nos tratamento com reúso de efluentes dos diferentes sistemas de tratamento de esgoto. As variações entre os tratamentos ocorridos na safrinha e entressafra, evidenciando o efeito da irrigação na cultura. Na safrinha, o uso de efluente propiciou uma ligeira redução no período vegetativo das plantas de milho, propiciando sua maior produtividade. Na entressafra, em função da demanda de água pela cultura, os tratamentos com uso de efluente na irrigação não conseguiram suprir totalmente suas necessidades, resultando num período vegetativo maior do milho quando comparado com o T2 (testemunha irrigada), porém não sendo estatisticamente significativo.

Outro dado biométrico importante, e que foi influenciado pelas condições climáticas, e a irrigação, é a altura das plantas, porque ao comparar este valor entre as épocas de plantio, verificou-se elevada diferença na comparação entre a safra e a entressafra, (Tabela 3).

Comparando a produtividade da cultura obtida em cada época de plantio, constata-se que também houve redução nos valores obtidos. Contudo, com exceção do tratamento T1 (testemunha sequeiro), a redução da produção não é elevada, principalmente na produção obtida na safrinha e na entressafra, cujos valores ficam próximos do potencial produtivo (7.000 kg ha^{-1}) esperado para a safra deste cultivar sem a utilização de um alto grau tecnológico, o que indica uma melhora, para o produtor, com o uso da irrigação por sulco. Este melhor desempenho é ainda maior quando há a utilização de águas residuárias para fins agrícolas, pois, além de promover o aumento na produtividade, aumenta o valor agregado do produto com a diminuição dos custos de produção com irrigação e fertilizantes.

Na safrinha, pode-se constatar que houve várias diferenças entre os tratamentos. A primeira delas é com relação à germinação das plantas, sendo observado que a testemunha de sequeiro (T1) necessitou de dois dias a mais para a emergência das plantas, além de uma germinação desuniforme entre elas. Os outros tratamentos não apresentaram diferença quanto à emergência das plantas de milho. Os valores de altura das plantas nos tratamentos com reúso de efluente dos sistemas de tratamento T3 e T4 não apresentaram diferenças, sendo superiores ao tratamento T2, e esta com valores maiores que a testemunha de sequeiro (T1).

Comparando a altura de plantas entre os tratamentos, durante a safrinha e entressafra, pode-se verificar que os tratamentos com uso da irrigação com e sem água residuária (T2, T3 e T4) apresentaram plantas com alturas médias superiores à altura da testemunha de sequeiro, demonstrando a influência da irrigação para o controle do déficit hídrico do solo no desenvolvimento do milho.

Pode-se observar que mesmo com as condições restritivas de temperatura e duração de luminosidade durante o ciclo da cultura na safrinha, a produtividade estimada para este período nos tratamentos com reúso de efluentes foram muito bons quando se compara com os valores para a região de Campinas. Segundo levantamento do Instituto de Economia Agrícola, a região de Campinas teve uma produtividade média de 3150 kg ha^{-1} , na safrinha de 2003 (período seco), sendo constatado para o estado de São Paulo o valor de 3460 kg ha^{-1} para a mesma época (www.iea.sp.gov.br). Comparando-se o valor obtido no experimento com a média para a região de Campinas, ou mesmo para o estado, observa-se que este foi sempre superior. Se comparado com a produtividade média nacional para a cultura do milho, os valores também estão bem acima, segundo Teixeira (2004), que é de 3534 kg ha^{-1} . Avaliando os resultados na entressafra, os tratamentos com irrigação e reúso apresentaram produtividade superior às médias da região e do Estado de São Paulo. Estes resultados indicam que o reúso de efluentes possui grande potencial para o aumento na produtividade desta cultura, além do aumento na utilização da terra em períodos que ela fica ociosa.

Durante o período de entressafra, não houve diferenças significativas na cultura para os tratamentos T2, T3 e T4 com relação ao estande. Pode-se notar que na produtividade os tratamentos T4 e T3 não apresentaram diferenças significativas enquanto que para os tratamentos T3 e T1 ocorreu. A desvantagem apresentada na cultura para o tratamento T1 ocorreu porque a cultura foi desenvolvida numa época de estiagem, ou seja, não houve suplementação hídrica, o que foi diferente nos tratamentos T2, T3 e T4, onde o testemunha irrigado teve seu déficit hídrico repostado a cada 4 dias e os tratamentos T3 e T4 foram irrigados diariamente com efluente (Tabela 3). Nos tratamentos T3 e T4, a aplicação no solo foi limitada devido à produção do efluente, que apresentava problemas de sazonalidades. Os problemas eram devidos, as variações da vazão do sistema de tratamento de esgoto que ocorriam em função dos costumes e peculiaridades dos habitantes.

O período de máxima exigência hídrica do milho é na fase do florescimento, por isso déficits de água que ocorrem nesse período provocam reduções na produtividade. Déficit anterior ao florescimento reduz a produtividade na faixa de 20 a 30%; no florescimento entre 40 e 50%, e após o florescimento em até 20%. Na tabela 4 estão apresentados os valores de

quantidade de água, produção da cultura, eficiência no uso da água e o acréscimo na produtividade de milho com a irrigação e o reúso de efluentes.

Tabela 4. Quantidade total de água aplicada nos tratamentos, produção de grãos de milho por metro quadrado, eficiência no uso da água e acréscimo da produtividade devido à irrigação.

Tratamento	Quantidade de água (mm)		Produção (g m ⁻²)		Eficiência do Uso da água (g L ⁻¹)		Acréscimo na produtividade com uso de irrigação (kg ha ⁻¹ mm ⁻¹)	
	Safrinha	Entre safra	Safrinha	Entre safra	Safrinha	Entre safra	Safrinha	Entre safra
T4 – Efluente Linha (A)	1200	1150	630,7	632,3	0,52	0,55	99,3	772,6
T3 – Efluente Linha (B)	1197	1157	659,3	542,4	0,55	0,47	131,7	491,4
T2 – Testemunha Irrigado	1158	1778	577,8	617,5	0,50	0,35	42,2	251,8
T1 – Testemunha sequeiro	305	818	541,8	375,8	1,77	0,46		

No período da safrinha, a técnica da irrigação e do reúso de efluente permitiram alcançar níveis de quantidade de água no solo superior a 800 mm. Este valor foi estimado, tomando-se como referência o tratamento T1 (manejo da cultura no sistema de sequeiro), onde toda a quantidade de água aplicada na parcela foi devido a precipitação no período, que foi de 305 mm (Tabela 4). Nos outros tratamentos (T2, T3 e T4), houve a contribuição de uma maior quantidade de água no solo devido à irrigação e à aplicação de efluentes. Portanto ao se estimar este consumo para os 3 tratamentos, subtraiu-se o valor da precipitação no período da quantidade total de água aplicada nas parcelas. Os valores encontrados foram de 895, 892 e 853 mm respectivamente para os tratamentos T4, T3 e T2. Estes valores de suplementação hídrica significaram, um aumento de produção de 42,2 kg ha⁻¹ no tratamento T2 (irrigado), de 131,7 kg ha⁻¹ no T3 (efluente sistema B) e 99,3 kg ha⁻¹ no T4 (efluente sistema A). Estes valores de produção foram afetados em consequência da distribuição das chuvas e irrigações ao longo do ciclo da cultura. No caso da safrinha, se deram breves períodos de déficit hídrico, um de 28 dias e outro de 26 dias, durante e logo após a floração, acarretando restrições para o enchimento e a maturação dos grãos (Figura 3).

Para o período de entressafra, a suplementação hídrica significou um aumento de produção de 251,8 kg ha⁻¹ no tratamento T2 (irrigado), de 491,4 kg ha⁻¹ no T3 (efluente sistema B) e 772,6 kg ha⁻¹ no T4 (efluente sistema A), cujos resultados estão apresentados na Tabela 4.

Considerando a quantidade total de água aplicada na entressafra (precipitação mais irrigação) e sua distribuição ao longo do ciclo da cultura, observa-se um maior índice pluviométrico quando comparado ao período da safrinha. Esta variação da precipitação nos

dois períodos e a boa e uniforme distribuição das chuvas ao longo do ciclo da cultura na entressafra (Figura 4), ajudaram aos bons resultados no acréscimo de produtividade.

Observa-se que na safrinha e entressafra a eficiência do uso da água foi sempre maior nas parcelas onde foram aplicados os efluentes (tratamentos T4 e T3) quando comparado com o tratamento irrigado (T2). Isto indica a viabilidade econômica no sentido de economia de fertilizantes, melhor aproveitamento dos recursos hídricos e das águas residuárias para uso na agricultura.

6 CONCLUSÕES

A água residuária utilizada, com relação aos parâmetros discutidos, mostrou-se adequada para irrigação por sulco na cultura do milho.

Os efluentes do sistema de tratamento de esgoto proporcionaram produtividades nos períodos de safrinha e entressafra para a cultura do milho, valores acima da média do Estado de São Paulo e do Brasil.

A irrigação por sulcos utilizando os efluentes tratados sempre apresentou maiores valores com relação à altura de plantas e eficiência do uso da água, quando comparado ao tratamento irrigado com água não residuária.

7 REFERÊNCIAS

AL-JALOUD, A.A.; et al. Effect of wastewater irrigation on mineral composition of corn and sorghum plants in a pot experiment. **Journal of Plant Nutrition**, v. 18, p. 1677-1692, 1995.

ANAMI, M. H.; SAMPAIO; et al.. Deslocamento miscível de nitrato e fosfato proveniente de água residuária da suinocultura em colunas de solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 1, p. 75-80, 2008

ANDRADA, J. G. B.; SANTOS, P. S.; SPERLING, M.von. Tratamento de esgoto simplificado, possibilitando atendimento a diversos critérios para reuso. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 4, p. 112-117, 2005. Suplemento

ANDRADE, I. P.; et al.. Impacto do reuso de efluentes de esgoto no lixiviado de solos cultivados com milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, p. 212-216, 2005. Suplemento

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 18 th ed. Washington, 1995. 1134 p.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20 th ed. Washington, 2003. 3118 p.

AISSE, M.M.; et al. Estudo comparativo do reator UASB e do reator anaeróbio compartimentado seqüencial no tratamento de esgoto sanitário. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE INGENIERIA SANITÁRIA Y AMBIENTAL, 27., 2000, Porto Alegre, RS. **Anais...** Rio de Janeiro: ABES, 2000. p 81-86.

AYRES, R. S.; WESTCOT, D. W. A qualidade da água na agricultura. Campina Grande: UFPB, 1991, 218 p. (Estudo da FAO 29 - Irrigação e Drenagem)

CAMPOS, J.R. **Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo**. Rio de Janeiro: ABES, 1999. 435 p. Projeto PROSAB

COORDENADORIA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA INTEGRADA. **Cultura do milho**. Campinas-SP, 1999. 34 p. (Boletim técnico 240).

DUARTE, A. S.; et al. Efeito da aplicação de efluente tratado no solo: pH, matéria orgânica, fósforo e potássio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 3, p. 302-310, 2008.

DUARTE, A.P.; Paterniani, M. E. A. G. Z. **Fatores bióticos e abióticos em cultivares de milho e estratificação ambiental: avaliação IAC/CATI/EMPRESAS – 1999/2000**. Campinas, SP: Instituto Agrônomo de Campinas, 2000. 150 p. (Boletim científico, 5).

EMONGOR, V. E.; RAMOLEMANA, G. M. Treated sewage effluent (water) potential to be used for horticultural production in Botswana. **Physics and Chemistry of the Earth**, v. 29, p. 1101–1108, 2004.

FONSECA, A. F. **Disponibilidade de nitrogênio, alterações nas características químicas do solo e do milho pela aplicação de efluente de esgoto tratado**. Dissertação de Mestrado em Agronomia. 110 p. Escola Superior Agronomia Luiz de Queiroz, Universidade Estadual de São Paulo, Piracicaba, 2001.

FONSECA, A. F.; et al.. Agricultural use of treated sewage effluents: Agronomic and environmental implications and perspectives for Brazil. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 64, n. 2, p. 194-209, 2007.

INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA. Série Informações Estatísticas da Agricultura Disponível em: <<http://www.iewa.sp.gov.br>> Acesso em: 03 dez de 2004

KONIG, A.; et al. (1997). Uso de esgoto tratado como fonte de água não convencional para irrigação de forrageiras. **Anais do 19º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental (em CD-ROM)**.

MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H.F. **Reúso de água**. São Paulo: Manole, 2003. 576 p.

MELI, S.; et al. Influence of irrigation with lagooned urban wastewater on chemical and microbiological soil parameters in a citrus orchard under Mediterranean condition. **The Science of the Total Environment**, v. 285, p. 69-77, 2002.

MELLOUL, A.A.; HASSANI, L.; RAFOUK, L. Salmonella contamination of vegetables irrigated with untreated wastewater. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, Oxford, v. 17, n. 2, p. 207-209, 2001.

METCALF & EDDY. INC. **Wastewater engineering treatment disposal reuse**. 4 th ed. New York: McGraw - Hill Book, 2003. 1815 p.

MORAIS, J. C.; KATO, M. T.; FLORENCIO, L. T. Avaliação de um sistema UASB para tratamento de esgotos domésticos em Jaboatão dos Guararapes, Pernambuco. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 21, João Pessoa , **Anais...** ABES 2001. p 1-5.

ORON, G.; et al. Wastewater treatment, renovation and reuse for agricultural irrigation in small communities. **Agricultural Water Management**, v. 38, p. 223-234, 1999.

RAIJ, B. VAN. Solo e meio ambiente. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29, Ribeirão Preto, 2003, SP. **Anais...** Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p.1-6, 2003.

RAIJ, B. VAN; et al. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. **Boletim técnico do Instituto Agrônomo de Campinas**, n. 100, 1997. 285 p.

SANDRI, D. **Irrigação da cultura de alface com água residuária tratada com leitos cultivados com macrófitas**. 2003. 186p. Tese (Doutorado em Engenharia de Água e Solo).Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas , SP

TEIXEIRA, D.V.. Milho: (superando limites de produtividade.) Informativo Manah, São Paulo, v. 22, n. 166, 2004.

Disponível em: <<http://www.manah.com.br/informativos>> Acesso em: 10 ago de 2006

SOUZA, C.F. **Desempenho do regime de vazão continuamente reduzida em irrigação por sulcos**.. 1997. Dissertação (Mestre em Agronomia na área de irrigação e drenagem). Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1997.

VALENTIM, M. A. A. **Uso de leitos cultivados no tratamento de efluente de tanque séptico modificado**. 1999. Dissertação (Mestrado em Engenharia agrícola na área de saneamento) – Faculdade de Engenharia Agrícola de Campinas, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1999.

SPERLING, M. von. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**: introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Belo Horizonte, UFMG Departamento. de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1996. v. 1, 243 p.