

Homogeneização e níveis de metais em dejetos provenientes da bovinocultura de leite

Affonso Celso Gonçalves Júnior^{1,2*}, Paulo César Pozza^{1,2}, Herbert Nacke^{1,2}, Douglas Batista Lazzeri¹, Claudemir Selzlein^{1,2} e Leandro Dalcin Castilha¹

¹Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Rua Pernambuco, 1777, 85.960.000, Marechal Cândido Rondon, Paraná, Brasil. ²Grupo de Estudos em Solos e Meio Ambiente, Marechal Cândido Rondon, Paraná, Brasil. *Autor para correspondência. E-mail: affonso133@hotmail.com

RESUMO. O objetivo deste trabalho foi determinar o tempo de homogeneização para que os metais Cu, Zn, Fe, Mn, Cd, Pb e Cr apresentassem maior uniformidade em um reservatório de dejetos bovinos, e determinar as concentrações destes metais no dejetos. O dejetos foi submetido à homogeneização após repouso por 45 dias. Coletaram-se amostras do dejetos em quatro diferentes tempos de homogeneização e em três diferentes profundidades. Utilizou-se o delineamento experimental de parcelas subdivididas, sendo a parcela constituída pela profundidade de coleta das amostras e a subparcela pelos tempos de coleta. A determinação dos teores dos metais foi realizada por espectrometria de absorção atômica, modalidade chama. As concentrações de metais encontradas no dejetos foram inferiores aos limites estabelecidos, e o tempo necessário para ocorrer a homogeneização do Cu, Zn e Mn foram 50 minutos; para o Cd, Pb e Fe foram 30 minutos e para o Cr, 60 minutos.

Palavras-chave: espectrometria de absorção atômica, esterco bovino, sustentabilidade, tratamento de dejetos, metais pesados.

ABSTRACT. Homogenization and levels of metals in manure of dairy cattle. The objective of the present work was to determine the homogenization time so that the metals Cu, Zn, Fe, Mn, Cd, Pb and Cr would show the highest uniformity in a reservoir of bovine manure, as well to determine the concentration of this metals in the manure. Samples of the manure in four different times of homogenization and in three different depths were collected. The experimental design used was of subdivided parcels. The parcel was formed by the depth of collecting samples, and the sub parcel by the collecting times. The determination of metals was performed by flame atomic absorption spectrometry. The found concentrations of metals in the manure were lower than the established limits, and the necessary time for the homogenization of Cu, Zn and Mn is 50 minutes; for the Cd, Pb and Fe is 30 minutes and for the Cr 60 minutes.

Key words: atomic absorption spectrometry, bovine manure, sustainability, manure treatment, heavy metals.

Introdução

No intuito de prosseguir com o desenvolvimento sustentável, sem que haja aumento do impacto ambiental, ocasionado pela disposição inadequada dos resíduos gerados nos sistemas produtivos, dá-se a adoção de sistemas de reciclagem desses resíduos, promovendo-se a geração de energia renovável e/ou a estabilização da matéria orgânica para uso como composto (Amorim *et al.*, 2005).

Apesar da crescente modernização da atividade agropecuária brasileira, os níveis de poluição, a má utilização de reservas naturais e os custos energéticos vêm aumentando no país. Cada vez mais fertilizantes são importados, aumentando a degradação dos recursos e dos solos brasileiros

(Castro e Cortez, 1998).

Os esterco foram muito utilizados, no passado, como fertilizantes, entretanto com o advento dos adubos químicos, o interesse pelos fertilizantes orgânicos diminuiu. Atualmente, a preocupação com a degradação ambiental renovou o interesse pelo uso dos esterco, ou seja, pela sustentabilidade da agricultura (Silva *et al.*, 2004).

O Brasil conta, atualmente, com um rebanho bovino de, aproximadamente, 207 milhões de cabeças; destes, 20 milhões correspondem à bovinocultura de leite. O Estado do Paraná apresenta relevante importância nessa atividade, com aproximadamente 1,3 milhões de cabeças, e é a terceira maior bacia leiteira do país (IBGE, 2005).

A quantidade de dejetos provenientes de atividades agropecuárias é alta. No caso da criação de bovinos de leite em condições de confinamento, a geração de dejetos é grande e deve-se levar em consideração que, na maioria das vezes, a área utilizada é reduzida para dispor esse material. Os ingredientes excretados, no esterco (fezes e urina), variam significativamente com a ingestão de alimentos e níveis de suplementação e também com a quantidade desses nutrientes presentes no leite.

Segundo Vitko (1999) cada animal produz cerca de 54 kg de esterco líquido (fezes e urina) por dia, somando-se a água residuária gerada durante a higienização dos animais, limpeza de equipamentos e armazenamento do leite, o volume de dejetos chega a 200 L por cabeça, por dia.

De acordo com Polhmann (2000), as criações intensivas podem contribuir significativamente para o aumento da poluição e contaminação dos recursos hídricos. O autor salienta, como manejo inadequado de dejetos bovinos, práticas como: descarte direto desses dejetos em pequenos cursos de água, aplicação do estrume líquido sem tratamento e em grandes quantidades no solo, armazenamento, em lagoas, sem revestimento impermeabilizante durante vários anos e acúmulo dos dejetos em currais.

Amaral *et al.* (2004) definem a digestão anaeróbia como alternativa para o tratamento de resíduos, pois além de permitir a redução do potencial poluidor e dos riscos sanitários dos dejetos ao mínimo, promove a geração de biogás, que pode ser utilizado como fonte de energia e a reciclagem do efluente, podendo este ser utilizado como biofertilizante.

O objetivo deste trabalho foi determinar o tempo necessário de homogeneização de dejetos líquidos (fezes, urina e água) para que os metais: cobre (Cu), zinco (Zn), ferro (Fe), manganês (Mn), cádmio (Cd), chumbo (Pb) e cromo (Cr) apresentassem maior uniformidade em diferentes profundidades de um reservatório de dejetos, oriundos da produção intensiva de bovinos de leite e quantificar as concentrações destes metais pesados no dejetos. Esta avaliação mostra-se importante para a utilização de dejetos animais a fim de adubar a agricultura e, desta forma, faz-se necessária a determinação do tempo de homogeneização e da concentração de metais para a correta aplicação destes dejetos no campo.

Material e métodos

As amostras de dejetos bovinos foram coletadas na Granja Schöne, criadora de gado de leite em sistema Freestall, localizada no município de Marechal Cândido Rondon – Estado do Paraná, latitude 24°33'40" S e longitude 54°04'12" W. Aos animais,

foi fornecida ração completa à base de silagem de milho, soja em grão, feno e sal mineral. O dejetos permaneceu em um reservatório por um período de, aproximadamente, 45 dias, e a coleta foi realizada em março de 2005.

O reservatório de dejetos apresentava dimensões de 8,0 m de largura e 11,5 m de comprimento por 2,0 m de profundidade, e estava ocupado com, aproximadamente, 120 m³ de dejetos. O dejetos bovino, no reservatório, foi submetido à homogeneização, utilizando-se um equipamento homogeneizador constituído por duas hastes de sustentação, acopladas ao sistema hidráulico do trator, e por uma hélice de três pás, com comprimento de 60 cm cada pá, acoplada à tomada de força do trator, sendo esta movida a uma rotação média de 1500 rpm. Avaliaram-se quatro tempos de funcionamento do homogeneizador, 0, 30, 60 e 90 minutos em três profundidades, 0,0; 0,65 e 1,30 m e quatro repetições.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com tratamentos arranjados no esquema de parcelas subdivididas, sendo a parcela constituída pela profundidade e a subparcela pelo tempo de funcionamento do homogeneizador.

Após a coleta, as amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Química Agrícola e Ambiental da Unioeste, *Campus* de Marechal Cândido Rondon, Estado do Paraná, para as devidas determinações químicas. Na determinação dos metais Cu, Zn, Fe, Mn, Cd, Pb e Cr, efetuaram-se digestões totais das amostras, utilizando-se o método nitro-peróxido (AOAC, 1990) e, em seguida, a determinação por espectrometria de absorção atômica, modalidade chama (EAA–chama), utilizando curvas com padrões certificados para todos os metais (Welz, 1985).

Os dados foram submetidos às análises estatísticas, utilizando-se o *software* SAEG (UFV, 1999). Utilizou-se o teste de Student Newman Keuls, ($p < 0,05$) na parcela (profundidades amostradas) e o modelo descontínuo Linear Responde Plateou – LRP (Braga, 1983) na avaliação da subparcela (tempos de homogeneização).

Resultados e discussão

Observa-se, nos resultados obtidos (Tabela 1), que para os metais Cu, Zn, Fe e Mn no tempo 0 (sem homogeneização), as concentrações na superfície do reservatório foram maiores em relação ao meio e fundo ($p < 0,05$), que, por sua vez, apresentaram resultados semelhantes. Isto pode ser explicado pelo fato de que o dejetos na superfície do reservatório sem homogeneização se encontra

menos úmido do que no meio e fundo do reservatório.

No caso do Cu, foi possível o ajustamento do módulo descontínuo LRP ($p < 0,05$), indicando (Figura 1) que o maior tempo necessário para homogeneização deste metal, no dejecto, foram 40,91 minutos, representado pelo meio do reservatório, enquanto que o tempo necessário para homogeneização da superfície e do fundo foram 25,81 e 38,04 minutos, respectivamente.

Tabela 1. Concentração média dos metais (Cu, Zn, Fe e Mn) em mg kg^{-1} nas diferentes profundidades do reservatório de dejectos de bovinos e em função do tempo de homogeneização.

Metais Pesados	Tempo de homogeneização (min)	Profundidade de coleta (m)		
		0,00	0,65	1,30
Cobre	0	117,00 ^a	7,25 ^b	5,50 ^b
	30	18,00 ^a	23,00 ^a	24,75 ^a
	60	24,25 ^a	31,00 ^a	27,50 ^a
	90	33,00 ^a	25,25 ^a	28,50 ^a
Zinco	0	129,75 ^a	16,00 ^b	15,00 ^b
	30	25,00 ^a	33,25 ^a	39,00 ^a
	60	34,00 ^a	41,50 ^a	44,25 ^a
	90	42,50 ^a	39,00 ^a	42,00 ^a
Ferro	0	4138,20 ^a	1393,50 ^b	1120,00 ^b
	30	3123,26 ^b	4413,28 ^a	4507,81 ^a
	60	4025,69 ^a	4581,46 ^a	4587,71 ^a
	90	4618,10 ^a	4533,69 ^a	4553,95 ^a
Manganês	0	245,25 ^a	23,00 ^b	17,75 ^b
	30	54,50 ^a	82,00 ^a	92,75 ^a
	60	94,25 ^a	112,50 ^a	117,50 ^a
	90	120,25 ^a	111,50 ^a	110,50 ^a

Letras na mesma linha diferem entre si pelo teste de SNK ($p < 0,05$).

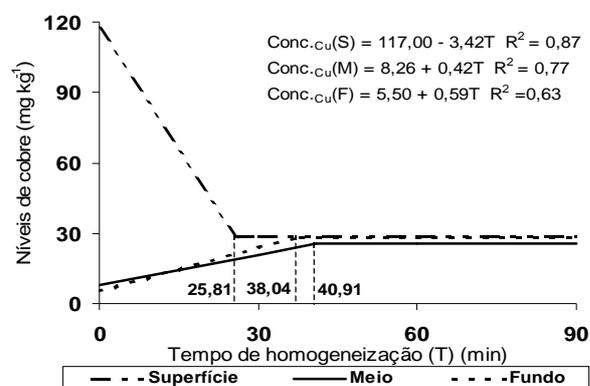


Figura 1. Concentração de cobre nos tempos de homogeneização em diferentes profundidades do reservatório de dejectos de bovinos.

O Cu é um nutriente exigido em pequenas quantidades pelas culturas, ocorre em teores muito baixos no solo e, na matéria seca das plantas, varia de 2 a 20 mg kg^{-1} , sendo que em teores acima de 20 mg kg^{-1} ocorrem sintomas de toxidez na planta (Grangeiro *et al.*, 2003).

O Ajustamento do modelo LRP também foi possível para o elemento Zn ($p < 0,05$). Na Figura 2, é apresentado o tempo necessário para

homogeneização do mesmo, sendo que, no meio do reservatório, foram necessários 43,67 minutos de homogeneização, enquanto que, na superfície, foram necessários 26,21 minutos e, no fundo, 37,20 minutos.

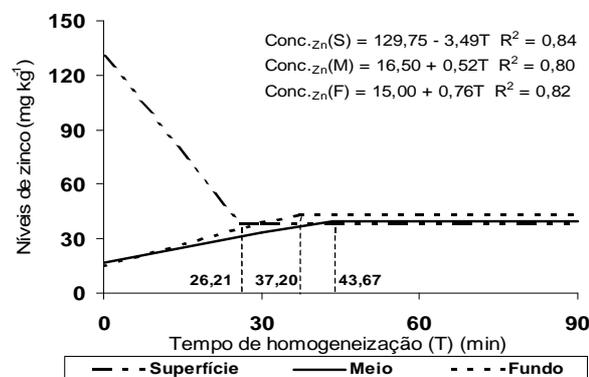


Figura 2. Concentração de zinco nos tempos de homogeneização em diferentes profundidades do reservatório de dejectos de bovinos.

Segundo Oliveira *et al.* (2000), plantas deficientes em Zn mostram internódios curtos que resultam na formação de rosetas de folhas: tais plantas apresentam também atividade auxínica reduzida. De maneira geral, os sintomas de toxidez de Zn, em plantas, são caracterizados por redução no crescimento e clorose de folhas, semelhantemente à deficiência de Fe, demonstrando que o excesso de Zn induz à deficiência de Fe (Soares *et al.*, 2001).

De acordo com Raji (1991), plantas com teores entre 10 e 20 mg kg^{-1} nas folhas maduras apresentam-se deficientes em Zn, e teores acima de 150 mg kg^{-1} nas folhas maduras tornam-se fitotóxicos para a planta e, conseqüentemente, para quem irá consumi-las.

O maior tempo necessário para homogeneização do elemento Fe foi de 60 minutos (Tabela 1) entre as profundidades do reservatório avaliadas. Aos 30 minutos de homogeneização, observa-se que a maior concentração de Fe passa da superfície para o fundo do reservatório, tornando-se uniforme aos 60 minutos de homogeneização.

Segundo Raji (1991), o ferro é o elemento metálico mais abundante na crosta terrestre, sendo que sua disponibilidade para as plantas é dependente do pH do solo. A deficiência de Fe pode ocorrer em solos alcalinos, e a toxidez pode ser encontrada em solos alagados, onde ocorre a redução de Fe^{3+} .

Para o elemento Mn, é apresentado, na Figura 3, que o maior tempo necessário para homogeneização do elemento no dejecto bovino foi de 48,04 minutos, representado pelo meio do reservatório, enquanto que o tempo necessário para homogeneização da superfície

e do fundo, para o mesmo elemento, foi de 21,70 e 41,01 minutos, respectivamente, conforme o ajustamento obtido para o modelo LRP ($p < 0,05$).

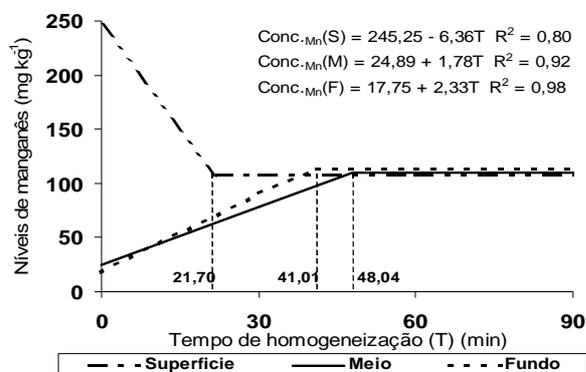


Figura 3. Concentração de manganês nos tempos de homogeneização em diferentes profundidades do reservatório de dejetos de bovinos.

Observa-se que a maior concentração encontrada do micronutriente Mn foi de $245,25 \text{ mg kg}^{-1}$ (Tabela 1), sendo considerada média segundo Raji *et al.* (1996).

Segundo Magalhães (2002), o teor total de Mn é variável para cada tipo de solo e ocorre em diversas formas minerais e sua disponibilidade depende das características do solo, como pH, matéria orgânica, atividade microbiana e umidade. Raji (1991) classifica teores de Mn, na parte aérea de plantas, inferiores a 25 mg kg^{-1} como deficientes e superiores a 300 mg kg^{-1} como excessivos.

Na Tabela 2 são apresentadas as concentrações dos metais pesados tóxicos Cd, Pb e Cr. No caso do metal tóxico Cd, aos 30 minutos de homogeneização, a metodologia utilizada neste experimento não detectou teores significativos deste elemento no dejetos bovino, porém nos tempos subsequentes (60 e 90 minutos) são encontrados teores de Cd no meio e no fundo, demonstrando precipitação deste metal para o fundo do reservatório.

Tabela 2. Concentração média dos metais pesados tóxicos (Cd, Pb e Cr) em mg kg^{-1} nas diferentes profundidades do reservatório de dejetos de bovinos em função do tempo de homogeneização.

Metais pesados tóxicos	Tempo de homogeneização (min)	Profundidade de coleta (m)		
		0,00	0,65	1,30
Cádmio	0	1,00 ^a	0,25 ^b	ND
	30	ND	ND	ND
	60	ND	0,25 ^a	0,50 ^a
	90	ND	0,50 ^a	0,25 ^a
Chumbo	0	17,00	ND	ND
	30	ND	ND	0,25
	60	ND	ND	ND
	90	ND	ND	ND
Cromo	0	7,00 ^a	4,50 ^a	ND
	30	3,75 ^b	ND	15,25 ^a
	60	6,00 ^a	10,50 ^a	15,25 ^a
	90	3,25 ^b	12,75 ^a	16,25 ^a

Letras na mesma linha diferem entre si pelo teste de SNK ($p < 0,05$).

O metal tóxico Pb foi detectado pelo método apenas nos tempos 0 e 30 minutos de homogeneização, na superfície e no fundo, respectivamente.

Com relação ao Cr, foram encontradas concentrações variadas nas diferentes profundidades e tempos de homogeneização, sendo que, aos 90 minutos de homogeneização, foram encontradas as maiores concentrações de Cr no meio e no fundo do reservatório em relação à superfície ($p < 0,05$), apresentando, assim, um comportamento semelhante ao do metal tóxico Cd.

O fato de os metais Cd, Pb e Cr não serem detectados em algumas parcelas das análises não representa que estes elementos não estejam presentes no dejetos bovino, podendo estar em concentrações inferiores ao limite de detecção da metodologia utilizada.

Ao se comparar as concentrações dos metais encontradas no dejetos bovino com os resultados encontrados na literatura, podem-se fazer algumas observações. Inbar *et al.* (1990) encontraram concentrações de micronutrientes (Cu, Zn, Fe e Mn), com base na matéria seca da compostagem de dejetos bovino, valores de 8,00; 276,00; 223,00 e $80,00 \text{ mg kg}^{-1}$, para Fe, Cu, Zn e Mn, respectivamente, aos 39 dias de compostagem. Rodrigues e Santos (2002), avaliando macronutrientes e metais pesados em esterco bovino curtido, obtiveram concentrações, em mg kg^{-1} , de 43,65; 23,45; 0,00; 2,80 e 8,77, para os metais Zn, Mn, Cd, Pb e Cr, respectivamente. Neste trabalho, as concentrações máximas de Cu, Zn, Fe, Mn, Cd, Pb e Cr, encontradas no dejetos bovino, foram, respectivamente, de: 117,00; 129,75; 4618,10; 245,25; 1,00; 17,00 e $16,25 \text{ mg kg}^{-1}$. Desta forma, observa-se que as concentrações dos metais pesados foram superiores neste experimento em relação aos dois autores, com exceção da concentração de Zn encontrada por Inbar *et al.* (1990).

Considerando que o limite máximo para a concentração de Cu e Zn, em compostos orgânicos, seja de 750 mg kg^{-1} de Cu e de 1.400 mg kg^{-1} de Zn (Wa Doe Interim Guidelines for Compost Quality *apud* Beaver, 1994), e neste contexto, conclui-se que as concentrações desses metais se situam dentro dos padrões. De acordo com a Cetesb (1999), os limites de metais pesados tóxicos que podem ser apresentados em fertilizantes orgânicos são: 85, 840 e 3000 mg kg^{-1} de Cd, Pb e Cr, respectivamente. Deste modo, as concentrações de Cu, Zn, Mn, Cd, Pb e Cr, no dejetos bovino analisado, não ultrapassaram os limites de segurança para sua utilização.

Conclusão

Com os resultados obtidos, pode-se concluir que o tempo necessário para ocorrer a homogeneização dos micronutrientes Cu, Zn e Mn é de 50 minutos. Para os metais pesados Cd, Pb e Fe, a homogeneização ocorre a partir dos 30 minutos, já o metal pesado tóxico Cr é homogeneizado a partir de 60 minutos.

Referências

AMARAL, C.M.C. *et al.* Biodigestão anaeróbia de dejetos de bovinos leiteiros submetidos a diferentes tempos de retenção hidráulica. *Cienc. Rural*, Santa Maria, v. 34, n. 6, p. 1897-1902, 2004.

AMORIM, A.C. *et al.* Compostagem e vermicompostagem de dejetos de caprinos: efeito das estações do ano. *Eng. Agric.*, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p. 57-66, 2005.

AOAC-Association of Official Analytical Chemistry. *Official methods of analysis*. 15th ed. Maryland, 1990. v. 1.

BEAVER, T. Pilot study of coal ash compost. *Comp. Sci. Util.*, London, v. 2, n. 3, p. 18-21, 1994.

BRAGA, J.M. *Ensaio de avaliação da fertilidade do solo*. Viçosa: Imprensa Universitária, 1983. (Ensaio).

CASTRO, L.R.; CORTEZ, A.B.C. Influência da temperatura no desempenho de biodigestores com esterco bovino. *Rev. Bras. Eng. Agric. Amb.*, Campina Grande, v. 2, n. 1, p. 97-102, 1998.

CETESB-Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo. *Aplicação de biossólidos em áreas agrícolas: critérios para projeto e operação*. Norma P4230. São Paulo: Cetesb, 1999.

GRANGEIRO, L.C. *et al.* Produção de rúcula em hidroponia com diferentes concentrações de cobre. *Hortic. Bras.*, Brasília, v. 21, n. 1, p. 69-72, 2003.

IBGE-Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Pesquisa da pecuária municipal*. Rio de Janeiro: IBGE, Diretoria de Pesquisas, 2005.

INBAR, Y. *et al.* Humic substances formed during the composting of organic matter. *Soil Sci. Soc. America J.*, Boca Raton, v. 54, n. 1, p. 1316-1323, 1990.

MAGALHÃES, G.C. *Análise da atividade de algumas enzimas antioxidantes em algumas variedades de soja (Glycine max L. Merr.) sob níveis de manganês, em função da micorriza arbuscular*. 2002. Dissertação (Mestrado em Agronomia)–Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

OLIVEIRA, I.P. *et al.* Efeitos qualitativo e quantitativo de aplicação do zinco no capim tanzânia. *Pesq. Agropecu. Trop.*, Goiânia, v. 30, n. 1, p. 43-48, 2000.

POLHMANN, M. *Levantamento de técnicas de manejo de resíduos da bovinocultura leiteira no Estado de São Paulo*. 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)–Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.

RAIJ, B. *Fertilidade do solo e adubação*. São Paulo: Ceres, 1991.

RAIJ, B. *et al.* *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. 2. ed. Campinas: IAC, 1996. (Boletim, 100).

RODRIGUES, M.G.; SANTOS, A.R. Efeito da adubação com resíduo orgânico em latossolo amarelo coeso na produção da *Brachiaria decumbens* Stapf. e no acúmulo de metais pesados. *Magistra*, Cruz das Almas, v. 14, n. 2, p. 21-28, 2002.

SILVA, J. *et al.* Efeito de esterco bovino sobre os rendimentos de espigas verdes e de grãos de milho. *Hortic. Bras.*, Brasília, v. 22, n. 2, p. 326-331, 2004.

SOARES, C.R.F.S. *et al.* Toxidez de zinco no crescimento e nutrição de *Eucalyptus maculata* e *Eucalyptus urophylla* em solução nutritiva. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v. 36, n. 2, p. 339-348, 2001.

UFV-Universidade Federal de Viçosa. *Manual de utilização do Programa SAEG (Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas)*. Viçosa, 1999.

VITKO, T.G. *Expected quality of dairy wastewater based on the characterization of a dairy farm in Chino, California*. Oakland: CWEA, 1999. (Technical Articles).

WELZ, B. *Atomic absorption spectrometry*. Weinheim: Wiley - VCH, 1985.

Received on July 23, 2007.

Accepted on August 22, 2007.