

EFEITO DA APLICAÇÃO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS DE SUINOCULTURA NAS CARACTERÍSTICAS NUTRICIONAIS DO MILHO¹

RUBENS ALVES DE OLIVEIRA², WALLISSON DA SILVA FREITAS³, JOÃO CARLOS CARDOSO GALVÃO⁴, FERNANDO ALVES PINTO⁵, PAULO ROBERTO CECON⁶

¹Trabalho financiado pela FAPEMIG

²Prof. Adjunto, Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa. CEP. 36571-000 Viçosa, MG. E-mail: ralves@ufv.br

³Doutorando em Engenharia Agrícola, na Universidade Federal de Viçosa. E-mail: wallfreitas@yahoo.com.br

⁴Prof. Adjunto, Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa. E-mail: jgalvao@ufv.br (autor para correspondência).

⁵Prof. Adjunto, Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Viçosa. E-mail: ferpinto@ufv.br

⁶Prof. Adjunto, Departamento de Informática da Universidade Federal de Viçosa. E-mail: cecon@ufv.br

Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.3, n.3, p.357-369, 2004

RESUMO - A restrição de área para exploração agrícola, devido ao relevo bastante acidentado da Zona da Mata Mineira, tem contribuído para a aplicação de grandes quantidades de águas residuárias de suinocultura na fertirrigação de forrageiras e cultivos anuais. Tais aplicações podem estar provocando riscos de poluição do solo e das águas superficiais e subterrâneas, além da possibilidade de ocasionar fitotoxidez. Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o efeito da aplicação de quatro lâminas de água e de águas residuárias de suinocultura na extração de nutrientes do milho para silagem. Foram instalados 24 lisímetros de percolação, sendo que em 8 deles aplicou-se água (A), em 8 aplicou-se água residuária bruta (ARB) e nos demais água residuária peneirada (ARP). As lâminas aplicadas correspondiam a $0,5ET_0$ (50% da evapotranspiração potencial de referência), $1,0ET_0$, $1,5ET_0$ e $2,0ET_0$. Cultivou-se milho por 140 dias. Análises de macro e micronutrientes foram realizadas no solo, na planta e nas águas aplicada e percolada. Com base nos resultados obtidos concluiu-se que: os conteúdos dos nutrientes analisados nas plantas de milho foram estatisticamente iguais nos tratamentos com águas residuárias e superiores à testemunha; as maiores produtividades foram obtidas nos tratamentos com águas residuárias e o peneiramento da água residuária e as diferentes lâminas aplicadas não afetaram a produtividade e a extração de nutrientes do milho para silagem.

Palavras-chave: dejetos de suínos, lisímetros, nutrição mineral.

EFFECT OF SWINE WASTEWATER APPLICATION ON CORN NUTRITIONAL CHARACTERISTICS¹

ABSTRACT - The area restriction for agricultural exploration, due to the rugged relief of the Zona da Mata, in the state of Minas Gerais, has been causing the disposition of great amounts of swine wastewater in the forage fert-irrigation and annual cultivation, what can be causing risks of pollution in the soil and in the superficial and underground waters, as well as the possibility of plant contamination. This work has the objective to evaluate the effect of the application of the four depths of water and the swine wastewater, gross and sieved, in the extraction of nutrients of the corn (*Zea mays* L.) for silage. Water

(A) was applied in eight lysimeters, swine wastewater (ARB) in the second group of eight and sieved swine wastewater (ARP) in the last group of eight. The depths applied corresponded to 0,5, 1,0, 1,5 and 2,0 of the reference evapotranspiration. The crop was accomplished 140 days after sowing. Analyses were accomplished in the soil, in the plant and in the waters applied (influent) and collected from the lysimeters (effluent). Based on the obtained results it was concluded that: (a) the contents of the analyzed nutrients in the corn plants were, in general, statistically equal in the treatments with swine wastewater and superior to the control (A); (b) larger productivity was obtained in the treatments with swine wastewater; and (c) the sieved swine wastewater and the different applied water depths didn't affect the productivity and the nutrients extraction of the silage corn.

Key words: swine manure, lysimeters, corn, mineral nutrition.

Com a intensificação da suinocultura tecnificada em algumas regiões brasileiras, notadamente na Zona da Mata Mineira, verificou-se considerável aumento na produção de águas residuárias de suinocultura (ARS), que se transformaram em uma das maiores fontes poluidoras de mananciais de água e do solo. Muitos suinocultores dessa região estão reduzindo a quantidade de sólidos totais de águas residuárias por meio de peneiramento, sendo a massa retida utilizada na alimentação de bovinos ou peixes e o efluente líquido armazenado em lagoas de estabilização, podendo ser usado na fertirrigação de diversos cultivos.

A taxa de aplicação de águas residuárias de suinocultura usadas para produção agrícola deve ser suficiente para suprir adequadamente a demanda por nutrientes pelas plantas. No entanto, a restrição de área para exploração agrícola, devido ao relevo bastante acidentado da Zona da Mata Mineira, tem ocasionado a disposição de grandes quantidades de águas residuárias na fertirrigação de forrageiras e cultivos anuais, o que pode estar provocando riscos de poluição do solo e das águas superficiais e subterrâneas, além da possibilidade de ocasionar fitotoxidez às plantas.

Konzen *et al.* (1997) quantificaram os nutrientes presentes em ARS e verificaram que

55 a 60 toneladas dessas águas possuem quantidade de nutrientes equivalentes a uma tonelada de adubo químico (fórmula 9-33-12 + uréia). Baseado neste fato, estes autores citam que seriam necessárias 17 a 18 ton ha⁻¹ de adubo orgânico para fertilização equivalente à adubação química normalmente recomendada para o milho.

Chateaubriand (1988), em experimento com ARS aplicadas na cultura do milho por meio de sistemas de irrigação por sulco, verificou que a aplicação dessas águas não afetou significativamente os valores de pH e Ca-trocável do solo, ocasionando pequena tendência de aumento do Mg-trocável. Nas aplicações de 50 a 200 m³ ha⁻¹ houve uma tendência de aumento nos teores de K e P nas camadas de 0-10 e 10-20 cm do solo na época de floração, possivelmente devido à mineralização dos dejetos adicionados ao solo, sendo que na colheita, os teores destes elementos tenderam a cair, em decorrência do alto consumo de nutrientes pela planta.

Evans *et al.* (1977), estudando a cultura do milho submetida à aplicação de esterco líquido de suíno na dosagem de 636 t ha⁻¹ (peso fresco), por dois anos sucessivos, monitorados por mais dois, observaram que a produção média de grãos foi 7,10 ton ha⁻¹, enquanto que para os tratamentos fertilizados com adubação mineral este

valor foi 6,88 ton ha⁻¹. A composição química de N, P, K, Ca e Mg nas folhas do milho foram, em média, 3,39, 0,39, 2,51, 0,72, e 0,32% do peso seco nos tratamentos com esterco e 2,88, 0,31, 1,93, 0,72 e 0,55% de peso seco com a adubação mineral, respectivamente.

Dentre os metais pesados, o cobre e o zinco têm sido motivos de maior preocupação, uma vez que são importantes componentes do suplemento dietético de rações e de formulação de antibióticos, aumentando os riscos de contaminação ambiental. Embora os dejetos de suínos apresentem baixas concentrações de Zn e Cu, que são elementos essenciais para a maioria dos seres vivos, sua aplicação em doses excessivas pode resultar na acumulação destes elementos no solo, o que pode acarretar intoxicação não só às plantas mas também nos demais níveis da cadeia alimentar. Mengel & Kirby, citados por Silva (1994), relatam que, em folha de milho, teores de zinco entre 71 e 150 mg kg⁻¹ são considerados elevados, podendo causar toxicidade às plantas.

Este trabalho foi desenvolvido para avaliar o efeito da aplicação de quatro lâminas de água e de águas residuárias de suinocultura na produtividade e na extração de nutrientes da cultura do milho para silagem. Com a aplicação de lâminas excessivas buscou-se avaliar o efeito na cultura do milho resultante da prática corrente de descarte por meio da disposição de grande quantidade de água residuária de suinocultura no solo, sobretudo em pequenas propriedades rurais.

Material e Métodos

Os ensaios foram conduzidos na Área Experimental de Hidráulica, Irrigação e Drenagem do Departamento de Engenharia Agrícola da UFV, em Viçosa-MG.

No campo foram instalados 24 lisímetros de percolação (Figura 1), equidistantes 0,60 m



FIGURA 1. Vista dos lisímetros de percolação instalados no campo.

no sentido longitudinal e 0,40 m no sentido transversal. Os lisímetros foram construídos com caixas de cimento-amianto com capacidade nominal de 1 m³, área útil de 1,71 m² e profundidade de 0,71 m. A rede de drenagem foi constituída por tubos de PVC perfurados e acomodados no fundo da caixa e por camadas de brita (10 cm) e areia lavada (5 cm). Os lisímetros foram preenchidos com uma camada de 50 cm de solo, resultando numa densidade do solo média de 1,11 kg dm⁻³. Uma estação de coleta do fluído drenado foi montada numa cota inferior à do fundo dos lisímetros.

O experimento foi montado seguindo um esquema fatorial 3x4 (três tipos de água e 4 lâminas aplicadas) no delineamento experimental inteiramente casualizado, com duas repetições. Dos 24 lisímetros utilizados, 8 deles foram fertirrigados com água (A), 8 com água residuária bruta (ARB) e 8 com água residuária peneirada (ARP). As lâminas aplicadas foram correspondentes a 0,5ET₀ (50% da evapotranspiração potencial de referência), 1,0ET₀, 1,5ET₀ e 2,0ET₀, doravante denominadas L1, L2, L3 e L4 respectivamente. Os dados foram analisados através de análise de variância e as médias foram comparadas

aplicando-se o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

A ETo foi estimada por meio do método do tanque Classe A, usando-se coeficientes do tanque (K_t) recomendados por Doorenbos & Pruitt (1977). Os dados de evaporação, umidade relativa do ar, velocidade do vento e precipitação foram coletados na Estação Meteorológica de Viçosa, localizada próximo à área experimental.

Antes e após a realização dos ensaios, foram retiradas amostras de solo dos lisímetros para caracterização físico-hídrica e química ao longo do perfil (Tabela 1). Antes do plantio o solo foi mantido em uma umidade próxima à capacidade de campo, no intuito de proceder ao balanço hídrico.

O experimento foi conduzido com milho híbrido duplo AG-1051, semeado no dia 1 de junho de 2000, com espaçamentos 0,18 x 0,80 m. Na semeadura todos os tratamentos receberam adubação química à base de NPK, com formulação 4:14:8, na dosagem de 800 kg ha⁻¹. Nos tratamentos que receberam água, foram efetuadas duas coberturas nitrogenadas de 30 kg ha⁻¹ de N, aos 60 e aos 90 dias após o plantio. Desbastes foram realizados para se estabelecer um estande de doze plantas por lisímetro (70.000 plantas ha⁻¹). O controle de ervas daninhas foi feito com capinas manuais enquanto o controle contra o ataque de *Spodoptera frugiperda* foi efetuado com a aplicação do inseticida piretróide “Decis”, na dosagem de 0,3 L ha⁻¹.

A água usada no experimento era proveniente de um lago e a água residuária de suinocultura foi oriunda do setor de suinocultura da UFV, sendo armazenadas em caixas de amianto, um dia antes da aplicação nas parcelas. No peneiramento da água residuária usou-se tela com malha de 16 mesh.

O turno de rega foi a cada 7 dias, considerando-se as características hídricas do solo, da cultura e do clima. As parcelas experimentais receberam somente água durante as cinco semanas iniciais, sendo os tratamentos aplicados a partir da sexta semana.

Aos 57, 109 e 137 dias após a semeadura (DAS) retiraram-se amostras das águas aplicada e percolada para determinação dos teores de amônio, nitrato e fósforo por colorimetria; sódio e potássio por fotometria de emissão de chama; cálcio, magnésio, ferro, cobre e zinco por espectrofotometria de absorção atômica (APHA, 1995 e EMBRAPA, 1997); enquanto que o pH foi determinado com peagâmetro e a condutividade elétrica com potenciômetro. No caso das águas residuárias foram feitas também determinações da DBO₅ (Demanda Bioquímica de Oxigênio) e da DQO (Demanda Química de Oxigênio), além da percentagem de sólidos totais, fixos e voláteis, seguindo-se metodologias apresentadas por APHA (1995).

A colheita ocorreu aos 140 DAS, quando as espigas de milho apresentavam os grãos no estágio farináceo. Todo o material colhido em cada lisímetro foi ensacado, pesado e picado, retirando-se amostras representativas de cada tratamento. Posteriormente, as amostras foram acondicionadas em sacos de papel devidamente identificados, os quais foram colocados em estufa com circulação a ar, regulada para 65^o C (pré-seca-gem), até atingir peso constante. Em seguida, as amostras foram trituradas em moinho tipo “Willey” e armazenadas em saquinhos de papel. Parte desta amostra foi retirada para determinação dos níveis de proteína bruta (% de N x 6,25), amônio, nitrato e fósforo (espectrofotômetro), potássio e sódio (fotômetro de chama), cálcio, magnésio, zinco, cobre e ferro (espectrofotômetro de absorção atômica), seguindo-se metodologias

descritas por Silva (1990). O restante das amostras da pré-secagem foram colocadas em estufa a 105^o C (secagem definitiva), até atingir peso constante, e obtendo-se o teor e a produtividade para cada tratamento.

As lâminas totais aplicadas nos quatro níveis estudados foram: L₁=153, L₂=280, L₃=416 e L₄=556 mm de água e águas residuárias de suinocultura.

Resultados e Discussão

Na Tabela 1 estão apresentadas as caracterizações química, física e bioquímica da água e das águas residuárias aplicadas nas parcelas experimentais. De modo geral, os valores de concentração dos nutrientes estão dentro da faixa de variação encontrada por Queiroz (2000), de acordo com estudo efetuado em diversos trabalhos com águas residuárias de suinocultura.

Na Tabela 2 estão apresentados os resultados médios das análises químicas do solo, efetuadas em amostras coletadas na camada de 0 a 50 cm de profundidade, antes e após os ensaios experimentais, e sua classificação segundo a CFSEMG (1999).

O solo usado no preenchimento dos lisímetros, solo testemunha (Tabela 2), foi o mesmo solo retirado do local de escavação para instalação dos lisímetros. Devido aos sucessivos cortes feitos no terreno este solo apresentou baixa fertilidade.

De acordo com a CFSEMG (1999) os elementos P, K, Ca, Mg e o Al foram distribuídos em cinco classes de interpretação da disponibilidade: muito baixo, baixo, médio, bom e muito bom. Os micronutrientes Fe, Cu e Zn foram classificados, de acordo com sua disponibilidade, nos níveis muito baixo, baixo, médio, bom e alto.

Na Tabela 2 observa-se que os valores de pH permaneceram praticamente inalterados com

TABELA 1. Caracterizações químicas, físicas e bioquímicas da água (A) e das águas residuárias bruta (ARB) e peneirada (ARP) aplicadas nas parcelas experimentais.

Característica	A	ARB	ARP
Amônio (mg L ⁻¹)	10,1	3962	4520
Nitrato (mg L ⁻¹)	1,07	8,3	8,3
P (mg L ⁻¹)	2,42	67,4	60,1
K (mg L ⁻¹)	14	696	745
Ca (mg L ⁻¹)	12,5	548,5	571,3
Mg (mg L ⁻¹)	1,35	63,0	65,2
Na (mg L ⁻¹)	9,8	112,3	106,1
Cu (mg L ⁻¹)	0,015	1,57	1,38
Zn (mg L ⁻¹)	0,007	19,18	16,66
Fe (mg L ⁻¹)	0,34	36,5	35,9
pH	6,6	7,4	7,5
CE ¹ (dS m ⁻¹)	0,20	5,42	5,51
SP ² (mL L ⁻¹)	nd	114,7	75,2
SF ³ (mL L ⁻¹)	nd	807	304
SV ⁴ (mL L ⁻¹)	nd	428	202
ST ⁵ (mL L ⁻¹)	nd	1235	506
DBO ₅ ⁶ (mg L ⁻¹)	nd	1111	1072
DQO ⁷ (mg L ⁻¹)	nd	1300	1400

¹Condutividade elétrica a 25 °C; ²Sólidos Sedimentáveis;

³Sólidos Fixos; ⁴Sólidos Voláteis; ⁵Sólidos Totais;

⁶Demanda Bioquímica de Oxigênio; ⁷Demanda Química de Oxigênio.

a adição de águas residuárias de suinocultura, apresentando acidez classificada como média.

Os níveis de P, K, Na, Ca, Mg, Cu e Zn no solo aumentaram (Tabela 2) com a aplicação de águas residuárias de suinocultura, por se tratar de fonte rica nesses nutrientes (Tabela 1). A acidez trocável do solo (Al³⁺) decresceu com a aplicação de águas residuárias, provavelmente devido ao maior valor de pH dessas águas em relação à água da represa, e o nível de Fe praticamente não foi alterado.

TABELA 2. Caracterização química do solo* (0 a 50 cm), antes (testemunha) e depois da aplicação de água (A) e águas residuárias bruta (ARB) e peneirada (ARP), e sua classificação conforme a CFSEMG (1999).

Característica	pH	P	K	Na	Ca	Mg	Al	Fe	Cu	Zn
		mg dm ⁻³				cmol _c dm ⁻³		mg dm ⁻³		
Testemunha (antes)	5,3 acidez média	0,40 muito baixo	5,00 muito baixo	1,8	0,39 muito baixo	0,03 muito baixo	0,50 baixo	53,5 alto	0,48 baixo	0,44 muito baixo
A	5,1 acidez média	3,85 baixo	21,5 baixo	6,2	0,42 baixo	0,06 muito baixo	0,53 médio	53,7 alto	1,29 bom	1,9 bom
ARB	5,5 acidez média	115 muito bom	143,5 muito bom	38,1	1,62 médio	0,42 baixo	0,15 muito baixo	46,3 alto	2,85 alto	16,3 alto
ARP	5,4 acidez média	79,1 muito bom	149,5 muito bom	38,4	1,33 médio	0,37 baixo	0,20 muito baixo	54,3 alto	2,44 alto	13,1 alto

* pH em água, KCl e CaCl₂ – Relação 1:2,5 Ca-Mg-Al – extrator KCl – 1 mol L⁻¹
P-K-Na-Fe-Zn-Cu – extrator de Mehlich 1

Na Tabela 3 estão apresentados os valores das análises químicas dos afluentes dos três tipos de água aplicada nos lisímetros, em três épocas após a semeadura.

Na Tabela 4 estão apresentados os valores das análises químicas dos efluentes coletados dos lisímetros (água percolada), para os tipos de água e lâminas aplicadas, em três épocas após a semeadura.

As maiores concentrações de nitrogênio amoniacal nos efluentes das águas residuárias (Tabela 4) foram observadas quando se aplicaram as maiores lâminas, principalmente nos períodos mais avançados do ciclo da cultura. Este fato é devido, provavelmente, à aplicação de doses sucessivas e em quantidades superiores à capacidade de retenção do solo e de extração da cultura.

Nas duas primeiras análises foram observados maiores valores de nitrato no efluente (Tabela 4), comparativamente ao afluente (Tabela 3).

Somente na terceira análise, para a maior lâmina aplicada nos tratamentos com águas residuárias, é que a concentração de nitrato excedeu um pouco os padrões de potabilidade de 10 mg L⁻¹, estabelecidos pela Deliberação Normativa COPAM nº10/1986 (FEAM, 2002).

Baixas concentrações de fósforo nos efluentes (Tabela 4) devem-se à baixa mobilidade deste nutriente no solo, sendo este, provavelmente, adsorvido pelas partículas do solo, absorvido pelas plantas e o restante precipitado (Scaloppi & Baptistella, 1986). Observou-se nos efluentes dos tratamentos com águas residuárias menor concentração de fósforo para as primeiras análises, provavelmente devido à carência deste nutriente no solo. Quanto ao K, a quantidade lixiviada nos tratamentos com águas residuárias foram maiores nas maiores lâminas aplicadas, sendo os maiores valores observados na primeira e terceira análises, coincidindo com os períodos de baixa absorção de potássio pela cultura do milho.

TABELA 3. Concentrações dos afluentes dos três tipos de água aplicada nos lisímetros, em três períodos ao longo do ciclo da cultura.

Tratam.	Concentração do nutriente aplicado											
	-----Amônio (mg L ⁻¹)-----			----Nitrato (mg L ⁻¹)----			-----P (mg L ⁻¹)-----			-----K (mg L ⁻¹)-----		
	57 das	109 das	137 das	57 das	109 das	137 das	57 das	109 das	137 das	57 das	109 das	137 das
A	3,28	17,0	-	0,31	1,84	-	3,53	1,31	-	18,83	9,16	-
ARB	5007	3423	3455	3,40	3,80	17,82	76,46	86,85	38,91	715,5	533,5	837,9
ARP	5216	4238	4107	4,24	7,92	12,86	75,01	70,50	34,90	819,3	555,8	859,6

Tratam.	-----Ca (mg L ⁻¹)-----			----Mg (mg L ⁻¹)----			-----Cu (mg L ⁻¹)-----			-----Zn (mg L ⁻¹)-----		
	57 das	109 das	137 das	57 das	109 das	137 das	57 das	109 das	137 das	57 das	109 das	137 das
	A	-	12,5	-	-	1,35	-	0,004	0,025	-	0,0026	0,012
ARB	-	382,1	714,9	-	48,6	57,3	0,974	1,710	2,020	7,01	19,03	31,51
ARP	-	340,5	802,0	-	50,2	65,1	0,738	1,266	2,150	5,19	20,23	24,57

das = dia após a semeadura; A = Água; ARB = Água residuária bruta; ARP = Água residuária peneirada.

Os valores das concentrações de cálcio percolados (Tabela 4), comparativamente aos aplicados (Tabela 3), evidenciam a grande mobilidade deste nutriente no solo. Para os tratamentos com águas residuárias observa-se que, na segunda análise, praticamente todo o cálcio aplicado foi lixiviado. Quanto ao Mg a concentração média nos efluentes dos tratamentos com água foi superior ao valor aplicado, ocorrendo o inverso nos tratamentos com águas residuárias.

As maiores concentrações de Cu (0,2 mg L⁻¹) e Zn (0,453 mg L⁻¹), observadas nos efluentes dos lisímetros, estão abaixo dos padrões de lançamento em corpos d' água, que são de 0,5 e 5 mg L⁻¹ respectivamente, estabelecidos pela Deliberação Normativa COPAM nº10/1986 (FEAM, 2002). No entanto, tanto para os valores dos efluentes de Cu e Zn, quanto para os demais nutrientes, deve-se considerar que foram feitas aplicações de águas residuárias de suinocultura em apenas um ciclo da cultura do milho, podendo haver contaminações em aplicações sucessivas.

Os valores médios dos conteúdos de nutrientes para os três tipos de água nas quatro lâminas aplicadas, estão apresentados na Tabela 5. Não foi observado efeito significativo em relação às lâminas aplicadas e da interação Tipo de Água x Lâmina porque, mesmo nas menores lâminas, as quantidades de nutrientes aplicadas foram superiores à demandada pela cultura.

Os resultados mostraram que a PMS foi maior nos tratamentos que receberam águas residuárias, com produtividades médias em torno de 13 t ha⁻¹ para ARB e ARP. Somente para a lâmina L1 é que os valores de PMS nos tratamentos com águas residuárias não foram iguais entre si e superiores à testemunha. Almeida Filho (1996) em experimento com cultivares de milho para silagem obteve PMS variando de 9,62 a 14,37 t ha⁻¹, sendo a maior produtividade obtida para a cultivar AG 1051. Flaresso *et al.* (1999) obtiveram PMS variando de 14,09 a 18,66 t ha⁻¹, ao longo de três safras na região de Santa

TABELA 4. Concentrações de nutrientes nos efluentes dos lisímetros, em três épocas após o plantio, para os três tipos de água e lâminas aplicadas.

Efluente	Concentração de nutrientes no efluente*											
	-----Amônio (mg L ⁻¹)-----			-----Nitrato (mg L ⁻¹)-----			-----P (mg L ⁻¹)-----			-----K (mg L ⁻¹)-----		
	57 das	109 das	137 das	57 das	109 das	137 das	57 das	109 das	137 das	57 das	109 das	137 das
A L2	17,9	16,4	-	5,26	2,53	-	2,46	0,48	-	50,22	33,33	-
A L3	9,80	15,7	-	5,37	3,37	-	0,24	0,74	-	298,9	31,47	-
A L4	3,28	16,6	-	8,97	3,00	-	0,91	0,31	-	226,5	29,61	-
ARB L3	3,28	170,8	886,7	4,53	7,02	6,77	0,14	1,14	1,44	290,5	68,7	584,8
ARB L4	6,54	477,3	945,4	7,41	6,02	10,98	0,43	0,82	2,41	474,0	105,8	534,2
ARP L2	6,54	-	-	7,88	-	-	0,04	-	-	362,9	-	-
ARP L3	16,3	208,6	658,5	5,22	7,76	5,83	0,33	0,53	1,88	353,3	182,1	490,8
ARP L4	32,6	504,6	769,3	7,22	9,24	10,39	0,33	0,36	0,60	468,0	440,5	428,6
Efluente	-----Ca (mg L ⁻¹)-----			-----Mg (mg L ⁻¹)-----			-----Cu (mg L ⁻¹)-----			-----Zn (mg L ⁻¹)-----		
	57 das	109 das	137 das	57 das	109 das	137 das	57 das	109 das	137 das	57 das	109 das	137 das
	A L2	-	33,5	-	-	1,50	-	0,004	0,043	-	0	0,017
A L3	-	74,0	-	-	5,25	-	0,005	0,016	-	0,0023	0,001	-
A L4	-	47,0	-	-	1,65	-	0,003	0,012	-	0	0,008	-
ARB L3	-	399,5	491,0	-	25,9	42,3	0,006	0,2	0,086	0	0,116	0,36
ARB L4	-	313,8	263,9	-	25,4	31,5	0,009	0,049	0,09	0,33	0,182	0,358
ARP L2	-	-	-	-	-	-	0,006	-	-	0	-	-
ARP L3	-	411,9	347,7	-	24,4	28,2	0,007	0,089	0,089	0,0024	0,051	0,453
ARP L4	-	375,3	471,3	-	32,0	44,4	0,007	0,071	0,108	0,1103	0,254	0,397

* Não ocorreu percolação nos tratamentos com lâminas de 0,5ET₀ (L1) ou com 1,0ET₀ (L2). Nos outros casos ocorreram problemas na análise.

A = Água; ARB = Água residuária bruta; ARP = Água residuária peneirada

L1= 0,5ET₀ (50% da evapotranspiração potencial de referência); L2= 1,0ET₀; L3= 1,5ET₀; L4= 2,0ET₀.

Catarina, sendo a maior produtividade também obtida com a cultivar AG 1051.

De acordo com a Tabela 5 observa-se, com exceção da lâmina L1 (0,5ET₀), que os teores de PB nos tratamentos que receberam águas

residuárias foram estatisticamente iguais entre si e superiores à testemunha. Maiores valores de PB verificados nos tratamentos com águas residuárias estão associados à sua concentração de nitrogênio. Os valores encontrados nos tratamentos com

TABELA 5. Valores médios de Proteína Bruta (PB), P, K, Ca e Mg, Fe, Cu e Zn, com base na matéria seca, nos tratamentos que receberam água (A) ARB e ARP, nas diferentes lâminas aplicadas.

Tipo de água	L1	L2	L3	L4	Médias
PMS (t ha ⁻¹)					
A	4,909 a	5,854 a	6,464 a	4,629 a	5,454
ARB	9,955 ab	12,220 b	14,058 b	14,420 b	13,331
ARP	12,628 a	13,825 b	13,361 b	14,322 b	12,866
PB (dag kg ⁻¹)					
A	8,08 a	7,72 a	7,84 a	7,90 a	7,88
ARB	9,16 a	9,63 b	10,25 b	9,70 b	9,69
ARP	11,10 b	10,61 b	10,40 b	10,68 b	10,70
P (kg ha ⁻¹)					
A	7,06 a	8,09 a	9,02 a	6,62 a	7,70
ARB	26,41 b	30,56 b	26,89 b	33,30 b	29,29
ARP	17,05 ab	30,44 b	32,42 b	29,32 b	27,31
K (kg ha ⁻¹)					
A	86,12 a	92,32 a	96,96 a	88,74 a	91,01
ARB	211,15 b	203,5 ab	225,3 b	232,89 b	218,2
ARP	163,97 ab	228,9 b	213,0 ab	232,76 b	209,7
Ca (kg ha ⁻¹)					
A	15,35 a	16,41 a	16,88 a	12,18 a	15,20
ARB	34,97 a	30,66 ab	27,65 a	35,81 ab	32,27
ARP	24,83 a	42,52 b	31,83 a	39,34 b	34,63
Mg (kg ha ⁻¹)					
A	4,15 a	4,28 a	4,24 a	2,52 a	3,80
ARB	15,80 b	17,77 b	18,05 b	21,75 b	18,34
ARP	11,79 ab	19,45 b	19,26 b	22,74 b	18,31

Continuação da Tabela 5.

	Fe (g ha ⁻¹)				
A	3924,7 a	5477,8 a	6210,8 a	4651,2 a	5066,1
ARB	6602,3 a	4820,7 a	3425,4 a	4809,6 a	4914,5
ARP	4062,0 a	5462,7 a	4429,3 a	10711,6 a	6166,4
	Cu (g ha ⁻¹)				
A	20,65 a	33,17 a	32,16 a	21,88 a	26,96
ARB	97,21 b	83,21 a	80,79 a	114,7 b	93,97
ARP	69,74 ab	97,32 a	90,06 a	104,9 b	90,49
	Zn (g ha ⁻¹)				
A	410,3 a	303,8 a	306,1 a	223,3 a	310,8
ARB	693,2 a	651,5 a	615,2 a	986,7 b	736,6
ARP	474,2 a	615,5 a	629,1 a	707,7 ab	609,1

Dentro da mesma coluna, as médias com mesma letra não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste Tukey.

águas residuárias estão acima da faixa de variação de 6,01 a 8,22 dag kg⁻¹ encontrada por Almeida Filho (1996) em experimentos com avaliação de milho para silagem, sendo o maior valor encontrado, 8,22 dag kg⁻¹, observado para o cultivar AG 1051.

Para o fósforo, com exceção da lâmina L1 (0,5ETo), os valores obtidos nos tratamentos com águas residuárias foram estatisticamente iguais entre si e superiores àqueles obtidos na testemunha. Em média, os valores observados de 29,29 e 27,31 kg ha⁻¹, para os tratamentos com ARB e ARP respectivamente, estão próximos aos 28 kg ha⁻¹, encontrados na Tabela 6, para uma produtividade média de grãos. O valor médio de 7,7 kg ha⁻¹, observado nos tratamentos com água, está próximo a 8 kg ha⁻¹ para baixa produtividade de grãos (Tabela 6), provavelmente devido à baixa fertilidade do solo original colocado nos lisímetros.

Em geral o conteúdo de K nas plantas fertirrigadas com águas residuárias foram estatisticamente superiores aos obtidos nos tratamentos que receberam água. Os valores médios encontrados para os tratamentos com água (91 kg ha⁻¹) e com as duas águas residuárias (média 214 kg ha⁻¹) estão de acordo com os valores da Tabela 6 para média e alta produtividade de grãos respectivamente.

Os valores médios de Ca extraídos nos tratamentos com ARB e ARP foram estatisticamente iguais entre si, e superiores aos encontrados na testemunha. Em média, o conteúdo de Ca nos tratamentos com águas residuárias foram cerca de 2,2 vezes superiores aos valores encontrados na testemunha. As quantidades de cálcio extraídas nos tratamentos com águas residuárias estão de acordo com os valores da Tabela 6, para alta produtividade de grãos.

TABELA 6. Conteúdo de nutrientes na parte aérea de culturas de milho de baixa⁽¹⁾, média⁽²⁾ e alta⁽³⁾ produtividade de grãos (Büll, 1993).

Nutrientes	Produtividade de grãos (t ha ⁻¹)			Nutrientes	Produtividade de grãos (t ha ⁻¹)		
	2,1 ⁽¹⁾	5,9 ⁽²⁾	9,1 ⁽³⁾		2,1 ⁽¹⁾	5,9 ⁽²⁾	9,1 ⁽³⁾
	----- (kg ha ⁻¹) -----				----- (g ha ⁻¹) -----		
N	53	163	190	Cu	25	122	110
P	8	28	39	Fe	487	1226	2100
K	48	96	196	Mn	78	465	340
Ca	9	20	40	Mo	2	-	09
Mg	10	38	44	Zn	92	329	400
S	5	16	21				

Para o Mg os valores obtidos nos tratamentos com águas residuárias foram estatisticamente iguais entre si e superiores à testemunha, com exceção da lâmina de 0,5ETo. O valor médio para os dois tratamentos com águas residuárias foi de 18,3 kg ha⁻¹, inferior a 38 kg ha⁻¹, obtido por Büll (1993) para produtividades médias. Desta forma, supõe-se que os baixos valores extraídos, em kg ha⁻¹, provavelmente estejam associados aos baixos valores de Mg disponível para a cultura do milho, confirmados por meio das análises de solo antes e após a condução do experimento (Tabela 2).

Não foi observado efeito significativo entre os três tipos de água aplicada para o conteúdo de Fe na planta. Os valores médios observados foram de duas a três vezes superiores aos valores citados por Büll (1993). Segundo Abreu (1987), Galvão e Mesquita Filho (1981) e Galvão (1984), citados por Büll (1993), em solos brasileiros, as respostas da cultura do milho às aplicações de ferro praticamente inexistem chegando, inclusive, a ocorrer aumento da produção quando inexistente este micronutriente no solo.

Em geral, os valores extraídos de Cu para os tratamentos com ARB e ARP foram estatisticamente iguais entre si, mas nem sempre superiores

aos encontrados pela testemunha. Os valores médios de 93,97 e 90,49 g ha⁻¹, para os tratamentos com ARB e ARP estão próximos a 110 g ha⁻¹ (Tabela 6), para alta produtividade de grãos de milho. Menores valores observados nos tratamentos com água (média 27,0 g ha⁻¹), em relação aos tratamentos com águas residuárias, podem ser explicados pela menor disponibilidade de Cu no solo.

Os valores médios do conteúdo de Zn na matéria seca da planta nos tratamentos que receberam ARB e ARP foram superiores aos encontrados na testemunha. No entanto, não foi observado efeito significativo entre os três tipos de águas aplicadas nas lâminas L1, L2 e L3 (Tabela 5). Os valores médios nos tratamentos com água estão próximos àqueles apresentados no Tabela 6, para produtividades médias de grãos; para os tratamentos com as águas residuárias os valores encontrados foram superiores aos encontrados para altas produtividades de grãos.

Deve-se ressaltar que, mesmo efetuando-se a fertirrigação com altas doses de águas residuárias de suinocultura, os valores dos conteúdos de nutrientes extraídos pela cultura do milho só não foram próximos aos valores encontrados por Büll (1993) para altas produtividades

de grãos, porque o solo usado no preenchimento dos lisímetros, proveniente de horizonte B, apresentava baixa fertilidade (solo testemunha, Tabela 2). Além disso, o plantio foi feito em estação de clima frio, o que afetou o desenvolvimento da cultura e, conseqüentemente, o conteúdo de nutrientes na matéria seca.

Apesar da tendência de aumento da PMS e de nutrientes com a aplicação de lâminas maiores (Tabela 5), é importante mencionar que, para a utilização de águas residuárias como fonte de água para as culturas, deve-se considerar a possibilidade de ocorrência de contaminação de águas subterrâneas e de salinização do solo.

Conclusões

A aplicação de águas residuárias de suinocultura, nas diversas lâminas estudadas, alterou as características químicas do solo.

Os níveis de proteína bruta encontrada nos tratamentos com ARB e com ARP foram cerca de 23 e 35,8% superiores aos encontrados na testemunha, respectivamente. Os conteúdos dos nutrientes analisados nos dois tratamentos com águas residuárias foram iguais entre si e superiores à testemunha.

A produtividade de matéria seca foi maior nos tratamentos que receberam águas residuárias de suinocultura, independente da lâmina aplicada. O peneiramento não afetou significativamente a produtividade da matéria seca.

Literatura Citada

ALMEIDA FILHO, S. L. Avaliação de cultivares de milho (*Zea mays* L.) para silagem. Viçosa: UFV, 1996. 53p. (Tese de Mestrado).

APHA – AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. Standard methods for examination of water and wastewater. 19. ed. New York: APHA, WWA, WPCR, 1995.

BÜLL, L. T. Nutrição mineral do milho, In: BÜLL, L. T., CANTARELLA, H. (Ed.). Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: POTAFOS, 1993. p.63-145.

CHATEAUBRIAND, A. D. Efeito de dejetos de suínos, aplicados em irrigação por sulco, na cultura do milho (*Zea mays* L.). Viçosa: UFV, 1988. 61p. (Tese Mestrado).

CFSEMG - COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. Recomendação para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação. Viçosa, 1999. 359p.

DOORENBOS, J., PRUITT, W. O. Guidelines for predicting crop water requirements. Roma, FAO, 1977. 144p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 24).

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 1997. 212p.

EVANS, S. D., GOODRICH, P. R., MUNTER, R. C., SMITH, R. E. Effects of solid and liquid beef manure and liquid hog manure on soil characteristics and on growth, yield, and composition of corn. J. Environ. Qual. 6 (4) : 361-8, 1977.

FLARESSO, J. A., GROSS, C. D., ALMEIDA, E. X. A. Avaliação de cultivares de milho e sorgo para ensilagem no Alto Vale do Itajaí. Agropecuária Catarinense, v.12, n.3, set. 1999.

FEAM, Fundação Estadual do Meio Ambiente. Iniciação ao desenvolvimento sustentável / Fundação Estadual do Meio Ambiente. – Belo Horizonte: FEAM, 2002. 488p.

- KONZEN, E. A., PEREIRA FILHO, I. A., BAHIA FILHO, A.F.C., PEREIRA, F. A. Manejo do esterco líquido de suínos e sua utilização na adubação do milho. Sete Lagoas: EMBRAPA – CNPMS, 1997. 31 p. (EMBRAPA-CNPMS. Circular Técnica, 25).
- QUEIROZ, F. M. de. Avaliação de gramíneas forrageiras para o tratamento de águas residuárias de suinocultura. Viçosa: UFV, 2000. (Tese Mestrado).
- SCALLOPPI, E. J., BAPTISTELLA, J. R. Considerações sobre a aplicação de efluentes ao solo. In: Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, Brasília, 1986. Anais... Brasília: ABID, 1986. v.3, p. 1049-1066.
- SILVA, A. J. Metais pesados em plantas de milho (*Zea mais* L) cultivadas com diferentes fontes e doses de fósforo, formas de localização de fertilizantes e níveis de calagem. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Viçosa, MG: UFV, 1994. 135 p.
- SILVA, D. J. Análises de alimentos (métodos químicos e biológicos). 2ª ed. Viçosa, MG: UFV, Impr. Univ., 1990. 165p.
- SILVA, M. O. S. A. Análises físico-químicas para controle de estações de tratamentos de esgotos. São Paulo: CETESB, 1977, 226p.