

## CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS POR NITROGÊNIO DEVIDO À IRRIGAÇÃO COM EFLUENTE DO TRATAMENTO DE ESGOTO

MURIEL CRISTIANE KOJUNSKI PINTO<sup>1</sup>; RAIMUNDO LEITE CRUZ<sup>1</sup>;  
ELISANDRO PIRES FRIGO<sup>2</sup>; MICHELLE SATO FRIGO<sup>2</sup> e ELIANE HERMES<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP, Campus Botucatu, Fazenda Experimental Lageado, CEP: 18603-970, Botucatu, SP - Brasil.

<sup>2</sup> Universidade Federal do Paraná – UFPR, Setor Palotina, Rua Pioneiro 2153, CEP: 85959-000, Palotina, PR - Brasil. E-mail: elianehermes@yahoo.com.br

### 1 RESUMO

A agricultura é uma atividade em que há a possibilidade de utilização de águas de qualidade inferior e o reuso surge como uma alternativa na irrigação. Porém, faz-se necessário conhecer os efeitos negativos da sua reutilização sobre o ambiente. O presente trabalho teve como objetivo quantificar a presença nas águas subterrâneas de nitrogênio devido à irrigação por gotejamento com efluente do tratamento de esgoto doméstico. Foram conduzidos três ciclos da cultura da alface americana cv. Raider, o primeiro ocorreu no período de outubro e novembro de 2009, o segundo em abril e maio de 2010 e o terceiro em junho e julho de 2010. O uso do efluente foi comparado com água potável com lâminas de irrigação acumuladas de 98,8 mm para o 1º ciclo, 98,4 mm para o 2º ciclo e 119 mm para o 3º ciclo. Analisou-se o percolado pelo solo a 0,25 m e a 0,50 m de profundidade, quanto às concentrações de nitrato, nitrito e amônia, em um delineamento experimental inteiramente casualizado. Concentrações de nitrito e amônia no percolado pelo solo irrigado com efluente não apresentaram risco de contaminação para as águas subterrâneas. O nitrato apresentou preocupação, porém com concentrações próximas tanto para o efluente como para a água potável.

**Palavras-chave:** nitrato, percolado, reuso de água.

**PINTO, M. C. K.; CRUZ, R. L.; FRIGO, E. P.; FRIGO, M. S.; HERMES, E.  
NITROGEN GROUNDWATER CONTAMINATION CONSEQUENTIAL OF  
IRRIGATION WITH EFFLUENT FROM SEWAGE TREATMENT**

### 2 ABSTRACT

Agriculture is an activity in which there is the possibility of using lower quality water and reuse appears as an alternative for irrigation. However, the negative environmental effects of reuse must be understood. The objective of the present work was to verify the potential of groundwater contamination by nitrogen duo to drip irrigation with effluent from domestic wastewater treatment. Three crop cycles of lettuce cv. Raider were conducted, the first between October and November 2009, the second in April and May 2010 and the third one in June and July 2010. The use of effluents was compared with potable water at accumulated water depths of 98.8 mm for the first, 98.4 mm for the second and 119 mm for the third cycle. Soil percolate concentrations of nitrate, nitrite and ammonia were studied at 0.25 m and 0.50

m depths in a completely randomized design. Percolate concentrations of nitrite and ammonia in soil irrigated with effluents showed no groundwater contamination risk. Nitrate however, caused concern, albeit with similar concentrations for both effluent and potable water.

**Keywords:** nitrate, leachate, water reuse.

### 3 INTRODUÇÃO

O crescimento das áreas agrícolas e por consequência o desmatamento têm repercutido sobre os recursos hídricos e na qualidade de vida das populações, necessitando de uma reorganização do espaço e principalmente o gerenciamento dos recursos naturais (Valle Júnior et al., 2010).

Em função da constante expansão demográfica e da evolução tecnológica, quantidades maiores de água são exigidas o que tem diminuído a disponibilidade deste recurso, tanto em quantidade como qualidade (Costa et al., 2007; Amaral et al., 2006). Além disso, sua utilização pelo homem transforma-a, de potável, em residuária ou esgoto, pela introdução de substâncias indesejáveis de caráter físico, químico e principalmente microbiológico que alteram sua qualidade (Funasa, 2007).

Os esgotos são responsáveis por considerável contaminação dos recursos hídricos quando neles inexitem ou dispõem somente de sistemas de tratamento parcial e mesmo quando submetidos a estações de tratamento. O efluente de tratamento de esgoto é geralmente lançado em cursos d'água (Silva, 2008) sendo que esta prática tem sido muito discutida, pois mesmo após o seu tratamento tem sido constatado alguns impactos ambientais (Silva, 2008).

Apesar de o efluente representar um problema ambiental, possui características desejáveis agronomicamente. Tais vantagens referem-se ao seu potencial como fertilizante, pois é rico em nutrientes, e, sobretudo, apresenta potencialidade de uso como fonte d'água às plantas. Isto, aliado a competição por recursos hídricos limitados, tem favorecido procedimentos visando sua maior reutilização na agricultura, como os efluentes domésticos (Friedman et al., 2007), de suínos (Baumgartner et al., 2007) e de indústrias de produção de alimentos em geral (Saraiva et al., 2007)

Porém, os nutrientes em excesso nos efluentes, especialmente o nitrogênio, podem resultar em problemas ambientais, principalmente por sua lixiviação e a contaminação do lençol freático, uma vez que os mananciais subterrâneos e os corpos d'água superficiais são os receptores finais das águas servidas lançadas sobre o solo (Silva et al., 2007).

Resende (2002) explica que, das diversas formas de nitrogênio presentes na natureza, a amônia e, em especial, o nitrato, podem ser causas da perda de qualidade da água, porém, a amônia tende a ser rapidamente convertida em amônio, que, por sua vez, é convertido em nitrato. Assim, o nitrato é a principal forma de nitrogênio associada à contaminação da água pelas atividades agropecuárias.

Pinto et al. (2006) reforçam que embora alguns solos se comportem como um eficiente sistema de filtração e tratamento, elementos como o nitrato podem atingir o lençol freático, levando à sua contaminação e inviabilizando o uso das águas subterrâneas. Sendo que a percolação de elementos através do perfil do solo é um dos principais caminhos de transferências de elementos para o meio aquático (Berwanger, 2006).

Este trabalho teve como objetivo avaliar as concentrações de nitrato, nitrito e amônia presente na solução do solo devido à irrigação com efluente de tratamento de esgoto doméstico.

#### 4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agrônômicas, pertencente à Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Botucatu, Estado de São Paulo, 21°51’ latitude sul, 48°26’ longitude oeste e altitude de 786 m.

Foram conduzidos três ciclos da cultura da alface, o primeiro ciclo ocorreu no período de outubro de 2009 a novembro de 2009, o segundo no período de abril de 2010 a maio de 2010, e o terceiro ciclo no período de junho de 2010 a julho de 2010.

O trabalho foi desenvolvido em casa de vegetação, com 37,50 m de comprimento, 5,00 m de largura, 1,5 m de pé direito e 3,0 m de altura do vão central. A cobertura era de plástico. Foi realizado o monitoramento da temperatura no interior da casa de vegetação no decorrer dos ciclos, através de termômetro de máxima e mínima. As leituras eram realizadas diariamente no período da manhã.

Os três ciclos foram irrigados com: efluente do tratamento de esgoto doméstico do município de Botucatu, tratado pela SABESP, por meio de um sistema misto de tratamento, composto por tratamento preliminar (gradeamento, caixa de areia, calha tanque de equalização, reatores anaeróbios de fluxo ascendentes, tanque de aeração e decantadores) (EF) e água potável distribuída para o abastecimento público pela SABESP (AP). O solo foi classificado como Nitossolo Vermelho Distrófico Latossólico.

Foram utilizados oito canteiros de 1,5 m<sup>2</sup>, ou seja, quatro para cada tratamento, cultivados com mudas de alface americana, cv. Raider, as quais foram transplantadas na densidade de 12 plantas por canteiro, com espaçamento de 0,30 m entre plantas e 0,30 entre linhas num total de 3 linhas de plantio. As datas de transplântio foram: 1º ciclo: 16 de outubro de 2009, 2º ciclo 15 de abril de 2010 e o 3º ciclo: 01 de junho de 2010.

As amostras das águas de irrigação foram analisadas no Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas do Departamento de Ciência do Solo, Faculdade de Ciências Agrônômicas, para a determinação de macro e micronutrientes, pH e condutividade elétrica (Tabela 1).

**Tabela 1.** Qualidade das águas de irrigação aplicadas por gotejamento na cultura da alface americana cv. Raider

Água de irrigação	Ntotal	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	pH	CE
	.....mg L <sup>-1</sup>												
	.....mS												
AP	11,0	10,0	6,0	18,0	1,0	8,0	0,1	0,0	0,05	0,05	0,00	8,0	0,0
EF	45,0	27,0	21,0	24,0	6,0	17,0	0,4	0,0	0,17	0,18	0,05	6,6	0,6

AP – água potável; EF - efluente

Para a irrigação utilizou-se o sistema de gotejamento superficial, onde os gotejadores foram dispostos aos pares em cada canteiro, sendo uma lateral entre duas linhas de cultivo. Os tubos gotejadores possuíam comprimento de 1,5 m e distantes entre si 0,35 m, apresentando vazão nominal de 1 L h<sup>-1</sup> na pressão de 15 kPa com gotejadores espaçados em 30 cm.

Tensiômetros foram instalados a 0,15m de profundidade para o manejo da irrigação, a qual era realizada quando a tensão da água no solo atingia -15 kPa, até retornar para -10kPa. As lâminas de irrigação acumuladas aplicadas no decorrer dos três ciclos de cultivo de alface foram de 98,8; 98,4 e 119 mm, respectivamente. O turno de rega foi de acordo com o tensiômetro, a cada 1 ou 2 dias no começo da manhã ou final da tarde.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com quatro repetições, avaliando-se a solução do solo irrigado com efluente de esgoto doméstico e com água potável.

Para a coleta da solução do solo usou-se extratores de solução do solo, instalados a 0,25m e a 0,50m de profundidade em quatro canteiros irrigados com efluente e quatro irrigados com água potável de abastecimento, totalizando oito extratores por tratamento, sendo quatro em cada profundidade. A solução do solo foi coletada semanalmente, totalizando quatro por ciclo, ocorrendo aos 15, 22, 29 e 36 DAT. A duração de cada ciclo foi de 40 dias para o 1º e 39 dias nos 2º e 3º ciclos. Para tanto um dia antes da coleta era aplicado um vácuo de tensão nos extratores, com uma bomba de vácuo. Os extratores eram de tubo de PVC, acoplado a uma cápsula de cerâmica porosa em sua extremidade inferior e na parte superior vedado com borracha, instalados entre duas linhas de plantio, na região central do canteiro.

A solução foi coletada utilizando-se uma seringa acoplada a um tubo de silicone flexível e as amostras acondicionadas em frascos plásticos e transportadas imediatamente para o Laboratório de Qualidade da Água, no Departamento de Engenharia Rural - FCA, onde foram determinadas as formas de nitrogênio pelo método colorimétrico, através de leitura em espectrofotômetro, sendo utilizado para a análise de nitrato o método de redução do cádmio, para nitrito o método diazotization e a amônia pelo método Nessler (APHA, 1998).

As análises estatísticas foram realizadas por meio de análise de variância e teste de Tukey a 5% de significância, com o uso do software SISVAR.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não há legislação que discorra sobre os limites para parâmetros encontrados em percolado do solo. Portanto, para que se possa ter uma base de comparação utilizou-se a Brasil (2011), que trata sobre os padrões de lançamento de efluentes, indicando valor máximo de alguns parâmetros que pode atingir um corpo hídrico sem problemas de contaminação.

Brasil (2008) dispõe sobre as águas subterrâneas, estabelecendo os limites máximos para algumas substâncias nestas águas. Porém, deve-se ressaltar que os valores desta legislação se referem à água coletada para consumo. Assim, presume-se que a concentração destas substâncias no percolado pode ser superior aos limites máximos estabelecidos pela legislação, pois, ao atingir um corpo de água irá ocorrer a diluição do percolado, reduzindo a concentração de seus constituintes.

### 5.1 NITRATO

A Tabela 2 apresenta as concentrações de nitrato obtidos nos três ciclos da cultura da alface americana.

**Tabela 2.** Valores de nitrato na solução do solo para as profundidades de 0,25 e 0,50m nas águas de irrigação para o 1º, 2º e 3º ciclo da cultura da alface

Profundidade	1º ciclo		F	DMS	CV%
	0,25 m	0,50 m			
	(mg L <sup>-1</sup> )				
Efluente	37,09Aa	17,73Ab	31,717**	7,054	35,48
Água potável	45,33Aa	15,81Ab	8,992**	20,198	91,07
F	0,788 <sup>NS</sup>	1,227 <sup>NS</sup>			
DMS	19,052	3,542			
CV %	63,73	29,12			
	2º ciclo				
Efluente	47,97Bb	67,12Aa	8,480**	13,493	32,32
Água potável	57,25Aa	63,31Aa	0,829 <sup>NS</sup>	13,649	31,21
F	5,697*	0,480 <sup>NS</sup>			
DMS	7,979	11,286			
CV %	20,91	23,86			
	3º ciclo				
Efluente	47,97Bb	67,12Aa	8,480**	13,493	32,32
Água potável	57,25Aa	63,31Aa	0,829 <sup>NS</sup>	13,649	31,21
F	5,697*	0,480 <sup>NS</sup>			
DMS	7,979	11,286			
CV %	20,91	23,86			

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. \* - significativo a 5% de probabilidade. \*\* - significativo a 1% de probabilidade. <sup>NS</sup> - não significativo a 5% de probabilidade.

No 1º ciclo, tanto a 0,25 m como a 0,50 m de profundidade, não houve diferença significativa na concentração de nitrato no percolado do solo irrigado com efluente. No 2º ciclo ocorreu diferença significativa apenas a 0,25 m de profundidade, com a água potável apresentando valor superior. Já no 3º ciclo a diferença foi significativa nas duas profundidades, com o efluente apresentando valores mais elevados.

Observa-se que no 1º ciclo os valores a 0,50 m foram inferiores aos encontrados em 0,25 m, para os dois tipos de águas, com diferença significativa. Já no 2º e 3º ciclos, os valores de nitrato aumentaram com o aumento da profundidade para os dois tipos de águas.

No 3º ciclo da alface, os valores de nitrato a 0,25 m foram menores que no 1º ciclo, porém, a 0,50 m estes valores foram bem superiores.

Azevedo & Oliveira (2005) também encontraram valores de nitrato elevados, em área irrigada com efluente de tratamento de esgoto com concentração de nitrato a 0,40m variou de 54,00 a 123,13 mg L<sup>-1</sup>, já em área irrigada com água potável a concentração ficou entre 23,50 e 67,67 mg L<sup>-1</sup>.

Ribeiro & Gabialtti (2004) ao irrigarem a alface com efluente e água potável, obtiveram um valor de 23 mg L<sup>-1</sup> de nitrato em percolado de área irrigada com água potável e 24,4 mg L<sup>-1</sup> em área irrigada com efluente. Sendo que do 1º para o 3º ciclo os valores de nitrato também aumentaram. Porém, ao coletar em diferentes profundidades, observaram que a 0,30m os valores foram maiores que a 0,15m, enquanto que a 0,60m os valores foram menores que a 0,30m de profundidade.

Mota & Von Sperling (2009) relatam um tratamento irrigado com efluente de tratamento de esgoto, onde o percolado a 30cm apresentou uma concentração de nitrato de

20,80 mg L<sup>-1</sup>, superior ao permitido para consumo humano. Porém, ao coletar amostra de água de poço, encontraram concentração de 1,00 mg L<sup>-1</sup> de nitrato, muito inferior ao obtido a 0,30m de profundidade e bem abaixo do máximo permitido para consumo humano. Concluíram que após um ano de irrigação a franja de percolação pode não ter atingido o lençol, ou o efeito destas concentrações não foram suficientes para alterar a qualidade da água.

Gloaguen (2006), em parcela irrigada com efluente, encontrou em percolado a 0,125m concentrações média de nitrato de 100,4 mg L<sup>-1</sup> e a 0,626 m 92,9 mg. L<sup>-1</sup>. Observou que até 1,0m de profundidade as concentrações de nitrato foram superiores para a água residuária, porém, com valores muito próximos aos da água limpa. Já à profundidade maior que 1,0m a concentração de nitrato foi maior para água limpa, com valor de 23,7 mg L<sup>-1</sup> e para efluente foi de 11,1 mg L<sup>-1</sup>. Ao perfurar poços para análise da água do lençol freático, as médias de nitrato em cinco poços variaram de 4,7 a 17,4 mg.L<sup>-1</sup>.

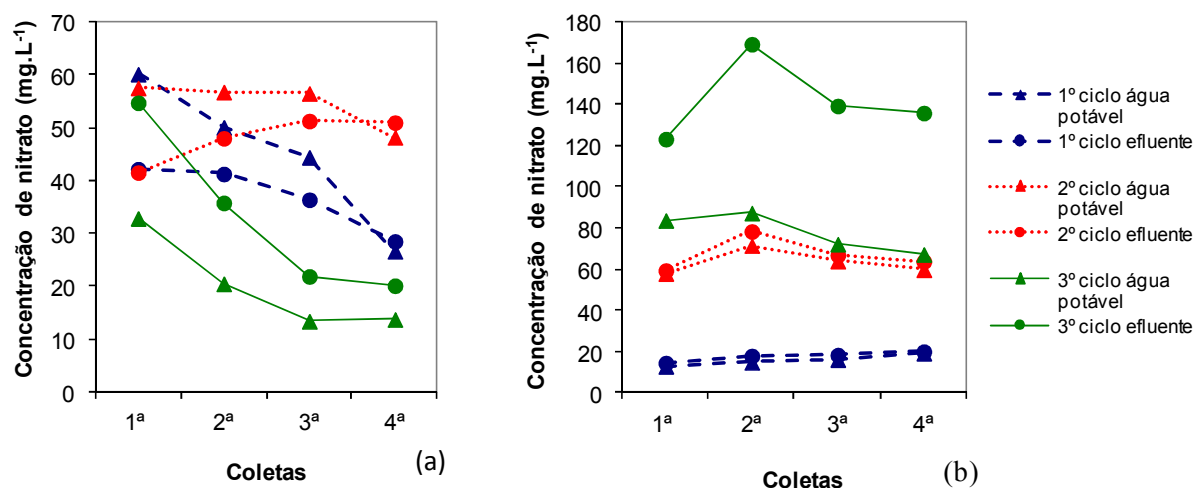
No 1º e 2º ciclos os valores de nitrato no percolado de área irrigada com efluente foram acima do limite para consumo humano e abaixo do máximo para dessedentação animal, já no 3º ciclo apenas a 0,25m foi inferior para dessedentação, pois a 0,50m foi aproximadamente 40 mg L<sup>-1</sup> maior.

Porém, para abastecimento humano, a concentração de nitrato apresenta uma preocupação, não apenas para a irrigação com efluente, já que em todos os ciclos da alface e profundidades de coleta, o percolado da área irrigada com água potável e com efluente apresentaram concentrações próximas de nitrato, indicando que não houve diferença no risco de contaminação por irrigação com água potável ou efluente. A única exceção ocorreu no 3º ciclo a 0,50 m de profundidade, onde os valores para solução da área irrigada com efluente foram superiores a área irrigada com água potável.

Além disso, os maiores valores de nitrato no percolado de área irrigada com efluente no 3º ciclo podem ser explicados pela maior lâmina de água aplicada, fornecendo uma quantidade de nutrientes acima da capacidade de absorção pela cultura, o que fez com que o excesso fosse lixiviado. Devido a isto, para a utilização de efluente na irrigação, deve-se realizar o manejo não somente do volume de água a ser aplicado, mas também da quantidade de nutrientes a ser fornecido juntamente com a água de irrigação.

Ressalta-se que um fator que contribui para a ocorrência de altas concentrações de nitrato no percolado do solo está no fato de que a cultura da alface absorve quantidades relativamente pequenas de nutrientes quando comparadas com outras culturas (Katayama, 1993), o que favorece a lixiviação de nitrogênio. Assim, a escolha de uma cultura que absorva mais nitrogênio pode reduzir o risco de contaminação das águas subterrâneas por nitrato, quando é realizada a irrigação com efluente do tratamento de esgoto.

Na Figura 1 são apresentadas as variações nas concentrações de nitrato nas quatro coletas do percolado do solo irrigado com efluente e água potável nos três ciclos.



**Figura 1.** Variação na concentração de nitrato no percolado a 0,25 m (a) e a 0,50 m (b) nos três ciclos para irrigação com água potável e efluente

O nitrato apresentou valor mais elevado no 3<sup>o</sup> ciclo, sendo que da 1<sup>a</sup> para a 2<sup>a</sup> coleta o valor de nitrato aumentou, porém, a partir da 3<sup>a</sup> coleta o valor começou a diminuir novamente, sendo menor na última coleta do que na 2<sup>a</sup> e 3<sup>a</sup> (Figura 1b). Isto ocorre, pois a alfaca é exigente em nutrientes principalmente na fase final do ciclo, sendo que cerca de 80% do total de nitrogênio extraído é absorvido nas últimas 1, 2 ou 3 semanas do ciclo (Katayama, 1993), assim, a concentração de nitrato no lixiviado diminuiu nas últimas coletas.

## 5.2 NITRITO

Na Tabela 3 estão apresentadas as concentrações de nitrito no percolado do solo, nos 3 ciclos.

**Tabela 3.** Valores de nitrito na solução do solo para as profundidades de 0,25 e 0,50 m nas águas de irrigação para o 1º, 2º e 3º ciclo da cultura da alface

Profundidade	1º ciclo		F	DMS	CV%
	0,25 m	0,50 m			
	(mg L <sup>-1</sup> )				
Efluente	0,0301Aa	0,0059Bb	6,962*	0,019	143,79
Água potável	0,0099Ba	0,0167Aa	3,391 <sup>NS</sup>	0,008	77,88
F	5,062*	7,534*			
DMS	0,018	0,008			
CV %	126,70	97,92			
	2º ciclo				
Efluente	0,0083Aa	0,0096Aa	0,307 <sup>NS</sup>	0,005	71,38
Água potável	0,0228Aa	0,0569Aa	0,425 <sup>NS</sup>	0,107	370,97
F	2,524 <sup>NS</sup>	0,866 <sup>NS</sup>			
DMS	0,019	0,104			
CV %	165,88	432,84			
	3º ciclo				
Efluente	0,0167Aa	0,0119Aa	2,534 <sup>NS</sup>	0,006	58,96
Água potável	0,0156Aa	0,0117Aa	1,480 <sup>NS</sup>	0,007	67,04
F	0,085 <sup>NS</sup>	0,011 <sup>NS</sup>			
DMS	0,007	0,005			
CV %	63,73	58,20			

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. \* - significativo a 5% de probabilidade. \*\* - significativo a 1% de probabilidade. <sup>NS</sup> - não significativo a 5% de probabilidade.

No 1º ciclo e a 0,25 m de profundidade (Tabela 3) houve diferença significativa na concentração de nitrito, sendo maior na área irrigada com efluente. Para 0,50 m de profundidade, também houve diferença significativa, porém, o valor de nitrito foi superior na área irrigada com água potável.

Já no 2º e 3º ciclos não ocorreu diferença significativa, embora no 2º os valores para água potável foram bem superiores nas duas profundidades. No 3º ciclo os valores foram superiores para o efluente, porém, apresentando valores bem próximos aos da água potável.

No 1º ciclo, na área irrigada com efluente, o teor de nitrito diminuiu com o aumento da profundidade com diferença significativa, já para a água potável, o valor de nitrito aumentou com a maior profundidade.

Silva (2003) em irrigação com efluente, encontrou a 0,25 m concentração de nitrito entre 0,006 a 0,102 mg L<sup>-1</sup>, já a 0,50 m as concentrações variaram de 0,007 a 0,350 mg L<sup>-1</sup>. Estes valores também foram baixos, porém, as maiores concentrações estiveram acima das obtidas no presente trabalho.

Smanhotto (2010) encontrou, em percolado de área irrigada com água potável, concentrações de nitrito entre 0,16 e 0,21 mg L<sup>-1</sup>, próximos aos detectados na área com aplicação de efluente da suinocultura, que variaram de 0,14 a 0,23 mg L<sup>-1</sup> de nitrito, porém, superiores aos observados na presente pesquisa.

Assim, o percolado das áreas irrigadas com efluente não apresentou riscos às águas subterrâneas, pois todos os valores em ambas profundidades foram muito inferiores ao máximo permitido para todos os usos mencionados. As substâncias presentes no percolado



terão suas concentrações reduzidas ao entrarem em contato com um corpo hídrico, devido à diluição, evidenciando que o nitrito não apresentou preocupação na irrigação com efluente.

### 5.3 AMÔNIA

A Tabela 4 traz as concentrações de amônia no percolado, no decorrer dos três ciclos. No 1º ciclo a amônia a 0,25 m foi superior na área irrigada com efluente, já a 0,50 m não houve diferença significativa, apesar do valor de amônia na água potável ser maior que no efluente.

No 2º ciclo houve diferença significativa a 0,25 m, com valor maior para a área irrigada com água potável, que também teve valor maior que a área irrigada com efluente a 0,50 m. Porém a 0,50 m o maior valor para o efluente foi significativo. Já no 3º ciclo não houve diferença significativa a 25 cm, porém a 50 cm o maior valor para o efluente foi significativo.

**Tabela 4.** Valores de amônia na solução do solo para as profundidades de 0,25 e 0,50 m nas águas de irrigação para o 1º, 2º e 3º ciclo da cultura da alface

Profundidade	1º ciclo		F	DMS	CV%
	0,25 m	0,50 m			
	(mg L <sup>-1</sup> )				
Efluente	0,527Aa	0,279Ab	7,328*	0,188	64,36
Água potável	0,310Ba	0,413Aa	0,719 <sup>NS</sup>	0,249	95,15
F	5,029*	1,304 <sup>NS</sup>			
DMS	0,198	0,241			
CV %	65,37	96,23			
	2º ciclo				
Efluente	0,323Ba	0,291Aa	0,334 <sup>NS</sup>	0,111	49,83
Água potável	1,832Aa	0,351Ab	5,392*	1,309	165,34
F	5,967*	0,420 <sup>NS</sup>			
DMS	1,268	0,188			
CV %	162,25	80,71			
	3º ciclo				
Efluente	0,215Ab	0,814Aa	11,160**	0,368	98,55
Água potável	0,299Aa	0,191Ba	3,149 <sup>NS</sup>	0,125	70,26
F	1,780 <sup>NS</sup>	10,485**			
DMS	0,129	0,394			
CV %	69,56	108,21			

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. \* - significativo a 5% de probabilidade. \*\* - significativo a 1% de probabilidade. <sup>NS</sup> - não significativo a 5% de probabilidade.

No 1º ciclo com o uso do efluente, a concentração de amônia diminuiu com o aumento da profundidade, enquanto para a água potável a concentração de amônia aumentou. No 2º ciclo o valor diminuiu para as duas águas com o aumento da profundidade. Já no 3º o valor reduziu para a água potável, mas foi superior para o efluente.

As concentrações de amônia foram reduzidas, porém, em trabalho realizado por Máximo (2005) os valores de amônia no percolado foram inferiores aos apresentados no presente estudo. O autor obteve no percolado de área irrigada com água limpa, no 1º ciclo, a

concentração de amônia de 0,08 mg L<sup>-1</sup> e no 2º ciclo, variou entre 0,00 e 0,01 mg L<sup>-1</sup>. Já para o efluente, no 1º ciclo, a concentração de amônia ficou entre de 0,01 e 0,24 mg L<sup>-1</sup>, e no 2º ficou entre 0,00 e 0,01 mg L<sup>-1</sup>.

Já Azevedo & Oliveira (2005) observaram valores de amônia mais elevados, em área irrigada com água de abastecimento a concentração de amônia a 0,40 m variou de 0,00 a 5,27 mg L<sup>-1</sup>, e para irrigação com efluente de tratamento de esgoto ficou entre 0,13 e 4,83 mg L<sup>-1</sup>, superiores aos encontrados no presente trabalho.

Segundo Brasil (2011), para que um efluente possa atingir um corpo hídrico superficial ou subterrâneo é necessário que possua uma concentração de nitrogênio amoniacal inferior a 20 mg L<sup>-1</sup>. Assim, no presente trabalho, a irrigação com efluente não apresentou risco de contaminação das águas subterrâneas por amônia, pois em todos os ciclos, os valores de amônia no percolado coletado a 0,25 e a 0,50m de profundidade foram inferiores ao valor máximo permitido.

## 6 CONCLUSÕES

Não houve risco de contaminação das águas subterrâneas por nitrito e amônia devido à irrigação com efluente.

O nitrato apresentou preocupação, porém com concentrações próximas tanto para o efluente como para a água potável.

Para a utilização de efluente na irrigação, deve-se realizar o manejo não somente do volume de água a ser aplicado, mas também da quantidade de nutrientes a ser fornecido juntamente com a água de irrigação.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, L.A., ROSSI, J.O.D., FILHO, A.N., BARROS, L.S.S., PRISCILA M.S. Água utilizada em propriedades rurais para o consumo humano e na produção de leite como veículo da bactéria do gênero *Aeromonas*. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**. v.101, n.557-558, p.103 – 107. 2006.

APHA. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. Washington: APHA, 1998.

AZEVEDO, L.P. de; OLIVEIRA, E.L. de. Efeitos da aplicação de efluente de tratamento de esgoto na fertilidade do solo e produtividade de pepino sob irrigação subsuperficial. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.25, n.1, p.253-263, jan./abr. 2005.

BAUMGARTNER, D.; SAMPAIO, S. C.; SILVA, T. R.; TEO, C. R. P. A.; VILAS BOAS, M. A. Reúso de águas residuárias da piscicultura e da suinocultura na irrigação da cultura da alface. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 1, p.152-163, 2007.

BERWANGER, A. L. **Alterações e transferências de fósforo do solo para o meio aquático com o uso de dejetos líquidos de suínos**. 2006. 102f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo/ Processos Químicos e Ciclagem de Elementos) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Diário Oficial da União**. Brasília – DF, 13 de maio de 2011.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução nº 430, de 03 de abril de 2008. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. **Diário oficial da União**, Brasília, 03 de abril de 2008.

COSTA J.M.; ORTUNÃ M.F.; CHAVES M.M. Deficit irrigation as a strategy to save water: physiology and potential application to horticulture. **Journal of Integrative Plant Biology**, Beijing, v.49, n.10, p.1421–1434, 2007.

FRIEDMAN, H.; BERNSTEIN, N.; BRUNER, M.; ROT, I.; BEN-NOON, Z.; ZURIEL, A.; ZURIEL, R.; FINKELSTEIN, S.; UMIEL, N.; HAGILADI, A. Application of secondary-treated effluents for cultivation of sunflower (*Helianthus annuus L.*) and celosia (*Celosia argentea L.*) as cut flowers. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.115, n.1, p.62–69, 2007.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. **Aplicação controlada de água residuária e lodo de esgoto no solo, para melhorar e incrementar a agricultura do semi-árido nordestino**. Brasília: FUNASA, 2007. 120 pp.

GLOAGUEN, T.V. **Transferência de espécies químicas através de um solo cultivado com milho e girassol e fertirrigado com efluente de esgoto doméstico**. 2006. 113f. Tese (Doutorado em Geoquímica e Geotectônica) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, SP, 2006.

KATAYAMA, M. Nutrição e adubação de alface, chicória e almeirão. In: FERREIRA, M. E.; CASTELLANE, P. D.; CRUZ, M. C Nutrição e Adubação de Hortaliças. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO E ADUBAÇÃO DE HORTALIÇAS, 1993, Jaboticabal, SP. **Anais...** Piracicaba, SP: Potafos, 1993.CD-ROM.

MAXIMO, C.C. **Avaliação do emprego de efluentes sanitários tratados em irrigação ornamental no Distrito Federal**. 2005. 130f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) – Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2005.

MOTA, S; VON SPERLING, M. **Nutrientes de esgoto sanitário: utilização e remoção**. Rio de Janeiro: ABES, 2009. 428 pp.

PINTO, M. A. T. et al. **Reuso das águas residuárias: uma análise crítica**. In: FLORENCIO, L.; BASTOS, R. K. X.; AISSE, M. M. Tratamento e utilização de esgotos sanitários. Rio de Janeiro: ABES, 2006. p. 393-403.

RESENDE, A. V. de. **Agricultura e qualidade da água: contaminação da água por nitrato**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2002. 29 pp.

SARAIVA, F. Z.; SAMPAIO, S. C.; SILVESTRE, M. G.; QUEIROZ, M. M. F.; NÓBREGA, L. H. P.; GOMES, B. M. Uso da manipueira no desenvolvimento vegetativo do milho em ambiente protegido. **Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 1, p. 30-36, 2007.

SILVA, M.A.S. da.; GRIEBELER, N.P.; BORGES, L.C. Uso de vinhaça e impactos nas propriedades do solo e lençol freático. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.11, n.1, p.108-114, 2007.

SILVA, R.R. da. **Avaliação sócio-ambiental do uso de efluente de esgoto tratado na irrigação de culturas no município de Lins-SP**. 2008. 123 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

SILVA, R. S. P. **Reuso agrícola do efluente de um filtro anaeróbio utilizando um sistema de irrigação por sulcos**. 2003. 126 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

SMANHOTTO, A.; SOUSA, A.P.; SAMPAIO, C.S.; NÓBREGA, L.H.P.; PRIOR, M. Cobre e zinco no material percolado e no solo com a aplicação de água residuária de suinocultura em solo cultivado com soja. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.30, p.347-357, 2010.

VALLE JÚNIOR, R.F.DO; PISSARRA, T.C.T.; PASSOS, A.O.; RAMOS, T.G.; ABDALA, V.L. Diagnóstico das áreas de preservação permanente na bacia hidrográfica do Rio Tijuco, Ituiutaba-MG, utilizando tecnologia SIG. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.30, n.3, p.495-503, maio/jun. 2010.